



HABITABILIDAD y TECNOLOGÍA SOSTENIBLE

Aproximaciones desde la academia
a la práctica social

Habitabilidad y tecnología sostenible
Aproximaciones desde la academia
a la práctica social



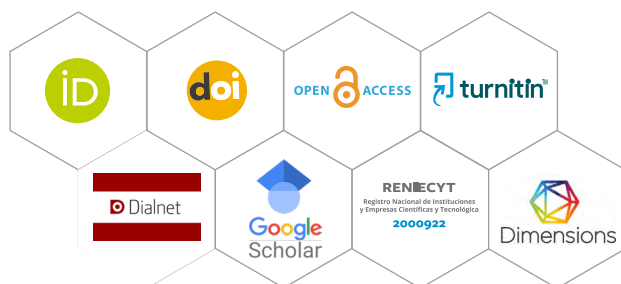
Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autenticación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autenticación antiplagio. El proceso de dictaminación y su trazabilidad puede consultarse, así como el libro en Acceso Abierto.



www.comunicacion-cientifica.com

[DOI.ORG/10.52501/cc.300](https://doi.org/10.52501/cc.300)




**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CC+I
**COLECCIÓN
CIENCIA e
INVESTIGACIÓN**

Habitabilidad y tecnología sostenible
Aproximaciones desde la academia
a la práctica social

Miriam Remess Pérez
(coordinadora)



Habitabilidad y tecnología sostenible: aproximaciones desde la academia a la práctica social / coordinadora Miriam Remess Pérez .— Ciudad de México : Comunicación Científica, 2025.

543 páginas : ilustraciones, fotografías ; 23 x 16.5 centímetros

DOI: 10.52501/cc.300

ISBN: 978-607-2628-83-0

Construcción – Aspectos ambientales. 2. Construcción – Innovaciones tecnológicas 3. Construcción sustentable. I. Remess Pérez, Miriam, coordinadora.

LC: TH880 H33

DEWEY: 720.47 H33

La titularidad de los derechos patrimoniales y morales de esta obra pertenece a la coordinadora D. R. © Dra. Miriam Remess Pérez, 2025. Reservados todos los derechos conforme a la Ley. Su uso se rige por una licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 Internacional, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2025

Diseño de portada: Francisco Zeledón • Ilustración de portada: Arturo Esteban Aguilar Sánchez • Interiores: Guillermo Huerta

Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., 2025,
Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400,
Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,
Tel.: (52) 55-5696-6541 • Móvil: (52) 55-4516-2170
info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com
f comunicacioncientificapublicaciones **✉** @ ComunidadCient2

ISBN 978-607-2628-83-0

DOI 10.52501/cc.300



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
La trazabilidad de la dictaminación puede consultarse, así como el libro en acceso abierto, en <https://doi.org/10.52501/cc.300>

Índice

<i>Presentación</i> , Miriam Remess Pérez	21
<i>Prólogo</i> , Fernando Noel Winfield Reyes.	23
<i>Introducción</i>	27
La universidad ante las problemáticas sociales y de habitabilidad . .	29
1. B-Pallets. Un modelo de construcción sustentable	
<i>Miriam Remess Pérez, Marco Montiel Zacarías, Jesús Martín</i>	
<i>Santamaría López, Antonio Molina Navarro, Laura Encarnación</i>	
<i>Rivera, Pilar Carrillo Fernández y Pedro Melgarejo Remess</i>	
Introducción	31
Panorama actual. El medioambiente	32
La vivienda	33
La participación de las universidades y los ODS	34
Metodología B-Pallets	37
Propuesta arquitectónica	40
Ventajas del proyecto	41
Posibles impactos a generar	44
Conclusiones	45
Agradecimiento	46
Referencias	48
	49

2. Aula multigrado temporal en zonas rurales. Un espacio educativo alternativo	
<i>Verónica Cárdenas Belmonte, Miriam Remess Pérez y Fernando Noel Winfield Reyes</i>	51
Introducción	52
La población rural y la educación básica	53
La escuela rural multigrado	54
Arquitectura escolar con principios.	56
Objetivos de la enseñanza y su relación con el espacio educativo	58
Dimensiones de la habitabilidad escolar educativa	61
Recomendaciones de infraestructura	67
Características espaciales del aula multigrado temporal	69
Estimación de costo.	79
Referencias.	80
3. Escuela secundaria en Senegal. Un espacio educativo con materiales naturales	
<i>Laura Encarnación Rivera, Miriam Remess Pérez y Marco Montiel Zacarías</i>	83
Introducción.	84
Panorama actual.	85
Carencia de espacios educativos óptimos	85
Deserción escolar.	86
Condiciones climáticas extremas	87
Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	87
Antecedentes	89
Roles de género y barreras de crecimiento.	89
Arquitectura vernácula africana: Senegal	89
Sistemas constructivos naturales	90
Contexto del proyecto	91
Perfil de los usuarios	92
Análisis de sitio	92
Proyecto arquitectónico	93
Sistema constructivo	97

Viabilidad de los sistemas constructivos con materiales naturales.	100
Conclusiones	102
Referencias.	103
 4. La vivienda y el hábitat sustentable. La otra historia	
<i>Jorge Iván Andrade Narváez</i>	105
Aproximación teórica y metodológica	106
Los primeros años	107
Los años 60	109
Los años 70. Diseño ambiental y los límites del crecimiento.	111
Los años 80. La sustentabilidad	113
De los 90 al 2020. 30 años de neoliberalismo. El cambio climático.	114
2021. La vivienda y el hábitat poscovid.	115
Los retos del siglo XXI	116
Reflexión final	119
Referencias.	120
 5. Control de calidad en adobes: caso de estudio Zirahuén, Michoacán	
<i>Yazmín Guadalupe Rojas Olayo, Marco Antonio Mondragón Ornelas, Judith Alejandra Velázquez Pérez, Adrià Sánchez Calvillo, Fabricio Alí Hernández Ferreyra y Mauricio Arreola Sánchez.</i>	123
Introducción.	124
Desarrollo	125
Caso de estudio	128
Metodología de caracterización	129
Velocidad de pulso ultrasónico (VPU)	131
Colorimetría	132
Compresión simple.	133
Módulos de elasticidad.	134
Conclusiones	136
Referencias.	138

6. Formación universitaria en arquitectura vernácula: experiencias recientes e implementación de estrategias Place-Based Education
Adrià Sánchez Calvillo, Elía Mercedes Alonso Guzmán, Elena Guadalupe Navarro Mendoza, Jorge Alberto Borrego Pérez, Yasmín Guadalupe Rojas Olayo y Wilfrido Martínez Molina . . . 141

Introducción. 142

 El abandono de la arquitectura vernácula y la transformación en el estado de Michoacán 142

 Estado del arte de la enseñanza de la arquitectura vernácula en el sector universitario 145

Metodología 146

 Conceptos teóricos, divulgación de la arquitectura vernácula y el trabajo de campo como herramienta para la docencia 147

 Talleres prácticos aplicados a la enseñanza y difusión de los materiales tradicionales 148

Resultados 151

 Implementación de la arquitectura vernácula en la formación universitaria. 151

 Talleres formativos, proyectos participativos y acciones de cooperación. 154

Conclusiones 156

Agradecimientos 158

Declaración de interés 159

Referencias. 159

Consideraciones del entorno. 163

7. Propuesta de una vivienda con diseño bioclimático en San Miguel Chicahua, Oaxaca
Heidy Gómez Barranco, Raúl Pável Ruiz Torres, Katia Itzel Moreno García, Zabdiel Dirceu Carrillo Sánchez, Luz Cecilia Rodríguez Sánchez, Herwing Zeth López Calvo 165

Introducción. 166

Justificación 167

Objetivo 168

Metodología y contexto	168
Metodología.	168
Situación de la vivienda actual	169
Entrevistas.	170
Estudio bioclimático	172
Asoleamiento y vientos dominantes	174
Asoleamiento	174
Vientos dominantes	175
Normativa	175
Resultados: proyecto ejecutivo	176
Programa de necesidades	177
Propuesta	177
Diseño bioclimático	181
Vivienda social y progresiva	182
Desarrollo sustentable	182
Conclusiones	183
Agradecimientos	184
Referencias	184
 8. Caracterización de la vivienda rural en Tabasco	
<i>Haydee Pérez Castro, Jorge Flores González y Aida López</i>	
<i>Cervantes.</i>	187
Introducción	188
Antecedentes	188
Resultados	191
Conclusiones	201
Referencias.	202
 Tecnología y construcción sostenible	205
 9. El muro sustentable. B-Pallets y su caracterización como sistema constructivo	
<i>Marco Montiel Zacarías y Miriam Remess Pérez</i>	207
Introducción.	208
Antecedentes	208

Descripción del sistema	209
Modulación y ensamblado.	210
El interior del muro B-Pallets	213
Instalaciones	214
Recubrimientos y acabados. Revocos de tierra y cal	214
Formulación de las capas de agarre, nivelación y acabado	216
Capa inicial de agarre. Revoco grueso. Proporción (1 tierra : 1 arena : 1 cal : 1 paja)	217
Capa intermedia de nivelación. Revoco delgado. Proporción (2 arena : 1 cal)	218
Capa de acabado final. Revoco fino (estuco). Proporción (1 cal).	218
Conductividad térmica.	220
Reflexiones finales y retos de escalabilidad.	224
Referencias.	226

10. Biomateriales de construcción. Un futuro de oportunidades en
Latinoamérica

Manuel Ricardo González Vásquez y Juan Sebastián Neira

<i>Sarmiento</i>	227
Introducción.	228
¿Qué son los biomateriales de construcción?	229
Clasificación por familias	230
Atributos de sostenibilidad	230
Cadena de valor.	232
Una visión prospectiva de los Biomateriales.	234
La innovación y los retos que demanda	234
Vigilancia tecnológica	235
Tendencias de biomateriales de construcción de lo global a lo regional	237
Potencial estratégico	246
Conclusiones	249
Referencias.	251

11. Estabilización de mezclas de tierra para la elaboración de BTC	
<i>Marco Antonio Navarrete Seras, Hugo Luis Chávez García, Jorge Alberto Borrego Pérez, José Alberto Guzmán Torres, Luis Alberto González Luna y Wilfrido Martínez Molina</i>	255
Introducción.	256
Desarrollo del trabajo.	257
Metodología	257
Límites de consistencia y clasificación SUCS	258
Prueba granulométrica	260
Prueba de compactación dinámica estándar y elaboración de BTC.	260
Resistividad eléctrica.	262
Discusiones y resultados	263
Conclusiones	269
Agradecimientos	270
Referencias.	271
12. Aplicación de estrategias alternativas en la construcción para la vivienda vulnerable	
<i>José Manuel Macedo Paredes, Eunice del Carmen García García, Alfredo Cerqueda Méndez y Fernando Noel Winfield Reyes</i>	273
Introducción.	274
Desarrollo	274
Planteamiento del problema.	274
Justificación	275
Objetivo	275
Hipótesis.	276
Marco teórico	276
Habitabilidad	276
Producción social del hábitat	277
Vivienda vulnerable	278
Materiales y sistemas constructivos alternativos	279
Microconcreto	280
Metodología	281
Materiales, herramientas y procedimiento constructivo	283

Fabricación de la mezcla	283
Fabricación de paneles de microconcreto	285
Fabricación de tejas y cumbreras de microconcreto	286
Ventajas de la teja de microconcreto	287
Fabricación de cumbrera de microcemento	289
Proceso constructivo global	290
Conclusiones	292
Referencias	293

13. Método de evaluación para entrepiso semiprefabricado de pajarquilla	
<i>Alan Sosa Contreras, Alberto Muciño Vélez, César Armando</i>	
<i>Guillén Guillén e Ivonne Rosales Chávez</i>	295
Introducción.	296
Incompatibilidad	297
Procedimientos de prueba.	299
Método de evaluación por etapas	300
Definición de tierra y pruebas.	301
Pajarquilla	302
Evaluación a flexión	304
Evaluación a compresión	307
Evaluación de la pieza y refuerzo	308
Evaluación del sistema	310
Conclusiones	314
Referencias.	314

14. Construcción de Ecocinas en dos comunidades de Chiapa de Corzo, Chiapas	
<i>Eddy González García, Nguyen Molina Narváez, Raúl Pável Ruiz</i>	
<i>Torres y Juan Carlos Solís Granados</i>	317
Introducción.	318
Construcción de Ecocina en la colonia Emiliano Zapata,	
Municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas	319
Materiales naturales locales	320
Proceso constructivo de la Ecocina en Zapata II	321
Construcción de Ecocina en la colonia La Hacienda,	

Municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas.	325
Materiales naturales locales	326
Proceso constructivo de la Ecocina en la Hacienda	327
Conclusiones	331
Agradecimientos	332
Financiamiento	332
Referencias.	333
 15. Concretos reciclados para uso estructural en vivienda social	
<i>Antonio Tahuiton-Mora, Alberto Muciño Vélez y César Armando Guillén Guillén.</i>	335
Introducción	336
Materiales y método	338
Resultados	341
Discusión	343
Conclusión.	345
Agradecimientos	347
Referencias	347
 16. Valorización de residuos industriales como materiales de construcción para vivienda autoproducida	
<i>Rosalía Ruiz Ruiz, Elia Mercedes Alonso Guzmán, Marco Antonio Navarrete Seras, Adrián Ixcoatl Cervantes Servín, Noel Díaz González y Mauricio Arreola Sánchez.</i>	351
Introducción	352
Uso de residuos como material de construcción	353
Estudio de la incorporación de residuos industriales como material cementante en morteros elaborados en Michoacán	354
Materiales	354
Ceniza de horno convertidor básico de oxígeno (CBOF).. . .	355
Carbón mineral (CM).	355
Escoria de alto horno (EAH).	355
Composición química de los materiales de sustitución. . . .	356
Propiedades físico-mecánicas e indicadores de durabilidad .	356

Resistencia a compresión uniaxial	357
Velocidad de pulso ultrasónico (VPU)	358
Resistividad eléctrica	359
Porosidad efectiva	361
Sortividad	362
Conclusiones	363
Referencias.	364
Arquitectura y urbanismo sostenible	367
17. Dimensión social y habitabilidad de espacios públicos de comunidades indígenas de Jalisco	
Francisco José Martín del Campo Saray, Gonzalo Bojórquez Morales, Peter Rijndaldus Wilhelmus Gerritsen y Heidy Gómez Barranco	369
Introducción.	370
Desarrollo del tema.	370
Materiales y métodos	375
Resultados	380
Conclusión y discusión	388
Referencias.	389
18. Territorios periurbanos de la zona metropolitana de Xalapa: habitabilidad en asentamientos informales	
María Concepción Chong Garduño, Daniel Rolando Martí Capitanachi y Nury Selene Santos Morales	391
Introducción	392
Antecedentes	392
Metodología de análisis	397
Conceptos relevantes	398
Transformación urbana	398
Territorios periurbanos	399
Asentamientos informales, colonias populares	400
Habitabilidad urbana y vivienda	401
El caso de la zona periurbana en la zona metropolitana de	

Xalapa, Veracruz	402
Características urbanas de la zona de estudio: colonia Santa Lucia I y II	406
Características de la vivienda de la zona de estudio	412
Santa Lucia I y II	412
Características de la vivienda en los fraccionamientos cercanos	414
Discusión	416
Reflexiones finales	417
Conclusiones	417
Referencias.	418
 19. Participación de las mujeres en la detección de necesidades en el espacio público	
<i>Aida López Cervantes, Haydee Pérez Castro y Jorge Flores González</i>	421
Introducción.	422
Desarrollo	422
Contexto	426
Objetivo	427
Proceso metodológico	428
Resultados.	435
Conclusiones	441
Referencias	443
 Vinculación social universitaria en zonas vulnerables.	445
 20. Intervención diagnóstica multidisciplinaria en la colonia Amapolas en Veracruz	
<i>Miriam Remess Pérez, Marco Montiel Zacarías, Magaly Emilia Corona García, Virginia Duarte Cruz, Ricardo Flores Rodríguez, Elsa Guadalupe Lagunes Lagunes, Antonio Molina Navarro, Blanca Elena Fernández Martínez, Ramiro Rufino Sánchez Pérez y Marisol Guadalupe Torres Calderón</i>	447
Introducción.	449

Antecedentes	449
Contexto	450
Hipótesis y objetivos de la intervención diagnóstica	452
Metodología para la definición y delimitación del polígono de atención prioritaria (PAP1).	453
Caracterización de la población de la colonia Amapolas 1.	453
Análisis de indicadores socioeconómicos	454
Identificación de necesidades y problemáticas	455
Diagnóstico urbano y territorial	456
Delimitación del área de estudio: zona geográfica del PAP1	457
Análisis físico del sitio	457
Características físicas construidas	457
Equipamiento y servicios públicos PAP1	459
Características físicas naturales	461
Evaluación de la infraestructura existente: análisis FODA.	462
Localización de elementos urbanos.	464
Estudio de la movilidad y conectividad en la zona	465
Diagnóstico participativo	466
Recopilación de opiniones y propuestas de la comunidad	468
Resultados	469
Conclusiones	471
Agradecimientos	473
Referencias.	473
Emprendimiento social	475
21. B-Pallets, propuesta de negocio social sostenible	
<i>Miriam Remess Pérez, Orlando Rafael Aguilar Flores, Luis Alberto</i>	
<i>García Peña, Lenin Melgarejo Remess, Maureen Freya Varas</i>	
<i>Santamaría, María Esther Frago Terán y Reyna Parroquín Pérez</i>	477
Introducción.	478
Módulo de idea de solución social	480
Módulo de ejecución y ampliación	480
Objetivos de Desarrollo Sostenible	483
Alianzas estratégicas	485

Metodología para el modelo de negocios	486
Fundamentación teórica: el modelo de negocios de una empresa	488
Modelo de sostenibilidad empresarial	489
Empresas de construcción sostenible.	489
Análisis FODA de B-Pallets.	490
Canvas social aplicado	491
Estados financieros proyectados	493
Conclusiones	498
Reconocimiento.	500
Referencias.	501
 22. Cal: un recurso sostenible para la construcción actual	
<i>Elena Guadalupe Navarro Mendoza, Adrián Ixcoatl Cervantes</i>	
<i>Servín, Judith Alejandra Velázquez Pérez, Paola Recordón</i>	
<i>Ramírez, Rosalía Ruiz Ruiz y Hugo Luis Chávez García</i>	503
Introducción.	504
La cal, material milenario	505
La cal en la construcciones prehispánicas	506
La cal en la actualidad	507
Cal, el material	508
Morteros de cal	509
Aplicaciones de la cal en la construcción sostenible.	511
Recubrimientos, aplanados o revocos	511
Juntas.	514
Estabilización de arcilla.	515
Recubrimiento mineral.	518
Impermeabilizante base cal	518
Conclusiones	519
Referencias.	520
 <i>Sobre los autores</i>	523

Presentación



MIRIAM REMESS PÉREZ
BOCA DEL RÍO, VER., FEBRERO DE 2025

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.00.01>

El presente libro responde a un pensamiento que se centra en proponer, desde la academia, alternativas para atender a las personas en condición de vulnerabilidad, desde las que se encuentran en condición de pobreza, hasta las que se encuentran en pobreza extrema. De la misma manera se considera que este será un documento de interés en donde se encuentren opciones constructivas, arquitectónicas e investigaciones urbanas, orientadas a la habitabilidad. Tiene como objetivo dar a conocer experiencias de éxito y propuestas que aborden las problemáticas espaciales desde la arquitectura, el urbanismo, la tecnología, los estudios sociales y los procesos de participación comunitaria, entre otros, para generar espacios de vida sostenible de bajo impacto ambiental y costo, que se adapten a las condiciones naturales y artificiales del entorno.

El compendio de investigaciones muestra el compromiso de los universitarios de distintas regiones del país y cómo, con sus acciones, responden a una situación de fragilidad, tanto de la sociedad como del planeta; acciones que tienen un impacto en las formas de vida tanto a nivel individual como colectivo. Se da cuenta de que al repensar las disciplinas, es posible proyectar y acondicionar espacios que permitan adoptar hábitos de vida más responsables y desarrollar tecnologías constructivas alternativas como respuesta a los retos que plantean los cambios climáticos.

Los temas aquí expuestos son producto de la investigación multidisciplinaria que han desarrollado profesores y estudiantes de licenciatura y

posgrado, sensibles a la problemática de la falta de recursos que provoca condiciones de vida desfavorables en un alto porcentaje de los grupos de población. La pobreza es un asunto multidimensional cuyas repercusiones se ven reflejadas en la alimentación, la salud, la educación, la seguridad y, por supuesto, en la forma de habitar, que influye en el desarrollo espiritual de las personas. Es decir, tanto en aspectos tangibles como intangibles que afectan, de una forma u otra, a todos.

La conciencia planetaria y la función social de las universidades lleva a realizar propuestas ingeniosas e innovadoras en afán de contribuir a la disminución del rezago, el impacto al medioambiente y a la cultura de la población.

En el presente libro participan profesores y estudiantes de diversas disciplinas (arquitectura, ingeniería civil, comunicación, sociología, entre otras), tanto de licenciatura como de posgrado de la Universidad Veracruzana y de algunas de las universidades pertenecientes a la Red de Vivienda y Hábitat Sustentable de México: Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas, Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad de Guadalajara, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Nacional Autónoma de México y el Tecnológico Nacional de México; de la misma manera, la Universidad de América, Colombia; todas comparten el interés de plasmar sus hallazgos en beneficio de la población más vulnerable.

Finalmente, el enfoque de este libro parte de un alto sentido social, el cual fue promovido desde la academia y el ejercicio profesional por dos grandes arquitectos cuyo liderazgo y guía fue patente. Ambos profesores planteaban que la arquitectura debía ser considerada como un servicio. Por un lado, nos referimos al profesor Julio Sánchez Juárez y Lechuga, de la Universidad Veracruzana (Premio al Mérito Académico ASINEA 2005), quien, con sus enseñanzas y estrategias de aprendizaje con un enfoque humanista, influyó en múltiples generaciones de arquitectos. De la misma manera, hablamos del profesor Jesús Aguirre Cárdenas, de la Universidad Nacional Autónoma de México (Premio al Mérito Universitario 1998), quien, desde la investigación y su posición dentro de la estructura académica de posgrado, impulsó a un gran número de generaciones a la atención de las problemáticas sociales desde la arquitectura y la ingeniería. Siempre están presentes, un recuerdo con cariño y agradecimiento.

Prólogo



FERNANDO NOEL WINFIELD REYES
XALAPA, VER., FEBRERO DE 2025

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.00.02>

El conjunto de textos reunidos en el libro *Habitabilidad y tecnología sostenible* (2025), coordinado por Miriam Remess Pérez, plantea diversas interpretaciones en torno a la líneas generales de aplicación del conocimiento (LGAC): edificación sustentable y ciudad, y logística urbana del cuerpo académico de la Universidad Veracruzana: UVCA 440 Habitabilidad y Tecnología Sustentable. Además, estas LGAC coinciden con las de la Red de Vivienda Sustentable de México y los de la Universidad de América de Bogotá, Colombia.

Un total de veintiún aproximaciones exploran la vinculación de la propuesta —ya sea desde una perspectiva reflexiva, a través de la experimentación o mediante la aplicación de modelos—, lo que permite reconocer la labor fundamental de la enseñanza de la arquitectura y la ingeniería a través de la práctica.

Si la arquitectura, desde una concepción liberal, puede llevarse desde distintas escalas a las necesidades de una variedad de usuarios o grupos de interés, es posible hablar, desde determinada perspectiva, de algo que va más allá de la utopía. En el caso de los trabajos que integran este extenso y nutrido volumen de ideas llevadas de la mano de la cualidad de la experimentación y de la aplicación, esta idea debe entenderse como aquello que inspira para lograr mejoras en el hábitat desde las posibilidades de un oficio, que es, fundamentalmente, el de construir.

Seis secciones nos informan de una modalidad de agrupamiento de los temas con base en su trascendencia e interés, centrándose en los siguientes aspectos:

- La universidad ante las problemáticas sociales y de habitabilidad

- Consideraciones del entorno
- Tecnología y construcción sostenible
- Arquitectura y urbanismo sostenible
- Vinculación social universitaria en zonas vulnerables
- Emprendimiento social

Respuestas desde la arquitectura con una vocación social

En décadas recientes, y de manera emergente en los últimos años, nuestro planeta y nuestro entorno inmediato viven una de las crisis más impresionantes de la historia. Actuar desde lo local para influir en lo global, progresivamente, es uno de los sellos de los trabajos aquí agrupados. Esta noción colectiva, transversal a otros temas de vital importancia para la práctica de la arquitectura, como la ética, la sostenibilidad, la resiliencia, el reciclaje o la capacidad de trabajar en equipo, sin perder la individualidad creativa que caracteriza a esta profesión del medioambiente construido.

Desde una conciencia transformadora de la acción reflexiva hacia el medioambiente y una postura profesional que ahora da fundamental referencia a la participación de los individuos y colectivos a quienes se dirige esta práctica, se elabora un rico tejido de soluciones que se ubican en una realidad inmediata, a pequeña escala, que posibilite los cambios buscados.

Lejos de pretender la transformación de las condiciones de vida de la sociedad, desde la condición de una modernidad superada, la nueva arquitectura, como podemos observar en las siguientes páginas, establece como los materiales primigenios de su trabajo las necesidades básicas del usuario y el sitio, en consideraciones de nuevas estrategias proyectuales que, a final de cuentas, pueden generar un proceso de innovación.

Distintas estrategias ante un proyecto posibilitan la exploración de los materiales para la construcción, desde técnicas de prefabricación en obra o de autogestión y autoconstrucción o, incluso, autoproducción. Lo cual resulta bastante inspirador como un modelo general de enseñanza, formación, experimentación reflexiva y de prácticas extrapolables a otros contextos sociales y económicos no solo de México, sino de Latinoamérica.

Para que este proceso de innovación resulte constructivo y permita un desarrollo ulterior encaminado al perfeccionamiento de la adaptación y la flexibilidad en los medios de la arquitectura, debe contarse con un registro sistematizado de experiencias. A lo cual contribuye este libro.

En este sentido es que un número significativo de autores, en una fructífera colaboración universitaria, documentan en sus trabajos la innovación tecnológica a favor de aquellos grupos sociales más desprotegidos de nuestra sociedad.

Desde una visión multidisciplinaria que engloba experiencias, propuestas y ejercicios en licenciatura y posgrado, la suma de estas cuestiones elabora los medios básicos e indispensables para responder a necesidades humanas esenciales conectadas con el derecho al habitar.

Es indudable que el papel que juegan las universidades puede ser trascendente para alcanzar mejores estadios de la tan ansiada calidad de vida, compromiso del que se desprenden diversas intenciones e intervenciones concretas.

La importancia de una arquitectura universitaria que sea cuidadosa de entender su entorno, su lugar y sus recursos, permite entender su inherente función social.

Las nuevas generaciones de profesionistas, docentes e investigadores de la arquitectura responden así a las ideas seminales de la formación en la arquitectura como servicio social que, en distintas instancias, promovieran dos personajes que inspiran este libro: el arquitecto Julio Sánchez Juárez y Lechuga, profesor y decano de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana (1931-2008), y Jesús Aguirre Cárdenas (1920-2016), profesor emérito y guía de muchas generaciones desde la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La riqueza en la pobreza: una reflexión final con fondo de esperanza

Distintas aproximaciones teóricas y empíricas señalan que la pobreza puede definirse como una condición humana. Dicha condición establece referentes con la falta o escasa capacidad para conseguir niveles adecuados de

bienestar y habitabilidad, y no solo la idea de captar un ingreso para las necesidades básicas. Pero esta condición prevaleciente en casi todas las etapas de la historia puede servir para aproximarnos y, desde una comprensión más profunda, proponer su radical o progresiva superación.

Entender los escenarios de la pobreza como bases potenciales para la mejora y desarrollo del espacio construido y hecho materialidad puede animar una arquitectura que privilegie lo esencial y las posibilidades de una vida digna, con una dirección definida hacia las necesidades y procesos sociales, en respeto a la cultura y el entorno.

Introducción



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.00.03>

El contenido de este libro se organizó en torno a seis temáticas que van desde la conciencia de la relación que guardan las disciplinas con la sociedad y el planeta hasta el impacto de las problemáticas sociales en la habitabilidad, desde diversos puntos de vista y enfoques disciplinarios. Se da un breve recorrido en la historia de la arquitectura sustentable y su trascendencia en México, se abordan algunos procesos de participación ciudadana como punto de partida para la atención de los problemas, así como los métodos de aproximación a las distintas realidades. Se habla del papel que juegan las universidades en la atención de las problemáticas del sector más vulnerable de la sociedad, y de qué manera se sensibiliza a los universitarios para que, desde una perspectiva humana y no solo de la aplicación de metodologías, propongan soluciones efectivas e innovadoras.

De forma más concreta, se abordan criterios de aprovechamiento de las condiciones naturales del entorno (iluminación natural, ventilación cruzada, consideraciones del sitio, el emplazamiento, entre otros) como aspectos que influyen en el diseño arquitectónico de un espacio habitable.

Se incluyen también contenidos orientados a la valoración de la arquitectura vernácula, de la construcción sostenible, el uso y aprovechamiento de materiales naturales, la reutilización de materiales industrializados y la consecuente economía circular que contribuya a disminuir el impacto ambiental y económico de la construcción.

A escala urbana se muestra la vinculación social universitaria en zonas vulnerables que, a partir del diagnóstico comunitario, permite contar con un punto de partida para la toma de decisión de las entidades gubernamentales correspondientes en la solución de necesidades concretas. Finalmente se presenta una propuesta de emprendimiento en ámbitos vulnerables, que fue llevada y bien recibida en ámbitos internacionales, un proyecto de carácter creativo que no necesariamente está relacionado con lo lucrativo o el beneficio económico, más bien con un enfoque de negocio social innovador y sostenible.

La universidad ante las problemáticas sociales y de habitabilidad

1. B-Pallets. Un modelo de construcción sustentable



MIRIAM REMESS PÉREZ*

MARCO MONTIEL ZACARÍAS**

JESÚS MARTÍN SANTAMARÍA LÓPEZ***

ANTONIO MOLINA NAVARRO****

LAURA ENCARNACIÓN RIVERA*****

PILAR CARRILLO FERNÁNDEZ*****

PEDRO MELGAREJO REMESS*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.01>

Resumen

El proyecto B-Pallets propone reutilizar estos materiales para construir viviendas modulares de bajo costo, adaptadas al clima cálido-húmedo, e integrarlas a la academia, al sector público, privado y sociedad civil para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El objetivo de este estudio es ofrecer soluciones arquitectónicas que ayuden a mejorar la calidad de vida de los sectores sociales más vulnerables, mediante la optimización del ciclo de vida de la vivienda, al reciclar materiales y emplear la economía circular, bajo el diseño de una metodología multidisciplinaria y de colaboración institucional.

* Doctora en Arquitectura. Profesora-investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4004-1870> ; correo electrónico: mremess@uv.mx

** Doctor en Arquitectura. Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3000-274X>

*** Maestro en Construcción. Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2236-8984>

**** Doctor en Educación. Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7949-8371>

***** Arquitecta egresada de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1620-1395>

***** Arquitecta egresada de la Universidad Veracruzana, México. Actualmente ejerce la profesión en el sector privado. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-5665>

***** Arquitecto, Especialista en Administración y Gestión de Proyectos Arquitectónicos y Urbanos de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2640-8171>

Los resultados incluyen el diseño de prototipos habitacionales y la propuesta del sistema constructivo B-Pallets, como solución replicable que reduce desperdicios y coadyuva a facilitar el acceso a la vivienda digna.

Palabras clave: *vulnerabilidad, vivienda, proyecto y construcción sostenibles, reutilización de materiales, alianzas estratégicas.*

Introducción

El estado de Veracruz se encuentra entre los seis estados más pobres de México, presenta un rezago significativo en aspectos como educación, salud, seguridad, alimentación y, especialmente, en la calidad de la vivienda. Muchas familias viven en condiciones precarias que afectan su bienestar y desarrollo integral. De acuerdo con el último estudio realizado por CONEVAL, los resultados de medición de pobreza en el estado de Veracruz en 2018 fueron de 60.2 % y de pobreza extrema: 16.1 %; en el año 2020 los resultados obtenidos fueron del 58.6 % y 13.9 %, respectivamente, por lo que hubo una reducción del 1.6 % en los niveles de pobreza y una disminución de 2.2 % de la pobreza extrema.

En paralelo, la actividad del transporte marítimo en el puerto de Veracruz genera una gran cantidad de materiales de embalaje desechados —principalmente *pallets* de madera y poliestireno— que, al no ser reutilizados, terminan en rellenos sanitarios o se incineran, lo cual contribuye considerablemente a la contaminación ambiental.

Ante esta problemática dual, el proyecto de investigación B-Pallets surge como una propuesta innovadora y sostenible que reutiliza estos materiales de desecho para elaborar un sistema constructivo modular, económico y adaptable al clima cálido y húmedo característico de Veracruz. Este sistema combina los *pallets* reciclados con materiales naturales como la arcilla para los acabados, conformando con ello viviendas en tres módulos básicos que incluyen espacios para cocina, comedor, habitaciones y servicios sanitarios secos.

B-Pallets articula una estrategia multisectorial que involucra a la academia, al sector público, la iniciativa privada y la sociedad civil, alineándose

así con la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), tales como la erradicación de la pobreza, la acción climática, ciudades y comunidades sostenibles, así como alianzas para lograr estos fines.

Panorama actual. El medioambiente

Uno de los mayores retos ambientales del antropoceno, el calentamiento global, es un problema abordado desde diversas actividades humanas. Para los profesores e investigadores Sudharsan y Sivalingam (2019), la producción y el uso de materiales como el concreto, cemento y tabique para los procesos de la industria de la construcción es lo que genera mayor impacto al planeta por la emisión de gases y de dióxido de carbono.

Dada esta circunstancia, la necesidad de plantear soluciones al problema de la contaminación de la industria de la construcción se hace cada vez más latente, fijando la atención tanto en los procesos de producción y fabricación, como en la generación de desechos. En su investigación, Sudharsan y Sivalingam analizan detalladamente desde la clasificación y tipos de materiales hasta el planteamiento de cómo en el proceso de manejo de los desechos de construcción deben identificarse sus características y el impacto que tienen en el medioambiente. De este modo, el planteamiento de incorporar en la industria de la construcción el empleo de materiales de desecho para edificar representa un desafío (Lufiego y Lufiego, 2020), puesto que conlleva un sinnúmero de consideraciones por el tipo de material de desecho del que se trate (Arias, 2016). Si el manejo de estos procesos es adecuado pueden verse beneficiados tanto el medioambiente como la naturaleza y los seres vivos que la integran.

Este problema no atañe solo a la industria de la construcción, en general el mercado mundial y el transporte marítimo en cuanto a los materiales para embalaje y consolidación de carga es un grave problema ambiental. Esas industrias también envían una gran cantidad de desechos por productos. La disposición de los residuos es una gran tarea para cada industria. Las industrias necesitan concentrarse más en la eliminación de una manera perfecta. Si están enviando los desechos a los ríos, entonces el agua se con-

tamina. Pero si los materiales de desecho se están depositando en la tierra también representa un gran problema (Sudharsan y Sivalingam, 2019).

En el contexto nacional, México es uno de los 11 países a nivel mundial con la mayor cantidad de emisiones de CO². A lo largo de 2020 nuestro país emitió 490 toneladas de CO², de las cuales el 65 % corresponden al sector de la industria de la construcción. Los materiales convencionales generan una grave contaminación al medioambiente, la cual es necesario revertir para lograr la construcción sustentable.

La vivienda

En el *Informe de Pobreza Multidimensional 2022* del CONEVAL se señala que la población en situación de pobreza extrema ascendía a 9.1 millones de personas, equivalente al 7.1 % de la población nacional (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL], 2023). El estado de Veracruz tiene una población total de aproximadamente 8 millones, de ella, el 58.3 % vive en la pobreza y el 16.9 % en la pobreza extrema, lo que refleja, entre otros, un bajo nivel de ingresos y condiciones de vida precarias.

Por otro lado, desde 1948 se estableció en la Declaración Internacional de Derechos Humanos el derecho a una vivienda adecuada (Goycoolea y Núñez, 2009). En México, a pesar de que ha ido evolucionando el concepto de vivienda adecuada, así como la manera en cómo los tres niveles de gobierno la han ido incorporando en sus planes de desarrollo, la realidad es otra.

Según datos de ONU-Hábitat con base en registros de CENAPRED (2017) y SEDATU, Veracruz es de los estados más afectados por viviendas dañadas debido a desastres naturales, como sismos e inundaciones en el periodo 2000-2016. Asimismo, de los 480 municipios mexicanos con vulnerabilidad alta y muy alta al cambio climático, 61 (de 212 en Veracruz) se encuentran en estas categorías (CENAPRED, 2017; ONU-Hábitat, 2018; SEDATU y ONU-Hábitat, 2018). Complementariamente, Veracruz presenta alta vulnerabilidad estatal al cambio climático, pues 61 de sus 212 municipios tienen grado alto o muy alto de vulnerabilidad (Gobierno del Estado de Veracruz, 2019). Al mismo tiempo, Veracruz es el quinto estado con la mayor proporción de vi-

viendas con rezago habitacional (58.6 %) y el estado con mayor número de hogares que han sido desplazados debido a la violencia e inseguridad (ONU-Hábitat, 2018).

Por otra parte, según un estudio de 2020 del CONEVAL actualmente en Veracruz 5 088 600 personas viven en pobreza y 1 457 900 en pobreza extrema, lo que se refleja en la falta de servicios de educación, salud y seguridad social, alimentación inadecuada y mala calidad de los espacios básicos de vivienda y otros servicios. Este sector está formado por familias que se dedican al trabajo informal con muy bajos ingresos (vendedores ambulantes, trabajadores agrícolas, empleadas domésticas). En algunos casos, los hombres de este sector migran a las grandes ciudades o, incluso, a Estados Unidos en busca de oportunidades. Desafortunadamente, la mayoría de ellos no regresan y abandonan a sus familias, dejando a las mujeres asumir el papel de cabezas de familia y son quienes sustentan las necesidades de las familias. Estas familias, con una conformación atípica (abuelos con una o dos jóvenes madres solteras, varios niños pequeños, algunas personas con discapacidad) viven en condiciones precarias: hacinamiento, áreas mínimas, construcciones provisionales que no se adaptan a las condiciones ambientales del sitio, cuyo clima suele ser extremo. Básicamente no son espacios habitables y ponen en riesgo la seguridad y la salud.

Figuras 1 y 2. Estado actual de las viviendas precarias en la zona de Cotaxtla, Ver.



Fuente: equipo B-Pallets.

Para ONU-Hábitat esta es una situación de atención prioritaria en México. En su propuesta “La vivienda en el centro de los ODS en México” (ONU-Hábitat, 2018) se presentan seis orientaciones estratégicas para abordar estos y otros desafíos. La propuesta para alcanzar los objetivos de la Agenda 2030 son los siguientes:

1. Impulsar la vivienda social intraurbana.
2. Favorecer el acceso de los grupos vulnerables a la vivienda adecuada.
3. Fomentar la vivienda social en renta.
4. Intervenir el tejido urbano deficitario.
5. Reducir el impacto ambiental de la vivienda e incrementar su resiliencia.
6. Optimizar el ciclo de vida de la vivienda.

Este contexto, enmarcado desde los ODS, hace que surjan propuestas desde la academia con el objetivo de nuevas alternativas que coadyuven a enfrentar el déficit de viviendas en nuestro estado, lo que es algo urgente y necesario (Borreguero, 2019). Proyectos de investigación como el de B-pallets intentan hilar diversas circunstancias y actores a través del eje transversal de la sostenibilidad, el reciclaje y la economía circular (Orduña y Guzmán, 2018), enfocándose en sectores poblacionales altamente vulnerables, como las madres solteras, persona de la tercera edad y discapacitados, quienes constituyen verdaderas fuentes de posibilidades para paliar el gran déficit de vivienda adecuada.

Figura 3. Viviendas en la zona de Cotaxtla, Ver.



Fuente: equipo B-Pallets.

La participación de las universidades y los ODS

Uno de los aspectos a tomar en cuenta al momento de desarrollar proyectos sociales no solo en México, sino en todo Latinoamérica, es la pertinencia social, ambiental y económica que deben mostrar estos proyectos para realmente incidir positivamente en la realidad de las personas. Ofrecer propuestas que ayuden a solucionar este problema desde una visión sistémica y holística es uno de los aspectos más importantes que deben atender las universidades para hacer frente a la raíz del calentamiento global y demostrar cómo esto se encuentra relacionado con la desigualdad social, la falta de vivienda y la contaminación producida por la inadecuada gestión de los desechos.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) han suscitado un gran interés en todo el mundo y en las diversas áreas del conocimiento. Para su adecuada interpretación y aplicación, las universidades tienen un papel estratégico. De acuerdo con la guía elaborada por la Sustainable Development Solutions Network (SDSN) Australia/Pacífico, en colaboración con los ACTS (Australian Campuses Towards Sustainability) y la Secretaría Global de SDSN, en general, los ejes estratégicos donde inciden los ODS en las universidades son los siguientes:

1. Aprendizaje y enseñanza, en donde se plantea dotar al estudiante del conocimiento, las habilidades y la motivación suficiente para comprender y abordar los ODS, mediante experiencias académicas y profesionales en profundidad para implementar soluciones a las problemáticas planteadas por los ODS. De esta manera se proporciona una educación asequible e inclusiva para todos, donde se fomenta el desarrollo de las capacidades de estudiantes, futuros profesionales de países en desarrollo y se empodera y moviliza a la juventud (SDSN Australia/Pacific, 2017).
2. Investigación. Dotar del conocimiento necesario, las pruebas científicas, las soluciones, tecnologías, vías e innovaciones para respaldar y apoyar la implementación de los ODS por parte de la comunidad global, a través tanto de enfoques disciplinarios tradicionales, como de nuevos enfoques interdisciplinarios, transdisciplinarios y de en-

foque científico; dotar a los países en desarrollo de capacidad de emprendimiento y utilización de la investigación; colaborar y apoyar a empresas innovadoras para implementar soluciones ODS; potenciar la diversidad en investigación; y formar a los estudiantes en la investigación del desarrollo sostenible.

3. Gobernanza institucional, políticas de gestión y extensión universitaria: implementar los principios de los ODS a través de la gestión y gobierno de la universidad en sus diferentes aspectos: empleo, finanzas, servicios universitarios, instalaciones, adquisiciones, recursos humanos y gestión académica y de estudiantes (Peña, 2020).
4. Liderazgo social: fortalecimiento del compromiso público de la universidad y de su implicación en el abordaje de los ODS; iniciar y facilitar el diálogo y la acción intersectorial, asegurando la presencia del sector educativo superior en la implementación nacional de los ODS y, con ello, demostrar el compromiso universitario ayudando a diseñar políticas basadas en los ODS (Vallaey, 2008).

Bajo el contexto descrito, el proyecto de investigación B-Pallets contribuye a las atenciones estratégicas propuestas por ONU-Hábitat respecto a impulsar la vivienda social, favorecer el acceso de los grupos vulnerables a la misma, reducir el impacto ambiental de la vivienda e incrementar su resiliencia, así como optimizar su ciclo de vida (ONU, 2022).

De la misma manera se tratan los ejes estratégicos donde inciden los ODS en las universidades, pues se llevó a cabo primero la enseñanza-aprendizaje para comprender y abordar los ODS, se realizaron aportaciones desde la investigación multi y transdisciplinar y gestiones desde la vinculación universitaria, haciendo patente su compromiso con las problemáticas nacionales.

Para atender la problemática relacionada con la necesidad de vivienda en la población en condición de pobreza, se consolidó una alianza entre la Universidad Veracruzana y el Consejo Distrital de Desarrollo Rural Sustentable de Veracruz, en el marco del Eje Físico Ambiental, con la participación de diversas instituciones gubernamentales, académicas, privadas y sociales. Entre las principales entidades involucradas se encuentran la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional Forestal (CONA-

FOR), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA), la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Asimismo, participaron representantes del sector privado, como Hutchison Ports Icafe, así como del sector social, mediante comités ciudadanos, el Colegio de Posgraduados, la Confederación Revolucionaria de Obreros y Campesinos (CROC) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Esta colaboración interinstitucional permitió articular esfuerzos y recursos orientados al diseño e implementación de soluciones habitacionales sustentables, dirigidas a reducir el déficit de vivienda en comunidades en situación de vulnerabilidad.

Desde su origen, la iniciativa B-Pallets cuenta con una fortaleza metodológica y es que nace directamente de la experiencia en campo, del conocimiento de la realidad de familias específicas que viven en contextos concretos. Es decir, partir de la especificidad y la aplicación del conocimiento ha permitido extrapolar esta iniciativa y proponer a un nivel regional y nacional. Los criterios que propone esta iniciativa son los siguientes:

- Transversalidad, dado que implica la participación activa de la academia, el gobierno, el sector privado y la sociedad civil.
- Genera un antecedente en las experiencias colaborativas de proyectos para las comunidades beneficiadas del estado de Veracruz.
- Es un proyecto que hace hincapié en mejorar las condiciones de habitabilidad de sectores vulnerables de la sociedad, como personas con discapacidad, adultos mayores y madres jefas de familia.
- Propone, a partir de un diseño arquitectónico sostenible, la implementación de ecotecnias y tecnologías asequibles en la construcción y habilitación de viviendas rurales de carácter autosuficiente.
- Implementa el aprovechamiento de las energías de producción industrial, a través del reciclaje de *pallets* de madera utilizados en el puerto de Veracruz, como principal material de construcción combinado con materiales naturales como la arcilla para sus acabados, a partir de un sistema constructivo factible de acuerdo a la zona (Calle, 2019).

- Es un modelo de proyecto participativo que puede ser replicado, adaptándose a otros entornos suburbanos, rurales e indígenas a nivel estatal y nacional.

Metodología B-Pallets

La metodología del proyecto B-Pallets a la que se hace referencia, se construyó desde un enfoque multidisciplinario, participativo y de investigación aplicada que finalmente puede definirse y condensarse de la siguiente manera:

1. Diagnóstico y análisis de contexto. Se realizaron visitas a zonas de vivienda precaria en Veracruz, para identificar condiciones sociales, ambientales y económicas que afectan a familias en situación de vulnerabilidad. Paralelamente, se analizó la generación, manejo y potencial reutilización de materiales desechados por la industria del transporte marítimo, principalmente pallets de madera y poliestireno.
2. Triangulación de actores. Se establecieron alianzas estratégicas con actores clave como la Universidad Veracruzana, instituciones gubernamentales (SADER, SEMARNAT, CONAFOR, entre otras), iniciativa privada (Hutchison Ports Icade) y sector social (comités ciudadanos), consolidando un modelo de gobernanza colaborativa.
3. Caracterización de materiales. Se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar las propiedades físicas, térmicas y estructurales de especímenes de muros contruidos con el sistema B-Pallets, asegurando que cumplieran con criterios de seguridad y confort tanto en construcción como en uso.
4. Diseño bioclimático y prototipos. Con base en principios de arquitectura sostenible, se diseñaron módulos habitacionales adaptados a clima cálido-húmedo, que promueven la autosuficiencia energética y el aprovechamiento de materiales reciclados. Estos diseños se tradujeron en prototipos arquitectónicos funcionales que incluyen uso de ecotecnias accesibles.

5. Evaluación social y educativa. El proyecto se canalizó como eje formativo para estudiantes universitarios, involucrados directamente en el trabajo de campo, diseño, construcción y vinculación comunitaria, favoreciendo una práctica universitaria integral y sensibilizada hacia la sostenibilidad y responsabilidad social.
6. Difusión y validación. Los avances fueron presentados en concursos internacionales de economía circular (Social Business Creation 2021, en Montreal Canadá), y se realizaron actividades de capacitación para fortalecer las capacidades técnicas y de gestión en los actores implicados.

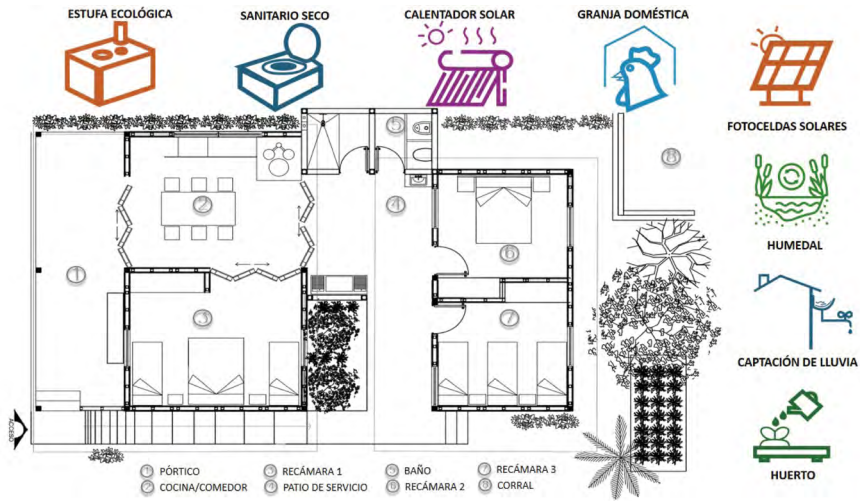
Este proceso metodológico riguroso permitió desarrollar una propuesta arquitectónica y un sistema constructivo innovador, alineado con los desafíos ambientales, sociales y económicos actuales.

Propuesta arquitectónica

El proyecto de investigación B-Pallets surge en la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, como un proyecto sensible al contexto local veracruzano de las zonas menos favorecidas. Es muestra del trabajo universitario que incide de manera consciente en el contexto social a través de un ejercicio intelectual, humano y profesional plasmado en un modelo de proyecto y construcción para vivienda dirigida a población de escasos recursos. Propone proyectos, mobiliario y un sistema constructivo para crear espacios de vida sostenibles (de bajo costo, que se adapte a las condiciones naturales y artificiales del medioambiente), que proporcione áreas necesarias para las familias en condición de pobreza (flexible), contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas y coadyuve en la reducción de la contaminación generada por la incineración de los materiales.

La vivienda propuesta que corresponde a un contexto de clima cálido-húmedo, se conforma por tres módulos. El primero es para cocina, comedor y una habitación; el segundo para el sanitario seco y la regadera, patio de servicio; y el tercero para dos habitaciones más. Se rescata el valor del pórtico para la convivencia, espacio esencial para la vida de las personas que habitan en estos ambientes.

Figura 4. Planta arquitectónica del proyecto



Fuente: equipo B-Pallets.

1. Acceso
2. Pórtico
3. Rampa para discapacitados
4. Cocina-comedor
5. Recámara
6. Pasillo y área de lavado
7. Baño seco
8. Regadera
9. Recámara
10. Recámara
11. Granja doméstica/corral
12. Huerto y jardín
13. Humedales

Figura 5. *Fachada principal de la vivienda*



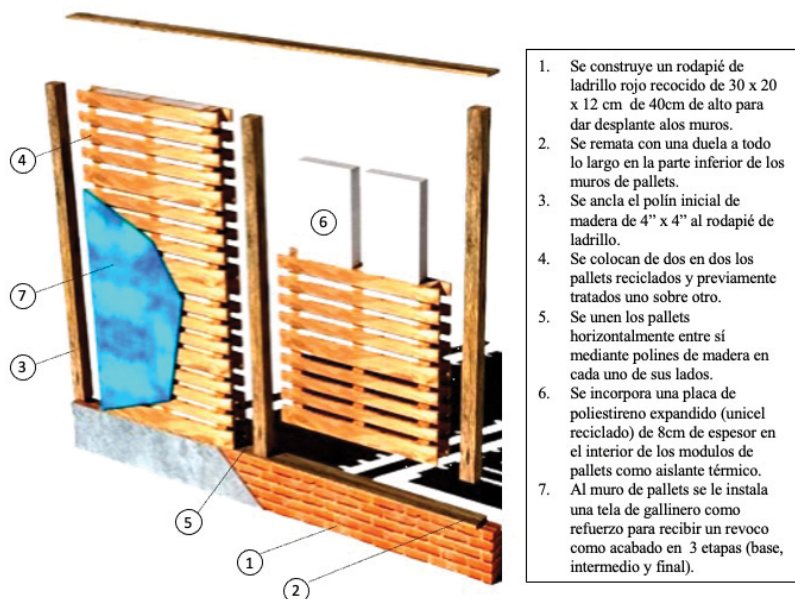
Fuente: equipo B-Pallets.

Figura 6. *Vista del agrupamiento de viviendas*



Fuente: equipo B-Pallets.

Figura 7. Esquema con las características del sistema constructivo



Fuente: equipo B-Pallets.

Ventajas del proyecto

Entre los beneficios de utilizar el sistema constructivo de B-Pallets se destaca el menor costo de construcción contra el de una construcción convencional o de características similares en nuestro país, ya que los materiales más utilizados en las casas construidas en la actualidad tienden a aumentar sus precios significativamente con el paso de los años. Actualmente el equipo de trabajo multidisciplinario se encuentra realizando pruebas con el sistema constructivo y acabados para tener un estimado más exacto del costo de construcción de una vivienda de las características presentadas [Para más información sobre el modelo de negocio social sostenible planteado por el equipo, consultar el capítulo 21 de este libro: “B-Pallets, propuesta de negocio social sostenible”].

Otra de las ventajas del proyecto es que promueve el uso de ecotecnologías, el aprovechamiento de los recursos naturales, como el agua y energía solar, y la gestión de alimentos y residuos. Por otro lado, contribuye a la reducción de la contaminación generada por incinerar materiales que aún pueden reciclarse, se mejora la calidad de las viviendas de las familias más vulnerables, se incorpora el uso de estrategias sostenibles: estufa ecológica, sanitario seco, humedal, huerto, granja doméstica, sistema de captación de lluvia, fotoceldas solares, calentador solar, ventilación cruzada.

Asimismo, en lo que respecta a los adelantos en las pruebas de confort térmico y análisis del sistema constructivo, en el año 2022 iniciaron las pruebas a los primeros especímenes. Hoy en día, se han realizado pruebas a 12 especímenes con distintas características usando el método de prueba a través del aparato de placa caliente con guarda (ASTM C177-97) [Para más información técnica del sistema constructivo B-Pallets y los resultados de las pruebas de confort térmico, consulte el capítulo 9: “El muro sustentable. B-Pallets y su caracterización como sistema constructivo”], donde los resultados han sido bastante satisfactorios, ya que ofrece un nivel de confort térmico en espacios habitables mayor a otros materiales tradicionales.

Posibles impactos a generar

El sistema constructivo y modelo participativo B-Pallets anticipa impactos significativos en múltiples dimensiones. En cuanto a lo ambiental, la reutilización de 175 *pallets* de madera por vivienda que no serían incinerados reduciría la emisión de CO², evitando al mismo tiempo la tala aproximada de 17.5 árboles por vivienda, lo cual contribuye a la conservación forestal y mitiga la huella ecológica. Además, se reduce la incineración y disposición en rellenos sanitarios de materiales que generan emisiones contaminantes, promoviendo con ello la economía circular y un manejo responsable de residuos.

Respecto a la dimensión social, la mejora en la calidad de la vivienda, para familias en situación de pobreza resulta en espacios dignos y saludables, lo que favorece la reducción del rezago social y la vulnerabilidad. La construcción de una vivienda generaría un beneficio inmediato para una familia

de 6 a 8 personas que aprovecharán esta construcción. Asimismo, el proyecto fomenta la colaboración activa entre academia y comunidades, fortalece vínculos sociales y promueve la formación integral de estudiantes en problemáticas reales.

En el ámbito económico, al tratarse de una alternativa constructiva de bajo costo que aprovecha materiales de desecho, se genera un ahorro significativo en la construcción. Además, B-Pallets propone incentivos fiscales para la donación y reciclaje de materiales, lo cual facilita la participación de empresas privadas y genera oportunidades de empleo y desarrollo económico local.

De esta manera, el proyecto constituye una plataforma multidisciplinaria que integra investigación, docencia y vinculación, que posiciona a la universidad como un agente activo en la consecución de los ODS. Los reconocimientos internacionales obtenidos (segundo lugar a nivel mundial en la ronda final del concurso SBC 2022 como “Mejor propuesta de emprendimiento social” y el primer lugar a nivel mundial como la “Mejor propuesta de economía circular” en el mismo certámen) validan la innovación y replicabilidad del modelo. En conjunto, estos impactos contribuyen a alcanzar los lineamientos de la Agenda 2030, promoviendo un desarrollo sustentable que atienda la crisis ambiental, social y de vivienda en Veracruz y en contextos similares a nivel nacional e internacional.

Conclusiones

Las consideraciones finales a destacar que ofrece este proyecto de investigación universitario parten de la idea de que la reutilización de materiales manufacturados es una tendencia global, pues cada vez hay mayor conciencia de que los niveles actuales de desperdicio y desecho en el sistema económico mundial hacen muy difícil cumplir con la Agenda 2030. Los *pallets* en todas sus tipologías y materiales están lejos de desaparecer y son elementos, junto con otros materiales, para consolidación de cargas que deben incorporarse a la vida útil. B-Pallets tiene la visión de generar un cambio de paradigma multidimensional para cimentar las nuevas buenas prácticas constructivas que están en contra del despilfarro, el desperdicio y los desechos.

Bajo este análisis del consumo y el desecho, algunos de los aspectos a destacar son el uso de productos reciclados para coadyuvar a una construcción de bajo costo y apoyar que las compañías que reutilizan materiales puedan acceder a las autorizaciones para obtener los materiales sea de una manera mucho más eficiente, al generar incentivos fiscales tanto para quien dona como para quien recicla.

Principalmente, B-Pallets se constituye como un vector transversal que tiene la capacidad de identificar diversas problemáticas en sectores muy distintos y darles solución a todos con una sola propuesta, ya que el problema de un sector es la solución de otro. B-Pallets ofrece soluciones al problema ambiental y económico que supone a la iniciativa privada el tener que pagar por destruir e incinerar los pallets que ya no usan, y por otro lado afronta el complejo problema de acceso a la vivienda, ayudando con eso a reducir el rezago social, la vulnerabilidad y la salud pública de la población más necesitada.

De esta manera, la propuesta del sistema constructivo B-Pallets combina materiales de embalaje desechados por el mercado del transporte marítimo internacional con materiales naturales como la arcilla, mediante el uso y aplicación de tecnologías y ecotecnias asequibles. Con esto, el modelo intenta también que sea replicable en otros contextos de vulnerabilidad, pero, sobre todo, se ofrece una solución sostenible con la participación del sector social, la administración pública, la iniciativa privada y la academia, para llegar a tiempo al cumplimiento de la Agenda 2030 y lograr el anhelado desarrollo sustentable.

Como propuesta integradora, B-Pallets ha implicado un desarrollo relevante de varios aspectos, uno de los principales corresponde a la formación profesional de los estudiantes debido a la aplicación de saberes teóricos, heurísticos y axiológicos en manera holista. De igual forma, ha implicado el ejercicio universitario de vinculación a través del trabajo coordinado de los académicos con otras IES, instituciones gubernamentales e iniciativa privada en un trabajo conjunto que beneficia socialmente y transforma el entorno; un desempeño donde los estudiantes participantes han comprendido la importancia de la colaboración de la academia con los actores sociales y gubernamentales en proyectos comunitarios. Desde otra óptica, al incorporar la investigación en un concurso internacional, ha dado

presencia al trabajo intelectual y sensible de académicos y estudiantes como sus creadores y diseñadores, así es como una institución como la universidad incide socialmente en su entorno inmediato.

Agradecimiento

Se reconoce y agradece la participación de los siguientes estudiantes e investigadores en las distintas etapas y en las modalidades de servicio social, tesis, concurso y pruebas de laboratorio llevadas a cabo:

Programa Educativo de Arquitectura:

Estudiantes:

Orlando Rafael Aguilar Flores
Jocelyn Baxin García
Luz del Carmen Campos Cano
Pedro David Cano Hermida
Pilar Carrillo Fernández
Laura Encarnación Rivera
Valeria Enríquez Aguirre
Jesús Fuentes Arellano
Arturo González Vergara
Aylín Adriana Ramírez Romero
Javier Reyes Antonio
Pedro Uziel Rosas Morales
Jessica Monserrat Saucedo Cázares

Profesores:

Mtra. Blanca E. Fernández Martínez
Dr. Marco Montiel Zacarías
Dra. Reyna Parroquín Pérez
Dra. Miriam Remess Pérez

Programa Educativo de Ingeniería Civil:

Estudiantes:

Miguel A. Bolaños Buenrostro.

Aydeé Herrera Sánchez

Ulises Lagunes Solís

Anahid Ronquillo Bautista

Profesores:

Dra. Elsa Lagunes

Dr. Antonio Molina Navarro

Mtro. Jesús M. Santamaría López

Programa Educativo de Ingeniería Industrial

Lenin Melgarejo Remess

Maureen Freya Varas Santamaría

Cuerpo Académico COCOVI de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas

Dr. Raúl Pavel Ruiz Torres

Referencias

- Arias, M. (2016). *El pallet como elemento arquitectónico*. Master en Arquitectura. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Valladolid.
- Borreguero, L. (2019). *Arquitectura tow tech*. Refugio de Emergencia con Pallets.
- Calle, S. (2019). *Aplicación de pallets en el diseño interior de viviendas*. Universidad del Azuay.
- CENAPRED. (2017). *Impacto 2016: daños y pérdidas causados por fenómenos hidrometeorológicos y otros, México*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. <https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/384-IMPACTO2016OE-FINAL12FEBRERO2018.PDF> cenapred.gob.mx
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL]. (2023). *Informe de pobreza multidimensional 2022*. CONEVAL. https://www.coneval.org.mx/InformesPublicaciones/Documents/Pobreza_Multidimensional_2022.pdf

- Gobierno del Estado de Veracruz (2019). *Veracruz ante el cambio climático: acciones mínimas 2019-2024, 65 propuestas*. Veracruz: Gobierno Estatal.
- Goycoolea Prado, R. y Nuñez Martí, P. (2009). De «la vivienda es mi derecho» a las «ciudades armoniosas». La nueva comprensión del espacio habitable de un hábitat en sociedad y utopía. *Revista de Ciencias Sociales*, (34), 217-230.
- Lufiego, E. y Lufiego, R. (2020). Construcción con pallets. *Arquitecto*, (16), 119-128. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/125862/Construcci%C3%B3n_con_pallets.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
- ONU. (2022). *La agenda para el desarrollo sostenible*. ONU. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- ONU-Hábitat. (2018). *Vivienda y ODS en México*. ONU.
- Orduña, R. y Guzmán, P. (2018). *Prototipo de vivienda basada en pallets reciclados de madera*. Universidad La Gran Colombia. Facultad de Arquitectura.
- Peña Porras, D. I. (2020). *Gobernanza, vivienda y conservación de áreas de valor ambiental frente a los Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Una reflexión para cinco ciudades latinoamericanas. CODS.
- SDSN Australia/Pacific. (2017). *Getting started with the SDGs in universities: A guide for universities, higher education institutions, and the academic sector. Australia, New Zealand and Pacific edition*. SDSN Australia/Pacific.
- SEDATU y ONU-Hábitat. (2018). *Guía de vivienda sostenible y resiliente / informe vivienda-ODS México*. Bitácora Regional de Guerrero. bitacorateritorial.guerrero.gob.mx
- Sudharsan, N. y Sivalingam, S. (2019). Potential utilization of waste material for sustainable development in construction industry. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3), 2435-3438. <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i3/C5062098319.pdf>
- Vallaes, F. (2008). Responsabilidad social universitaria: una nueva filosofía de gestión ética e inteligente para las universidades. *Educación Superior y Sociedad*, (2), 191-219. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001820/182067s.pdf>

2. Aula multigrado temporal en zonas rurales. Un espacio educativo alternativo



VERÓNICA CÁRDENAS BELMONTE*

MIRIAM REMESS PÉREZ**

FERNANDO NOEL WINFIELD REYES***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.02>

Resumen

Las comunidades rurales e indígenas en México presentan un acceso limitado a la educación y un rezago educativo, debido a la falta de un modelo adecuado a las condiciones y necesidades de las mismas comunidades, al escaso material didáctico y capacitación de docentes. Por otro lado, el número de estudiantes en estas zonas es muy bajo, por lo que la construcción de un espacio escolar resulta en un alto costo en relación con el beneficio de la población. Por lo anterior, no se cuenta con una infraestructura escolar que garantice “la existencia y suficiencia (concreta o percibida por los agentes escolares) de las instalaciones, los servicios, el mobiliario, los materiales y el equipo educativos como condición necesaria para que tengan lugar los procesos escolares” (Hernández, 2010, p. 4). Por tal motivo y con el objetivo de contribuir a los procesos de inclusión educativa, a través de la participación en un concurso nacional organizado por CONAFE, se realizó un proyecto de aula multigrado temporal. Este espacio tiene como característica principal permitir la atención a estudiantes de diferentes grados,

* Maestra en Arquitectura y en Diseño de Interiores. Profesora de la Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura Xalapa, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2823-7408> ; correo electrónico: vcardenas@uv.mx

** Doctora en Arquitectura. Profesora-investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4004-1870>

*** Doctor en Arquitectura. Profesor de la Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura Xalapa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5220-6401>

y que se puede adaptar tanto para educación preescolar, primaria y secundaria. La flexibilidad para dar respuesta a las diferentes estrategias pedagógicas es su principal cualidad, tanto en el interior como en el exterior, además, se adapta al entorno y es de fácil construcción.

Palabras clave: *comunidades rurales, aula multigrado temporal, inclusión educativa, flexibilidad.*

Introducción

La educación inicial (0 a 13 años) es indispensable para garantizar el desarrollo de los niños y las niñas. La importancia que tienen los primeros años de vida en la formación del individuo requiere que los agentes educativos que trabajan en favor de la niñez cuenten con conocimientos, habilidades y actitudes adecuadas. Es necesario impulsar la investigación en materia de educación no solo desde el punto de vista pedagógico, sino también desde la perspectiva de la arquitectura como proveedora de espacios donde se desarrollan los procesos de enseñanza y aprendizaje, en los que también se crean las condiciones necesarias que permiten asegurar el acceso de los mexicanos a una educación de calidad, en el nivel y modalidad que la requieran y en el lugar donde la demanden.

La presente investigación surge como respuesta a la convocatoria de la Comisión Nacional de Fomento Educativo (CONAFE) en donde se solicitó a estudiantes de instituciones de educación superior del país, un proyecto de aula para impartir clases a preescolar, primaria o secundaria comunitaria indistintamente. Al considerar que la educación es una de las más altas prioridades para el desarrollo del país, es necesario que la infraestructura física escolar cumpla con los estándares de funcionalidad, calidad y seguridad, que respete las condiciones físicas y culturales de las diferentes regiones del país, en particular las características y necesidades de los servicios educativos que se brindan en comunidades rurales marginadas. En 1950, la cantidad de personas que habitaban en comunidades rurales representaba el 57 % del total de la población del país; en 1990 era de 29 % y para 2020 se ubica en 21 %.

En cuanto a la cobertura educativa, actualmente el sector de población de 0 a 13 años de zonas rurales de México se conforma de 959 226 niños no atendidos (INEGI, 2020). La propuesta que aquí se plantea es el resultado de un trabajo de investigación documental y de campo realizado por estudiantes y profesores asesores, con la colaboración de la Secretaría de Educación de Veracruz.

La población rural y la educación básica

De acuerdo con los datos referidos, en México, la población rural de niños entre 3 a 14 años se desagrega de la siguiente manera: de 3 a 4 años: 1 069 623; de 5 a 9 años: 2 710 919; de 10 a 14 años: 2 706 927; lo que da un total de niños en zonas rurales de 6 487 469. De esta población, no cuentan con atención escolar: de 3 a 4 años: 530 303; de 5 a 9 años: 158 761; de 10 a 14 años: 270 162, lo que da un total de 959 226 (INEGI, 2020). Además, estas localidades muestran un índice de alta y muy alta marginación, lo que provoca que los niños, niñas y adolescentes presenten severas desventajas sociales y económicas en comparación con aquellos que habitan en comunidades urbanas, entre ellas, la pobreza extrema.

Por otra parte, existen obstáculos derivados del diseño de la política educativa y de la forma en la que se ofrece el servicio. No son suficientes ni adecuados el apoyo administrativo pedagógico, la formación y la supervisión que reciben los docentes que son asignados a estas regiones. La dependencia gubernamental que atiende este sector es la CONAFE que, aunque cuenta con un modelo específico multigrado, dispone de recursos presupuestarios muy limitados, y sus figuras educativas son jóvenes que, generalmente, apenas cuentan con estudios de bachillerato. Sin embargo, uno de los problemas más graves es la inexistencia de espacios educativos y en el caso de que existan, en la mayoría de las ocasiones no brindan los factores básicos que requiere la habitabilidad escolar.

Por lo anterior, podemos decir que el servicio educativo se presta en condiciones precarias, con insuficiencia de materiales y de infraestructura, lo cual repercute de manera negativa en el aprendizaje de los estudiantes de zonas rurales. Las trayectorias educativas que desarrollan son desiguales y

excluyentes, lo que resulta sumamente inequitativo y reproduce el círculo de la pobreza. Esto se evidencia en los bajos logros de aprendizaje, y en que los estudiantes no concluyen a tiempo la educación obligatoria o abandonan la escuela definitivamente. En el Programa Sectorial de Educación 2013-2018 se reconoció que una debilidad del sistema educativo es el estado que guarda la infraestructura educativa, no solo por las carencias básicas sino también por la falta de acceso a tecnologías de la información y comunicaciones (Ramírez, 2021).

La escuela rural multigrado

Como respuesta y posible solución para abatir el rezago educativo, CONAFE creó la escuela rural multigrado o multinivel en el año 1997, con base en la necesidad operativa y pedagógica que requieren las pequeñas comunidades indígenas y rurales, en ocasiones en contextos de dispersión geográfica (por ejemplo en el Estado de Veracruz), que hace más difícil la atención a alumnos de todos los grados dentro de un mismo espacio, por un mismo maestro. Esta escuela incluso puede representar una opción con mayores ventajas pedagógicas que las escuelas divididas en grados. A través de este modelo educativo se garantiza la permanencia de los educadores en las comunidades atendidas y se estimula la participación decidida de los residentes. En una comunidad pequeña, la presencia del instructor trasciende en todos los ámbitos de su cotidianeidad y establece un fuerte compromiso con la misma. También garantiza las condiciones necesarias para la instalación de los instructores, equipo y materiales didácticos, además del hospedaje, la alimentación y el transporte.

El funcionamiento de la educación comunitaria se basa en los jóvenes instructores que participan en el Programa de Educación Comunitaria, en donde no solo se beneficia a alumnos de preescolar, primaria y secundaria, sino que también para ellos representa una alternativa de superación profesional; en algunos casos han alcanzado un nivel de educación superior, normalista o de especialización técnica.

La idea de crear un aula compartida ha demostrado las ventajas de integrar no solo un espacio sino un mismo método en el que las diferencias

de edad se convierten en una ventaja pedagógica, en comparación con la separación por grados o por edades. Se promueve el trabajo cooperativo, la participación comunitaria y el apoyo material, operativo y pedagógico de la CONAFE. Esta aula, en respuesta a la dispersión poblacional de las zonas rurales, fue creada como una nueva modalidad de atención para la demanda de servicios de preescolar, primaria y secundaria, en donde bastan cinco niños demandantes como mínimo para la instalación del servicio educativo. Contiene todos los grados, desde uno, tres o seis grados, a cargo de un solo docente, quien se convierte, al mismo tiempo, en director y se encarga de las labores administrativas de la escuela.

Como se mencionó, la dispersión de las poblaciones indígenas rurales y de difícil acceso, la pequeña cantidad de sus pobladores, pero sobre todo de niños en edad de recibir la educación preescolar y la fluctuación de la comunidad que por diversas circunstancias tienen la necesidad de cambiar su residencia a otros lugares ha generado el abandono en la infraestructura física educativa.

Ante esta situación surge una nueva modalidad: el aula multigrado temporal, un aula que, por su diseño, permite que se instale en una comunidad y que después de un tiempo se pueda trasladar a otra. Para lo cual las técnicas constructivas que se proponen y los materiales que se emplean son accesibles a las comunidades, en el entendido de que su traslado causa merma o pérdida parcial de sus elementos y deben ser reemplazados fácilmente. El planteamiento es un proyecto arquitectónico que apoya el proceso de aprendizaje con mecanismos didácticos que convierten el aula en un espacio dinámico que se transforma en diferentes escenarios que faciliten el trabajo educativo para realizarlo de forma individual, por equipos y colegiado, con los materiales educativos al alcance del maestro y de los alumnos.

El espacio escolar, más que una simple infraestructura, una construcción o un área físico-espacial, constituye un lugar para el desarrollo de procesos formativos, mediante interacciones pedagógicas en ambientes o contextos pertinentes. “El balance en los espacios académicos hace especial énfasis en las aulas puesto que se trata de los espacios funcionales privilegiados para el ejercicio de la docencia” (Lugo et al., 2016, p. 11).

Para facilitar este tipo de organización, se requiere que exista mobiliario idóneo para que el trabajo se realice ya sea por equipo o en forma

individual, y deberá contener por lo menos mesas y sillas para alumnos y lo necesario para el profesor. Entre las actividades permanentes a desarrollar se encuentran:

- Rincones de trabajo
- Conferencia infantil
- Asamblea escolar
- Correspondencia escolar
- Elaboración de libros artesanales, álbumes y antologías
- Periódico mural
- Lectura en voz alta por el maestro
- Uso de la biblioteca

El equipamiento mínimo necesario a considerar es el siguiente:

- Materiales audiovisuales
- Equipos de proyección y pantalla para estos materiales y medios
- Mobiliario para el trabajo individual y colectivo (las propuestas de equipamiento del aula deben ser diferentes para preescolar, primaria y telesecundaria)
- Aditamentos eléctricos que posibiliten la conectividad a la red eléctrica local y que optimicen el consumo de energía
- Contemplar accesos, circulaciones e instalaciones para personas con discapacidad

Arquitectura escolar con principios

La existencia de inequidades es un problema que debemos intentar resolver mediante acciones dirigidas a eliminar la segregación social de los espacios, mediante la construcción de ambientes equitativos.

Lo que aquí se resalta es la creación de ambientes educativos sanos y seguros, que sean confortables y que se adapten a las condiciones del clima y a las demandas pedagógicas actuales. Respecto a esto, López (2023) plantea que los espacios educativos deben facilitar los procesos de aprendizaje

que propicien la independencia y, en consecuencia, que permitan la formación de personas libres, con sentido crítico, capaces de erigirse como pilares de su comunidad, con valores firmes y una conciencia de cuidado y preservación de su entorno, con una fuerte espiritualidad, elemento ausente en nuestro tiempo, ignorado por las formas de vida actuales.

Así la arquitectura escolar estará cumpliendo su finalidad de proporcionar espacios habitables, que permitan “que la persona se habite a sí misma” (Calderón, 1999, párr. 1). Esto se lograría a través de una práctica que implique la calidad del proyecto, respeto a los valores culturales, la defensa de la identidad, integración al contexto, el análisis y evaluación de las necesidades, por ejemplo, la plástica, entre otras y evitar que temas relacionados con los costos de la construcción marquen la tendencia que ha generado un reduccionismo de la arquitectura y los espacios educativos. Estos espacios ameritan especial atención dado que en ellos el individuo inicia su vida de relaciones y formación.

De acuerdo a lo que plantea Calderón, el espacio-lugar es donde el interior se corresponde con el exterior; en otras palabras, es en el cual el hombre tiene identidad, encuentro, alianza, recuerdo. De la misma manera plantea que el éxito de la arquitectura es lo contrario a que inhiba, ponga obstáculos, levante tapias: “La arquitectura fracasa cuando se niega sol a los ancianos, rincones a los pensativos, campos de juego a los niños y solemnidad a los creyentes” (párr. 1).

La forma en cómo la arquitectura interpreta y da respuesta a las demandas de la pedagogía actual implica aspectos humanos, sociales, artísticos y tecnológicos, que obligan su desarrollo como un tema de interés para la investigación y experimentación.

De manera regular la UNESCO convoca a organismos responsables del diseño y construcción de espacios educativos en el documento de la Declaración de Santiago, reunión celebrada en Santiago de Chile en el año 2000, donde se señala que:

Los espacios educativos tienen efectos privilegiados para la educación y, por lo tanto, su programación, diseño, construcción, uso y mantenimiento trascienden la mera competencia administrativa, ya que son en sí mismos ocasión de aprendizaje de trabajo conjunto entre los agentes educativos, arquitectos y

comunidad cuyo resultante produce desarrollo educativo y desata nuevas respuestas a las aspiraciones sociales y culturales de la localidad. (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2009, p. 56)

La arquitectura sigue teniendo una función educativa porque fluye a través de los espacios, formas, volúmenes y belleza en los procesos de humanización que exige la educación moderna.

El diseño arquitectónico es capaz de hacer compatible la participación de la comunidad con el disfrute de los espacios, además de mejorar la calidad de la educación, se convierte en símbolo de la comunidad y repercute en la identidad personal y colectiva.

Objetivos de la enseñanza y su relación con el espacio educativo

Los objetivos de la enseñanza se deben enfocar a entender que el término *aula* no solo se limita a los confines del espacio físico, sino que se refiere a las actividades educativas organizadas que se pueden extender más allá del edificio escolar, abarcando incluso a la comunidad.

El aula refleja en sí misma aspectos tales como la equidad, con la cual se da igualdad de oportunidades y se garantiza que los estudiantes tengan el mismo acceso al aprendizaje; la atención; la ayuda del profesor; y aquellas actividades que requieran una variedad de roles y objetivos. Las aulas equitativas consideran la diversidad cultural de los estudiantes y los estimulan al aprendizaje en armonía. De la misma manera, se considera la equidad de género que permita acceder por igual a las oportunidades de participación en los distintos ámbitos de la vida social, sin importar las diferencias biológicas. El principio de equidad, en este sentido, se concreta cuando las prácticas educativas promueven la participación en todo tipo de actividades, en el juego, en mantener ordenado y limpio el espacio, en la toma de decisiones, entre otras. De esta manera se aprende a ser solidarios, tolerantes, a actuar en colaboración, a rechazar la discriminación y a asumir actitudes críticas frente a los estereotipos sociales.

La búsqueda de la excelencia, atiende a la realización del potencial de cada estudiante, en donde se consideran los principales sistemas teóricos actuales: la ciencia cognitiva, la teoría crítica y la teoría sociocultural.

Las interacciones que fomentan el aprendizaje se deben basar en los conocimientos, las lenguas y las culturas que los estudiantes llevan consigo a la escuela. De esta manera la enseñanza sociocultural es una enseñanza socialmente justa [...] el aprendizaje que desarrolla la inteligencia y el carácter no surge solo del profesor y los libros de texto [...] un individuo solo se forma cuando tiene oportunidades de aportar algo de su propia experiencia, por muy exiguo o escaso que ese fondo de experiencias pueda ser en un momento dado; y, por último [...] el saber surge del dar y recibir, del intercambio de ideas y de experiencias”.

De la misma manera, el espacio educativo involucra a todos los estudiantes en las oportunidades sociales que ofrece la escuela, promoviendo así una comunidad inclusiva. Además, moviliza a las familias, organizaciones de la comunidad e instituciones escolares, reconociendo que la escuela es un espacio que pertenece a todos, donde cada uno tiene acceso y voz. Todo esto se realiza en un clima de armonía, basado en valores comunes acordados, los cuales son indispensables para la sociedad civil. Estos valores y reglas se crean y mantienen mediante discusiones y revisiones frecuentes, explícitas, formalizadas y regulares, en las cuales se establecen los objetivos y principios de la comunidad educativa. Estos intercambios y acercamientos, que permiten dilucidar una multitud de dudas y expectativas, pueden complementarse con el método de identificar riesgos, oportunidades y potencialidades, que implica el registro de los elementos y necesidades en cuadros que se van elaborando a mano en el papel. Esto resulta en un modo inicial de involucrar a la comunidad, de tratar de ser responsivos como profesionales de la arquitectura, entendiendo por esta un entorno inmediato: los alumnos, los padres o tutores. De tal suerte que puede ser posible, en un tiempo relativamente breve, en el que se puede lograr que se expresen y comprendan, gráficamente, los esquemas a construir que tiene el valor de los elementos que después pueden calificarse por los mismos que participan, indicando líneas y asuntos prioritarios para la acción y el diseño del aula. Existen valores

universalmente necesarios, entre ellos: el respeto mutuo, la facilitación y la no interferencia en el trabajo de los demás; la valoración del aprendizaje, la productividad y la calidad; la creencia que todos los miembros tienen capacidades valiosas que aportar; la expectativa y la tolerancia de múltiples perspectivas; y la necesidad de encontrar unidades subyacentes.

El ambiente del aula y de la escuela debe fomentar las actitudes que promueven la confianza en la capacidad de aprender. El desarrollo equilibrado de las competencias de los estudiantes requiere que en el aula exista un ambiente estable. En un espacio que proporcione seguridad y estímulo al mismo tiempo, y en el cual los estudiantes puedan adquirir las actitudes y las percepciones sobre sí mismos y sobre el sentido del trabajo escolar que se encuentran en la base de todo aprendizaje valioso.

Por otro lado, la colaboración y el conocimiento mutuo entre la escuela y la familia favorece el desarrollo de los niños, crea comunidad. Esta convergencia entre escuela y familia es una antigua y válida aspiración, pero hasta hoy se ha realizado solo de manera insuficiente y parcial, con frecuencia limitándose a aspectos secundarios del proceso educativo.

Las cuestiones medioambientales de amplia escala afectan a la población, pero los problemas dentro de los entornos más inmediatos como la vivienda o la escuela ejercen una influencia más importante sobre la salud y el bienestar, sobre todo en los casos de los estudiantes que pasan la mayor parte de su tiempo en estos dos lugares.

Después del hogar, la escuela es el principal entorno donde los niños comienzan a desarrollarse social e intelectualmente. Si reciben buena atención y han experimentado un contacto humano adecuado, la mayor parte de su energía, en los primeros años de su vida, se concentra en las relaciones que establecen con diversos elementos de su entorno ambiental y material, con objetos y escenario que invitan a una exploración, manipulación y experimentación imaginativas, tanto por sí mismos como con los otros.

La escuela es un lugar donde se socializa con los demás. El grado de hacinamiento, el acceso a lugares exteriores, las oportunidades para estar solo y el espacio para jugar con otros influyen en la identidad y la comprensión social del estudiante. Por medio de estas relaciones mutuas diarias, se adquieren los valores y las normas de la familia y la cultura y es aquí donde debe aparecer una arquitectura flexible.

Una escuela deficiente afecta también a los profesores. En habitáculos carentes de seguridad, sin un espacio adecuado y con instalaciones deficientes, la atención de los niños se convierte en una tarea abrumadora. Incluso las decisiones más simples pueden ir acompañadas de ansiedad, además, la carga que representa la atención de los infantes puede ocasionar fatiga y debilidad en los profesores, esto suele afectar su capacidad para ofrecer cariño, sensibilidad y cuidado. Cualquier mejora en las condiciones de vida afectará de forma positiva, no solo de manera directa sobre la salud y desarrollo, sino también aliviando la ansiedad y las responsabilidades de sus educandos.

La pérdida de una estructura social puede menoscabar la capacidad de superación de la familia. Con frecuencia se interrumpe la enseñanza y las dificultades financieras derivadas del desalojo, la movilidad u otros desplazamientos necesarios o bien obligados pueden obstaculizar el regreso de los niños a la escuela en una nueva ubicación. No es raro que los niños acaben atrapados en el mercado laboral, debido a las dificultades económicas de sus familias, y sean privados de la oportunidad de acceder a un centro educativo. Por tanto, es importante que las instituciones educativas no solo brinden el apoyo académico, sino que además ofrezcan las condiciones necesarias en cuestiones de confort, seguridad y salud que en la mayoría de los casos de los niños en situación de pobreza no las encuentran en el hogar.

Dimensiones de la habitabilidad escolar educativa

El difícil acceso a zonas rurales implica, para los organismos encargados de la infraestructura escolar, altos costos de construcción y de mantenimiento, además que los prototipos de aulas no permiten la flexibilidad y adecuación según el uso deseado. Por otro lado, la falta de construcción de escuelas en zonas rurales ha provocado que los espacios educativos se adapten a construcciones existentes o incluso a construcciones temporales (figura 1) que tampoco resuelven las necesidades pedagógicas, académicas y físicas adecuadas para los procesos de aprendizaje. Aunado a lo anterior, esta rigidez de los espacios educativos se refiere a que estos solo se han entendido como

el sitio en donde los infantes reciben el conocimiento, sin tomar en cuenta que es ahí donde viven, conviven, se forman como personas y desarrollan sus habilidades y actitudes.

Figura 1. *Dos aspectos (exterior e interior) de un aula temporal multigrado improvisada*



Fuente: fotografía de Verónica Cárdenas Belmonte (VCB, 2008).

Dado que el diseño y conformación de las aulas es un factor de suma importancia, actualmente, en la mayoría de los espacios educativos, el docente responde a la configuración de un espacio que solo deja margen a la exposición verbal, que impide la libre movilidad de los actores del proceso y que inhibe los productos de desempeño y la convivencia abierta. En estos espacios se lleva a cabo el conservador recurso expositivo del docente que tiene frente a sí a un alumno, generalmente pasivo e inexpresivo, y cuya arquitectura invita más bien al trabajo individual o por células que a la realización de foros y talleres. En otro sentido, se advierte que se generan acciones educativas aisladas, por ser espacios cerrados y de poca movilidad. El no contar con espacios adecuados para el desarrollo de las actividades concernientes a la educación provoca un bajo desempeño tanto en los profesores como los estudiantes (figura 2).

Figuras 2 y 3. Primaria multigrado

Fuente: fotografía de VCB (2008).

Por tal motivo, es importante resaltar la necesidad de incluir el concepto de habitabilidad escolar educativa en los procesos de planeación y diseño de los espacios escolares; este concepto se entiende como la fusión de la habitabilidad de los espacios educativos con la calidad que el ambiente físico debe brindar a profesores y estudiantes. Hernández (2010) plantea que las condiciones propicias para los espacios educativos en general se deben articular en torno a ocho dimensiones:

- Disponibilidad de instalaciones y equipamiento de la escuela
- Condiciones físicas de instalaciones y equipamiento
- Confort físico en el aula (ventilación, temperatura, control acústico, iluminación y mobiliario)
- Espacio educativo (amplitud, versatilidad y apariencia estética)
- Sustentabilidad de la escuela
- Higiene y seguridad física en la escuela
- Accesibilidad de las instalaciones educativas
- Infraestructura y servicios en el vecindario

La aplicación de estas dimensiones en el diseño de las aulas multigrado temporales en zonas rurales debe alinearse con la principal característica de temporalidad del aula, ya que estos espacios se han concebido con un tiempo de vida no mayor a 15 años con la condicionante de utilizar materiales

de fácil adquisición en caso de reparación o sustitución de los mismos, así como la posibilidad de poder ser trasladados a otra comunidad en caso de que se requiera, por lo tanto es esencial que se tomen en cuenta:

1. Disponibilidad de instalaciones y equipamiento de la escuela. Al ser una escuela multigrado en zona rural se debe garantizar que la institución cuente con el equipamiento para cada uno de los espacios que la conforman: el aula con espacio académico y administrativo, áreas de recreo interiores y exteriores, mobiliario, espacio para alimentos, para actividades artísticas y el acceso a tecnologías que faciliten el proceso de enseñanza aprendizaje.
2. Condiciones físicas de instalaciones y equipamiento. Es fundamental asegurar que las instalaciones escolares estén en buenas condiciones de seguridad, estructurales y de mantenimiento, de lo cual deriva la importancia de la selección de materiales para el diseño y construcción del aula. Posterior a su construcción se debe considerar realizar inspecciones regulares para detectar y corregir posibles problemas de seguridad, como deterioro en las paredes, elementos envolventes o techos, filtraciones de agua o problemas eléctricos.
3. Confort físico en el aula. La ventilación, temperatura, control acústico, iluminación y mobiliario son factores clave para garantizar el confort físico y psíquico dentro del aula. Una ventilación eficiente permitirá flujos de aire que, además de refrescar el espacio, contribuya a la higienización del lugar, aunado a un control de temperatura para garantizar un confort térmico durante todo el año. En cuanto al control acústico, es importante reducir el ruido y las distracciones para crear un ambiente tranquilo en donde los estudiantes y profesores puedan centrarse en las actividades que realizan, ya que la posibilidad de escuchar claramente en el aula es fundamental para que los alumnos puedan aprender lo que el profesor busca transmitir. La experiencia cotidiana muestra que el ruido excesivo y la reverberación interfieren los sonidos del habla, por lo que pueden presentar barreras acústicas al aprendizaje, además de tener efectos perniciosos en la salud por despertar el estrés y elevar la presión arterial. La mayor parte de los estudios que indagan sobre la relación entre condiciones

- acústicas y aprendizaje llegan a la conclusión de que los estudiantes no aprenden cuando no pueden oír bien. De igual forma, el análisis para el control de la iluminación natural y artificial dentro del aula contribuye a un buen desarrollo de las actividades. Finalmente, un mobiliario ergonómico y adecuado a las diferentes estaturas de los niños les permitirá realizar las tareas de una manera cómoda y eficaz.
4. Espacio educativo (amplitud, versatilidad y apariencia estética). El espacio requerido para las aulas multigrado debe ser flexible por su naturaleza, ya que el docente atiende a, por lo menos, dos grados diferentes y por tanto puede realizar de manera simultánea distintas actividades educativas, así como diversas configuraciones de la clase. Además, es recomendable prestar atención a la estética del espacio para crear un ambiente agradable y motivador para el aprendizaje.
 5. Sustentabilidad de la escuela. Consiste en incorporar prácticas y tecnologías sostenibles en el diseño y la construcción de la escuela, como la orientación adecuada del aula para aprovechar la iluminación natural y la ventilación cruzada, favorecer el confort interior y evitar un mayor consumo de energía eléctrica. La captación pluvial, tratamiento y reutilización de aguas jabonosas por medio de pozos de absorción y servicios sanitarios mediante letrinas secas, la implementación de sistemas de energía renovable y la gestión eficiente de los recursos naturales hacen que una escuela sea sustentable. Esto no solo contribuye a la conservación del medio ambiente, sino que también puede reducir los costos operativos a largo plazo. A la par, se necesita centrar la atención en la sustentabilidad social a retomar elementos de la arquitectura vernácula y de la cultura de la población rural y generar espacios que favorezcan la convivencia y las relaciones humanas de la comunidad con los profesores y los estudiantes. Respecto a la sustentabilidad económica, se busca generar un proyecto económicamente factible que para su edificación incorpore materiales de la región y otros de fácil reemplazo que permitan involucrar a la comunidad en la construcción del mismo y con ello reducir costos.
 6. Higiene y seguridad física en la escuela. Las principales medidas para garantizar la higiene y la seguridad de los estudiantes y el personal escolar son la limpieza regular de las instalaciones, el acceso a

agua potable y la instalación de dispositivos de seguridad, como extintores de incendios y salidas de emergencia y, al mismo tiempo, contemplar la ubicación de los sanitarios, procurando que el acceso sea visible para las personas encargadas de velar por la seguridad de los estudiantes.

7. Accesibilidad de las instalaciones educativas. Se debe garantizar que las instalaciones escolares sean accesibles para todos los estudiantes, incluidos aquellos con discapacidades físicas, de movilidad reducida o habilidades cognitivas diferentes. Esto puede incluir la instalación de rampas, barandales, baños adaptados, superficies podotáctiles y señalética Braille.
8. Infraestructura y servicios en el vecindario. Además de las instalaciones escolares, es importante considerar la disponibilidad de infraestructura y servicios, desagües y recolección de basuras para evitar no tan solo enfermedades, sino también para asegurar que el entorno de la escuela sea seguro y acogedor para los niños.

Aunado a estas dimensiones de habitabilidad, el diseño del aula multigrado en zonas rurales requiere de

la simplificación de los tamaños, [...] tipificación y la coordinación modular que acerca las necesidades de función a las posibilidades de producción técnica que son frecuentemente limitadas por el tiempo y por el costo. A su vez, la simplificación de las posibles operaciones a realizar y la simplicidad del código de elementos que existen permiten la participación de los usuarios en las propuestas de diseño y de modificación de los proyectos. (Prada, 2017, pp. 6-7).

Cabe resaltar que la participación comunitaria es fundamental y se debe considerar la colaboración activa de la comunidad como parte integral del proceso de diseño, ya que no solo se trata de construir un espacio físico, sino de generar un sentido de pertenencia y responsabilidad compartida. Entender la dinámica de enseñanza de los espacios educativos multigrado e involucrar estudiantes, maestros, familiares y vecinos en la planificación y diseño del aula permite que se tomen en cuenta las necesidades reales y las condiciones específicas del entorno rural, con la finalidad de fomentar

el aprendizaje colectivo, la valoración del contexto cultural y ambiental, y el fortalecimiento de los lazos sociales. Así la toma de decisiones conjuntas aseguran que el espacio sea funcional, acogedor y respetuoso con el entorno, convirtiendo al aula temporal en un proyecto común que incentiva la corresponsabilidad y el compromiso con la educación y el desarrollo local.

Recomendaciones de infraestructura

El aula es un espacio de encuentro humano, mediado por un conjunto de acciones y conocimientos que idealmente deben ser aprendidos, en el que el estudiante ocupa el centro del proceso educativo. Aquí los estudiantes pasan gran parte de su tiempo y por lo tanto reciben los estímulos y alicientes que propicien su desarrollo, es por eso que las aulas deben adaptarse a los cambios en la educación, brindando los espacios necesarios para la realización de actividades y prácticas que permitan mejorar el ambiente escolar y fortalecer al mismo tiempo la autoestima de los alumnos. Maslow (2007) señaló que para que el ser humano llegue a la autorrealización, le es indispensable satisfacer sus necesidades fisiológicas: estar nutrido, limpio, cómodo, etcétera; de seguridad que consisten en sentirse lejos del peligro; de pertenencia y amor, las cuales son afiliación a otros, ser aceptados por un grupo; y de estimación como éxito, competencia, obtención de aprobación y reconocimiento. Planteó que solo hasta tener cubiertas todas estas necesidades se llega al desarrollo del pleno potencial.

Por lo anterior es importante que, además de las dimensiones de la habitabilidad escolar educativa, se consideren algunas recomendaciones en cuanto a la infraestructura interna de los espacios escolares que completan el espacio educativo y contribuyen al proceso de aprendizaje:

- Almacenamiento y preparación de alimentos. Este tipo de espacios son necesarios para asegurar que los estudiantes reciban la alimentación que requieren para evitar que sufran desnutrición, pues en sus hogares no siempre cuentan con una adecuada alimentación. El gobierno de México, en apoyo, brinda desayunos para los niños a las escuelas que cuentan con cocinas. Es necesario que estas instalacio-

nes se encuentren ventiladas y ubicadas en sitios que no representen un peligro para los estudiantes.

- Espacios exteriores. El diseño del espacio debe procurar y garantizar que durante el juego no se sufran limitaciones a causa de peligros que son posibles evitar. La disponibilidad de espacio exterior es quizás una de las mayores prioridades para los niños, pues permite a los de corta edad sentirse competentes y seguros, y a los de mayor edad mostrar su creciente independencia, fase natural de su desarrollo. Como indica Cattaneo (2015),

un denominador común es la incorporación del exterior al espacio educativo, reclamado, entre otros, por Fröbel, Montessori y Decroly. No obstante, esto resultaba importante no solo desde lo pedagógico sino desde otras preocupaciones previas, siendo la principal la asimilación de los criterios [higiénicos] a los edificios. Estos criterios permiten y contribuyen a la higienización escolar.

- Huertos. Se han convertido en espacios culturales, transformadores del área natural con síntomas de aprovechamiento social, por lo que para el aula multigrado temporal en zonas rurales es una gran oportunidad para retomar este tipo de iniciativas que promueven prácticas de agricultura, aprovechamiento de recurso naturales y la producción de alimentos. Con apoyo del Instituto Nacional Indigenista (INI) se pueden introducir técnicas alternativas agroecológicas con resultados satisfactorios en el uso de plantas frutales, nopales y magueyes como tecnología de conservación de suelos, aspecto fundamental en la parte serrana, en donde las pendientes e inclinaciones solo permiten el cultivo reducido en ladera y siempre con el riesgo de perderse.
- La superficie para el huerto. Se hace necesaria como parte de los espacios de aprendizaje en las escuelas no solo rurales, pues permite a los estudiantes tener un proyecto común ya que, además de realizar actividades como la siembra y cosecha de alimentos sin dañar el entorno, les permite apreciar la tierra, crear una conciencia de la necesidad de tener una alimentación saludable y también la protección al ambiente. Mediante estas actividades se aprende a socializar y a to-

mar de decisiones en conjunto, a las que se pueden sumar maestros, familiares e incluso la comunidad en donde esté insertada la escuela.

Características espaciales del aula multigrado temporal

Como respuesta a la necesidad de espacios educativos para zonas rurales, surge esta propuesta de aula multigrado que cuenta con un espacio flexible en donde se imparten clases de enseñanza preescolar, primaria o secundaria a estudiantes de los diferentes grados que conforman cada nivel educativo. Este edificio tiene la característica de ser un espacio que puede reubicarse en donde se requiera y responde a un programa arquitectónico mínimo que permitirá realizar diferentes actividades de manera simultánea en un mismo espacio. Además de ser flexible y facilitar el proceso de aprendizaje, responde a las necesidades pedagógicas de los nuevos modelos de enseñanza y permite realizar las diversas actividades que se requieren tanto en el interior como en el exterior del aula (tabla 1).

Tabla 1. Programa arquitectónico y áreas basadas en necesidades de espacios educativos

<i>Lista de Necesidades</i>	<i>Espacio</i>	<i>Área</i>
Acceso	Vestíbulo	10.00 m ²
Trabajar y proyectar	Área de trabajo y proyección	37.00 m ²
Investigar, leer, recrearse	Biblioteca y Teatrino	13.00 m ²
Mostrar los trabajos realizados dentro del aula	Sala de exposición	9.00 m ²
Realizar grabaciones	Cabina de audio	3.00 m ²
Preparar clases, archivar expedientes	Dirección	11.00 m ²
Experimentar y realizar actividades plásticas	Laboratorio	14.00 m ²
	Superficie interior del aula	97.00 m²
Área de reunión y acceso	Pórtico principal	51.00 m ²
Área de desayunos	Comedor	23.00 m ²
Trabajo en el exterior	Pórtico posterior	23.00 m ²
	Circulaciones	23.00 m ²
	Superficie exterior del aula	120.00 m²
Huerto, corral, área de juegos, trampa de grasas, tanque séptico, tanque elevado, áreas verdes y andadores	Variable	Variable
	Superficie total del aula	217.00 m²

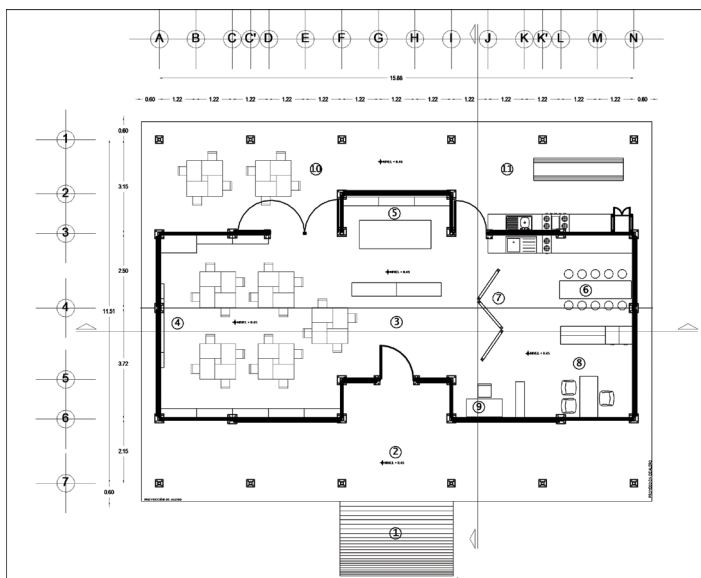
Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Características del aula multigrado temporal y aspectos de sustentabilidad que incorpora

Programa arquitectónico:	Características del aula multigrado temporal:	Aspecto de sustentabilidad ambiental :
1. Acceso principal 2. Pórtico de acceso 3. Vestíbulo 4. Área de trabajo-proyección 5. Área de lectura-teatrino 6. Área de laboratorio-actividades plásticas 7. Zona de exposición 8. Dirección 9. Cabina de audio-cómputo 10. Área de trabajo exterior 11. Cocina-comedor	• Planta arquitectónica rectangular, cubierta a dos pendientes. • Las dimensiones totales del aula son 17.10 m x 12.70 m =217.00 m² de superficie total y se divide en aula 6.30 x 16.00 m. con una superficie interior de 97 m² y espacios exteriores cubiertos (pórtico, área de desayunos, área de trabajo) que abarcan un total de 120 m². • Diseño adaptable a diferentes contextos geográficos de la República mexicana. • Capacidad para albergar hasta 30 alumnos. • La estructura, componentes e instalaciones son fácilmente montables y desmontables sin que se requiera de mano de obra especializada. • Puede ser transportada por vehículos medianos de carga sin aditamentos especiales. • Los elementos constructivos de sustentación son compatibles con los sistemas tradicionales de construcción y pueden ser sustituidos, adquiridos o fabricados en cualquier localidad del país. • El sistema constructivo propuesto garantiza la seguridad estructural exigida por el CAPFCE. • El proyecto arquitectónico satisface los requerimientos pedagógicos requeridos por el CONAFE.	• Captación pluvial a través de las cubiertas inclinadas. • Tratamiento y reutilización de aguas jabonosas por medio de pozos de absorción y servicios sanitarios mediante letrinas secas. • Orientación adecuada del aula con la cual se logra aprovechar la iluminación natural. • Ventilación cruzada para favorecer el confort interior y evitar un mayor consumo de energía eléctrica. • Así mismo en cuanto a los aspectos de sustentabilidad social y económica: ♦ La escuela retoma elementos de la arquitectura vernácula y de la cultura de la población rural. ♦ Favorece la convivencia y las relaciones humanas. ♦ El proyecto es económicamente factible ya que para su construcción se incorporan materiales de la región de fácil acceso y otros de fácil reemplazo, involucrando a la comunidad y se reducen los costos al no requerir de mano de obra especializada. ♦ La mano de obra puede ser contratada en la comunidad beneficiando a la economía del lugar. ♦ Núcleo de instalaciones que se traduce en un ahorro significativo.

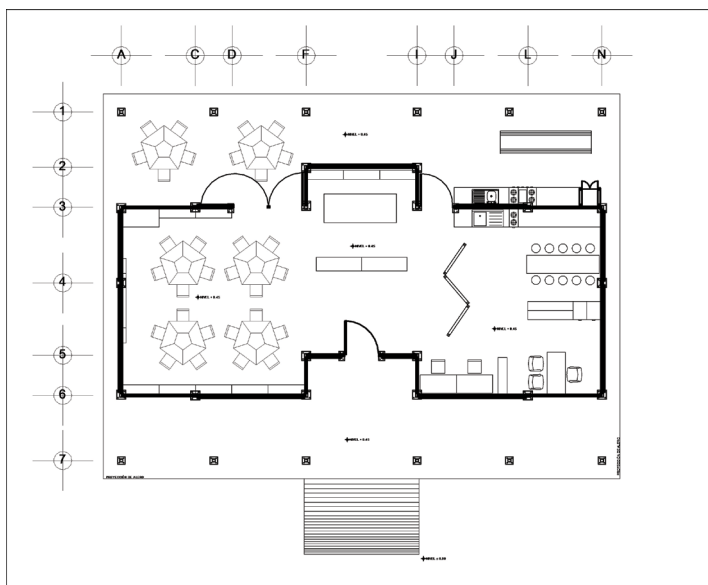
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Planta arquitectónica aula multigrado temporal



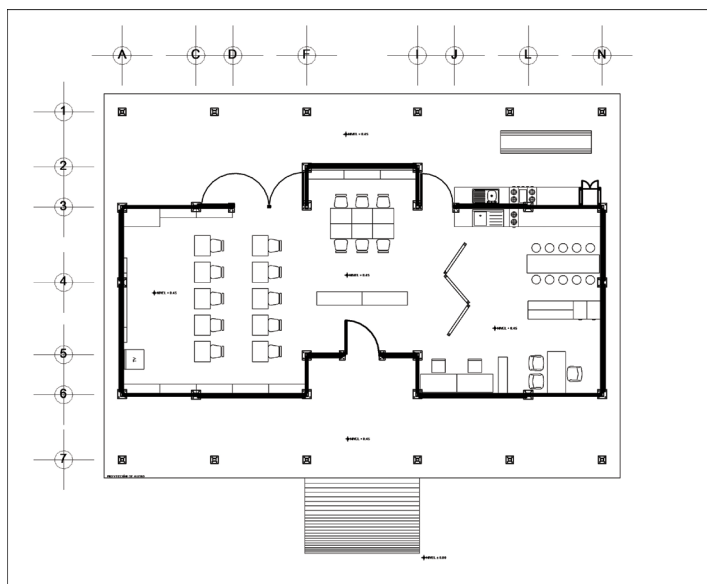
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Planta arquitectónica para educación preescolar



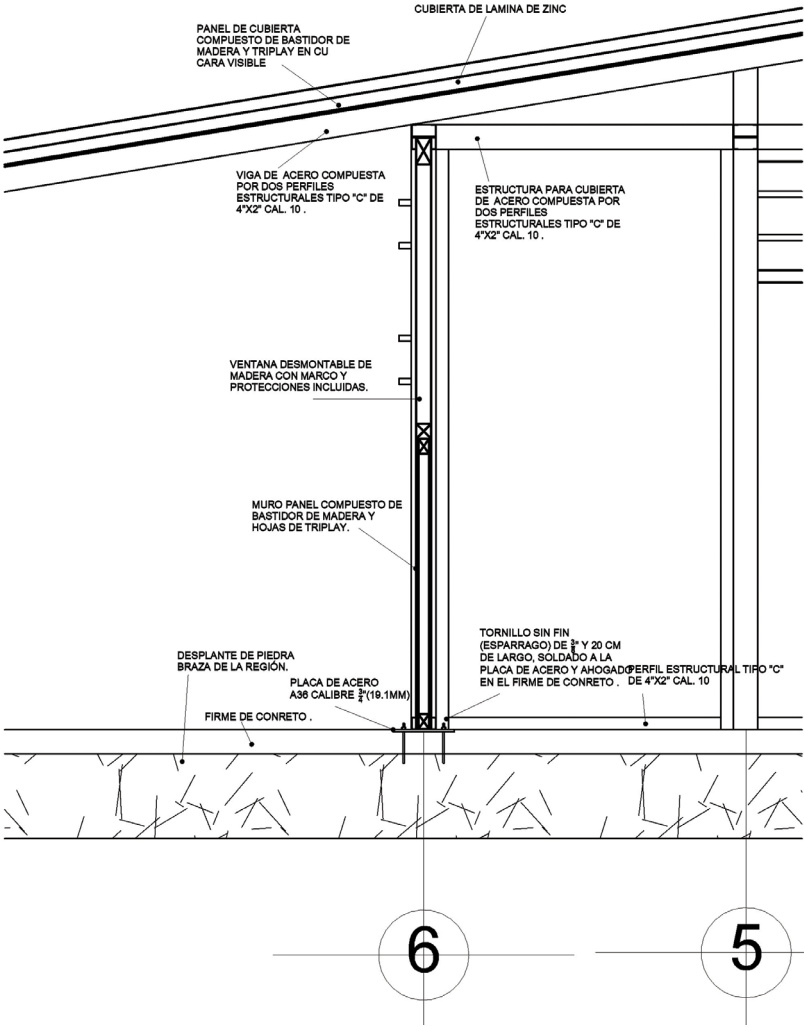
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Planta arquitectónica para educación secundaria



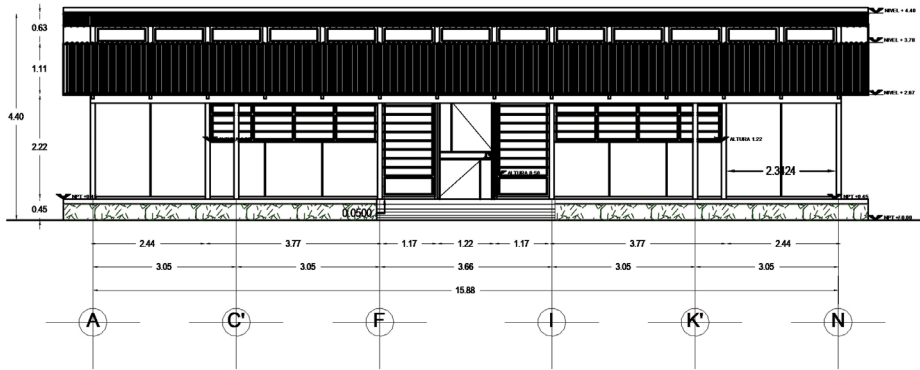
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Detalles constructivos en la sección



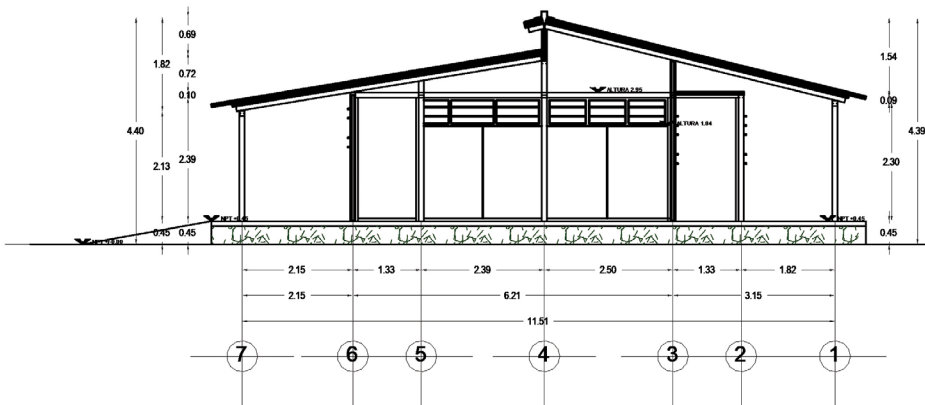
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Fachada principal



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Sección transversal

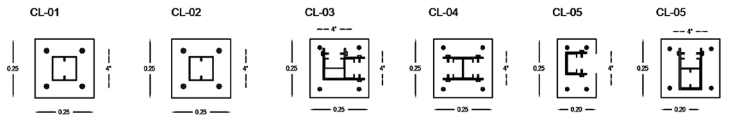


Fuente: elaboración propia.

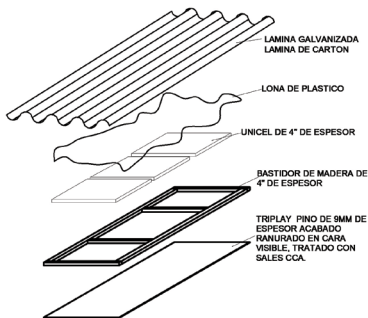
Figura 10. Sistema constructivo

COMPONENTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

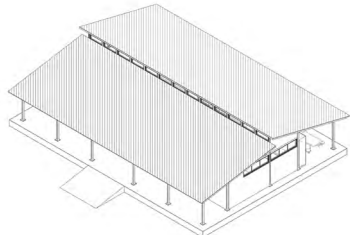
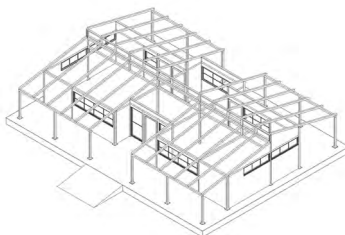
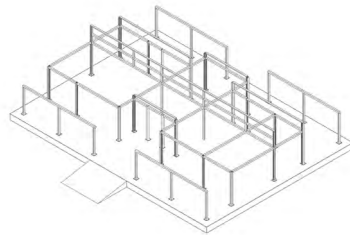
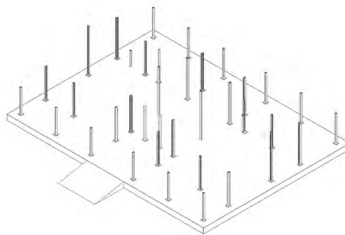
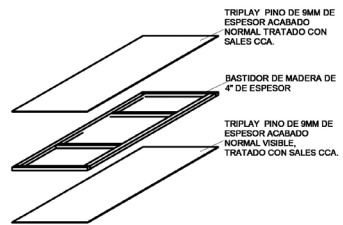
COLUMNAS



PANELES DE MADERA. SISTEMA DE CUBIERTA LIGERA



SISTEMA DE MUROS



Fuente: elaboración propia.

Imagen 11. Interiores del aula multigrado temporal



Fuente: elaboración propia.

Imagen 12. *Fachada principal aula multigrado temporal*



Fuente: elaboración propia.

Imagen 13. *Fachada posterior aula multigrado temporal*



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se muestra un resumen del sistema constructivo del aula multigrado y una comparativa de costos entre un aula tradicional y el sistema propuesto:

- Estructura principal: base de vigas y perfiles tipo C de acero galvanizado cal. 10. Unión con placas de acero A36, fijadas al firme mediante tornillos sin fin (tipo espárrago). Cubierta: lámina de zinc sobre paneles compuestos (madera y triplay).
- Muros: paneles compuestos por bastidores de madera y hojas de triplay. Ventanas: desmontables, de madera con protecciones metálicas.
- Cimentación: firme de concreto sobre desplante de piedra brasa de la región.

Ventajas del sistema:

- Bajo peso (no requiere cimentación profunda).
- Prefabricado y fácilmente desmontable.
- Uso de materiales locales (madera, piedra).
- Compatible con mano de obra no especializada.

Estimación de costo

Dado que no es una construcción tradicional de block/ladrillo ni de concreto colado, sino una combinación de estructura ligera metálica y paneles de madera se tienen los datos que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. *Estimado de costo del aula multigrado*

<i>Componente</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo aproximado</i>
Estructura metálica ligera	\$2 500 – \$3 500	\$542 500
Muros (bastidor + triplay + acabados)	\$1 800 – \$2 800	\$390 600
Cubierta (lámina zinc + paneles madera)	\$1 500 – \$2 500	\$325 500
Cimentación (firme + piedra brasa + anclaje)	\$1 200 – \$1 800	\$260 400
Instalaciones (hidráulica, sanitaria, eléctrica)	\$500 – \$800	\$108 500
Mano de obra y montaje	\$800 – \$1 000	\$173 600
Total estimado	\$8 300 – \$12 400/m²	\$1 801 600

Fuente: Open AI (2025). Datos obtenidos a partir de describir las características del aula, del sistema constructivo y de los materiales.

La superficie del aula multigrado es de 97 m² y del área exterior techada 120 m² lo que hace un total de 217 m² y representa un costo de \$1 801 600 (el más bajo), que al dividir entre el área resulta en aproximadamente 8 000 m². Si a este monto se le suma el costo de construir un módulo de sanitarios de 36 m², dará un subtotal de 288 000.00 que sumados a lo anterior se obtiene un costo total de 2 100 00.00.

En la zona centro del estado de Veracruz, en la ciudad de Xalapa, se invirtieron casi \$3 000 000 en dos aulas didácticas, sanitarios y obra exterior. Suponiendo que esas aulas son de 48 m² cada una (total 96 m² más áreas exteriores y servicios), se podría estimar un costo directo que ronda entre 20 000 a 25 000 MXN/m², considerando que incluye más que solo la construcción pura. Es decir que cada aula representa un costo de aproximadamente 1 000 000, con tan solo 48 m².

A partir de los datos anteriores podemos inferir que ambos proyectos se equiparan en población atendida, pero no en calidad espacial, cualidades didácticas, adaptación al medio y a la economía. Una inversión de 3 000 000

contra una inversión de 2 100 000, definitivamente es más económica el aula multigrado en cuestión.

Referencias

- Ahuja, R. (2016) *Infraestructura, mobiliario y materiales de apoyo educativo en las escuelas primarias: ECEA 2014*. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Avilés, F. (2023, 27 de octubre). Rezago en infraestructura educativa. *Diario de Xalapa*.
- Bautista, E. (2018). Condiciones de la educación rural en México. Hallazgos a partir de una escuela multigrado. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, (5), 40-53. <https://www.redalyc.org/journal/5717/571763394003/html/#B15>
- Calderón, M. (1999). *Habitarse a sí mismo: una reflexión sobre el sentido humanístico de la Arquitectura* [Ponencia]. Coloquio Arquitectura y Humanidades. Facultad de Arquitectura y Humanidades, UNAM, México. <http://www.architecthum.edu.mx/Architecthumtemp/ayhuno/Calderon.htm>
- Castiello-Gutiérrez, S., Pantoja, M. y Gutiérrez, C. (2022). *Internacionalización de la Educación Superior después de la COVID-19: Reflexiones y nuevas prácticas para tiempos distintos*. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. https://investigacion.upaep.mx/images/img/editorial_upaep/biblioteca_virtual/pdf/iescovid.pdf
- Cattaneo, D. (2015). Arquitectura escolar moderna: interferencias, representación y pedagogía. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 6(1), 67-83.
- Cattaneo, D. (2021). La arquitectura frente a las innovaciones pedagógicas. Peivivenencia y resignificación de la Escuela Nueva en el Cono Sur. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 23(1). <https://www.redalyc.org/journal/1251/125168263005/html/>
- Consejo Federal de Inversiones. (2021). *Planificación y gestión de la infraestructura escolar*. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2021/07/informe-final-cfi-planificacion-y-gestion-infraestructura-escolar-expediente-18531-00-01.pdf>
- Econova. (2022). *¿En qué consiste la Arquitectura Circular?* <https://econova-institute.com/en-que-consiste-la-arquitectura-circular/>
- Expansión. (2023). *México-Tasa de alfabetización*. <https://datosmacro.expansion.com/demografia/tasa-alfabetizacion/mexico>
- Farías, G. (2023). *Analfabetismo-Concepto, tipos y estadísticas*. Concepto. <https://concepto.de/analfabetismo/>
- Fielding, R. (2006). *Best Practice in Action: Six Essential Elements that Define Educational Facility Design*. CEFPI Planner.
- Fuenlabrada, I. y Weiss, E. (1997). *Las prácticas escolares y docentes en las escuelas multigrado de la educación primaria. Lineamientos para un nuevo modelo*. Consejo Nacional de Fomento Educativo.
- Galicia D. (2021). *Municipios con más población analfabeta*. Alcaldes de México. <https://www.alcaldesdemexico.com/revista/alcaldes-de-mexico/100-municipios-con-mas-poblacion-analfabeta/>

- García, M., Benítez, R., Huerta, V., Medina, M. y Ruiz, C. (2007). *Infraestructura escolar en las primarias y secundarias de México*. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Gobierno de México. (2022). *Día Mundial de la Niñez*. <https://www.gob.mx/conapo/articulos/dia-mundial-de-la-ninez-320189?idiom=es>
- Hernández Vázquez, J. M. (2010). Habitabilidad educativa de las escuelas. Marco de referencia para el diseño de indicadores. *Sintética*, (35), 1-14. <https://www.scielo.org.mx/pdf/sine/n35/n35a6.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- López, J. (2023, 2 de octubre). La infraestructura educativa en los niveles básico y medio en México. *El Universal*.
- Lugo, N., Hernández, G. y Colmenares, J. (2016). *Infraestructura escolar, dimensionamiento y proyección*. Universidad de los Andes.
- Manslow, A. H. (2007). *El hombre autorrealizado. Hacia una psicología del Ser*. (R. Ribé, Trad.; 10ma ed.). Editorial Kairós.
- Mayén, C. (2020, agosto 28). Arquitectura modular. <https://www.jgarqs.com/blog/2020/8/28/arquitectura-modular>
- Medina, M. (2020). *La importancia de la oralidad en las aulas de educación primaria*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/41279/TFG-B.%201476.pdf?sequence=1>
- OpenAI. (2023). ChatGPT (versión del 15 de julio) [Modelo de lenguaje de gran tamaño]. <https://chat.openai.com/chat>
- Prada, G. (2017). *Arquitectura de sistemas y su aplicación en escuelas: Experiencias en Argentina y otras partes de América Latina*. [Ponencia]. XVI Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar de la Plata.
- Ramírez, I. (2021, 19 de agosto). Infraestructura educativa, con rezagos en inclusión, mobiliario y asignación de presupuesto. *Real Estate Market & Lifestyle*.
- Ríos, J. (2021). El papel de la creatividad en la enseñanza y el aprendizaje. UNAM. https://ru.iibi.unam.mx/jspui/bitstream/IIBI_UNAM/229/104/papel_creatividad.pdf
- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2009). *Aulas multigrado temporales en zonas rurales*. https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2012/12/asun_2930961_20121220_1356019570.pdf
- Serrano, P. (2021, 25 de agosto). *Ventilación en colegios conta la COVID: calidad del aire interior y renovación del aire*. Calor y frío.

3. Escuela secundaria en Senegal. Un espacio educativo con materiales naturales



LAURA ENCARNACIÓN RIVERA*

MIRIAM REMESS PÉREZ**

MARCO MONTIEL ZACARÍAS***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.03>

Resumen

La pobreza es una problemática que afecta a nivel mundial, sobre todo en países africanos poco desarrollados como Senegal, con zonas remotas en donde la educación no es de fácil acceso para toda la población. Actualmente cerca del 40 % de los estudiantes abandonan los estudios antes de llegar a la secundaria (Guerrero, 2018). Las causas principales son falta de infraestructura educativa, poca o nula inversión por parte del gobierno en el sector educativo, lejanía y construcciones con materiales perecederos que no son aptos a las condiciones climáticas. La organización LBMS (Let's Built My School), enfocada en la construcción de instalaciones educativas en los lugares más necesitados, lanzó en el año 2020 un concurso internacional de arquitectura para beneficiar a la comunidad de Marsassoum, Senegal. El tema del concurso fue el proyecto de una escuela secundaria sustentable, que cubriera las necesidades de la población estudiantil, de bajo costo, construable con materiales y sistemas constructivos regionales y adaptable al entorno físico y cultural. Por lo anterior, se propuso una escuela funcionalmen-

* Arquitecta egresada de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1620-1395> ; correo electrónico: laurariv1597@gmail.com

** Doctora en Arquitectura. Profesora-investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4004-1870>

*** Doctor en Arquitectura. Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3000-274X>

te eficiente, que reinterpreta los rasgos formales de la región y responde al contexto, al tiempo que propone la recuperación y actualización de técnicas constructivas artesanales como los tapiales de tierra reforzada y bambú, además de la implementación de ecotecnias.

Palabras clave: *escuela sostenible, construcción con tierra, vulnerabilidad, alianzas estratégicas.*

Introducción

La investigación que aquí se presenta surge a partir de la convocatoria de un concurso de arquitectura que en 2020 lanzó la organización Let's Build My School (LBMS), con el objetivo de proyectar la escuela secundaria Sambou Toura Drame, para la comunidad de Marsassoum, Senegal; en la que niños y jóvenes de la región tendrán oportunidad de estudiar en un lugar seguro, duradero, sostenible, a un costo asequible y con un sistema constructivo artesanal y fácil de replicar.

Durante el proceso se realizó un análisis socioeconómico, cultural y físico natural de la zona a intervenir, de la misma manera sobre los sistemas constructivos y materiales locales. Con la información anterior y la proporcionada por LBMS, se realizaron diversas propuestas de diseño hasta obtener la de mayor viabilidad, finalmente se envió el proyecto final a la organización.

El proyecto utiliza la tierra del sitio para construir muros de tapiales, implementa el uso de ecotecnias y marca las pautas de sostenibilidad y habitabilidad de construcciones futuras, mientras integra los objetivos de la Agenda 2030 para mejorar la calidad de los espacios educativos del sector vulnerable. Las principales limitaciones encontradas fueron la poca comunicación directa con la población objetivo y la falta de accesibilidad al sitio.

Panorama actual

Carencia de espacios educativos óptimos

En países en vías de desarrollo como Senegal, la pobreza afecta la calidad de vida de los pobladores, ya que no disponen de espacios permanentes que permitan la realización de actividades educativas de forma adecuada.

Actualmente esta carencia provoca diversos problemas que van desde la suspensión de clases por días, hasta la pérdida de ciclos escolares completos; con lo cual los niños y jóvenes terminan siendo víctimas de violencia, trabajos forzosos y difícilmente retoman sus estudios. Por otra parte, los padres de familia se encuentran ante un presupuesto económico limitado, por lo que es importante contemplar este aspecto dentro del proyecto.

Figuras 1 y 2. *Estado actual de la escuela construida*



Fuente: Let's Build My School (2020).

Los espacios educativos existentes no cuentan con las medidas para ser funcionales, están contruidos con materiales en mal estado y colocados de manera provisional, por lo que además, no resisten las condiciones climáticas de la zona, tampoco cuentan con mobiliario y equipo. El desafío principal del proyecto fue proponer un espacio educativo de bajo costo y cuya construcción fuera realizada por los propios pobladores, con la finalidad de mejorar las condiciones de vida dentro y fuera de la escuela.

Deserción escolar

Senegal ocupa el puesto 164 entre 189 países en el informe más reciente del Índice de Desarrollo Humano de la ONU y es considerado una excepción entre los países de África por su estabilidad económica; sin embargo, todavía se encuentra en vías de desarrollo y alberga zonas remotas en las que la educación no abarca a toda la población.

Actualmente tiene una tasa de alfabetización del 43 %, así como bajas tasas de matriculación de estudiantes en escuelas primarias y secundarias; cerca del 40 % de los estudiantes abandonan la educación antes de llegar a la secundaria (Guerrero, 2018). Según el Banco Mundial en Senegal 677 256 niños no asisten a la escuela primaria o secundaria de los cuales 290 447 son niñas y 386 809 son niños (Fundación Xaley, 2018).

Entre las principales causas de deserción escolar en Senegal se encuentran las siguientes:

- Falta de infraestructura educativa.
- Muy baja o nula inversión por parte del gobierno en el sector educativo.
- Gran cantidad de poblados, como Marsassoum, se encuentran alejados de las zonas más pobladas y carecen de infraestructura educativa, de forma que se dificulta el traslado de los estudiantes hasta el lugar donde pueden estudiar.
- Las escuelas existentes reconocidas por el gobierno de Senegal están contruidas con materiales perecederos; por lo que no resisten las temporadas de lluvias, esto provoca que se cancelen las clases y que los estudiantes lleguen a perder el año académico.

- Las escuelas actuales son construidas por los padres de familia, pero además se les pide que cooperen para contratar personal y hacerse cargo de otros gastos. Al mismo tiempo, no solo se mantienen las cuotas de matrícula, sino que también tienden a elevarse, lo que supone dificultades a los padres para pagarlas a tiempo, por lo cual en muchos casos los alumnos no pueden atender a las clases regularmente. (Senegambia, s/f)

Condiciones climáticas extremas

Marsassoum tiene un clima tropical de sabana, por lo que hace calor todos los meses, tanto en la estación seca como en la húmeda. La temperatura máxima oscila alrededor de los 37° C y la mínima promedio es de 21° C; la temporada con mayor índice de lluvias es del mes de junio a octubre, con una probabilidad de precipitación del 45 % al 89 %. Con relación al viento, la temporada más ventosa comprende los meses de diciembre a julio con velocidades promedio de 8.10 km/h provenientes del oeste (Weather Spark, s/f).

Dada las condiciones climáticas de la zona, las instalaciones educativas no cumplen con los principios básicos de sustentabilidad, ni mitigan el calor extremo durante el día, por lo que los estudiantes se ven obligados a soportar condiciones inhabitables en las escuelas.

Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Una de las intenciones del proyecto es contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por la ONU, ya que aplicados a un proyecto de esta magnitud contribuirán a transformar la forma de percibir los espacios arquitectónicos de Senegal. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un llamado universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar la perspectiva de las personas en todo el mundo. En el año 2015, todos los estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la cual se establece un plan para alcanzarlos en

15 años (ONU, 2015). A continuación, se muestran las principales líneas de acción del proyecto que contribuirán al cumplimiento de estos objetivos.

- Objetivo 01: fin de la pobreza. Contribuir a que la población mejore sus niveles educativos que le permitan el acceso a una mejor calidad de vida.
- Objetivo 02: hambre cero. Implementación de huerto, composta, estufa ecológica y comedor escolar
- Objetivo 04: educación de calidad. Diseño de espacios educativos permanentes y flexibles para brindar una mejor calidad de la educación para evitar el rezago educativo.
- Objetivo 06: agua limpia y saneamiento. Incorporación de sanitario ecológico seco (SES) y humedal artificial para el tratamiento de aguas grises para riego de áreas verdes.
- Objetivo 07: energía asequible y no contaminante. Aprovechamiento de la iluminación natural y construcción de estufa ecológica no contaminante, además del uso de fotoceldas.
- Objetivo 11: ciudades y comunidades sostenibles. Construcción con materiales disponibles de bajo costo y con un presupuesto limitado, además de implementar ecotecnias y técnicas constructivas sustentables y seguras.
- Objetivo 13: acción por el clima. Uso de materiales reciclados de bajo impacto ambiental y con un diseño basado en el contexto natural de la zona.
- Objetivo 17: alianzas para lograr los objetivos. Trabajo conjunto entre la organización Let's Build My School (LBMS), el Banco Mundial (BM), arquitectos nativos y miembros de la comunidad.

Let's Build My School está formada por un grupo de arquitectos que sostienen que la educación es un derecho universal, por lo que dedican parte de su tiempo a construir escuelas en pueblos remotos. Su primera misión comenzó en Senegal, África, y se enfocan en encontrar técnicas de construcción que sean asequibles, fáciles de usar y que no requieran habilidades de construcción específicas, al utilizar materiales de origen local y que estén disponibles en la zona. Su objetivo a largo plazo es beneficiar a las

comunidades locales al empoderarlas con nuevas habilidades y métodos de construcción que sean prácticos y rentables, y que se puedan reproducir de forma independiente cuando sea necesario.

Antecedentes

Roles de género y barreras de crecimiento

Senegal es un país multicultural que alberga diversas tradiciones ancestrales que definen los roles de género adoptados por la población. Mientras los hombres se dedican a las labores más pesadas del sector constructivo, industrial y agropecuario; las mujeres son el motor que impulsa las tradiciones familiares, se encargan de las actividades domésticas y la crianza de los hijos.

A pesar de que Senegal es un país con potencial económico, de acuerdo con los estudios realizados por la ONU y el Banco Mundial, las barreras impuestas por los antepasados no permiten que los sectores vulnerables de la población, como mujeres y niños, se empoderen y crezcan a nivel personal, socioeconómico y cultural (World Bank, 2020).

Las mujeres son valoradas por su fertilidad y no por las actividades a las que contribuyen; mientras que los niños no estudian porque son requeridos en casa para apoyar con las labores domésticas y del campo. Las niñas desarrollan un complejo de inferioridad que las hace creer que no alcanzarán el éxito escolar por más que se esfuercen, el acceso a la educación está limitado en su mayoría a los hombres y la educación tradicional religiosa toma ventaja frente a la educación pública que prioriza el crecimiento de forma equitativa (Fundación Xaley, 2018).

Arquitectura vernácula africana: Senegal

Las construcciones de los pueblos en Senegal se caracterizan por hacer uso de las texturas y colores que se mimetizan con el paisaje mediante la implementación de técnicas constructivas con materiales naturales disponibles.

La arquitectura vernácula africana ha sido un tema al que se le ha restado importancia con el paso del tiempo y ha pasado desapercibida la evolución de los sistemas constructivos empleados por sus antepasados.

Las primeras casas y centros comunitarios africanos consistían en plantas arquitectónicas circulares y cuadradas con muros de paja y techumbres de bambú. Con el paso del tiempo se empezaron a utilizar muros de tierra y piedra y techos con vigas de madera para obtener una mayor resistencia de las construcciones. Actualmente, las construcciones cuentan con cerramientos de madera y mampostería de piedra, muros de tierra reforzados y aplanados con barro y cal.

Sistemas constructivos naturales

En África existen distintas técnicas constructivas con tierra cruda, que dependen del tipo de suelo de cada región, condiciones climáticas, usos y costumbres de la población. Es una técnica que lleva desarrollándose por años y que se ha practicado por los ancestros de los habitantes (Hernández, 2016). De forma general se pueden dividir de acuerdo con su uso, estos a su vez abarcan diversas variantes que han surgido en los últimos años (Yuste, 2008).

- Tapiales de tierra reforzada
- Ladrillos de adobe
- Superadobe
- BTC (bloques de tierra comprimida)
- Cob
- Revoques, recubrimientos y rellenos

El uso de técnicas constructivas con materiales naturales genera una menor contaminación durante el proceso constructivo, la cantidad de residuos se ven reducidos al reutilizar la mayor parte de los materiales, y la herramienta necesaria no es especializada. De igual forma se requiere un menor consumo de energía eléctrica y agua, además, se emplean materiales provenientes de la naturaleza que son renovables y que emiten una menor cantidad

de CO² a la atmósfera comparado con otros sistemas constructivos (Bestraten et al., 2011). La construcción con técnicas artesanales tiene limitaciones, entre las cuales se encuentran las siguientes:

- Durabilidad: al ser un material natural se deben agregar estabilizantes para aumentar el tiempo de vida útil del edificio.
- Seguridad estructural: para mejorar la resistencia sísmica es necesario que el sistema constructivo cuente con refuerzos que aporten mayor estabilidad a los muros y sean capaces de soportar la carga de la cubierta.
- Mantenimiento: se debe tener cuidado con las técnicas constructivas, pues los fenómenos meteorológicos pueden afectar la estabilidad de los muros, por lo que se les debe dar mantenimiento.
- Poca aceptación de la población: a pesar de ser un material utilizado por años, las limitaciones acerca de la durabilidad y seguridad estructural determinan que se puedan usar sistemas constructivos con tierra en determinados lugares, pues los usos y costumbres no permiten que sean aceptados en la población.

Marsassoum es una ciudad alejada de la zona urbanizada, cuyo desarrollo económico aún es mínimo. Los principales materiales de construcción disponibles son de origen local, pues no cuentan con la condición económica necesaria para transportarlos de otras zonas. Entre estos materiales se encuentran arcilla, bambú, madera, arena, grava, cemento, cal, paja, neumáticos reciclados, láminas metálicas, malla de alambre, bolsas de polipropileno, lonas impermeables y demás materiales reciclados (latas, botellas, etc.).

Contexto del proyecto

El proyecto se localiza en Marsassoum, Senegal, en la región de Sedhiou en el continente africano, es un pueblo con poca accesibilidad. El predio se ubica en las coordenadas 12° 49'52.2 "N 15° 58'37.4" W y cuenta con una superficie total de 1185.191 m² y un perímetro de 136.81 m.

El terreno está ubicado en una esquina, limita al norte con 36.62 m con una vivienda, al este con 30.98 m con otra vivienda, al oeste con una longitud de 32.52 m con una calle sin nombre y al sur con 36.70 m con otra calle sin nombre, ambas sin pavimentar.

El predio cuenta con un solo árbol que debe ser conservado en el proceso de diseño, se trata de una especie de la familia Morácea con un diámetro de la copa de 16 m y una altura de 6.50 m. La flora de la región es diversa y en su mayoría es utilizada en la gastronomía y medicina tradicional de los pueblos senegaleses. Para la incorporación de especies vegetales en el proyecto se deben considerar las endémicas en la zona.

Al tratarse de un clima tropical de sabana, se recomienda construir con materiales aislantes, pues las altas temperaturas durante el transcurso del día evitan que los pobladores puedan permanecer dentro de sus construcciones. Marsassoum es un lugar con temperaturas altas todo el año, por lo que se propone el uso de materiales aislantes en los muros, dobles cubiertas elevadas y la orientación adecuada de las fachadas y los espacios al interior.

Perfil de los usuarios

De acuerdo con LBMS, el proyecto está destinado a atender a los pobladores marginados de Marsassoum, un pueblo alejado de la ciudad de Ziguinchor, quienes carecen de instalaciones para poder impartir clases a los niños y jóvenes que lo necesitan (LBMS, 2020).

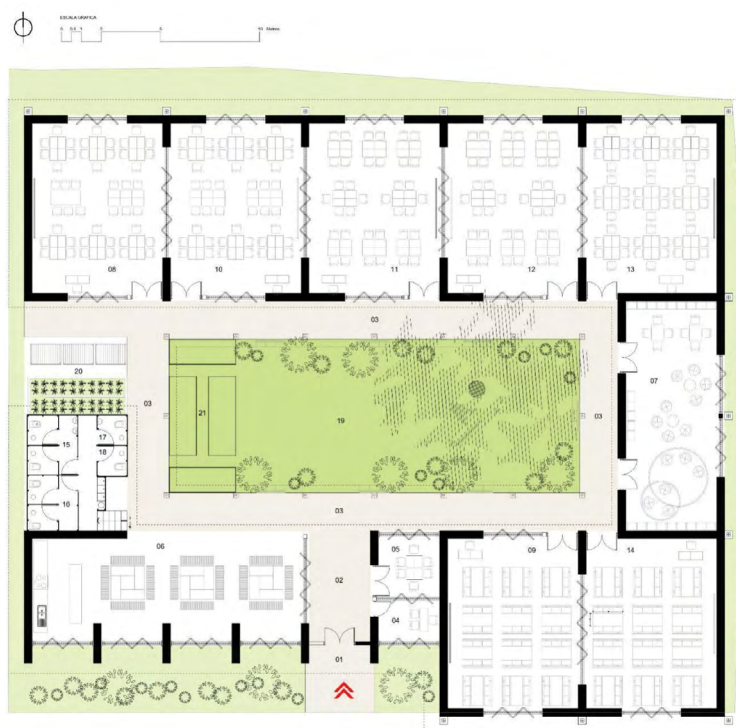
Para este proyecto se consideraron 219 usuarios infantiles (105 niñas y 114 niños) y 119 adultos jóvenes (55 mujeres y 64 hombres). La edad varía entre niños de 13 a 17 años y adultos jóvenes de 18 a 26 años, los cuales asisten a clases de lunes a viernes de 8h a 12h y de 15h a 19h, y de 8h a 12h los sábados, además, asisten padres de familia, profesores y demás visitantes.

Análisis de sitio

A partir de las condiciones dadas por los organizadores del concurso se realizó el análisis de sitio del terreno a intervenir; en este destacan las principales

1. Acceso
2. Vestíbulo
3. Pasillo de circulación externo
4. Dirección y área administrativa
5. Sala de maestros
6. Cocina y comedor
7. Biblioteca
8. Salón de clases 1ero (cap. 45 estudiantes)
9. Salón de clases 2do (cap. 72 estudiantes)
10. Salón de clases 3ro (cap. 45 estudiantes)
11. Salón de clases 4to (cap. 36 estudiantes)
12. Salón de clases 5to (cap. 36 estudiantes)
13. Salón de clases formación terminal L-01 (cap. 54 estudiantes)
14. Baños de hombres
15. Baños de mujeres
16. Baños de profesores (hombres)
17. Baños de profesores (mujeres)
18. Áreas verdes y jardines
19. Área de humedales y composta
20. Huerto

Figura 4. Planta arquitectónica del proyecto



Fuente: elaborado por Laura Encarnación Rivera.

Figura 5. *Fachada principal de la escuela secundaria Sambou Toura Drame*



Fuente: elaborado por Laura Encarnación Rivera.

Figura 6. *Acceso principal*



Fuente: elaborado por Laura Encarnación Rivera.

Figuras 7 y 8. *Pasillo y patio central con área de convivencia de la escuela secundaria Sambou Toura Drame*



Fuente: elaborado por Laura Encarnación Rivera.

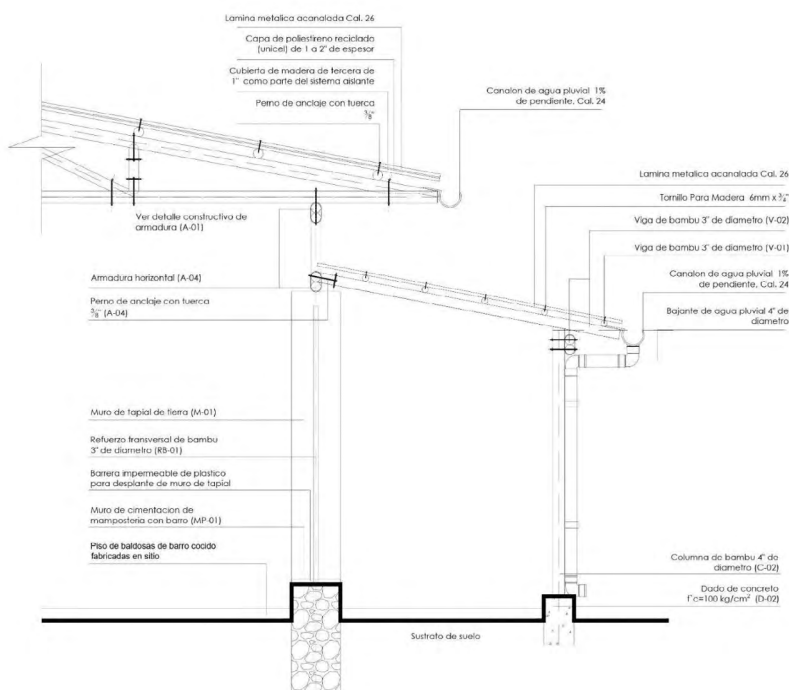
La propuesta busca implementar la utilización de ecotecnias como la construcción de un área de humedales artificiales que dan tratamiento a las aguas grises generadas en el interior, la utilización de baños ecológicos, uso de trampa de grasas, generación de composta con los residuos orgánicos,

construcción de una estufa ecológica de leña y un huerto interior en el que se puedan cultivar alimentos para abastecer el comedor estudiantil.

Además, se proponen cubiertas elevadas, técnicas constructivas artesanales con materiales locales reciclables. Las puertas y ventanas están diseñadas con un sistema de persianas que permiten la ventilación e iluminación natural y el mobiliario está diseñado a partir de madera reciclada de la región.

Sistema constructivo

Figura 6. Corte por fachada y sistema constructivo propuesto



Fuente: elaborado por Laura Encarnación Rivera.

Se propone una cimentación de mampostería (0.40 m de ancho x 0.90 m de profundidad) construida con piedra de la región de diferentes tamaños unidas con una mezcla de barro (tierra del sitio, piedras pequeñas, arena y cal apagada al 5 %). Se debe anclar bambú vertical de 3" a la cimentación,

de forma que pueda servir de refuerzo para los muros de tapial que son levantados en la parte superior. Además, se debe construir un dado de cimentación (para columnas en pórticos de $0.25 \times 0.25 \times 0.60$ m y en columnas cuádruples de $(0.40 \times 0.40 \times 0.90)$ m) de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm² en donde se ahoga cada una de las columnas de bambú a levantar. En el caso de los pórticos se proponen columnas simples de bambú de 4" de 2.70 m de alto (2.50 m libres y 0.30 m ahogadas en dado de concreto pobre).

Al tratarse de un proyecto que aprovecha al máximo los materiales disponibles localmente, se consideran muros de tapial de tierra con refuerzo de bambú vertical de 3" (anclado a la cimentación). Los muros de tapial tendrán un espesor de 40 cm y una altura variable (2.50 a 3.00 m) y serán contruídos con el apoyo de tapialeras colocadas como dos paredes de madera paralelas, entre las que se vierte una mezcla de tierra preparada (tierra húmeda, cal, piedras pequeñas) en capas de 10 o 15 cm, y se compacta a golpes con un pisón de mano que puede ser fabricado en sitio. La estructura principal está compuesta por columnas cuádruples de bambú de 4" de 4.00 m de alto (3.50 m libres y 0.50 m de anclaje en cimentación), amarradas y ahogadas en dados de concreto.

El uso de muros de tapial reforzados con bambú aporta ventajas estructurales y mejora el confort térmico interior. La alta capacidad térmica de los muros de tierra compactada funciona como un regulador natural de temperatura, amortigua las oscilaciones térmicas diarias logrando reducir las temperaturas interiores en un rango de 3 a 5°C por debajo de las exteriores, para mantener ambientes frescos durante el día y cálidos en la noche, lo cual es especialmente beneficioso en contextos de clima cálido y húmedo como el de Marsassoum. Este principio ha sido respaldado por investigaciones de Minke (2006), quien destaca que la construcción con tierra puede reducir la demanda energética para climatización mediante la masa térmica adecuada y la ventilación estratégica, que en este proyecto se logra mediante puertas y ventanas con persianas diseñadas para favorecer la circulación natural del aire (Guerrero, 2018; Hernández, 2016).

Asimismo, la inclusión de ecotecias —como humedales artificiales para el tratamiento de aguas grises, baños ecológicos y sistemas de manejo de residuos orgánicos— favorece la sostenibilidad ambiental y la resiliencia frente a eventos climáticos adversos. Estos sistemas que integran materiales

y técnicas locales contribuyen a minimizar el impacto ecológico y garantizan un adecuado manejo del agua, mientras que la combinación del sistema constructivo con un diseño basado en el aprovechamiento máximo de recursos locales incrementa la durabilidad y reduce el mantenimiento necesario (Hernández, 2016).

Un punto clave dentro del presupuesto del proyecto fue el diseño de las armaduras que soportan la cubierta, ya que usar madera suponía un costo mayor dada la disponibilidad del material en la región, por lo cual se propuso el bambú con piezas de 4", 3" y 2" de diámetro. Se diseñaron 3 armaduras diferentes, distribuidas de acuerdo a los planos estructurales y la colocación de vigas transversales de bambú de 3" de diámetro. Las uniones se realizan a partir de varilla roscada con tuercas de 3/8" y en caso de no encontrar varillas disponibles en la zona se pueden realizar ataduras con alambre. Las cubiertas son de lámina metálica altamente disponible en el sitio, anclada con varillas roscadas y tuercas a las armaduras de bambú. La inclinación será a dos aguas y la de pórticos a una; todas llevarán un canal metálico (o de bambú cortado de forma longitudinal) que conectará hasta bajantes pluviales distribuidos de acuerdo a los planos arquitectónicos y estructurales.

El área de baños requiere la construcción de las cámaras de almacenamiento a partir de muros de albañilería con ladrillos de adobe fabricados en sitio por los pobladores de la localidad (15 x 20 x 5 cms) y pegados con barro (tierra del sitio, piedras pequeñas, arena y cal apagada al 5 %). En la parte superior se utilizará losa de concreto reforzado con malla de alambre y muros divisorios ligeros contruidos con madera reciclada.

Para la construcción de pisos se propuso la compactación del suelo actual con ayuda de un pisón de mano, para posteriormente colocar un recubrimiento con baldosas de barro cocido cuadradas (30 x 30 cm) o rectangulares (40 x 20 cm) o firme de concreto pobre $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ y piedras pequeñas para generar un firme de 10 cm de espesor.

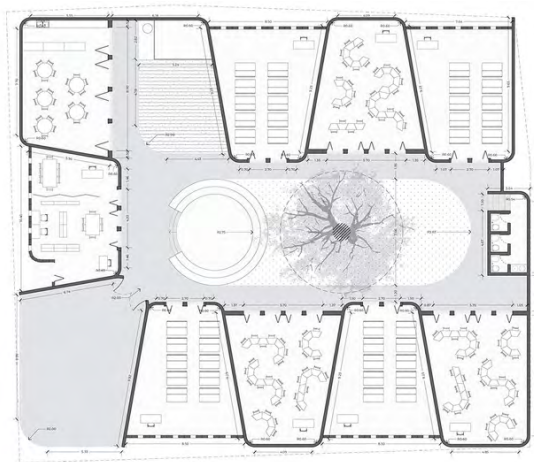
Dada las condiciones del contexto natural se diseñaron puertas y ventanas que permitan la ventilación natural dentro de los espacios contruidos por los mismos pobladores a partir de marcos de madera y paneles de bambú (no estructural de 1") colocados transversalmente. Estas se anclan a piezas de madera incrustadas en los muros de tierra y el piso firme.

Viabilidad de los sistemas constructivos con materiales naturales

En las últimas décadas arquitectos e ingenieros de distintos países han ido retomando las técnicas constructivas con tierra, ya que buscan alternativas sostenibles a raíz del agotamiento de los recursos no renovables del planeta. Los proyectos generados han sabido adaptar las técnicas artesanales a las condiciones estructurales de seguridad que se requieren en las construcciones actuales, por lo que son consideradas viables y fáciles de replicar en las zonas vulnerables.

A partir de concurso lanzado por LBMS en 2020, con el apoyo de la comunidad local, se terminó de construir en 2023 el proyecto elegido utilizando materiales naturales, creando espacios habitables de una escuela sostenible, comprometida con el entorno natural y a un costo asequible. El proyecto ganador fue el diseñado por el equipo SOM (Santiago Osorio, Carlos Peña y Mauricio Suárez) de Cali, Colombia; este busca crear un área central abierta para resaltar el árbol existente, al mismo tiempo que los espacios se organizan alrededor para facilitar el acceso a cada área. La cimentación consiste en sacos de arcilla, arena y cemento, los muros son de ladrillos de arcilla fabricados in situ con moldes y maquinas Cina Ram, techo de lámina metálica apoyado en vigas y puertas y ventanas de bambú tejido.

Figura 7. *Planta arquitectónica del proyecto construido*



Fuente: SOM (Santiago Osorio, Carlos Peña y Mauricio Suárez, s/f).

Figura 8. Vista general del proyecto diseñado



Fuente: SOM (Santiago Osorio, Carlos Peña y Mauricio Suárez, s/f, Colombia).

Figura 9. Estado actual de la Escuela Sambou Toura Drame construida por LBS



Fuente: Let's Build My School.

La arcilla es el material idóneo para la arquitectura del futuro, ya que es un material noble que puede adaptarse a diversas técnicas constructivas artesanales para dar lugar a proyectos arquitectónicos estéticos.

Conclusiones

El presente proyecto abre las puertas para recuperar técnicas constructivas artesanales utilizadas por nuestros ancestros en la construcción de espacios habitables con mayores beneficios que los sistemas convencionales. La tierra es un material noble, fácil de utilizar en diversas técnicas, a bajo costo y no es contaminante, mientras que los materiales convencionales pueden ser utilizados en menor medida para reforzar las técnicas constructivas que han pasado de generación en generación.

De esta manera, la escuela secundaria Sambou Toura Drame ofrece un espacio educativo de calidad en un lugar seguro, duradero, sostenible, a un costo asequible y con sistema constructivo fácil de replicar que atiende las necesidades básicas del modelo educativo senegalense, al mismo tiempo que sigue los lineamientos de la construcción con materiales naturales. El proyecto surge como una respuesta al panorama actual en el que la deserción escolar y carencia de espacios educativos habitables propician el desarrollo óptimo de los niños y niñas del país.

La construcción con tierra ha quedado en el olvido con el paso de los años, por lo cual es importante la divulgación de proyectos donde se aplique dicho sistema constructivo, además, es necesario fomentar la colaboración con la iniciativa privada, gobierno y las entidades académicas que estén en la disposición de sembrar en los profesionistas las bases hacia la transición a un modelo de arquitectura sostenible.

Este tipo de proyectos pueden convertirse en la pauta para promover el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible bajo los siguientes aspectos: por un lado, las alianzas estratégicas con entidades que tengan el mismo objetivo en común, y por otro lado, la generación de espacios habitables que busquen mejorar la interacción con el medio ambiente.

El proyecto ganador fue construido con lo que se comprueba la viabilidad del sistema propuesto. Se intuye que con la finalidad de adaptar al contexto, se modificó el tipo de cubierta.

Es muy importante la participación de los estudiantes en concursos internacionales como el antes mencionado por la organización Let's Build My School, en el que se buscan ideas nuevas hacia temas de interés mundial tanto para el gobierno como las organizaciones privadas. Debemos concientizar a la sociedad de que la conservación de una técnica de construcción natural ancestral adaptándola a las necesidades modernas es primordial si realmente se desea cambiar el rumbo de la construcción.

Es satisfactorio comprobar que la propuesta arquitectónica que emana de la Universidad Veracruzana, da respuesta a una necesidad, a un contexto físico, cultural y a una economía, además de que propone un sistema constructivo viable y sostenible.

Referencias

- Archstorming. (s/f). *Senegal Elementary School-Architecture competition*. Archstorming. <https://www.archstorming.com/info-lbms.html>
- Bestraten, S., Hormías, E. y Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, 63(523), 5-23.
- Fundación Xaley. (2018). *La situación de la educación de los niños en Senegal*. <https://xaley.org/wp-content/uploads/2019/02/Estudio-situacio%CC%81n-nin%C%83as-senegal.pdf>
- Guerrero Peña, E. (2018). *Cuando la escuela se convierte en un factor disruptivo para el avance social*. Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE). http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2018/DIEEE083-2018_Senegal_Educacion_Elena-Guerrero.pdf
- Hernández, J. (2016). *Construcción con tierra: Análisis conservación y mejora, un caso práctico en Senegal*. Departamento de Tecnología de Arquitectura.
- Minke, G. (2006). *Construcción con tierra*. Ediciones UPC.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). *La Agenda para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2024). *Informe sobre desarrollo humano 2023/2024: salir del estancamiento – reimaginar la cooperación en un mundo polarizado* [Informe anual]. PNUD. <https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2023-24snapshots.pdf>
- Senegambia. (s/f). *Senegal: Educación*. <https://senegambia.es/sen-educacion>

SOM (Santiago Osorio, Carlos Peña y Mauricio Suárez). (s.f.). *Escuela secundaria en Senegal* [Proyecto arquitectónico]. Colombia: SOM Arquitectura.

Weather Spark. (s.f.). *El clima promedio en Marsassoum, Senegal*. <https://es.weatherspark.com/y/31652/Climapromedio-en-Marsassoum-Senegal-durante-todo-el-a%C3%B1o>

World Bank Group (17 de julio de 2020). *The World Bank in Senegal*. <https://www.worldbank.org/en/country/senegal/overview>

Yuste, B. (2008). *Arquitectura de tierra: caracterización de los tipos edificatorios*. Universidad Politécnica de Cataluña.

4. La vivienda y el hábitat sustentable. La otra historia

JORGE IVÁN ANDRADE NARVÁEZ*



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.04>

Resumen

El presente ensayo sobre el diseño y la construcción de la vivienda y el hábitat es un bosquejo histórico de los actores y las instituciones que han contribuido al desarrollo de una visión integral de este concepto. En particular, el documento únicamente cubre los últimos 70 años, desde el final de la Segunda Guerra Mundial hasta nuestros días.

Se ha denominado *la otra historia* porque hasta la fecha no se ha encontrado algún documento que recopile, aunque sea parcialmente, una visión de la historia del diseño y la construcción del hábitat, desde el reconocimiento de las instituciones y los diferentes actores que lo han construido. Se puede decir que este es un breve resumen de lo que podrá ser en un futuro la historia del diseño y la construcción del hábitat.

El ensayo se describe en una línea del tiempo de la década de 1950 a 2020, como se podrá comprender, no es posible comentar a todos los actores involucrados en este proceso. También es necesario reconocer que cada institución y actor que se describen tienen *per se* su propia historia. La otra historia se centra en la historia de los actores e instituciones que han contribuido a visualizar mejor una versión del complejo proceso de cambio y transformación de la relación tejido social-tejido urbano.

* Maestro en Arquitectura. Profesor-investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2638-9611> ; correo electrónico: jandrade@correo.xoc.uam.mx

El último punto del artículo describe cuatro de los grandes retos globales que tiene que enfrentar México: la pirámide de edades de la población, el cambio climático, la desigualdad social y económica, y la necesidad urgente de expandir el conocimiento científico y universitario hasta los ámbitos más pobres del país.

Palabras clave: *vivienda, hábitat, sustentabilidad.*

Aproximación teórica y metodológica

El enfoque conceptual que se presenta es el que aplica el Taller de Vivienda de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco (TAVI UAM-X). Este se basa en tres aproximaciones conceptuales: la sustentabilidad, la producción social de vivienda y la teoría y metodología de soportes (Andrade, 2019).

El enfoque de la sustentabilidad retoma los puntos de vista de los autores Aurora Zlotnik Espinosa y el de De Kruijf y Van Vuuren. Esta visión orienta a la necesidad de entender y aceptar los aspectos culturales y sociales en la trilogía de la sustentabilidad, abarcando los aspectos de dominio ambiental, económico y social. Estos aspectos sociales y culturales de la manera de vida de una comunidad son determinantes para entender su hábitat y su comportamiento diario en la vivienda de manera particular.

El segundo enfoque teórico se relaciona con el concepto de *producción social de vivienda* desarrollado por la Coalición Internacional de Vivienda (HIC, 1976), que considera a la vivienda como un proceso más allá de ser un producto. De acuerdo con lo que sostiene, el proceso de producción de vivienda es diferente dependiendo de quién obtiene el control sobre el mismo. El proceso de autoproducción de vivienda posiciona a los individuos como los principales e incluso, tal vez, los únicos actores en el proceso. Si se desea mejorar la calidad de vida y del hábitat en la mayoría de los países en vías de desarrollo, es esencial entender y aceptar la existencia y necesidad de la autoproducción de vivienda.

El tercer enfoque se basa en la teoría y metodología de soportes, la cual se desarrolló a mediados de los años sesenta en Holanda, por el arquitecto

N. John Habraken. Este es un enfoque básico para el mejoramiento de flexibilidad, adaptabilidad y posibilidad de crecimiento incremental de nuevos proyectos de vivienda. El concepto de soportes y unidades separables permite trabajar con un nuevo plano, donde el papel de las instituciones y de los individuos puede ser adaptado de acuerdo con los factores condicionantes.

Los primeros años

Después de la Segunda Guerra Mundial muchas de las ciudades y los asentamientos europeos estaban fuertemente afectados al quedar destruidos parcialmente el tejido urbano y sitios monumentales. La consecuencia directa de estos hechos fue la urgente necesidad de reconstruir lo antes posible dichos lugares para alojar a gran parte de la población damnificada.

La tecnología en aquellos días había logrado avances valiosos en el uso del concreto, el acero y el vidrio, principalmente. Por otro lado, el pensamiento teórico de la arquitectura iniciaba cambios importantes con el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM), fundado en 1928 en Europa. Este abrió el camino al movimiento internacional. Entre otros aspectos el CIAM refrendó y reforzó el funcionalismo, el racionalismo y ubicó al problema habitacional desde la perspectiva internacional y generó normas y conceptos de diseño urbano y arquitectónico que se aplicaron sin distinción de los contextos, regiones y lugares muy diferentes histórica, cultural y medioambientalmente.

Ejemplo de estas aproximaciones son los “New Towns” (nuevos asentamientos) (Merlin, 1969) que se construyeron en la periferia de las ciudades más grandes de Inglaterra. A una escala menor surgieron las unidades habitacionales para reconstruir las zonas deterioradas al interior de las ciudades. La tecnología predominante de aquellos tiempos se centró en la prefabricación y en la producción masiva de vivienda, usando el concreto, el acero y el vidrio como materiales básicos. Esto dio lugar a lo que más adelante se denominaría brutalismo desde la visión de la arquitectura.

Un ejemplo a nivel urbano de esta aproximación es el *new town* denominado Cumbernauld, construido a finales de los 60 al norte de Inglaterra. En la figura 1 inciso 1se presenta el plano de conjunto del lugar en el cual

resalta un gran edificio al centro, rodeado de áreas verdes, alrededor, agrupamientos de vivienda desde unifamiliar hasta multifamiliar, con recorridos peatonales entre las viviendas y el gran edificio en el cual se concentran las actividades de equipamiento y de servicio. El edificio de varios niveles cuenta en el subsuelo con un eje de circulación que lo cruza y que da lugar a los estacionamientos de los pobladores del lugar y de los visitantes. En la planta baja se ubican los comercios, restaurantes, cafeterías, bares, etc.; en los dos siguientes niveles, oficinas y áreas de trabajo; finalmente cuenta con departamentos en los pisos superiores.

Este proyecto, observado a través de los planos, es un ejemplo clásico de aquellos conceptos vanguardistas. Sin embargo, un acercamiento real al lugar muestra las grandes contradicciones que generó en el poblador del lugar, por ejemplo, el recorrido de las viviendas hacia el centro multifuncional a través de un mar verde que rodea a este gran edificio se convierte en un grave problema cuando tiene que ser atravesado en invierno, bajo el impacto de los grandes vientos del norte y/o de la nieve. También, al interior de dicho edificio se puede observar la falta de habitantes jóvenes en los lugares de convivencia, el argumento de la gente mayor que estaba en dichos lugares fue contundente: los jóvenes buscan sus propios lugares para divertirse lejos de los mayores, para no sentirse observados y controlados. Hechos como los anteriores fueron documentados en diferentes estudios de enfoque social. El resultado de todo esto fue entender que la urgente necesidad de reconstruir las zonas devastadas en los asentamientos europeos, dio lugar a una concepción pragmática que se concentró en la necesidad de reconstruir dichos lugares en el menor tiempo posible y con el costo más bajo. Desde esta aproximación, y bajo los conceptos teóricos del hombre universal que planteaba la arquitectura internacional, el habitante fue considerado únicamente como un dato estadístico para el diseño de vivienda.

Otro ejemplo a nivel de unidad habitacional fue el proyecto de Alison y Peter Smithson en Londres que se presenta en la figura 1 inciso 3.

Figura 1. *Plano urbano de Cumbernauld y circulación central de Cumbernauld*



Nota: 1) Plano urbano de Cumbernauld. 2) Fotografía de circulación central de Cumbernauld. 3) Robin Hood Gardens.

Fuente: Gleason (s/f); Kalder (2022); Infante (2009).

Los años 60

A finales de los años 50 y principios de los 60, una población europea casi recuperada económica, social y culturalmente empezó a rechazar aquellos proyectos de la posguerra que ofrecían muy poco comparado con la calidad de vida que tenían los asentamientos y ciudades antes de la guerra. De esta manera empezó el abandono de los nuevos proyectos y el retorno de gran parte de la población a los centros históricos reconstruidos y a los barrios y periferias precedentes a la guerra.

Estos hechos incidieron en las nuevas generaciones de arquitectos que, desde diferentes lugares de Europa y dentro de sus vivencias regionales y locales coincidieron en la necesidad de introducir al habitante de manera activa en el proceso de diseño y construcción del tejido urbano y las viviendas.

De esta manera, casos como el de Jean Carlo DiCarlo en Italia, de Lucien Kroll en Bélgica, de Ralph Erskine en Inglaterra y de John Habraken en Holanda, dieron inicio a las primeras experiencias de diseño participativo trabajando directamente con los pobladores. De esta manera generaron proyectos cuya cualidad principal se centró en la habitabilidad, en la apropiación y en la transformación del espacio construido, en contraste con las concepciones anteriores que giraban en la aproximación formal, funcional y constructiva, que se ha denominado históricamente la vivienda masiva.

Un caso aparte en estas primeras etapas del diseño participativo europeo es el de John Habraken, quien publica un libro conocido como *Soportes* (1962), en donde se aproxima al proceso de producción de la vivienda y no lo reduce únicamente a las etapas de diseño y construcción de la misma. Dentro de esta nueva concepción, Habraken plantea la interacción de fuerzas de diferentes orígenes que intervienen en la producción de la vivienda. También hace una abstracción de aspectos que inciden en la construcción de las viviendas, las instituciones y los pobladores, y a partir de esa relación desarrolla una propuesta que sigue vigente hasta nuestros días.

En esta década se producen estudios muy valiosos desde la sociología y la antropología, como es el caso de Henri Lefebvre en Francia con sus libros *El derecho a la ciudad* (2024), *De lo rural a lo urbano* (2008) y *La producción del espacio urbano* (2013), entre otros, que refuerzan y dan lugar a nivel internacional a investigaciones que permiten entender con mayor profundidad las transformaciones habitacionales y urbanas desde las perspectivas sociológicas, antropológicas y económicas, y de la relación tejido social-tejido urbano.

También se dio un mayor énfasis al estudio de la arquitectura vernácula a nivel mundial, este es el caso de Bernard Rudofsky con su libro *Arquitectura sin arquitectos* (2020), que documenta soluciones populares de gran calidad en la construcción cotidiana de las viviendas en diferentes partes del mundo. Enfoques de este tipo revaloran consecuentemente las experiencias ancestrales de las culturas populares y adecúan la arquitectura al lugar.

Paralelamente a estos sucesos en Europa, en México y en Argentina surgen a mediados de los 60, dos organizaciones no gubernamentales que

se caracterizan por su gran compromiso de trabajo con los pobladores para diseñar y producir de manera conjunta las viviendas y su hábitat.

En México, el Centro Operacional de Vivienda y Poblamiento A. C. (COPEVI) y en Córdoba, Argentina, el Centro de Vivienda (CEVE) fueron el germen del cual surgieron los nuevos grupos. Hasta la fecha tanto COPEVI en México como el CEVE en Argentina siguen activos y acumulan un gran número experiencias.

Los años 70. Diseño ambiental y los límites del crecimiento

El 68 fue un año crucial a nivel mundial, en el que los jóvenes realizaron movimientos sociales que impactaron nuestra visión del mundo. Francia, Alemania y Polonia en Europa, y en nuestro país el movimiento estudiantil por primera vez planteó cuestionamientos y alternativas a las rígidas estructuras políticas, sociales y educativas de aquellos años. En Estados Unidos la guerra de Vietnam dio lugar a un gran movimiento estudiantil en las universidades.

Bajo el concepto del *environmental design* se engloba una visión integral del diseño, centrado en la propuesta de alternativas habitacionales y barrerales para empoderar a las minorías suburbanas en contra de megaproyectos institucionales. Entre los actores de ese momento se encuentran Tom y Dolores Hayden, Jane Jacobs, Hanno Weber y Michael Pyatok. Los dos últimos en el año 1976 impartieron un taller de verano en la Facultad de Arquitectura UNAM Autogobierno (movimiento surgido en abril de 1972 en la Escuela Nacional de Arquitectura de la UNAM). Este método de diseño sigue siendo aplicado hasta nuestros días con adaptaciones a las condiciones locales y regionales. Se puede decir que el diseño participativo en Estados Unidos tomó una vertiente política y social en la reivindicación de las minorías urbanas.

En los 70 también se publicó el libro *Los límites del crecimiento* (Meadows et al., 1972) que plantea por primera vez los efectos del impacto del crecimiento urbano desmedido en el medioambiente natural. Este libro, entre otros aspectos, habla de los recursos naturales renovables y no renovables. De estos aspectos es necesario el recordar que se puso énfasis en los recursos no renovables, como el petróleo y el agua, y su impacto en el

cambio climático. Desafortunadamente, la relevancia de este documento no impactó lo suficiente en la sociedad global y se vislumbra una catástrofe medioambiental.

En esos años el arquitecto y artista Hundertwasser (1999) hablaba de las 5 pieles del hombre: la epidermis, la ropa, la casa, el barrio y el planeta. Al hacer una interpretación actual de sus conceptos sobre las pieles del ser humano que define las escalas, introduce la correlación existente entre el tejido social y el tejido urbano. A nivel de hipótesis se pueden establecer las siguientes relaciones: (1) individuo y piel, (2) familia y casa, (3) comunidad y colonia o barrio, (4) ciudadanos y ciudad, (5) habitantes y planeta. Lo cual puede interpretarse como una interacción entre la transformación del ser humano en sus diferentes escalas de agrupación y la transformación de su espacio habitable en sus diferentes escalas también (figura 2). Este arquitecto se distinguió también por trabajar directamente con los habitantes y por establecer una relación muy fuerte entre la naturaleza y la arquitectura.

Figura 2. Casa Hundertwasser y caricatura de Hundertwasser por Dieter Zehent-mayr



Nota: 1) Casa Hundertwasser. 2) Caricatura de Hundertwasser por Dieter Zehent-mayr.

Fuente: Escuela de Arquitectura y Diseño (2011); Zehent-mayr (1991).

En 1976 se realizó a nivel mundial en Vancouver (Canadá) la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos. A este congreso asistieron organizaciones no gubernamentales y otros grupos de la sociedad civil de todo el mundo para reclamar la defensa, la promoción y la realización de los derechos humanos vinculados a la vivienda y a la tierra. Como resultado, la sociedad civil obtuvo un papel protagónico y se estableció un precedente que continuó en otras conferencias globales de la ONU hasta el presente. En esta fecha clave surge el Hábitat International Coalition (HIC, 1976), conocida en los países de habla hispana como La Coalición Internacional del Hábitat. Esta coalición sigue vigente en los cinco continentes, y acumula muchísima experiencia en el ámbito de los derechos humanos y de la participación activa de los pobladores en la construcción y transformación de sus viviendas y su hábitat.

Los años 80. La sustentabilidad

A principios de los 80 se produjo un fuerte cambio en los países de primer mundo que impactó a todo lo demás: el inicio del periodo neoliberal con los gobiernos de Margaret Thatcher en Gran Bretaña y Ronald Reagan en Estados Unidos, que se caracterizó por la destrucción o reducción de los programas sociales y la privatización de las empresas públicas. Lo que dió lugar al incremento de la riqueza de las minorías y de la pobreza en las mayorías. A nivel habitacional, se caracterizó por la destrucción o reducción de los programas sociales de vivienda y desarrollo urbano y la privatización de las instituciones públicas relacionadas con la vivienda y el hábitat. En México, durante el periodo del presidente Miguel de la Madrid que se introdujeron las políticas neoliberales radicales para superar la crisis económica de la caída internacional de los precios del petróleo

Es en este mismo periodo cuando surge el Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO) que promovió la participación activa de los pobladores a través de organizaciones sociales, como las cooperativas y asociaciones civiles, para acceder a préstamos colectivos con la condición de que fueran asesorados por grupos profesionales y técnicos previamente evaluados y recomendados por la institución. Esta institución

dio lugar al auge de las ONG, universidades y profesionales que desarrollaron valiosas experiencias de diseño participativo en diferentes partes del país. Durante el gobierno de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994) se inició un ciclo de 30 años de neoliberalismo, que se caracterizó por el desmantelamiento y privatización de la mayor parte de las empresas e instituciones públicas.

A finales de esta década, el Informe Brundtland (ONU, 1986) plantea el concepto de sustentabilidad, estableciendo una correlación directa entre los aspectos socioculturales, económicos tecnológicos y naturales. En el documento se argumenta que el proceso de deterioro del medioambiente tiene que controlarse, y se plantea que los nuevos proyectos urbanos habitacionales que se construyan en el futuro deberán tener como objetivo principal que la calidad de vida que ofrecen nunca sea menor a la calidad de vida que tienen los proyectos actuales.

De los 90 al 2020. 30 años de neoliberalismo. El cambio climático

En este periodo, en México inició el programa de construcción masiva de vivienda a partir de la colaboración de grandes inmobiliarias y constructoras, con recursos bancarios que asignados a los derechohabientes para acceder a viviendas mínimas, casi todas ellas sin posibilidades de crecimiento y ubicadas a gran distancia de los centros de trabajo.

Como un ejemplo, durante el gobierno de Vicente Fox Quesada (2000-2006), en 2010 se construyeron 3.1 millones de viviendas, en su mayoría de muy mala calidad, de las cuales el 25 % se reportaron deshabitadas (Guadalajara ITESO, U. J. y Castro, 2011).

Esta política cambió de manera drástica el concepto de la producción habitacional pública, pasó de ser un bien social a ser un factor de carácter económico que desafortunadamente beneficia a las grandes inmobiliarias y a los bancos en detrimento de la calidad de vida de los habitantes. La tendencia en la mayor parte de las universidades públicas fue la disminución de sus proyectos de carácter social y el incremento de proyectos de carácter empresarial.

Frente a esta problemática, los cuerpos académicos de universidades del sur y sureste de México se reunieron en 2013 para formar una red de investigación y colaboración académica enfocada en temas relacionados con la vivienda y el hábitat sustentable.

La Red de Vivienda y Hábitat Sustentable se formalizó en 2014, con la celebración del 1° Encuentro Nacional de Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación con sede en la ciudad de Oaxaca de Juárez. Este congreso abordó temas como la seguridad jurídica de la tenencia, la habitabilidad, la asequibilidad, la ubicación y la adecuación cultural de las viviendas. Esta fue la primera ocasión en que parte de las universidades públicas de México se organizaron para tomar como eje de su investigación el diseño y la construcción de la vivienda y el hábitat desde la sustentabilidad.

2021. La vivienda y el hábitat poscovid

En diciembre de 2019 inicia un periodo de fuerte impacto ambiental, social y económico en el mundo, la pandemia del covid se extendió a casi todos los confines del planeta.

El trabajo académico en todas las universidades y centros de investigación fue fuertemente afectado. De la noche a la mañana, el proceso de enseñanza-aprendizaje se tuvo que adaptar a un ámbito virtual el cual introdujo a profesores y estudiantes en valiosas experiencias, aunque un tanto forzados a las nuevas formas de comunicación y de formación educativa a distancia.

En 2021 se inician las primeras reflexiones sobre el impacto de la pandemia en la nueva vivienda que habría de construirse. En el Taller de Vivienda de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (TAVI UAM-X) un grupo de alumnos y profesores del segundo año de la licenciatura de arquitectura exploró el diseño de anteproyectos de unidades habitacionales que se basaron en tres premisas: sustentabilidad, equidad de género y participación (figura 3). Estas premisas fueron retomadas de las propuestas de la Dra. Zaida Muxí, investigadora y profesora de la Universidad Politécnica de Cataluña (Muxí, 2021)

Figura 3. Anteproyecto de residencia estudiantil post-covid



Fuente: Bravo (2021).

Algunas reflexiones que surgieron en diferentes lugares relacionadas con la construcción de nuevos proyectos de vivienda colectiva, ahondaron en las ideas planteadas por la Dra. Muxí. Por ejemplo, en el aspecto de equidad de género se cuestionó el concepto de familia nuclear, unidad básica de la vivienda colectiva y se intentaron propuestas de sustitución del trabajo doméstico de la mujer en la vivienda, por propuestas de comedores colectivos, cocinas colectivas, lavanderías colectivas, espacios de usos múltiples para el estudio y la recreación de los niños, huertos colectivos, captación y reciclamiento del agua, etcétera.

Desafortunadamente, el ser humano tiende a reaccionar solo durante el impacto de casos de desastre de origen natural y/o humano y después regresa a las formas tradicionales de habitar y de convivir sin proponer formas de prevenir que minimicen el efecto de estos desastres.

Los retos del siglo XXI

Después de casi un cuarto de siglo y la experiencia del covid, cabe pensar hacia adelante para reconocer y proponer cómo se pueden sortear los retos respecto a la producción de vivienda y el hábitat en general (tabla 1 y figura 4).

Tabla 1. *Distribución porcentual de la población según grandes grupos de edad, 1990, 2000 y 2010 INEGI*

<i>Año</i>	<i>Edad</i>	<i>Población</i>	<i>Porcentaje</i>
1990	0-14 años	31 146 504	38.568 %
	15-64 años	46 234 035	57.251 %
	65 años o más	3 376 841	4.181 %
2000	0-14 años	32 586 973	34.148 %
	15-64 años	58 092 327	60.875 %
	65 años o más	4 750 311	4.978 %
2010	0-14 años	32 515 796	29.310 %
	15-64 años	71 484 423	64.436 %
	65 años o más	6 938 913	6.255 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. *Retos a enfrentar respecto a la producción de vivienda y el hábitat en general*



Nota: 1) Ilustración de la sequía en México. 2) Desigualdad social, Santa Fe y asentamientos aledaños CDMX.
3) Educación precaria.

Fuente: Avilés (2023); Virgil (2023); Ramos (2021).

- 1) En primer lugar, en México la pirámide de edades nos muestra que la población joven y madura son hoy en día la cúspide de la pirámide habitacional. Hoy más que nunca nuestro trabajo universitario nos exige una gran calidad y un gran compromiso. Nuestros jóvenes requieren de una fuerte atención en su formación integral, en la educación tradicional es necesario cambiar los esquemas unidimensionales e integrar dicha educación de manera interdisciplinaria para afrontar los problemas ambientales y habitacionales que se viven y que se multiplicarán si no se actúa desde ahora.
- 2) El cambio climático está ya en una etapa casi irreversible y día a día son notorios sus efectos, mediante los medios de comunicación se conocen los desastres naturales y su impacto en los asentamientos humanos. El agua es un aspecto crítico para la vida del planeta, diariamente las noticias hablan de la contaminación de los mantos acuíferos y de la reducción y desaparición de cuerpos de agua en México y en el mundo. Es una paradoja vivir en un planeta en el que el 75 % o más es agua y, sin embargo, día a día los mantos acuíferos de agua dulce se van reduciendo.
- 3) La inequidad social que ha persistido históricamente en la humanidad se ha visto fuertemente exacerbada por el neoliberalismo. Esta situación ha llegado al extremo de que minorías cada vez más pequeñas son más ricas y en contraste, mayorías cada vez más grandes son más pobres. El efecto de las grandes trasnacionales en los gobiernos de los diferentes países tiende a reforzar esta situación.
- 4) El cuarto reto corresponde a las universidades públicas del país, es el de extender la educación profesional gratuita, hasta los ámbitos más pobres del país. Actualmente las universidades públicas reciben muchos estudiantes de familias de bajos ingresos, sin embargo, esta población estudiantil por lo común se ubica en los rangos de mayor ingreso dentro de este mismo sector.

Desde febrero de 2020 la UAM-Xochimilco inició el diseño de una carrera multidisciplinaria denominada licenciatura en Producción Social de la Vivienda y el Hábitat. Esta nueva licenciatura propone como uno de sus objetivos principales el conformar su base estudiantil con alumnos ubicados

en las zonas rurales y urbanas más pobres, y a su vez formarlos resolviendo los problemas de la vivienda y el hábitat de sus propias comunidades.

Recientemente, la Red de Vivienda y Hábitat Sustentable realizó su XIV Congreso. El evento fue muy valioso, ya que se tuvo la oportunidad de intercambiar experiencias desde cada centro universitario y de investigación en los que se ubican los integrantes; también fue posible corroborar la calidad y la profundidad con la cual estos grupos académicos trabajan cotidianamente con sus alumnos.

La Red busca actualmente construir un espacio de diálogo y cooperación entre instituciones académicas, investigadores, profesionales y estudiantes interesados en la vivienda y el hábitat sustentable, además, promueve la generación de normas y políticas para una vivienda adecuada y digna en México. La Red está conformada actualmente por 13 universidades (92 miembros y colaboradores) de la República Mexicana, y abarca estados como Campeche, Chiapas, Ciudad de México, Coahuila, Colima, Estado de México, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Tabasco, Yucatán y Veracruz.

Bajo este contexto, la búsqueda de respuestas humanas, sociales y ambientales más acordes con el pensamiento de que otro mundo es posible, conduce a trabajar y luchar por un planeta en el cual el ser humano deje de ser el parásito destructor más fuerte y se convierta en un transformador de la relación ser humano-hábitat que mejore la naturaleza y nuestro planeta.

Reflexión final

Este breve recorrido de 70 años sobre la problemática que engloba al diseño y la construcción en la vivienda y el hábitat sustentable en México plantea retos no previstos. Entre otros se pueden enumerar los siguientes:

- En los procesos de producción y autoproducción de la vivienda y el hábitat en México es necesario establecer redes de comunicación entre los diferentes actores. De la misma manera, establecer acciones concretas desde los requerimientos de las poblaciones rurales y urbanas más afectadas hasta las instituciones públicas, de manera que

se logre una fuerte incidencia en los apoyos financieros y en la asesoría técnica integral.

- Como se dijo antes, el cambio climático no espera, las acciones urgentes que hay que incrementar van desde la escala nacional hasta la local. Como ejemplo, es necesario cuestionar los conceptos de vivienda unifamiliar y colectiva desde diferentes puntos de vista, como son la resiliencia al cambio climático, la equidad de género y la participación popular. La historia de la vivienda colectiva en México tiene mucho que aportar al respecto.
- En la pirámide de edades de la población actual de México resalta la fuerte demanda de vivienda para la población joven y madura. La producción de vivienda para estos sectores es urgente no solo en cantidad, sino que también en calidad.
- El reto de las universidades públicas exige la ampliación de sus servicios hasta los lugares más inhóspitos. El modelo de enseñanza-aprendizaje actual, con enfoques de formación unidimensional a nivel profesional, debe transformarse en un enfoque interdisciplinario sobre ejes concretos enfocados en la solución de las grandes problemáticas: salud, educación, comunicación, cultura y, en este caso, la vivienda y el hábitat sustentable. El trabajo conjunto de cuadros académicos con las comunidades, desde el enfoque del intercambio de saberes, deberá conducir a la solución de problemas específicos para alcanzar la calidad de vida requerida.

Bajo este contexto, la búsqueda de respuestas humanas, sociales y ambientales más acordes con el pensamiento de que otro mundo es posible, conduce a trabajar, luchar y cuidar el planeta, en el cual el ser humano deje de ser un parásito destructor y se convierta en un transformador y defensor de la relación ser humano-hábitat.

Referencias

Andrade, J. I. (2019). *Formas de habitar*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

- Avilés Ortiz, J. A. (2023). Varios problemas afectan la recolección de agua potable en el país [ilustración]. En J. F. Beltrán, *Cuáles son los estados que podrían quedarse sin agua en el año 2050*. Infobae. <https://www.infobae.com/mexico/2023/05/02/cuales-son-las-estados-que-podrian-quedarse-sin-agua-en-el-ano-2050/>
- Bravo, L. (2021). *Anteproyecto de residencia estudiantil post-covid*.
- Castro, O. H. (2011). *El lado oscuro de la política mexicana de vivienda*. ITESO Guadalajara. <https://blogs.iteso.mx/arquitectura/2011/02/13/el-lado-oscuro-de-la-politica-mexicana-de-vivienda/>
- Escuela de Arquitectura y Diseño. (2011). *HundertwasserHaus, Friedensreich. Hundertwasser, Viena, Austria*. Casiopea. https://wiki.ead.pucv.cl/HundertwasserHaus,Friedensreich_Hundertwasser,Viena,_Austria
- Gleason, E. (s/f). *Cumbernauld Town Plan*. <https://eringleason.com/artwork/3847583-Cumbernauld%20Town%20Plan.html>
- Habitat International Coalition [HIC]. (1976). *Nuestra Historia*. HIC. <https://www.hic-net.org/es/coalition/our-history/>
- Habraken, N. J. (1962). *Supports: An Alternative to Mass Housing*. Praeger Publishers.
- Hundertwasser, P. R. (1999). *El poder del arte: Hundertwasser el pintor-rey con sus cinco pieles*. Taschen.
- Infante, A. (29 de mayo de 2009). *Robin Hood Gardens - Alison + Peter Smithson*. ArchDaily. <https://www.archdaily.mx/mx/02-20090/robin-hood-gardens-alisonpeter-smithson>
- Kalder, D. (28 de marzo de 2022). *The heroic failure of Cumbernauld. The idealism of the New Towns became an ugly reality*. UnHerd. <https://unherd.com/2022/03/the-heroic-failure-of-cumbernauld/>
- Lefebvre, H. (2008). *De lo rural a lo urbano*. Edicions 62.
- Lefebvre, H. (2013). *La producción del espacio*. Capitán Swing Libros.
- Lefebvre, H. (2024). *El derecho a la ciudad*. Alianza Editorial.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. y Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth*. Potomac Associates.
- Merlin, P. (1969). *New Towns*. Methuen and Co.
- Muxí, Z. (2021). *Mujeres, casas y ciudades*. DPR-Barcelona.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1986). *Informe Brundtland*. ONU.
- Pyatock, M. y Weber, H. (1976). *Housing Study in Mexico City*. Reporte del Taller de Verano de alumnos y docentes de la Universidad de Washington. [inédito].
- Ramos, F. (20 de junio de 2021). *Escuelas Conafe aguantarán retorno a aulas hasta el siguiente ciclo en zonas rurales del Edomex*. El Sol de Toluca. <https://www.elsoldetoluca.com.mx/local/escuelas-conafe-aguantaran-retorno-a-aulas-hasta-el-siguiente-ciclo-en-zonas-rurales-del-edomex-6867400.html>
- Rudofsky, B. (2020). *Arquitectura sin arquitectos*. Pepitas de calabaza.
- Virgil, W. (27 de noviembre de 2023). *Desigualdad social en México es grande, según OCDE*. El Horizonte. <https://www.elhorizonte.mx/finanzas/desigualdad-social-en-mexico-es-grande-segun-ocde/1463395457>
- Zehent-mayr, D. (1991). *Caricatura de Hundertwasser*. En I. Magalhães (7 de febrero de 2006), *Hundertwasser. Terceira pele: a casa do homem*. À Rêdea Solta. https://a-redea-solta.blogspot.com/2006/02/o-poder-da-arte_07.html

5. Control de calidad en adobes: caso de estudio Zirahuén, Michoacán



YAZMÍN GUADALUPE ROJAS OLAYO*

MARCO ANTONIO MONDRAGÓN ORNELAS**

JUDITH ALEJANDRA VELÁZQUEZ PÉREZ***

ADRIÀ SÁNCHEZ CALVILLO****

FABRICIO ALÍ HERNÁNDEZ FERREYRA*****

MAURICIO ARREOLA SÁNCHEZ*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.05>

Resumen

La demanda por conservar y crear edificaciones ha incrementado a través de los años, pero esta necesidad no solo ha sido en cantidad, sino también en calidad, en la compatibilidad con el medioambiente y en la economía de los materiales de construcción. Conservar y restaurar edificios históricos son acciones indispensables para los vestigios que indican un antes y un después en la industria de la construcción.

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), a través de la Facultad de Ingeniería Civil, cuenta con un laboratorio de materia-

* Ingeniera Civil. Técnica-laboratorista del Laboratorio de Materiales "Ing. Luis Silva Ruelas", México. Correo electrónico: yazmin.rojas@umich.mx

** Maestro en Infraestructura del Transporte. Académico del Laboratorio de Materiales "Ing. Luis Silva Ruelas", México.

*** Maestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Profesora-investigadora de la Facultad de Ingeniería Civil Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9342-8580>

**** Doctor en Arquitectura. Investigador posdoctoral en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3653-8000>

***** Ingeniero Civil. Estudiante de la Maestría en Ciencias de Ingeniería Ambiental de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4939-5111>

***** Doctor en Ciencias en Ingeniería Química. Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4105-5281>

les equipado con instrumentos especializados para examinar las propiedades de diferentes materiales de la construcción; uno de sus objetivos principales es diseñar y analizar materiales que tengan un menor impacto ambiental y una menor cantidad de energía, sin poner en riesgo las edificaciones. En este caso el laboratorio intervino en el proceso de caracterización y pruebas de calidad en adobes de dos proveedores distintos para la restauración de la Parroquia del Señor del Perdón en Zirahuén, México. Este análisis también apoyará al sector vulnerable de la comunidad, permitiéndoles construir con materiales locales y de calidad a un menor costo de producción.

Palabras clave: *caracterización de materiales, patrimonio arquitectónico, construcción con tierra, conservación.*

Introducción

México cuenta con edificaciones antiguas construidas con adobe, las cuales son consideradas patrimonio nacional de acuerdo con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Estas obras arquitectónicas narran el contexto histórico y natural del lugar, son testimonio de técnicas ancestrales y materiales usados los cuales deben ser analizados para la restauración. Pese a que en México no existen normas para revisar la calidad de los adobes, los resultados se compararon con diferentes investigaciones que ostentan parámetros en materiales similares.

Esta investigación documenta el apoyo de la UMSNH para ejecutar el control de calidad de la restauración de la Parroquia del Señor del Perdón en Zirahuén, Michoacán, al realizar un análisis físico-mecánico de adobes de dos diferentes proveedores de la región. El Laboratorio de Materiales de la FIC-UMSNH realizó las siguientes pruebas: velocidad de pulso ultrasónico, colorimetría, compresión simple y módulo de elasticidad; las cuales son de importancia para medir la calidad de los adobes, ya que indican si las piezas son viables para emplearse en la edificación y así mismo dar la propuesta más factible. Una vez analizados los resultados de ambos grupos, se concluye que son aptos para su utilización, lo que demuestra la importan-

cia que pueden tener las universidades en las gestiones de conservación de nuestro patrimonio.

Desarrollo

En las últimas décadas el estudio de materiales ecoeficientes ha ido en aumento debido a la preocupación del daño ambiental que genera el crecimiento poblacional con los materiales actuales como el cemento (Carreira et al., 2021), debido a que la producción de dicho material es responsable del 8 % de las emisiones de CO₂ totales (Rodgers, 2018).

Unos de los materiales que llama la atención de los investigadores como posible reemplazo de los contaminantes en la construcción son los suelos, debido a que son materiales reciclables, abundantes en el país, no contaminan y requieren poca energía para su uso y/o extracción (Carreira et al., 2021).

En la antigüedad gran parte de las culturas utilizaban la tierra para crear construcciones como viviendas, monumentos, obras religiosas, construcciones de defensa, entre otras más (Gatti, 2012). La tierra o suelo ha sido uno de los materiales más antiguos que se ha utilizado para realizar construcciones más estables en climas cálidos o tropicales. Se han descubierto edificaciones con bloques de tierra que datan del 8000 al 6000 a. C. en Turquestán y otros con menos antigüedad en Asiria alrededor del 4000 a. C. (Minke, 2006). “El adobe como material de construcción para uso habitacional ha sido utilizado por miles de años por los pueblos indígenas de América, tanto en el suroeste de los Estados Unidos como en Mesoamérica y la región andina en Sudamérica” (Gama et al., 2012).

Elaborar piezas de adobe suele ser más común en países o regiones de escasos recursos debido a su bajo costo de elaboración y accesibilidad, comparado con países industrializados donde la producción de estos podría incrementar su precio (Minke, 2006). Aunque muchos países que aún se encuentran en desarrollo y donde el material abunda, siguen utilizando estas técnicas en virtud de que los adobes cuentan con magníficas cualidades térmicas y acústicas (Blondet et al., 2006), ya que los muros elaborados con este material demuestran la capacidad para conservar calor y equilibrar

la humedad del aire dentro de las edificaciones (Eslami et al., 2022). Una de las adiciones que hace que los adobes sean térmicos es la incorporación de fibras naturales como la paja, la hoja de pino o la fibra de palma (Ashour et al., 2015).

Las piezas hechas de tierra tienen ventajas, pero también tienen una baja resistencia a la compresión y al agua, en comparación con un ladrillo de barro rojo recocido. Aunque se puede agregar algún aditivo o estabilizador para mejorar estas propiedades como la cal, el cemento o alguna fibra natural (Bahobail, 2012), sin embargo, es preferible no usar el cemento por el impacto ambiental que genera al ser elaborado (Eslami et al., 2022). Una excelente alternativa es la fibra natural ya que también funciona como refuerzo y ayuda a perfeccionar las propiedades térmicas y estáticas, como se ha mencionado anteriormente (Ashour et al., 2015).

Debido a las propiedades naturales del material como su comportamiento frágil, poca resistencia, masa elevada de las piezas y resistencia limitada a la tracción, los adobes pueden sufrir deterioros estructurales extremos, lo que puede provocar el colapso del inmueble y en casos severos pérdidas humanas y económicas, si las estructuras elaboradas con adobe no se refuerzan adecuadamente (Oliveira et al., 2012).

Una de las propiedades que más afecta es la baja resistencia a compresión, esta contribuye a que sean más vulnerables a fenómenos naturales como sismos y lluvias fuertes. Los daños más severos en edificaciones con adobe son cuando ocurre un movimiento sísmico brusco, causados por su gran peso, baja resistencia y fragilidad (Baquedano et al., 2021). “Todos los terremotos importantes que han ocurrido en regiones donde la construcción de adobe es común, han producido una trágica pérdida de vidas y daños materiales considerables” (Blondet et al., 2006).

Sin embargo, cabe mencionar que los obstáculos para el uso extendido del adobe y la construcción con tierra en general no se limitan únicamente a cuestiones técnicas o a las propiedades mecánicas del material. Morel et al. (2021) identifican barreras técnicas, económicas, organizacionales, ambientales, sociológicas y políticas; para mostrar cómo la vulnerabilidad y baja apreciación de la tierra es un fenómeno multifactorial. Muchas de estas situaciones han sido documentadas y expuestas a nivel nacional (Hastings y Guerrero, 2020; Sánchez et al., 2021), para mostrar como la pérdida de las tradiciones cons-

tructivas y los conocimientos técnicos, juegan un papel esencial en la pérdida del patrimonio arquitectónico.

En este sentido, la normatividad es una de las barreras más notorias, en el caso de México aún no existen regulaciones para evaluar la calidad de los adobes, por lo que es de suma importancia que los métodos de ensayo se amplíen para comprender el comportamiento y el deterioro que muestran en presencia del agua (Sánchez et al., 2024). Así mismo, la preservación de edificaciones con tierra necesita del desarrollo y experimentación de nuevas técnicas para mantener el patrimonio arquitectónico al transcurso de los años y que este no se vea deteriorado o tenga algún proceso de meteorización que pueda comprometer su buen estado (Mattone et al., 2017).

En Michoacán varias de las edificaciones con tierra se ven abandonadas durante décadas, sin mantenimiento y expuestas a la intemperie, lo que provoca un deterioro acelerado. Actualmente estas construcciones presentan un gran riesgo de extinción, lo que representaría un detrimento al patrimonio arquitectónico (Sánchez et al., 2024). El INAH indica que en “México los ejemplos de la arquitectura creada a partir de la irrupción de la cultura europea en el continente y hasta finales del siglo XIX son considerados monumentos históricos” (Balandro, s/f).

Preservar edificios que se consideran patrimonios nacionales es todo un reto, ya que si alguna estructura posee daños importantes no se podrá restaurar de cualquier forma, el INAH presenta una guía para elaborar proyectos de conservación en inmuebles que se consideren patrimonio arqueológico e histórico. En la guía se encuentran los datos del proyecto a realizar, desde la presentación del proyecto de conservación, datos generales de identificación, diagnóstico integral del bien o conjunto cultural y propuesta de conservación y/o restauración.

Antes de que se presente el proyecto ante el INAH que en este caso se pretende restaurar, se debe de contar con una propuesta argumentado el por qué de los materiales a utilizar. Los materiales que se seleccionen para la restauración previamente deberán pasar por pruebas de calidad para tener la certeza de que son aptos para emplearse.

Las pruebas de calidad van desde las destructivas hasta las no destructivas, donde se comparan resultados de cada material a estudiar para posteriormente deducir cuál cumple con las especificaciones del INAH. Dentro

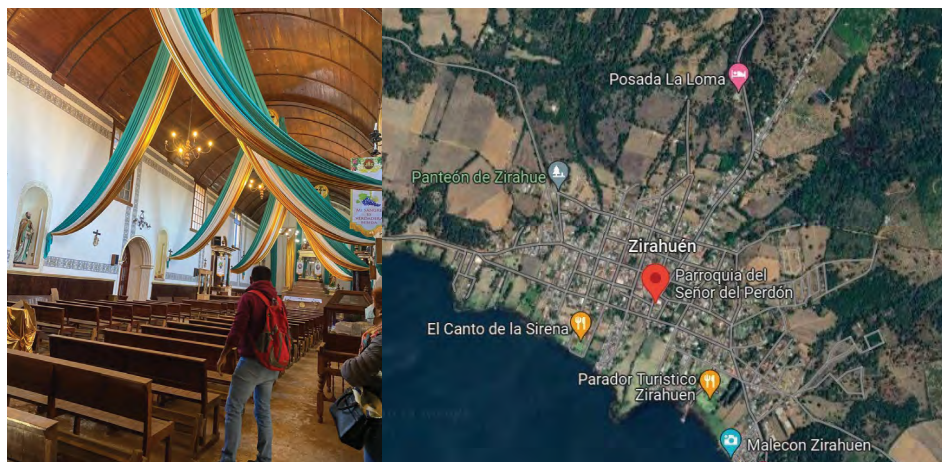
de las pruebas de calidad también se toma en cuenta la estética de este, ya que no solo debe de cumplir con las pruebas mecánicas, sino también con las físicas. Así mismo, es importante conocer el comportamiento y características de los adobes para que se puedan aplicar en esta restauración y también en construcciones de viviendas en la zona, aprovechando el material natural con el que cuentan, dado que para ellos es de fácil acceso haciendo que este sea de un costo menor.

Caso de estudio

En el año 2022 se registraron por lo menos 34 monumentos históricos dañados tras los eventos sísmicos ocurridos durante ese año en el estado de Michoacán. Las construcciones erigidas con tierra, principalmente con la técnica del adobe, tienen una mayor probabilidad de sufrir daños durante un sismo en comparación con construcciones edificadas con materiales industrializados (Vargas et al., 2009).

Uno de los patrimonios históricos dañado fue la Parroquia del Señor del Perdón que se encuentra en el municipio de Zirahuén, Michoacán, después de que se registrara un sismo de magnitud 7.7 con epicentro en el estado de Michoacán, el día 19 de septiembre del mismo año (Santillán, 2022).

Figura 1. Parroquia del Señor del Perdón y localización en Zirahuén, Michoacán



Fuente: elaboración propia (izquierda) y Google Earth (2023) (derecha).

En diciembre de 2022 el arquitecto Salvador Concha Cerón solicitó al Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas” perteneciente a la FIC de la UMSNH que se realizaran pruebas de calidad a piezas de adobes de dos diferentes proveedores para restaurar la Parroquia, con la finalidad de tener la certeza de que son aptos para este proyecto. El INAH, bajo sus normas y criterios, se encarga de supervisar cualquier edificación que se considere patrimonio histórico y que necesite de una intervención constructiva, sea de conservación o restauración.

La parroquia debe ser restaurada con materiales similares con los que originalmente está constituida. Las piezas de adobe deben de pasar un control de calidad de diferentes pruebas, las cuales el Laboratorio de Materiales antes mencionado ofrece, ya que cuenta con el equipo, infraestructura, herramientas y personal adecuado para realizarlas y determinar mediante datos técnicos si los adobes que se planean emplear son aptos para la restauración.

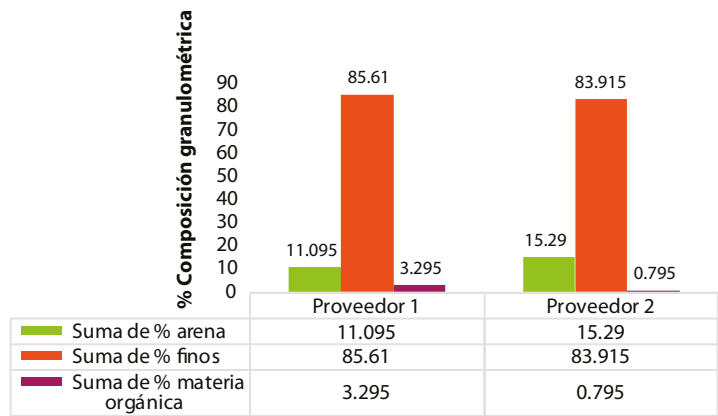
El adobe es un bloque de tierra, el cual se elabora de forma artesanal con el propósito de levantar una construcción, ya sea casa-habitación, monumentos, templos, etc. Al ser elaborado de una forma artesanal se deben tomar en cuenta varios factores para que los adobes tengan la mejor calidad posible. Es importante prestar atención a la composición de cada pieza de adobe para identificar sus propiedades físico-mecánicas, dado que los materiales utilizados para la elaboración del adobe varían según la región, debido a la diversidad que tiene el suelo o el tipo de fibra natural que abunde en la región.

Metodología de caracterización

Se analizaron los adobes de los dos proveedores, ya que cada uno cuenta con una distinto proceso de elaboración. Aunque a simple vista sea muy similar la técnica, cambian tanto los porcentajes de fibras vegetales, como en la granulometría de los suelos. Esto afecta las muestras y hace que cada una de ellas tenga diferentes propiedades. En este caso los dos grupos de adobes contenían como materia orgánica la hoja de pino, que en la región coloquialmente se conoce como huinumo.

Para determinar la composición granulométrica se tomaron aproximadamente 200 gramos de material de cada grupo de adobe, como lo indica la NMX-C-496-ONNCCE-2014. En la figura 2 se observa que ambos grupos están constituidos mayormente con suelo teniendo de diferencia solo el 1.7 % entre cada uno. La mayor diferencia se encuentra en el porcentaje de materia orgánica ya que los adobes del proveedor 2 contienen solo un 0.79 % de la muestra tomada, mientras que las muestras del proveedor 1 contienen un 3.29 %, lo que adjudica una significativa diferencia en los resultados de la prueba de módulos de elasticidad.

Figura 2. Porcentajes de la composición granulométrica de los adobes ensayados



Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos con base en la realización de la prueba.

Las pruebas de calidad que se realizaron a los adobes fueron las siguientes.

- Destructivas (compresión simple y módulos de elasticidad): se realizan con la finalidad de llevar al fallo la muestra y ver su resistencia, así como su comportamiento en los módulos de elasticidad estático.
- No destructivas (velocidad de pulso ultrasónico y colorimetría): estas pruebas, como su nombre lo menciona, no dañan las muestras ni distorsionan los resultados de otras pruebas.

Las pruebas iniciales que se realizaron fueron las no destructivas. Las piezas de adobe se labraron en distintos tamaños y formas para las diferentes pruebas, ya que se basó en las normas mexicanas para concretos, pero el adobe no es un material comercializado, por lo que aún no existen normas mexicanas para adobes.

Figura 3. *Labrado de especímenes de los adobes ensayados*

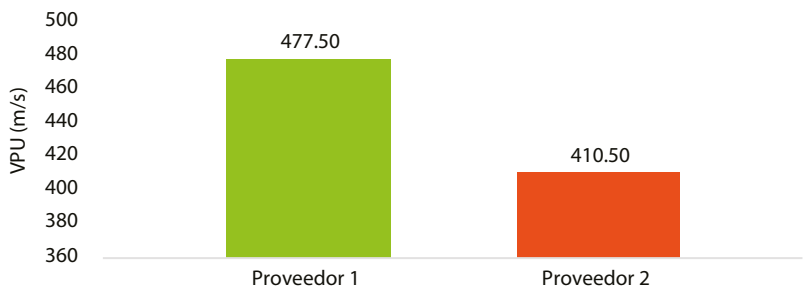


Fuente: elaboración propia.

Velocidad de pulso ultrasónico (VPU)

La prueba de VPU indica la calidad y homogeneidad de los materiales de estudio, en este caso del adobe; se puede estimar de forma indirecta la calidad de la elaboración de los especímenes de estudio, la adecuada distribución de los aditivos incorporados, la densidad y la durabilidad de los materiales (Arreola et al., 2023). La prueba se ejecutó según lo especificado en la NMX-C-275-ONNCCE-2020.

Figura 4. VPU de los adobes ensayados.



Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos con base en la realización de la prueba.

En la figura 4 se observa que la muestra que obtuvo mejor resultado fue la del proveedor 1 con un valor de 477.50 m/s y una diferencia del 15 % aproximadamente, lo que indica que en la prueba de vpu esa fue la muestra de mejor calidad. Estos valores pueden correlacionarse directamente con la resistencia a compresión, ya que a mayor densidad del material mayores prestaciones mecánicas y por lo tanto, las ondas tendrán mayor facilidad para atravesar el material (Sánchez et al., 2024).

Colorimetría

En edificaciones consideradas patrimonio nacional la prueba de colorimetría en restauraciones es de suma importancia, ya que si sufren algún daño estas deberán ser restaurada, con materiales muy similares con los que cuenta la estructura original, tanto en características mecánicas como físicas. Además, si la prueba se efectúa también con muestras testigo es posible identificar posibles adiciones en las mezclas de suelos o en los adobes (Martínez et al., 2018; Sánchez et al., 2021).

Para realizar esta prueba se utilizó el colorímetro CLRM-200. Con este equipo se tomaron diferentes coordenadas con lecturas que arroja el equipo, las cuales se indican en el espacio CIELab; las lecturas indican luminosidad y parámetros a* y b*. Una vez obtenidas las lecturas se utilizó un convertidor de color que se encuentra en la web: [https://www.nixsensor.com/free-co-](https://www.nixsensor.com/free-co)

lor-converter/ Free Color Converter - sRGB, CMYK, LAB, XYZ, HEX and more! (nixsensor.com).

Tabla 1. *Propiedades colorimétricas y representación gráfica de los adobes ensayados*

<i>Muestra</i>	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>Color</i>
Proveedor 1	51.66	10.88	20.62	
Proveedor 2	50.84	11.95	21.76	
Original	47.70	13.43	25.75	

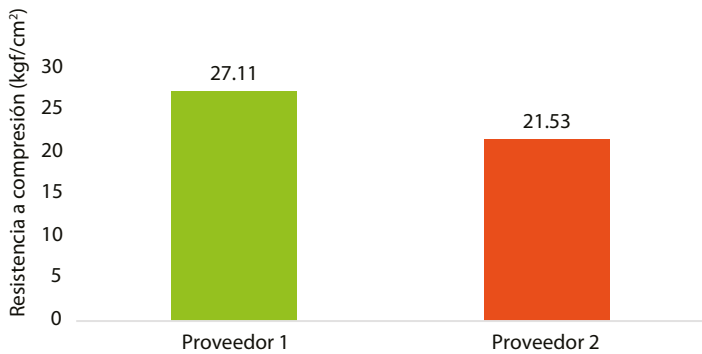
Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos con base en la realización de la prueba.

Como se observa en las imágenes y en las coordenadas, el color tiene una diferencia muy pequeña, a simple vista es un poco difícil diferenciar el color, hecho que puede correlacionarse con los resultados numéricos de la Tabla 1, con muy poca variación entre los valores obtenidos. En estética y color cualquiera de los dos grupos de adobes puede ser empleado comparado con el color de la muestra testigo, según Rojas (2023).

Compresión simple

La prueba de compresión es una de las más importantes en el control de calidad. Esta indica qué tanto esfuerzo soportará cada una de las piezas. Para realizar esta prueba se tomó como referencia la NMX-C-083-ONN-CE-2014 dado que en la actualidad no existen normas mexicanas para adobes. Esta prueba se realizó en especímenes cúbicos de dimensiones aproximadamente de 8 x 8 x 8 cm. Previamente se realizó un cabeceo con azufre para que la superficie sea uniforme a la hora de la aplicar la carga. Los resultados se muestran en la figura 5.

Figura 5. Resistencia a compresión de los adobes ensayados

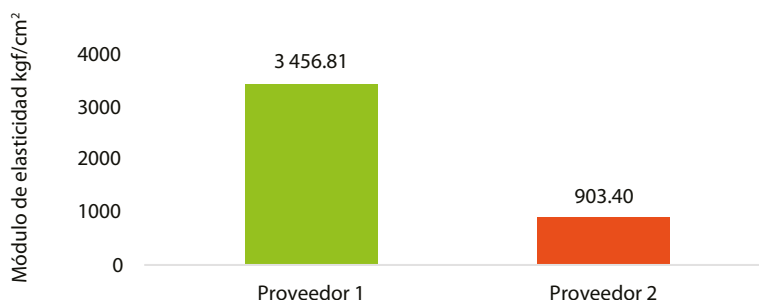


Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos con base en la realización de la prueba.

En la prueba de resistencia a compresión en adobes, como en las dos anteriores, no se puede ver una diferencia considerable entre uno y otro (Minke, 2006). Esto indica que la resistencia a la compresión admisible de los elementos de construcción de tierras según la norma DIN 18954 está entre 3 y 5 kg/cm². Así mismo, comparado con la muestra testigo que dio un valor de 8.89 kgf/cm², según Rojas (2023) los dos grupos de adobes son aptos para la reconstrucción de la parroquia, con una pequeña diferencia de solo 5 kgf/cm².

Módulos de elasticidad

Esta prueba consiste en sacar la relación esfuerzo-deformación, es decir cuánto se deforma el material a cierta carga. Para esta prueba fue necesario labrar cilindros de 5 cm de diámetro aproximadamente. El procedimiento se basó en la NMX-C-128-ONNCCE-2020 para concretos, dado que no hay una normativa mexicana para realizar esta prueba en adobes.

Figura 6. Módulos de elasticidad estáticos de los adobes ensayados

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos con base en la realización de la prueba.

En la figura 6 se observa que el grupo con mayor módulo de elasticidad fue el grupo del proveedor 1. En esta prueba es donde el resultado sí varía considerablemente de un grupo a otro, esto se puede atribuir al contenido de materia orgánica, ya que las piezas de adobe contenían un 3.29 % de fibra, mientras que el grupo del proveedor 2, solo un 0.79 % según Rojas (2023). Por lo que al tener una mayor cantidad de fibra este tiene un mayor comportamiento ante una fuerza externa como un sismo, dado que los resultados de fuerza a compresión no se diferencian entre un proveedor y otro.

Los resultados de la investigación nos muestran un proceso de caracterización simple que puede efectuarse y ser replicado fácilmente para el control de calidad de adobes u otros componentes constructivos a base de tierra. En investigaciones anteriores se presentó un amplio conjunto de métodos para caracterizar adobes patrimoniales (Sánchez et al, 2024), incluyendo ensayos no destructivos, ensayos mecánicos, caracterización química y análisis de durabilidad. Sin embargo, cabe destacar que estos procesos de caracterización deben ser distintos para las muestras patrimoniales y los componentes de nueva fabricación, ya que las prestaciones y demandas son muy distintas para las dos situaciones. Por lo tanto, esta línea de investigación todavía tiene un largo recorrido y es totalmente relevante y pertinente debido a la necesidad de estandarizar y promover materiales de construcción locales y de bajo impacto ambiental.

Conclusiones

Para restaurar un edificio de tierra que se considere patrimonio nacional existen ciertos criterios para llevar a cabo esta acción, se debe de dar la importancia que conlleva realizar estos procesos para conservar por muchos años más las edificaciones de tierra. Sin embargo, la ausencia de normativas y regulaciones acerca del adobe y otras técnicas de construcción con tierra, dificulta los procesos de caracterización y control de calidad, ya que los procedimientos de aplicación no están bien definidos.

Por estos motivos, este tipo de investigaciones es muy importante para en el futuro poder normalizar el uso de materiales con potencial sustentable, como los suelos, y también para contar con una mejor definición de los procesos de restauración y conservación de edificaciones de tierra que se consideren patrimonio histórico. La construcción con tierra suele tener escasa consideración a lo largo del país, con implicaciones socioeconómicas y tecnológicas muy bajas y un desconocimiento generalizado de las diversas técnicas existentes. Por ello, una mejor comprensión de los sistemas constructivos tradicionales y mayores esfuerzos de investigación destinados a estudiarlos contribuirán a una mejor apreciación de la tierra y los adobes, para facilitar su uso y preservación.

Las propiedades mecánicas generalmente son las más valoradas y necesarias en todas las acciones de control de calidad para los materiales de construcción, estas se relacionan directamente con el desempeño estructural de las edificaciones. Los adobes de ambos proveedores presentaron buenos valores en todas las pruebas realizadas, especialmente si comparamos con otros trabajos presentes en la literatura sobre caracterización de adobes históricos o patrimoniales. Cabe mencionar que es muy importante el análisis de la composición granulométrica del material, ya que al analizar los resultados de las pruebas realizadas se deduce por qué pueden tener un comportamiento diferente en algunas de ellas; además, dejan una aportación de cómo están constituidas las piezas de adobe, por si en un futuro o en alguna otra zona donde el material abunde puedan tener conocimiento de cómo se compone una pieza de adobe.

Como se observa en las gráficas, las muestras de adobe del proveedor 1 muestran mejoras en la mayoría de las pruebas físico-mecánicas, alcanzan valores más altos de resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad estático, aunque las muestras del segundo proveedor obtuvieron resultados un poco menos satisfactorios también pasan.

Los resultados de otros ensayos, como la colorimetría, también son muy relevantes, dado que es crucial restaurar el templo de manera que conserve su aspecto original. Sin embargo, es importante resaltar que los adobes y la arquitectura de tierra en general no suele dejar superficies descubiertas, debido a la acción del agua. En conjunto, los ensayos no destructivos son de gran utilidad para el análisis de las construcciones patrimoniales, debido a que son mucho menos invasivos. En este estudio se empleó el vpu que demostró resultados congruentes respecto a los ensayos de resistencia mecánica.

A partir de la investigación realizada en el laboratorio de materiales, caracterizando los adobes de la Parroquia del Señor del Perdón de Zirahuén, se generó una vinculación con la comunidad para que ellos puedan ejecutar la restauración del templo con los mejores medios. Este tipo de acciones son de gran importancia para implementar la responsabilidad social universitaria y ejercer un impacto positivo en la sociedad.

Así mismo, la caracterización de estas piezas de adobe servirá a la comunidad para que puedan construir edificaciones con un material de fácil acceso y que, además, es ecoamigable, ayudando de esta manera al medioambiente mientras se preservan los aspectos sociales y culturales de la construcción con tierra. El diseño participativo deberá ser uno de los ejes básicos para el desarrollo de la comunidad de Zirahuén, y la UMSNH una de las principales colaboradoras y partícipes de este cambio de mentalidad.

Siguiendo esta línea de materiales hechos con tierra, es necesario mencionar que estos estudios realizados en los adobes han contribuido de manera significativa en el diseño de nuevos proyectos que están aún en curso en el laboratorio para elaboración de otro tipo de especímenes como bloques de adobes, pero con diferentes proporciones, adiciones para su estabilización y de esta manera en un futuro cercano contribuir a la elaboración de nuevas viviendas con características parecidas a la de las edificaciones vernáculas, haciéndolas atractivas para los demandantes de viviendas.

Referencias

- Arreola, M., Martínez, W., Chávez, H., Borrego, J., Navarrete, M. y Alonso, E. (2023). Uso de adiciones en morteros para incidir en las prestaciones físico mecánicas, fomentando la economía circular. En *Hacia una concepción de la Vivienda y Hábitat en un ambiente construido* (p. 203).
- Ashour, T., Korjenic, A., Korjenic, S. y Wu, W. (2015). Thermal conductivity of unfired earth bricks reinforced by agricultural wastes with cement and gypsum. *Energy and Buildings*, 104, 139-146. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.016>
- Bahobail, M. A. (2012). The Mud Additives and Their Effect on Thermal Conductivity of Adobe Bricks. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 40(1), 21-34. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2012.112711>
- Balandro Campos, A. (s/f). *La arquitectura y el patrimonio edificado*. INAH. https://www.mEDIATECA.inah.gob.mx/webapps/publicaciones-digitales/80ANIV_INAH/caps/8/cap_viii.html
- Baquedano, P., Eudave, R. R., Miranda, F. N., Graus, S. y Ferreira, T. M. (2021). Traditional earth construction in Latin America: A review on the construction systems and reinforcement strategies. *Masonry Construction in Active Seismic Regions*, 99-121. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821087-1.00011-9>
- Blondet, M., Torrealva, D., Ginocchio, F., Vargas, J. y Velásquez, J. (2006). Seismic reinforcement of adobe houses using external polymer mesh. *8th US National Conference on Earthquake Engineering 2006*, 7, 4223-4232.
- Carreira, I., Pombo, I. y Faria, P. (2021). Earth mortars stabilization: a review. *Conservar Patrimonio*, 37, 35-43.
- Eslami, A., Mohammadi, H. y Banadak, H. M. (2022). Palm fiber as a natural reinforcement for improving the properties of traditional adobe bricks. *Construction and Building Materials*, 325(March).
- Gama, J., Cruz, T., Pi Puig, T., Alcalá, R., Cabadas, H., Sánchez, S., López, F. y Vilanova de Allende, R. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177-188. <https://doi.org/10.18268/bsgm2012v64n2a3>
- Gatti, F. (2012). Arquitectura y construcción en tierra. Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en Tierra. *Universidad Politécnica de Catalunya*, 08. <http://mastersuniversitaris.upc.edu/tecnologiaarquitectura>
- Hastings García, I. y Guerrero Baca, L. F. (2020). Transference of sustainable preservation techniques for building adobe dwellings in Ixtepec, Oaxaca, Mexico. *Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism*, 1, 474-484. <https://doi.org/10.51303/jtbau.vi1.372>
- Martínez, W., Torres-Acosta, A., Alonso-Guzmán, E., Chávez, H., Lara, C. y Bedolla, A. (2018). Colorimetry of clays modified with mineral and organic additives. *Revista ALCONPAT*. *ALCONPAT*, 8, 163-177.

- Mattone, M., Rescic, S., Fratini, F. y Del Fà, R. M. (2017). Experimentation of Earth-Gypsum Plasters for the Conservation of Earthen Constructions. *International Journal of Architectural Heritage*, 11(6), 763-772. <https://doi.org/10.1080/15583058.2017.1290850>
- Minke, G. (2006). *Building with earth*. Birkhauser.
- Morel, J-C., Charef, R., Hamard, E., Fabbri, A., Beckett, C. y Bui, Q-B. (2021). Earth as construction material in the circular economy context: practitioner perspectives on barriers to overcome. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0182>
- Oliveira, C. F., Varum, H. y Vargas, J. (2012). Earthen Construction: Structural Vulnerabilities and Retrofit Solutions for Seismic Actions. *15th World Conference on Earthquake Engineering*, 16813-16822.
- Rodgers, L. (2018). *La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías*. BBC News. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- Rojas, Y. (2023). *Caracterización de adobes del Templo del Señor del Perdón, Zirahuén, Michoacán, México; Caso de estudio para su restauración debido al daño dinámico de la estructura*. UMSNH.
- Sánchez Calvillo, A. Alonso Guzmán, E. M. y López Núñez, M. (2021). Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jojutla, Morelos, México, tras los sismos de 2017. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 10, 9-29. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v2i10.162>
- Sánchez Calvillo, A., Alonso Guzmán, E. M., Navarro Ezquerra, A., Ruiz Mendoza, M., Martínez Molina, W., Álvarez Galindo, J. I. y Rincón, L. (2024). Physical-chemical, mechanical and durability characterization of historical adobe buildings from the State of Michoacan, Mexico. *Journal of Building Engineering*, 86(February). <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108802>
- Sánchez-Calvillo, A., Alonso-Guzman, E. M., Martinez-Molina, W., Navarrete-Seras, M. A., Ruvalcaba-Sil, J. L., Navarro-Ezquerra, A. y Mitrani, A. (2021). Characterization of adobe blocks: Point-load assessment as a complementary study of damaged buildings and samples. *Heritage*, 4(2), 864-888. <https://doi.org/10.3390/HERITAGE4020047>
- Santillán, L. (2022). *Sismo en México. 19 de septiembre 2022*. DGDCUNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/1315/sismo-en-mexico-19-de-septiembre62>
- Vargas Neumann, J., Blondet, M. e Iwaki, C. (2009). Reparación de construcciones patrimoniales de tierra en áreas sísmicas. En *Arquitectura de tierra y hábitat sostenible* (p. 11). Universidad Nacional de Tucumán.

6. Formación universitaria en arquitectura vernácula: experiencias recientes e implementación de estrategias Place-Based Education



ADRIÀ SÁNCHEZ CALVILLO*

ELÍA MERCEDES ALONSO GUZMÁN**

ELENA GUADALUPE NAVARRO MENDOZA***

JORGE ALBERTO BORREGO PÉREZ****

YAZMÍN GUADALUPE ROJAS OLAYO*****

WILFRIDO MARTÍNEZ MOLINA*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.06>

Resumen

La arquitectura vernácula es la concreción tecnológica y material de las prácticas espaciales y los saberes populares del ser humano en el territorio, con soluciones que unen la habitabilidad y el medio físico-geográfico. Estos materiales y sistemas constructivos presentan un gran potencial sostenible a todos los niveles, tanto por su bajo impacto ambiental como por los conceptos incorporados de sentido común, identidad o sociedad.

Por este motivo, se presentan diversas iniciativas realizadas en los últimos años dentro del ámbito universitario para enseñar, divulgar, revalorizar

* Doctor en Arquitectura. Investigador posdoctoral en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3653-8000>; correo electrónico: adria.sanchez@umich.mx

** Ingeniera Civil. Profesora de la Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8502-4313>

*** Maestra en Investigación y Restauración. Docente, constructora y especialista en materiales cerámicos base cal de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6379-814X>

**** Doctor en Ciencias Fisicomatemáticas con orientación en Nanociencias. Investigador estatal de Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6302-1958>

***** Ingeniera Civil. Técnica-laboratorista del Laboratorio de Materiales "Ing. Luis Silva Ruelas", México.

***** Doctor en Ingeniería. Investigador en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3301-4949>

y actualizar la arquitectura vernácula y los materiales locales aplicando conceptos de *place-based education*. Estas experiencias permitieron reconocer el estado del arte de las competencias actuales de los estudiantes respecto a estos conocimientos ancestrales, observando importantes carencias y un desconocimiento general resultado de su omisión en la universidad durante décadas.

Los resultados muestran un impacto positivo en el alumnado y la formación de los futuros profesionales de la edificación, con una notable apreciación y afinidad por las tecnologías tradicionales que podrán cambiar los actuales paradigmas del sector. Estas experiencias demuestran la importancia de incluir la arquitectura vernácula y los materiales alternativos en los planes docentes, siendo primordial para el futuro de nuestro planeta debido a las problemáticas ambientales que enfrentamos.

Palabras clave: *arquitectura tradicional, materiales alternativos, transferencia tecnológica.*

Introducción

El abandono de la arquitectura vernácula y la transformación en el estado de Michoacán

La arquitectura vernácula representa la concreción física y tangible de los saberes de los pueblos originarios y la adaptación del ser humano al territorio habitado a partir de los recursos disponibles. Estas construcciones responden de manera orgánica y lógica al contexto inmediato y a las condiciones socioambientales, logrando respuestas coherentes y sostenibles al fenómeno de habitar, por lo que más que un avance tecnológico puede considerarse un fenómeno cultural (Rapoport, 1972). El término vernáculo, generalmente sinónimo de tradicional, indígena u originario; proviene del latín *vernaculus*, significando nativo o doméstico (Langenbach, 2020), conceptos fuertemente asociados a estas construcciones. Sin embargo, no fue hasta el 1964, con la exposición de Rudofsky en el MOMA de Nueva York, *Architecture without architects*, que el término se popularizó e instauró en la comunidad

científica y desde entonces la producción literaria en torno al fenómeno no ha dejado de crecer, siendo cada vez más relevante para los actuales desafíos que enfrenta el sector de la edificación (Rong y Bhauddin, 2023).

Sin embargo, pese a la simpleza, la baja huella ecológica y la óptima adecuación a las condiciones ambientales de estas soluciones, el actual sector de la construcción no contempla estos materiales y sistemas y raramente cuenta con aplicación en edificación contemporánea. Estos sistemas quedan asociados a las clases socioeconómicas más bajas y a unos modos de vida que se perciben anticuados por parte de la población (Moriset et al., 2021; Sánchez et al., 2022), en contraposición a la modernidad que suponen los materiales industrializados. Queda patente que la relación entre arquitectura vernácula y densidad de población e ingresos económicos es inversamente proporcional (Sánchez, 2022), y que las regiones más despobladas y de bajos recursos conservan más edificaciones tradicionales.

Correia y Duarte (2021) indican otros factores causantes de esta situación de abandono de la arquitectura vernácula a la gentrificación o las malas prácticas en intervenciones en el patrimonio edificado; por otro lado, en el contexto territorial de Michoacán, Ettinger (2010) atribuye una importante ascendencia de los fenómenos migratorios (ver figura 1). En conclusión, la vulnerabilidad de la arquitectura vernácula es multifactorial y dependerá del contexto en el que quede inserta (Sánchez, 2022).

Figura 1. *Ejemplo de construcción vernácula abandonada en Taretan, Michoacán, Michoacán*



Fuente: Sánchez (2022b).

De igual forma, otro de los fenómenos más recurrentes es la transformación de la arquitectura vernácula, por la que procesos constructivos son sustituidos por técnicas industrializadas que realizan la misma función, pero cuyo desempeño y consecuencias ambientales son mucho menos eficientes. En el caso del estado de Michoacán, en prácticamente la totalidad del territorio, el deterioro y la transformación de esta arquitectura es un fenómeno presente y evidente (Ettinger, 2010), debido a fenómenos globales como los anteriormente citados.

Sin embargo, también cabe destacar la riqueza arquitectónica del estado, representada en tres tipologías muy características: la vivienda de adobe, el bajareque y la troje purépecha (ver figura 2). Muchas de estas construcciones gozan de una excelente valoración por parte de sus usuarios, que transmiten sus viviendas de generación en generación como un legado familiar y cultural. Por otro lado, destaca el uso de recursos locales como la tierra, la madera y la piedra; y de tecnologías tradicionales con arraigo en la región como el apagado de la cal (Sánchez et al., 2023).

Figura 2. Troje purépecha en Charapan, Michoacán



Fuente: fotografía tomada por Adrià Sánchez, 2023.

Estado del arte de la enseñanza de la arquitectura vernácula en el sector universitario

Ante la explotación desmedida de los recursos naturales y el alto impacto ambiental que representa el sector de la construcción y las emisiones generadas; en los últimos tiempos, se han encumbrado y puesto en valor aquellos sistemas tradicionales que por tanto tiempo han sido ignorados. La *Carta del patrimonio vernáculo construido*, ratificada por ICOMOS en 1999 supuso un importante avance para la protección de estas edificaciones, pese a que la indefinición de las acciones para su preservación se ha mantenido hasta nuestros días. A partir de la publicación de este documento se sentaron ciertas bases para la documentación, análisis, adaptación y educación y difusión entre otras líneas de acción.

Precisamente esta última línea de trabajo es la que se presenta en este documento, mostrando algunas de las recientes experiencias en el ámbito universitario y como a partir de diversas dinámicas y actividades en campo es posible acercar a los futuros profesionales de la construcción y la restauración al fenómeno de la arquitectura vernácula. Pueden encontrarse obras de referencia muy útiles como el libro *Heritage for people. Sharing vernacular knowledge to build the future* (2023), que aborda las estrategias educativas para enseñar y divulgar el patrimonio y la arquitectura vernácula especialmente en el sector de la universidad

También pueden encontrarse estrategias dirigidas al público infantil, como el proyecto TAP-TAP, que ofrece guías didácticas para la enseñanza de la arquitectura de tierra según el rango de edad del público objetivo, distinguiendo cuatro etapas: de 0 a 5 años, de 6 a 8, de 9 a 10 y de 11 a 12 (Mileto et al., 2017).

La mayoría de las estrategias presentes en la literatura parten de los preceptos del *place-based education* (PBE) o *place-based learning* (PBL), que podría traducirse literalmente como la educación o aprendizaje basada en el lugar. El PBE es una filosofía educativa que busca vincular los procesos de aprendizaje con los contextos ecológicos, culturales e históricos locales (Elfer, 2011). Consecuentemente, el espacio físico pasa a ser el nexo en el que la educación se desarrolla, más allá de las aulas o instalaciones de una escuela o universidad.

En el ámbito de la arquitectura, en la mayoría de las ocasiones, este acercamiento al PBE se genera mediante la documentación y el levantamiento arquitectónico durante el trabajo de campo. La retención de los conocimientos y principios teóricos suele ser uno de los principales obstáculos del aprendizaje, por ello, el hecho de que los estudiantes puedan recorrer y visitar espacios históricos y/o monumentales estimula la curiosidad y aporta habilidades tanto duras como blandas que son muy complicadas de adquirir mediante el aprendizaje teórico (Rossato, 2020). Encontramos múltiples ejemplos de la documentación como herramienta pedagógica, por ejemplo Benkari (2022) analizó las experiencias de estudiantes de licenciatura en arquitectura e ingeniería civil durante el trabajo de campo y levantamiento arquitectónico en comunidades tradicionales en Omán, en combinación con cuestionarios y entrevistas semidirectas a los mismos estudiantes para evaluar el desempeño de la metodología planteada.

Metodología

Para este estudio se diseñó una metodología de trabajo con dos distintas vertientes: por un lado, la enseñanza teórica, sin una presencia clara en las facultades; y por otro lado las actividades didácticas y prácticas basadas en el PBE y el trabajo de campo. A partir de las primeras actividades de divulgación y la realización de encuestas a grupos de estudiantes universitarios se identificaron importantes carencias en el conocimiento y aprendizaje referente a los materiales de construcción tradicionales y las arquitecturas vernáculos, lo cual permitió determinar el punto de partida y organizar la hoja de ruta del programa a largo plazo. Uno de los principales soportes para financiar todas estas iniciativas fue el proyecto DBMC: *Durability of local materials and traditional techniques of the mexican vernacular architecture in the State of Michoacán*; el cual versó en torno al análisis de la durabilidad de estas construcciones vernáculos y los materiales locales.

Conceptos teóricos, divulgación de la arquitectura vernácula y el trabajo de campo como herramienta para la docencia

Consecuentemente se inició con el diseño e implementación de estrategias docentes enfocadas a reforzar o establecer los conceptos básicos de la arquitectura vernácula y los materiales tradicionales. Generalmente los estudiantes cuentan con nociones muy elementales y se detectaron ideas equivocadas e inexactas con referencia a estos sistemas y su funcionamiento. La primera etapa consistió en impartir clases teóricas o conferencias, en el marco de otros eventos académicos como seminarios o veranos de la investigación.

Al finalizar las clases y conferencias, generalmente en formatos de una a dos horas y con fuerte apoyo audiovisual, se realizaron encuestas al estudiantado para recopilar información del estado del arte del conocimiento y de los principales intereses y líneas de investigación con las que poder trabajar en conjunto. En el planteamiento se definieron las siguientes preguntas:

- ¿De las técnicas presentadas cuáles conocías con anterioridad?
- ¿Cuál/es te parecieron más interesantes y qué te llamó la atención?
- ¿En tu ciudad/municipio/estado identificas este tipo de construcciones? ¿Cuál es su estado de conservación y alteración?
- ¿En tu institución/universidad existen iniciativas o investigaciones relacionadas con este tema?
- ¿Qué línea de investigación te pareció más interesante o con más potencial?

Una vez se contó con cierto bagaje en la realización de estas actividades docentes, en una posterior etapa se organizó el taller Arquitectura Vernácula, Materiales Tradicionales y su Implementación en Proyectos de Cooperación al Desarrollo en el marco del XXVIII Verano de Investigación Tecnológica y Científica del Pacífico, buscando profundizar en los conocimientos y ofrecer un contenido más extenso y variado.

Paralelamente, una de las herramientas más consolidadas para el estudio tipológico de la arquitectura es el levantamiento arquitectónico a partir del trabajo de campo. Entendiendo la arquitectura vernácula como parte indisoluble de nuestro patrimonio, la documentación de estas construcciones

es fundamental para su preservación. Por ello, se realizaron varias campañas de trabajo de campo en distintas regiones del estado de Michoacán involucrando a los estudiantes para la identificación, documentación y caracterización de la arquitectura vernácula, principalmente mediante el levantamiento arquitectónico y fotográfico de viviendas. Esta campaña, que fue orquestada a partir del proyecto DBMC, hizo un énfasis en clasificar las distintas tipologías vernáculas que encontramos en el estado: la vivienda de adobe, el bajareque y las distintivas trojes purépechas (Sánchez et al., 2023).

Talleres prácticos aplicados a la enseñanza y difusión de los materiales tradicionales

El diseño de los cursos fue planteado y dirigido hacia el sector universitario, principalmente para las licenciaturas orientadas o con vocación al sector de la edificación. Como resultado, en los últimos años, se han impartido varios cursos con un espectro de alumnos realmente variado y multidisciplinar, encontrando principalmente estudiantes de licenciatura en arquitectura, ingeniería civil, ciencias ambientales y diseño de interiores y ambientación.

Se ha hecho énfasis en la arquitectura de tierra, por ser una de las líneas de especialidad en las que trabaja el grupo de investigación y por la relevancia a lo largo del territorio, donde la vivienda de adobe es la tipología más recurrente (Sánchez et al., 2023). Debido al olvido y al actual desconocimiento de esta técnica, las edificaciones no suelen tener un mantenimiento constante y las acciones de intervención no se ejecutan correctamente. En estos talleres, en primera instancia, se realiza una introducción a la arquitectura y construcción con tierra exponiendo los principios teóricos básicos variando ligeramente el enfoque según el grupo receptor y su nivel de estudios y formación. Posteriormente, se realizan ejercicios prácticos y didácticos como son el Test Carazas o la realización de muestrarios de revestimientos naturales a base de tierra y fibras vegetales.

El Test Carazas es un excelente ejercicio práctico y herramienta pedagógica que permite comprender la naturaleza trifásica de la materia tierra, ayudando a identificar el componente líquido y el componente gaseoso del material cuando se emplea en la arquitectura (Carazas, 2017). Para la

realización del ejercicio se prepara una matriz rectangular con 15 cédulas para 5 posibles estados hídricos (seco, húmedo, plástico, viscoso y líquido) y las 3 posibles acciones mecánicas (llenar, presionar y compactar). Una vez ejecutada la matriz, únicamente se requieren moldes o formaletas para la realización de los especímenes y algunos recipientes y útiles para la compactación; además del recurso principal que es la tierra.

La simpleza y fácil preparación del taller permite adaptarlo al tamaño del grupo y a distintos emplazamientos, como puede observarse en la figura 3. Idealmente se trabajará con diversas tierras para que los participantes puedan observar el distinto comportamiento de los materiales que conforman los suelos, asimismo, es muy interesante y recomendable adicionar fibras vegetales al ejercicio. La finalidad es que los conceptos de la tierra como material trifásico puedan asimilarse fácilmente y que se identifiquen prácticas de las técnicas constructivas como el adobe, el bajareque o la tapia.

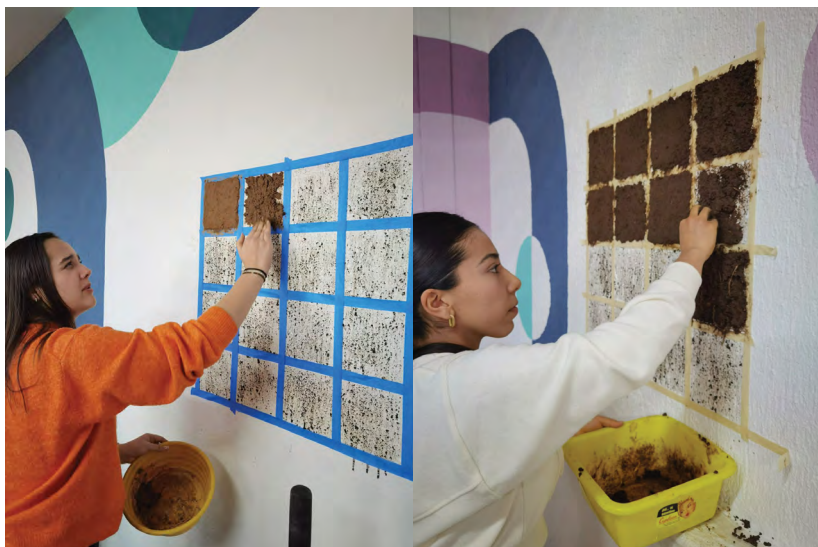
Figura 3. *Práctica del Test Carazas en la Facultad de Diseño de Interiores de la Universidad Vasco de Quiroga en Morelia y el Centro Ecotecnológico Uandani en Uecorio, Michoacán*



Fuente: fotografías tomadas por Sánchez y Navia, (2024).

También se han diseñado y ejecutado, en los últimos años, cursos de revestimientos naturales de tierra con estudiantes de diseño de interiores y arquitectura en las instalaciones de la Universidad Vasco de Quiroga en Morelia, Michoacán (ver figura 4). La dinámica del ejercicio consiste en la preparación de una cuadrícula 4x4 en la que de izquierda a derecha se incrementa la proporción de arena, mientras que de arriba hacia abajo se incrementa la proporción de fibras vegetales.

Figura 4. *Aplicación de los revestimientos naturales de tierra*



Fuente: fotografías tomadas por Adrià Sánchez, 2024.

La investigación de Nina et al. (2023) mostró el desconocimiento de estas técnicas entre los profesionales del sector de la restauración y la rehabilitación, siendo alternativas mucho menos frecuentes que los morteros de cemento y de cal. Sin embargo, los beneficios de los revestimientos a base de tierra han sido ampliamente divulgados (Santos et al., 2021), ofreciendo una alternativa de mucho menor impacto ambiental que puede aplicarse a cualquier tipo de soporte.

En 2022 como parte del proyecto de cooperación en el que se desarrolló el taller de arquitectura vernácula y materiales tradicionales también se realizó una intervención de rehabilitación de viviendas tradicionales. Se diseñaron y administraron revestimientos de tierra mejorados mediante la estabilización con geles de origen vegetal (GOV), siendo una aplicación directa de la investigación realizada por alumnos de licenciatura y posgrado en sus trabajos de titulación. El almidón de arroz ha mostrado excelentes propiedades como agente estabilizador y prolongador de la durabilidad (Sandoval, 2022), del mismo modo que el mucílago de nopal (Guerrero y Ávila, 2019), además de ser un recurso abundante en la región y con una larga tradición entre los artesanos y constructores.

En primer lugar, se diseñaron las distintas relaciones de suelo arcilloso, arena y las dos clases de GOV (González-Sánchez et al., 2023), haciendo una experimentación previa en el Centro Ecotecnológico Uandani del Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable (GIRA). Se observó el desempeño de las mismas y, consecuentemente, las mejores propuestas de revestimientos con GOV fueron aplicadas en viviendas de adobe en la comunidad de Santa Ana Chapitiro, localizada en la región del lago de Pátzcuaro (ver figura 5).

Figura 5. Proyecto de intervención con revestimientos de tierra mejorados en viviendas de adobe de la comunidad de Santa Ana Chapitiro, Michoacán



Fuente: fotografías tomadas por Solís, 2022.

Resultados

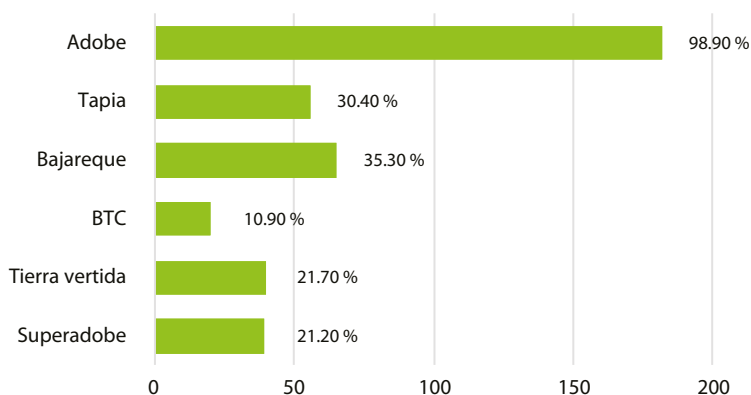
Implementación de la arquitectura vernácula en la formación universitaria

Las estrategias docentes planteadas buscaron en todo momento revertir la situación de desconocimiento y lograr que los estudiantes cuenten con nociones y conocimientos sobre los materiales tradicionales. El modelo de clase teórica o conferencia magistral es de gran utilidad para introducir los conceptos básicos de la arquitectura vernácula como fenómeno global y presentar las principales tipologías y sistemas constructivos presentes en el contexto local.

El apoyo de los medios audiovisuales fue fundamental, poniendo en práctica estrategias docentes y de divulgación y comunicación científica. Destaca la producción y publicación del documental *Xirangua* (2022), que relata y pone en valor la arquitectura vernácula de Michoacán mediante entrevistas con distintos actores: población local, artesanos de la construcción, académicos y expertos. El filme fue utilizado como material de apoyo, logrando notables resultados debido a lo atractivo de su formato y su accesibilidad al público general (Sánchez et al., 2023).

Respecto a los resultados de las encuestas, estas arrojaron importante información cualitativa y cuantitativa acerca del estado del arte de los conocimientos adquiridos en la universidad respecto a la arquitectura vernácula y las técnicas tradicionales. La gráfica 1 presenta los resultados de la pregunta 1 referente a la identificación de las técnicas de construcción con tierra, con un total de 184 respuestas registradas. Si bien el adobe fue reconocido por prácticamente la totalidad de los encuestados, los otros sistemas presentan bajo reconocimiento, como el bloque de tierra comprimida (BTC), con un 10.90 %. Llama la atención la escasa identificación de tecnologías emergentes y muy relevantes en el contexto actual del sector de la edificación como el BTC, siendo componentes muy interesantes para la arquitectura moderna.

Gráfica 1. *Identificación de las técnicas constructivas a base de tierra por parte de los estudiantes de licenciatura*



Fuente: elaboración propia.

Además de la impartición de algunas clases magistrales y la instrucción de todos estos conceptos a partir de actividades docentes, en una segunda etapa se buscó realizar un evento más ambicioso que permitiera profundizar en estas temáticas. El resultado fue el taller Arquitectura Vernácula, Materiales Tradicionales y su Implementación en Proyectos de Cooperación al Desarrollo realizado junto con docentes e investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña y del grupo de trabajo sobre vivienda ecotecnológica del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad IIIES-UNAM. Con este taller se pudo ofrecer una visión interdisciplinar gracias a la participación de arquitectos, ingenieros civiles, constructores o geólogos, incorporando nuevas herramientas y perfiles de trabajo.

En cuanto al trabajo de campo y el acompañamiento de los estudiantes, como parte del proyecto DBMC se realizaron levantamientos arquitectónicos de viviendas vernáculas para métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica con el acompañamiento de los estudiantes (ver figura 6), documentando múltiples inmuebles de adobe y bajareque con sus correspondientes fichas de inspección (Sánchez-Calvillo et al., 2022). Estas son algunas de las acciones más interesantes para aplicar los preceptos del PBL, ya que las experiencias en campo acercan a los estudiantes y a los investigadores a la realidad de la arquitectura vernácula, les permiten interactuar con los usuarios y comprender su relación con la vivienda y sus modos de habitarla.

Figura 6. *Procesos de levantamiento arquitectónico y fotográfico en Ario de Rosales, Michoacán*



Fuente: fotografías tomadas por González, 2021.

Talleres formativos, proyectos participativos y acciones de cooperación

La experiencia de los talleres permite una mayor interacción de los estudiantes, este tipo de ejercicios prácticos y dinámicas son de gran utilidad para el aprendizaje, generando una mejor y más rápida asimilación de los conceptos (ver figura 7). Respecto a las distintas dinámicas, la figura 8 ilustra los resultados del Test Carazas, este ejercicio permite comprobar de un modo muy tangible los estados hídricos de la materia tierra y como estos pueden correlacionarse con las técnicas de construcción. Una estrategia muy interesante para acompañar el taller es alentar a los alumnos a que dibujen en una pizarra los resultados de cada uno de los especímenes, tomando lecturas de la altura que alcanzan para percibir mejor el efecto de la compactación y la importancia de los vacíos y el aire contenido en los materiales de construcción.

Figura 7. Fotos de grupo y conclusión de talleres



Fuente: fotografías tomadas por Sánchez y Olaya, 2024.

Figura 8. Resultados del taller Test Carazas

Fuente: fotografías tomadas por Adrià Sánchez, 2024.

Por otra parte, la figura 9 muestra los resultados del taller de revestimientos de tierra y los muestrarios generados con distintas proporciones de tierra, arena y fibras vegetales. La finalidad del ejercicio consiste en identificar las diferencias de comportamiento entre diversos tipos de suelos y las mezclas diseñadas previamente. Puede observarse cómo las distintas tierras necesitan estabilizarse para reducir el agrietamiento causado por la plasticidad del componente arcilloso, en este caso, las mezclas que presentan menor fisuración serán las más factibles de utilizar para un revestimiento o acabado, además se valora el aspecto estético de las soluciones, por lo que resulta más interesante aplicar estos talleres en escuelas de arquitectura o de interiorismo.

Figura 9. Muestrario de revestimientos de tierra

Fuente: fotografías tomadas por Adrià Sánchez, 2024.

Por último, parte de la responsabilidad social universitaria consiste en lograr un impacto directo en la población, las intervenciones realizadas a las viviendas vernáculas en el marco de los proyectos de cooperación y desarrollo tuvieron justamente esta intención. Los resultados de la intervención en la comunidad de Santa Ana Chapitiro fueron positivos, reportando un buen desempeño de los revestimientos de tierra estabilizada, pero fue más importante la apropiación tecnológica por parte de la comunidad. El proyecto de investigación y cooperación logró la acción directa y el aprendizaje a base de trabajar con la comunidad local, implementando los principios del PBE. Los estudiantes participantes, así como los investigadores, pudieron asimilar los conceptos del diseño participativo con las comunidades trabajando mano a mano con los usuarios de las viviendas.

Conclusiones

La formación de los estudiantes resulta fundamental para el desarrollo sostenible de nuestra sociedad, ya que los futuros profesionales del sector de la edificación tendrán un papel esencial en la reducción de emisiones y el cambio de paradigma hacia un modelo de consumo basado en la economía circular. Por ello, las universidades con carreras afines deberían contemplar e incluir la formación en arquitectura vernácula en los planes de estudio, debido a que todavía, hoy en día, es posible seguir aprendiendo de estos sistemas ancestrales y los académicos siguen redescubriendo aspectos de resiliencia y adaptación al territorio que son de gran utilidad en el contexto urbano actual.

Sin embargo, la tendencia es positiva y varias iniciativas recientes demuestran casos aplicados con relativo éxito, como en la Universidad Rafael Landívar familiarizando a los estudiantes de arquitectura con la vivienda vernácula mediante las visitas de campo y la participación directa en procesos constructivos de técnicas tradicionales (Morales et al., 2024). Otro ejemplo muy pertinente es el de la Escuela de Arquitectura de Notre Dame en Indiana, Estados Unidos que considera e integra en el currículum la arquitectura y urbanismo tradicionales y vernáculos como parte de los talleres experimentales para que los estudiantes puedan adaptar sus diseños

al contexto local y contar con mejores herramientas para el desarrollo del ejercicio profesional en la actualidad (Polyzoides, 2024).

En este sentido, cabe destacar que algunos de los congresos de mayor reconocimiento en el ámbito de la arquitectura tradicional y la construcción con tierra, como los Terra World Congress o los Seminarios Iberoamericanos de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT), cuentan con ejes temáticos directamente relacionados a la enseñanza y los oficios, muestran el crecimiento y la tendencia que representa esta línea de investigación y la importancia de lograr un impacto real en los futuros profesionales del ámbito de la edificación.

Queda patente que todavía resta un largo recorrido para que la arquitectura vernácula sea comprendida y asimilada, debido a que el punto de partida es un desconocimiento general por parte de los estudiantes. El hecho de contar con alumnos de instituciones educativas de múltiples estados del país, e incluso de otras naciones, corrobora que esta desinformación es un fenómeno global. Las encuestas realizadas reflejaron una notable desinformación respecto al patrimonio y las técnicas tradicionales presentes en el territorio nacional, así como confusión respecto a los conceptos más básicos. Sin embargo, resulta más alarmante el desconocimiento de los materiales y sistemas de construcción emergentes alternativos a los industrializados, por ejemplo, el BTC que es una de las tecnologías más emergentes en la edificación sostenible moderna u otros ejemplos como la tierra aligerada o el uso de las fibras vegetales en la arquitectura contemporánea.

Las iniciativas presentadas, incluyendo la formación teórica y práctica en arquitectura vernácula, los talleres prácticos, y los proyectos participativos y acciones de cooperación, han logrado una participación y apreciación significativa por parte de los alumnos. A nivel cualitativo todas estas experiencias han sido ampliamente satisfactorias, despertando la curiosidad de los estudiantes por conceptos que no conocían bien y generando un cambio en su forma de percibir la arquitectura y los materiales. Por otro lado, las experiencias basadas en el PBE no son únicamente fructuosas para los estudiantes, sino también para los docentes e investigadores, que también cambian su forma de concebir la docencia incorporando nuevas metodologías y herramientas.

En el futuro, se espera seguir desarrollando esta línea de investigación, persistiendo en la formación a partir de talleres, proyectos de cooperación,

trabajo de campo, divulgación y estrategias PBE. Sin embargo, sería de gran importancia lograr implementar materias específicas sobre la arquitectura vernácula y los materiales tradicionales en los planes de estudio de licenciaturas como la arquitectura y la ingeniería civil, así como en programas de posgrado relacionados. No debe olvidarse que gran parte de los proyectos actuales y líneas de acción pasan por desarrollar una tecnología basada en los biomateriales, lo que no representa nada más que la evolución lógica de los sistemas tradicionales como el adobe, la tapia o el bajareque para cumplir con los estándares actuales.

De la misma manera, también se espera expandir la oferta de talleres y lograr establecer una red de colaboración con otros expertos a nivel nacional, considerando los notables esfuerzos y la labor que están desarrollando otras instituciones. En este sentido es esencial seguir forjando alianzas y planificar proyectos interinstitucionales y multidisciplinarios con acción directa en las problemáticas nacionales, especialmente las concernientes a la vivienda y el consumo de energía. Es evidente que el futuro de la arquitectura y la ingeniería pasa por el desarrollo de procesos y sistemas constructivos de menor impacto ambiental, y la arquitectura vernácula, pese a pasar inadvertida siempre ha estado presente para ofrecernos la solución.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) con su programa de Estancias Posdoctorales por México, también del CIMNE Congress Bureau de Barcelona con el proyecto de cooperación al desarrollo DBMC y el soporte del Proyecto TED2021-129705B-C32 al MCIN/AEI y al European Union Next Generation. Asimismo, se agradece el apoyo de los docentes, talleristas y estudiantes que participaron en las actividades formativas y el trabajo de campo.

Declaración de interés

Este manuscrito presenta las conclusiones de un trabajo continuo de formación académica en la UMSNH, así como los resultados de dos proyectos de investigación y cooperación al desarrollo realizados en los últimos años. Los autores declaran que no existe ningún tipo de interés económico o personal que pueda influenciar en este capítulo de libro. Los autores hacen constar que este trabajo no ha sido publicado ni sometido a evaluación en otro medio y se trata de un documento totalmente original.

Referencias

- Benkari, N. (2022). The built heritage as a resource for architectural education: documentation of the vernacular settlements and architecture in Oman. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 14(4), 710–729. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-12-2021-0211>
- Carazas Aedo, W. (2017). *TEST CARAZAS Manual pedagógico. Ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra*. Aterre Ediciones.
- Correia, M. y Duarte Carlos, G. (2021). Introduction: earthen architecture, an endangered vernacular heritage. *Built Heritage*, 5(22). <https://doi.org/10.1186/s43238-021-00046-6>
- Dipasquale, L., Mecca, S., Montoni, L. (Eds). (2023). *Heritage for people. Sharing vernacular knowledge to build the future*. DIDA Press.
- Elfer, C. (2011). *Place-based education: A review of historical precedents in theory & practice* [Tesis de Doctorado de University of Georgia].
- Ettinger, C.R. (2010). *La Transformación de la Vivienda Vernácula en Michoacán. Materialidad, Espacio y Representación*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- González-Sánchez, B., Sandoval-Castro, K., Navarro-Ezquerria, A., Ramírez-Casas, J., Sánchez-Calvillo, A., Alonso-Guzmán, E., Navarro-Mendoza, E. (2023). Development and Intervention Proposal with Earthen Refurbishments with Vegetal Origin Gel (VOG) for the Preservation of Traditional Adobe Buildings. *Heritage*, 6(3), 3025–3042. <https://doi.org/10.3390/heritage6030161>
- Guerrero Baca, L. F. y Ávila Boyas, E. (2019). Pañetes de tierra estabilizada con nopal. *Revista Nodo*, 14(27), 53–62.
- ICOMOS (1999). *Carta del patrimonio vernáculo construido*. ICOMOS.
- Langenbach, R. (2020). What we learn from vernacular construction. En K. A. Harries y

- B. Sharma (Eds.), *Nonconventional and Vernacular Construction Materials* (pp. 1-36). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102704-2.00001-9>
- Mileto, C., Vegas, F., Cristini, V., García-Soriano, L., Blanco Tamayo, E. (2017). *TAP-TAP. Guía didáctica de actividades infantiles de sensibilización hacia la arquitectura de tierra*. Argumentum Edições.
- Morales, I., Ramírez, N., Andrade, E. (2024). Experiencia didáctica para el estudio y valoración de la Arquitectura Vernácula. *Investigaciones Latinoamericanas en Ingeniería y Arquitectura*, (1), 75-78. <https://doi.org/10.51378/ilia.vi1.8503>
- Moriset S., Rakotomamonjy B. y Gandreau, D. (2021). Can earthen architectural heritage save us? *Built Heritage*, 5(19). <https://doi.org/10.1186/s43238-021-00041-x>
- Nina, J. F., Eires, R., Oliveira, D. V. (2023). Earthen Construction: Acceptance among Professionals and Experimental Durability Performance. *Construction Materials*, 3, 143-163. <https://doi.org/10.3390/constrmater3020010>
- Polyzoides, S. (2024). An Architectural Pedagogy for the Twenty-First Century. *Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism*, 5, 210-231.
- Rapoport, A. (1972). *Vivienda y cultura*. Gustavo Gili.
- Ribeiro, T. (2023). Teaching vernacular architecture: different pedagogical approaches in higher education. En L. Dipasquale, S. Mecca, L. Montoni (Eds.), *Heritage for people. Sharing vernacular knowledge to build the future* (pp. 139-140). DIDA Press.
- Rong, W. y Bahaiddin A. (2023). A Bibliometric Review of the Development and Challenges of Vernacular Architecture within the Urbanisation Context. *Buildings*, 13, 1-29. <https://doi.org/10.3390/buildings13082043>
- Rossato, L. (2020). The Power of Learning by Graphic Representation. The Documentation of Indian Historic Centers. En Cicalò, E. (Eds), *Proceedings of the 2nd International and Interdisciplinary Conference on Image and Imagination. IMG 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*. (Vol. 1140, pp. 63-74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41018-6_7
- Rudofsky, B. (1964). *Architecture without Architects*. Doubleday & Company.
- Sánchez Calvillo, A. (2022a). *La vulnerabilidad sísmica de la vivienda vernácula de adobe en México: análisis constructivo y caracterización material para su conservación*. [Tesis de Doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Sánchez, A. (director). (2022b). *Xirangua* [documental científico]. Palm Studios. <https://youtu.be/5T1tHXvgfjQ?si=jUwkFeNuZrXdhnJ2>
- Sánchez-Calvillo, A., Alonso-Guzmán, E. M., Ortega-Heras, J. y Solís-Sánchez, A. (2022). *Identificación, documentación y catalogación de viviendas de tierra en Michoacán para su estudio y caracterización* [Ponencia]. 20º SIACOT: Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, Trinidad, Cuba.
- Sánchez-Calvillo, A., Alonso-Guzmán, E. M., Solís-Sánchez, A., Martínez-Molina, W., Navarro-Ezquerro, A., González -Sánchez, B., Arreola-Sánchez, M., Sandoval-Castro, K. (2023). Use of Audiovisual Methods and Documentary Film for the Preservation and Reappraisal of the Vernacular Architectural Heritage of the State of Michoacán, Mexico. *Heritage*, 6(3), 2101–2125. doi.org/10.3390/heritage6020113
- Sandoval, K. (2022). *Desarrollo de un bloque de tierra estabilizado con un gel de origen*

vegetal producto de la extracción de almidón contenido en el arroz. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña].

Santos, T., Almeida, J., Silvestre, J. D., Faria, P. (2021). Life cycle assessment of mortars: A review on technical potential and drawbacks. *Construction and Building Materials*, 288(123069). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123069>

Consideraciones del entorno

7. Propuesta de una vivienda con diseño bioclimático en San Miguel Chicahua, Oaxaca



HEIDY GÓMEZ BARRANCO*

RAÚL PÁVEL RUIZ TORRES**

KATIA ITZEL MORENO GARCÍA***

ZABDIEL DIRCEU CARRILLO SÁNCHEZ****

LUZ CECILIA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ*****

HERWING ZETH LÓPEZ CALVO*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.07>

Resumen

El Municipio de San Miguel Chicahua, localizado en el estado de Oaxaca, es catalogado de acuerdo con el informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2023 (Secretaría del Bienestar, 2023) con altos grados de marginación y pobreza. Estas carencias son percatadas en educación, seguridad social, salud, acceso a alimentación nutritiva, calidad y espacios de la vivienda y en los servicios básicos de esta. El presente artículo es respuesta al proyecto PRONAI-CONACYT 321260, en el cual se realizó la propuesta de vivienda bioclimática para una familia, mediante una metodología etno-

* Doctora en Protección de los Patrimonios Históricos. Profesora-investigadora de la Facultad de Arquitectura 5 de Mayo de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7221-1438>; correo electrónico: arq.heidy.gb@gmail.com

** Doctor en Arquitectura. Profesor en la Facultad de Arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5707-0411>

*** Estudiante de la Licenciatura de Arquitectura en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México.

**** Estudiante de la Licenciatura de Arquitectura en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México.

***** Doctora en Historia Moderna y Contemporánea. Profesora-investigadora de la Facultad de Arquitectura 5 de Mayo de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1546-9050>

***** Doctor en Ingeniería Civil. Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura 5 de mayo de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6386-0249>

gráfica-descriptiva; se llevaron a cabo visitas al sitio para tener un mejor acercamiento con los integrantes de la familia mediante entrevistas no estructuradas, tomando en consideración sus necesidades, creencias, actividades diarias, convivencia; así como el contexto natural y construido en el que se desarrollan, al conocer las dimensiones del predio y sus espacios mediante pruebas no destructivas en el sitio, con HOBOS, cámara termográfica, estación meteorológica y distintas apps que estudian condiciones climatológicas. Se presenta este estudio para la propuesta del modelo de producción social replicable de vivienda y hábitat para una vivienda social, progresiva, con materiales de la región, de autoconstrucción asistida y contemplado la sustentabilidad de su construcción y su mantenimiento.

Palabras clave: *habitabilidad, rururbano, vivienda.*

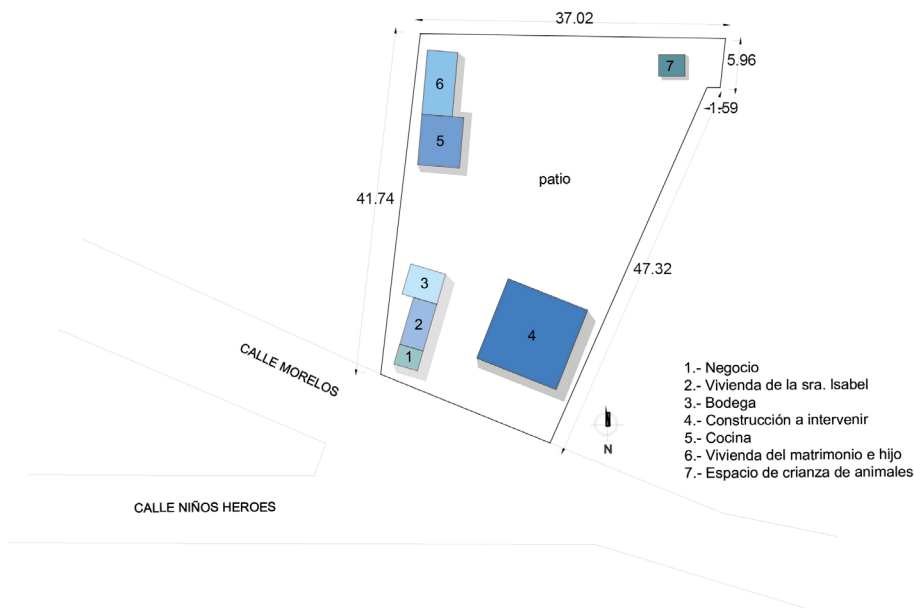
Introducción

El municipio de San Miguel Chicahua, ubicado en la zona rururbana de la cabecera distrital de Nochixtlán, presenta según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) un porcentaje significativo en sus índices de migración y ocupa el quinto lugar en el país debido al significativo índice de pobreza (INEGI, 2022). Esta situación desencadena en la existencia de viviendas que resultan habitables, pero sin habitabilidad.

Se visitó la comunidad el día 13 de julio del 2023, para trabajar en un caso de estudio correspondiente a la vivienda de una familia del municipio, que estuvo de acuerdo en hacer una propuesta e intervención de su vivienda para mejorar tanto su funcionalidad como su habitabilidad, promoviendo un espacio de diseño bioclimático y participativo.

El caso de estudio comprende una vivienda que cuenta con distintos espacios construidos de manera dispersa en el terreno que se pueden apreciar en la figura 1, por lo que para la adaptación, intervención y ampliación se consideró conservar la parte construida reciente, ya que la familia requiere que la vivienda y el negocio quede en una construcción compacta para que se aproveche el espacio del terreno existente (García, S. I., comunicación personal, 13 de julio de 2023).

Figura 1. Distribución actual de la vivienda en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca



Fuente: elaboración propia.

En el diseño participativo se concluye que el espacio actual no cubre las necesidades básicas de la familia, se planteó intervenir para que en la construcción se crearan espacios amplios, en condiciones de confort térmico que garanticen la habitabilidad de la vivienda.

Justificación

Mediante la arquitectura se busca optimizar los recursos y solucionar los problemas del usuario, si bien San Miguel Chicahua, Nochixtlán, ofrece a primera vista un panorama desfavorable ante las carencias económicas, la construcción de viviendas que son ajenas a la tipología del sitio e influenciadas por tendencias estadounidenses a causa de la migración (Gómez, et al., 2023), al sitio y al limitado acceso. En cuanto al análisis del lugar se concluye que tiene una gran riqueza a nivel ambiental y cultural, aspectos en los que es interesante profundizar y trabajar.

La arquitectura brinda soluciones constructivas para proporcionarle a las personas espacios habitables que mejoren su calidad de vida, y justamente esto se pretende lograr con el Proyecto del Modelo de Producción Social Replicable de Vivienda y Hábitat (MPSRYVH) 2021. No se trata de percibir la vivienda solo como un bien material con una misma tipología que satisfaga la demanda de la misma y que genere recursos al personal profesionalista, sino también de involucrarse en el lugar, en el contexto natural, social, económico, cultural y político, que proporcione principalmente información y conocimiento sobre la comunidad y la familia en particular, para después poder plantear las condiciones de diseño más adecuadas.

Es necesario proveer a la familia de una vivienda digna con los criterios estructurales y diseño arquitectónico bioclimático que mejore su calidad de vida.

Objetivo

El presente capítulo tiene como objetivo diseñar una vivienda en el municipio de San Miguel Chichahua que cumpla con habitabilidad y con estrategias bioclimáticas enfocadas en su contexto, para mejorar las condiciones de confort de los usuarios, así como la satisfacción de sus necesidades.

Metodología y contexto

Metodología

La metodología etnográfica fue la implementada para obtener la información requerida, esta se llevó a cabo bajo la asesoría de una antropóloga, de esta forma fue posible reunir los datos necesarios para contar con información verídica, con un enfoque cualitativo y diseño participativo.

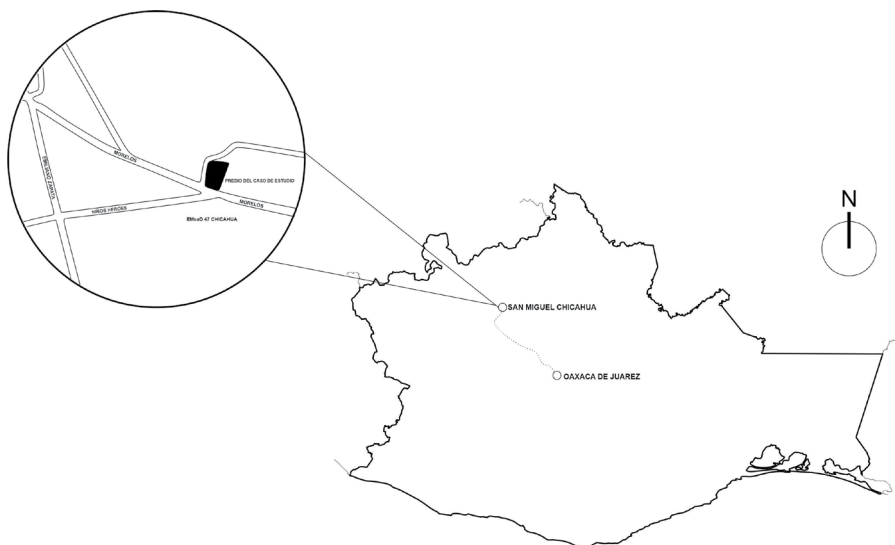
Las visitas *in situ* permitieron hacer el respectivo levantamiento del sitio, así como conocer las necesidades, cultura, modo de vida, carencias, actividades y datos referentes al contexto de los usuarios. Se analizaron los aspec-

tos climáticos del lugar: orientación, temperatura, humedad y vientos dominantes, relevantes para el correcto diseño de la vivienda.

Situación de la vivienda actual

El predio se localiza en el estado de Oaxaca en el distrito de Nochixtlán, específicamente en el municipio de San Miguel Chicahua, como se observa en el mapa de la figura 2. En la vivienda habita una familia de 4 integrantes conformada por 3 adultos: una persona adulta mayor, su hijo y su nuera, y un infante hijo del matrimonio.

Figura 2. Macrolocalización y microlocalización del predio en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca



Fuente: elaboración propia.

Las construcciones se encuentran dispersas en el predio, situadas de extremo a extremo y manteniendo el espacio central despejado dado que es utilizado como un espacio recreativo para fiestas familiares y religiosas que se festejan en el municipio, lo que le confiere gran prioridad al patio dentro de su cultura.

El acceso al inmueble es por la calle Morelos, calle principal del municipio; este predio cuenta con un área de 1377.17 m² ocupados por distintos espacios construidos que contemplan una habitación de madera utilizada como cocina, dos habitaciones de lámina, una de ellas utilizada como bodega y la otra como espacio de negocio, donde cocinan y ponen a la venta alimentos. Así mismo, hay 2 construcciones con muros de tabicón cemento-arena y losa de concreto armado, de ellas la primera es utilizada como el espacio de vivienda de la familia mientras que la segunda aún se encuentra en obra negra, por lo que está sin utilizar como espacio de vivienda, sino más bien como un espacio de bodega e incluso para crianza de animales, pese a que estaba previsto como el espacio de locales comerciales.

Los espacios resultan estructuralmente estables dadas sus dimensiones, pero sus condiciones no brindan habitabilidad, lo que se ha traducido en el desuso de gran parte del espacio construido.

Entrevistas

Las entrevistas a la familia refieren que la vivienda se edificó bajo la autoconstrucción con conocimientos empíricos, los recursos con los que contaban en ese momento y los materiales se compraron en Fortín Alto, una comunidad cercana. Actualmente, los espacios que se contemplaron durante su construcción ya no son suficientes para satisfacer las necesidades de sus usuarios puesto que la cocina y el comedor no se encuentran claramente establecidos, el sanitario se encuentra aislado y lejano al resto de las áreas, lo que genera problemas de confort al tener que salir a altas horas de la noche, dependiendo las condiciones climáticas de las temporadas anuales (ver figuras 3 y 4).

Figura 3. *Fotografías del exterior de la vivienda actual en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca*



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. *Fotografías del interior de la vivienda actual en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca*



Fuente: elaboración propia.

La construcción actual fue analizada para determinar la orientación y adecuación de vanos, elementos que brindan protección del sol y el viento, debido a ello los vanos son amplios y se encuentran orientados hacia el este y el oeste de la vivienda donde la luz solar que accede a los espacios es bastante agresiva y, si bien las corrientes de viento entran a la vivienda, no hay una ventilación cruzada que permita un correcto confort térmico.

En el caso de los servicios, no se cuenta con drenaje, por lo que se utiliza una fosa séptica; la red de agua municipal abastece de agua a la vivienda cada 3 días, misma que una vez utilizada es redireccionada al jardín para su aprovechamiento; la electricidad y medios de comunicación (televisión e internet) son servicios con que cuentan, sin embargo, la señal es inestable y ante fenómenos naturales como la lluvia la señal se pierde por periodos que comprenden horas e incluso días; cuentan con servicio de gas, pero lo usan únicamente para el negocio, para su uso personal y sus festividades utilizan la leña.

A pesar de las carencias la familia considera que la vida en el municipio es tranquila debido al entorno natural que los rodea. Si bien se han acostumbrado a su forma de vida, con el diseño participativo y la metodología etnográfica establecida podemos desarrollar un proyecto que cumpla con los requerimientos de la familia.

Estudio bioclimático

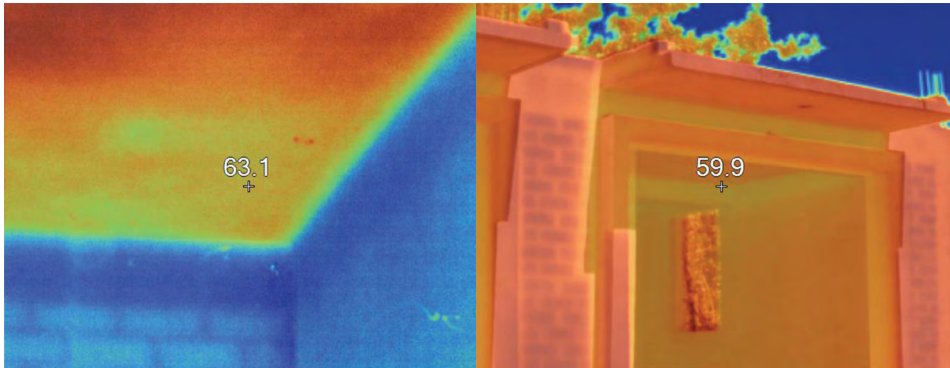
Para el estudio bioclimático se realizaron diversas pruebas no destructivas; para obtener las variables de habitabilidad se colocaron en la vivienda dos registradores de datos (DataLogger), la información recabada se almacenó en el *software* Hoboware, en puntos estratégicos de la vivienda para monitorear la temperatura y la humedad del lugar y del interior de la vivienda. La velocidad del viento fue detectada con una estación meteorológica portátil Thermo-Anemometer with Light, dos anemómetros digitales (Extech, 407113), se utilizó una cámara termográfica (Fluke Ti480PRO) para analizar los espacios de la vivienda, el diseño fue con Bioclimatic Analysis Tool (BAT); se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 1. *Datos obtenidos por estación meteorológica Thermo-Anemometer with Light*

Humedad	23.2	Temperatura	29.6° C
Dewpoint	3.3°	Wetbuld	13.5

Fuente: elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran la temperatura marcada por la cámara termográfica en la construcción que permanece en obra negra. La figura 5 muestra que la temperatura es de 63.1°F, que en grados Celsius corresponde a 17.27°C; mientras que en el exterior la temperatura marcada es de 59.9°F, es decir, 15.5°C.

Figura 5. *Temperatura marcada por cámara termográfica en losa de la edificación*

Fuente: fotografía tomada por el autor.

En la visita del día 13 de julio de 2023 se tomaron datos climáticos con la estación meteorológica, obteniendo los siguientes resultados:

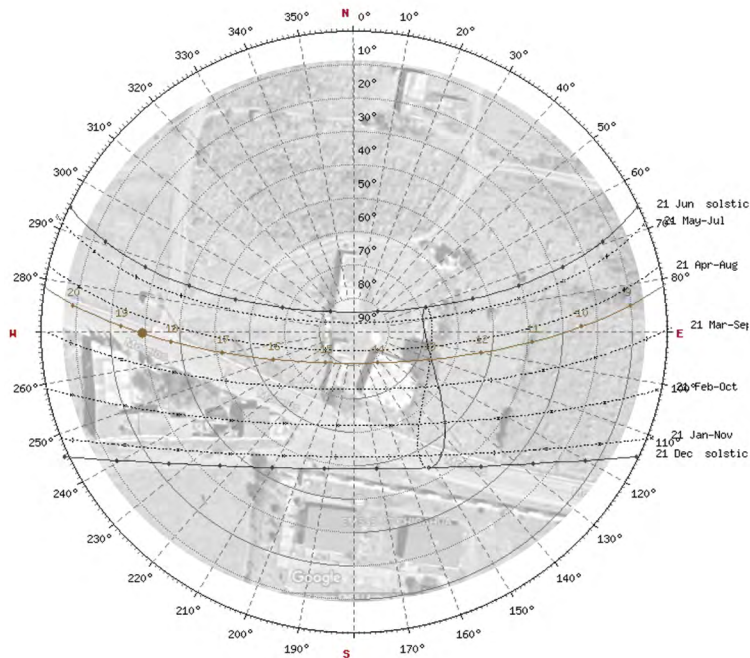
Tabla 2. *Datos de estación meteorológica*

Temperatura	29.6°C	Humedad	40.8	Dewpoint	4.8°
-------------	--------	---------	------	----------	------

Fuente: elaboración propia.

Asoleamiento y vientos dominantes

Figura 6. Recorrido del Sol en el predio mediante la aplicación de sunearthtools



Fuente: elaboración propia.

Asoleamiento

El predio se encuentra orientado hacia el norte, por lo que su acceso se mantiene en el lado sur, por la calle principal Morelos.

Como se señaló anteriormente, la mayoría de los accesos y vanos de la vivienda se orientan hacia el este, con excepción de los locales recientemente construidos, cuyos vanos se orientan hacia el norte y el sur. Ninguno de los espacios cuenta con barreras para el sol o los vientos; las marquesinas son pequeñas y la vegetación, celosías, voladizos u otros elementos de proyección del sol son casi inexistentes, lo que provoca que en las épocas de temperaturas altas los interiores mantengan el calor acumulado.

Vientos dominantes

En el predio los vientos circulan en distintas direcciones, pero los predominantes viajan del lado noreste, como lo indica la rosa de los vientos en la figura 6; esta muestra el número de horas al año que el viento sopla con más o menos velocidad.

Al solo existir ventanas con orientación este, los vientos acceden a los espacios casi directamente, pero no cuentan con una salida que permita la circulación constante del aire y que evite la permanencia de olores incómodos y de las altas temperaturas que se registran en verano, principalmente al mediodía.

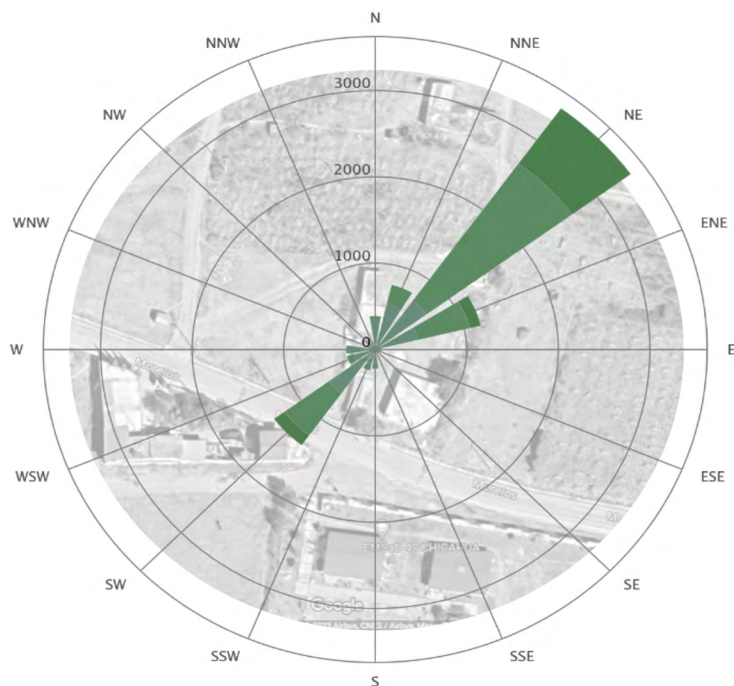
Normativa

El proyecto se registrará bajo la normativa decretada en el Reglamento de Construcción del estado de Oaxaca (Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca, s/f), ya que San Miguel Chicahua no cuenta con bases y leyes que sustenten las construcciones de sus pobladores.

En dicho reglamento se señala que en pasillos y vestíbulos las dimensiones no pueden ser menores a 0.90 metros, con una altura máxima de 2.5 metros en estos espacios. Respecto a las entradas de iluminación y ventilación debe haber entradas naturales; para lograr una buena iluminación, la dimensión de las ventanas debe ser equivalente, por lo menos, a la quinta parte de la superficie del piso de la habitación y para ventilar será, cuando menos, una tercera parte de la superficie mínima de iluminación. De igual manera, los patios y áreas libres deben contar con un mínimo de seis metros cuadrados.

Los locales destinados a la atención al público deberán contar con accesos de mínimo 1.20 metros de ancho y tener contacto directo con las salidas de este, en caso de que se presente alguna contingencia o sea necesario realizar una evacuación de emergencia.

Figura 7. Rosa de los vientos para San Miguel Chicahua por medio de la aplicación Meteoblue



Fuente. elaboración propia.

Resultados: proyecto ejecutivo

Este proyecto está ligado al Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia (ProNaII) 321260, donde se presentan modelos de incidencia social replicable de vivienda y hábitat, la fase del proyecto ejecutivo de una familia de San Miguel Chicahua, Nochixtlan, Oaxaca.

Programa de necesidades

Las entrevistas y la investigación de campo realizadas expusieron las necesidades que tienen los usuarios de la vivienda y permitieron elaborar una propuesta que satisfaga los aspectos de diseño, ventilación, orientación, iluminación y confort que se requieren.

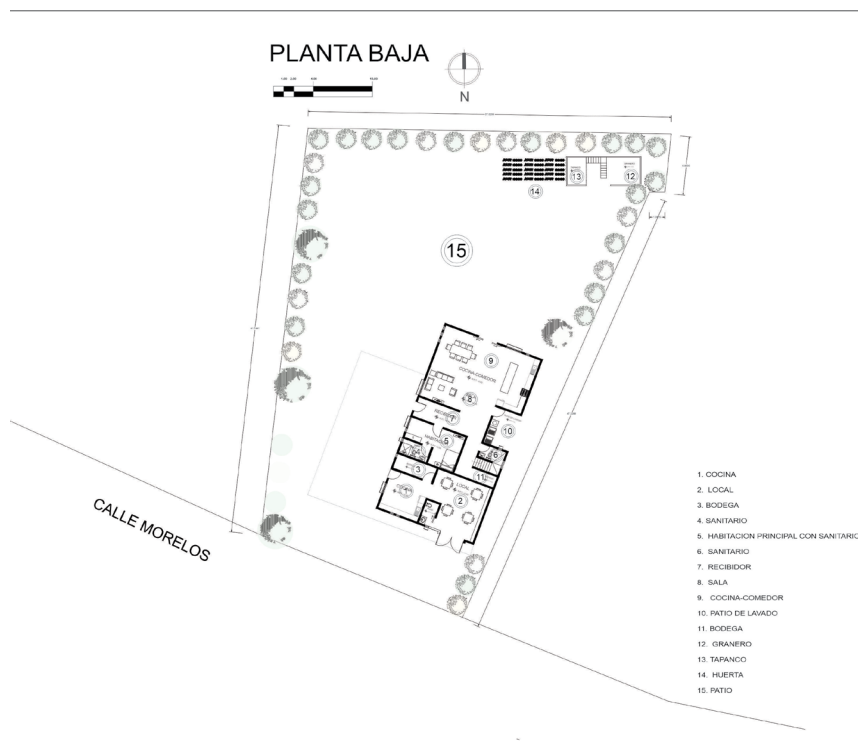
Por lo anterior se contempló el que la vivienda se zonifique como se muestra a continuación:

- Zona de estacionamiento: público, privado.
- Zona social: patio, recibidor, sala, cocina-comedor, vestíbulo, terraza 2.
- Zona privada: habitación principal con sanitario, habitación 1, habitación 2, terraza 1.
- Zona de servicio: sanitario 1, sanitario 2, patio de lavado.
- Zona comercial: cocina, bodega, local.
- Zona de producción: granero, huerta.

Propuesta

Dentro de la propuesta se contempla mantener únicamente la construcción más reciente edificada con muros de tabicón, cemento-arena y losas de concreto armado, la obra actual se encuentra en obra negra y se tiene planificado hacer uso de estos espacios como locales y parte de la vivienda. Así mismo, después de las entrevistas se identificó que el material tradicional como el adobe no es apto para su uso ya que es elevado en costos en comparación con materiales como el tabicón y cemento-arena, por lo que se optó seguir con el sistema de tabicón y cemento-arena es de mayor accesibilidad y menor costo. En las figuras 8 y 9 se aprecia la propuesta de la planta baja y la planta alta de la vivienda.

Figura 8. Propuesta de la planta baja de la vivienda en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca

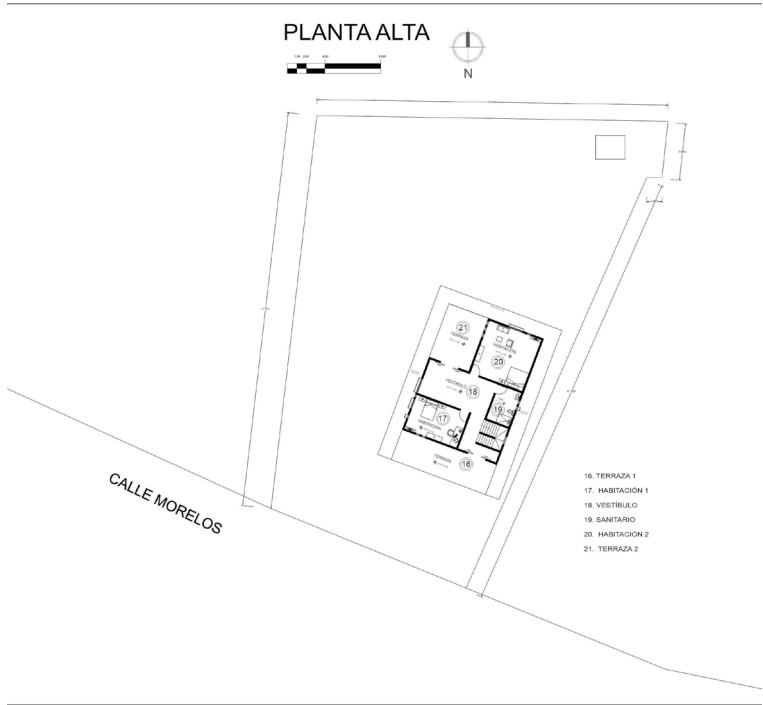


Fuente: elaboración propia.

La construcción actual cuenta con espacios de medidas mínimas, en la propuesta se plantea hacer a través de la recolocación de vanos y macizos que permitan adecuar los espacios a las necesidades de los usuarios.

Los locales comerciales (ver figura 10), se encuentran al frente de la vivienda, por lo que se requiere un acceso directo a la calle principal, así como un estacionamiento para los comensales y compradores que sea de fácil acceso y visibilidad para sus vehículos. Respecto a la vivienda, la primera planta está destinada a los espacios sociales y al espacio personal de la adulta mayor, para hacer asequible los espacios que son de uso frecuente como la cocina y el negocio, además de evitar el uso de escaleras que pueden representar un riesgo potencial a su bienestar. El segundo nivel se destinó como zona privada para el matrimonio, así como su nieto, esto con la intención de brindar espacios de privacidad a cada familia.

Figura 9. *Propuesta de la planta baja de la vivienda en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca*



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. *Propuesta de la fachada sur de la vivienda en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca*



Fuente: elaboración propia.

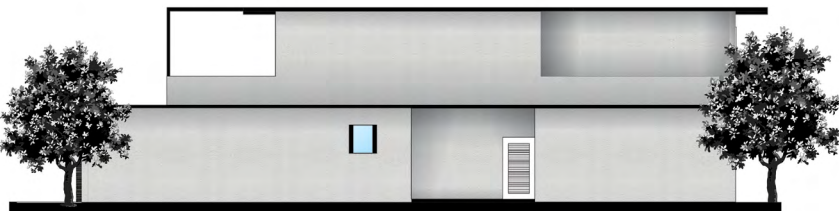
En el exterior se cuenta como eje central el patio de extensas dimensiones, pues requiere de gran amplitud para realizar diversas actividades diarias y sobre todo festejos de la comunidad. Los límites de este patio y del terreno se dan a través de vegetación endémica con la intención de no aislar la casa a través de bardas que eviten el contacto con vecinos y con la comunidad, esto tiene múltiples ventajas: espacios ventilados debido a la creación de un microambiente, recuperación de especies endémicas y una delimitación sutil del terreno. Las fachadas este, oeste y norte se pueden ver en las figuras 11, 12 y 13 a continuación.

Figura 11. *Propuesta de la fachada este de la vivienda en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca*



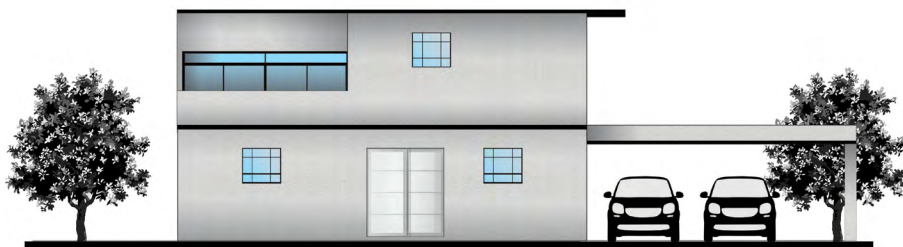
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. *Propuesta de la fachada oeste de la vivienda en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca*



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. *Propuesta de la fachada norte de la vivienda en San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca*

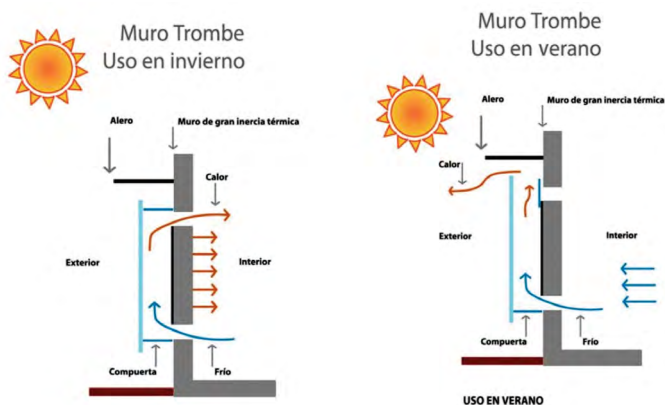


Fuente: elaboración propia.

En la parte posterior del terreno se diseñó un huerto que funcione mediante un sistema hidropónico, de manera que se aproveche el terreno y se minimice el uso de agua para proveer de verduras, frutas o tubérculos para consumo de la familia o uso en el negocio. Además, la crianza de animales resulta de importancia, ya que son para consumo durante las diversas fiestas de la comunidad, por lo que también se diseñó un granero para la crianza de animales, con un tapanco para aprovechar al máximo el espacio y que permita almacenar y tener reservas de alimentos para los animales y de la leña que se utiliza para cocinar durante las fiestas.

Diseño bioclimático

Para el diseño bioclimático se utilizaron estrategias proporcionadas por el Bioclimatic Analysis Tool (BAT) dándonos resultados como la distribución en orientación norte-sur; utilizar una protección para vientos mediante el uso de una barrera de árboles en dirección de los vientos dominantes; utilizar ventilación temporal, que las aperturas de los vanos sean pequeñas de 20 % a 30 % máximo y con una orientación norte-sur; la implementación de un método de retardo térmico en muros con la implementación del muro trombe como se aprecia en la figura 14.

Figura 14. Detalle constructivo de muro trombe

Fuente: elaborado por Arq. Alberto Javier Guzmán.

Vivienda social y progresiva

El Modelo de Producción Social Replicable de Vivienda y Hábitat pretende que la vivienda sea diseñada exclusivamente para las necesidades de la familia y del lugar en que se encuentra, ya que ningún sitio será igual ni mucho menos los ocupantes. Por tal motivo, la vivienda responde a esas necesidades y a su posterior crecimiento hacia los lados o hacia arriba, adaptándose a los nuevos modos de vida futuros.

Desarrollo sustentable

Se contempla implementar la sustentabilidad con la finalidad de contribuir al cuidado del medioambiente y hacer de la vivienda un espacio autosustentable. Una propuesta realizada con este objetivo es el prototipo de vivienda social progresiva, flexible y sostenible, para habitantes de la zona rural de Bochalema, en el norte de Santander, elaborada por José Alejandro Velandia Barahona, de la Universidad la Gran Colombia. Dentro de sus vertientes, esta propuesta implementa la acuaponía para aprovechar el agua de lluvia y en aras de contribuir a la sustentabilidad plantea lo siguiente:

1. Uso de materiales de la región provenientes de la naturaleza, limitando el uso de prefabricados.
2. Ventilación e iluminación natural que disminuyan el uso de iluminación artificial en el día y de ventilación activa que genere un gasto energético mucho mayor.
3. Sistema de captación de aguas pluviales para su utilización en riego de cultivos, jardín y uso doméstico.
4. Biodigestor para recolección y tratamiento de desechos fecales. Con este procedimiento se puede eliminar hasta 95 % de los residuos, con lo que se minimiza considerablemente su impacto en el medioambiente. Su costo es algo elevado en comparación con el de una fosa séptica, pero sus beneficios son mayores porque no requiere mantenimiento continuo; en tanto elimina la mayor cantidad de desechos, su vaciado puede realizarse cada dos o tres años.
5. Dotación de energía eléctrica por medio de paneles solares instalados en las azoteas, lo que permite evitar las fallas eléctricas de la red municipal y ahorrar gastos económicos.

Instalación de estufa ecológica que ahorra hasta 70 % de leña y en 15 minutos alcanza 400 °C, puede mantener el calor durante tres horas más una vez apagada. Su diseño permite que el calor no se escape y sea transferido al comal por tener una estructura de metal y cemento, y un recubrimiento de madera que sirve como aislante. Este tipo de estufas, como menciona el doctor Moreira Acosta, director del Centro de Investigación en Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables (CIDTER) de la UNICACH (Hidalgo, 2017), evita el daño a la salud ocasionado por el uso de leña en las comunidades rurales, ya que disminuye la emisión de monóxido de carbono.

Conclusiones

A través de una metodología etnográfica fue posible conocer el contexto social y urbano de los usuarios, lo que permitió proponer un diseño adecuado a sus necesidades. Gracias a las visitas de campo al sitio de emplazamiento de

la propuesta fue posible conocer a la familia beneficiaria de la misma y las necesidades presentes en su vivienda; esto es de gran importancia para la investigación, el análisis y el planteamiento de la propuesta porque implica un aprendizaje consciente y prudente del ocupante y su alrededor; además, permite tener contacto directo con la familia sin invadir su espacio privado.

Para el análisis de sitio; se realizó un estudio del predio y sus características para conocer las temperaturas, humedad y vientos dominantes que influyen directamente en la propuesta, así como las dimensiones y materiales de lo ya construido para determinar lo que debe demolerse y recuperarse y no generar mayor contaminación por escombros.

De esta forma a través del uso de una adecuada ventilación y orientación de vanos y macizos, así como de estrategias como la utilización del muro trombe, fue factible desarrollar una propuesta enfocada en tener espacios privados para cada integrante de la familia, mantener una estrecha relación con el medio natural, separar el espacio comercial y de vivienda, así como solventar los requerimientos culturales del contexto de San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca.

Agradecimientos

Se extiende un agradecimiento a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti), al proyecto PRONAI 321260 del Dr. Raúl Pável Ruiz Torres, y a la comunidad de San Miguel Chicahua, Nochixtlán, Oaxaca.

Referencias

- Garfias Molgado, A. y Guzmán Ramírez, A. (2018). Metodología para el análisis de la habitabilidad urbana. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXIX(1), 75-87. <https://www.re-dalyc.org/journal/3768/376858935007/html/>
- Gómez Barranco, H., Ruiz Torres, R. P., Hernández Escampa-Abarca, M. A. y Rodríguez Sánchez, L. C. (2023). Estudio de habitabilidad para la incidencia al hábitat caso de estudio: tres localidades del distrito de la Mixteca Alta de Nochixtlán. Oaxaca. En R.

- P. Ruíz Torress, H. Gómez Barranco y L. C. Rodríguez Sánchez, *Hacia una concepción de la vivienda y hábitat en un ambiente construido* (pp. 289-316). UNACH, UABJO.
- Hidalgo, U. A. (2017, Julio 23). *Investigadores chiapanecos crean estufa ecológica móvil que ahorra 70% de leña*. Observatorio Tecnológico de Hidalgo. <https://otech.uaeh.edu.mx/noti/index.php/verde/investigadores-chiapanecos-crean-estufa-ecologica-movil-que-ahorra-70-de-lena/>
- INEGI. (2022). *Censo general de población y vivienda 2020*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/>
- Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca, 1998. <https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/reglamentos-3/>
- Secretaría del Bienestar. (2023). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2023. Oaxaca, San Miguel Chichahua* [Infografía]. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/794241/20264-SanMiguelChichahua23.pdf>

8. Caracterización de la vivienda rural en Tabasco



HAYDEE PÉREZ CASTRO*

JORGE FLORES GONZÁLEZ**

AIDA LÓPEZ CERVANTES***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.08>

Resumen

Las viviendas rurales reflejan la historia, la cultura y las tradiciones de la población local; están situadas en áreas campestres, agrícolas o naturales. Este trabajo tiene por objetivo estudiar las características físicas de las viviendas rurales en Jalapa y Tenosique, en el estado de Tabasco, a través de su distribución espacial, ventilación e iluminación natural, materiales de construcción y técnicas estructurales, con el fin de analizar sus cambios contra el modelo tradicional. La metodología contempló un enfoque cualitativo y descriptivo, constó de tres etapas: delimitación físico-espacial, recopilación de información, análisis y caracterización. Como resultado se observa la influencia de factores prácticos, tradicionales y tecnológicos, hubo cambios mínimos en los aspectos espaciales, en la tipología se presentaron cambios como las alturas de las viviendas y la inclinación de las cubiertas, se sustituyeron materiales naturales por prefabricados, se abandonaron técnicas estructurales tradicionales en favor de las contemporáneas. La adaptabilidad refleja la capacidad de las comunidades para responder a desafíos y aprovechar oportunidades emergentes. Se concluye

* Especialista en Experimentación de Estrategias Pasivas para la Vivienda, en Modelos a Escala y Materiales Alternativos. Profesora-investigadora en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5199-6173>; correo electrónico: haydee.perez@ujat.mx

** Doctor en Educación. Profesor-investigador en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7535-6269>

*** Doctora en Arquitectura. Profesora-investigadora en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6152-7998>

que la vivienda rural presenta cambios derivados de una compleja interacción con factores económicos, sociales, tecnológicos y medioambientales; por ello, para comprender estos cambios, es necesario realizar estudios integrales, considerando necesidades y aspiraciones de las comunidades rurales.

Palabras clave: *vivienda rural, tipología, reconfiguración de la vivienda, clima cálido húmedo, arquitectura popular.*

Introducción

El estado de Tabasco es la zona en donde se ubican las poblaciones de estudio, ahí la economía se sustenta principalmente por la extracción de petróleo y gas, lo cual arrancó a gran escala a finales de los años 60 (Priego, 2012). De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, esta actividad económica en 2023 se ubicó en el primer lugar (Gobierno de México, 2023). Esta condición está contribuyendo a la transformación de la vivienda rural, pues ella es reflejo de las dimensiones sociales, económicas y ambientales, por lo que, al haber variación en alguna de ellas, se propiciarán cambios en la vivienda.

El objetivo de la investigación fue estudiar las características físicas de las viviendas rurales, mediante su distribución espacial, ventilación e iluminación natural, materiales de construcción y técnicas estructurales, con el fin de observar los cambios contra el modelo tradicional, alcances y limitaciones. Se centró en seis casos, ubicados en los municipios de Tenosique y Jalapa, Tabasco. El enfoque del estudio fue cualitativo descriptivo, se recopilaban datos mediante entrevistas, recorridos en campo y fotografía, que se analizaron para identificar patrones, tendencias o relaciones entre las variables. Con el registro fotográfico se demostraron las características, cambios y transformaciones espaciales.

Antecedentes

A manera de preámbulo, de acuerdo con la Real Academia Española (s/f), el término “rural” se define como “perteneciente o relativo a la vida del

campo, a sus labores y a sus habitantes” (párrafo único). A partir de ello, se puede precisar como vivienda rural a aquel lugar cerrado y cubierto, construido para que sea por personas, cuya vida se vincula al campo y sus labores. Por otro lado, el artículo 97 de la Ley de Vivienda para el Estado de Tabasco (2015), precisa que:

La vivienda rural es el espacio donde reside la población que habita en localidades y comunidades rurales conforme a la definición del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, concebido como el sitio de habitación que está constituido por un conjunto de elementos culturales, socioeconómicos, materiales y naturales que integran de forma permanente o temporal una unidad doméstica, cuyas características y disposición corresponden a una expresión histórica específica. (p. 41)

En México durante 1950, más del 50 % de la población residía en áreas rurales, pero para 1990 esta cifra había disminuido al 29 %, y para 2020 se redujo aún más al 21 %. Como ya se mencionó, la zona de estudio se localiza en Tabasco, donde hay 2 324 localidades rurales (INEGI, s/f). Según Priego (2012), “antes del auge petrolero, la población tabasqueña estaba concentrada en el campo; en 1950 la población rural representaba el 78.07 %, mientras que en 1970 el 66.51 %; en 1990 representaba el 50.30 % y para el año 2000 el 46.10 %” (p. 57).

El estado se localiza en el sureste de la República mexicana, el 95.5 % de su territorio presenta clima cálido húmedo y el 4.5 % cálido subhúmedo; la temperatura promedio anual en la región alcanza los 27 °C, con un máximo promedio de 36 °C registrado en el mes de mayo y un mínimo promedio de 18.5 °C en el mes de enero; en cuanto a la precipitación, la media anual en el estado es de 2.550 mm, con lluvias distribuidas a lo largo de todo el año, siendo más intensas entre los meses de junio y octubre (INEGI, s/f). Cuenta con poco más del 30 % del total de agua dulce del país, distribuida en 62 corrientes fluviales, entre ellas ríos caudalosos como el Usumacinta, el Grijalva, el Mezcalapa y el San Pedro, incluyendo 16 cuerpos lagunares de gran belleza como las lagunas del Carmen, Machona, Mecoacán, del Rosario y del Viento; además de los pantanos de Centla y cascadas como la de Agua Blanca y las de Agua Selva (México Desconocido, s/f).

Las condiciones climáticas, caracterizadas por altos niveles de precipitación y temperaturas elevadas, han sido los impulsores de una exuberante vegetación dentro del territorio tabasqueño; motivo por el cual, desde tiempos prehispánicos, esta situación dio origen a una arquitectura única, adaptada a las condiciones climáticas predominantes, en la que se utilizan principalmente materiales naturales, como guano o palma, madera, lodo o bajareque y arcilla. En consecuencia, la concepción básica y racional de las viviendas se desarrolló de manera intuitiva, pero ha perdurado a lo largo del tiempo, ajustándose a las necesidades de la comunidad. Mientras el conocimiento práctico sobre su construcción y el manejo de los recursos naturales se ha transmitido de generación en generación. Se llega a estimar que, por lo general, las viviendas se renuevan cada 20 años aproximadamente, según la resistencia de los materiales, aunque reciben mantenimiento periódico, especialmente en sus techos o cubiertas (Sistema de Información Cultural, 2012).

Las viviendas rurales tradicionales en el estado presentan ciertas características que se pueden clasificar en dos modelos básicos que a continuación se describen; cabe mencionar que lo expuesto es una recapitulación de lo planteado por Torres (2003) y Andrade (2017).

Modelo 1. Vivienda tradicional de materiales vegetales: la estructura portante, tanto de los muros como del techo, se construía a partir de troncos de madera dura existentes en el sitio. Así mismo se empleaban materiales disponibles en la región, para techar se usaba guano (pencas de palma) y para los muros caña de carrizo, tablas de madera, entre otros, que provienen del medio natural local y son accesibles, para erigir los paramentos. Las técnicas de construcción empleadas eran sostenibles y respetuosas con el medioambiente, se desarrollaron y perfeccionaron a lo largo del tiempo mediante la experiencia. La tipología estaba integrada por techos altos, a dos o cuatro aguas, cubiertos de guano (hoja de palma). Presentaba nulas ventanas o una en la fachada principal, dicha condición evitaba el asoleamiento directo al interior; así mismo manifestaba una puerta de entrada en la misma fachada y otra en la posterior. Esta característica junto con la entrada de aire a través del tejido de varas en los muros y el orificio en la parte alta de la cumbrera, en el sentido longitudinal y orientado a los vientos dominantes, generaba el efecto chimenea,

proporcionando la ventilación natural, sin embargo, eran espacios con poca iluminación. La planta arquitectónica era rectangular. Los espacios se encontraban distribuidos funcionalmente, para satisfacer las necesidades específicas de la vida diaria, por lo general la vivienda constaba de un espacio único multifuncional, en el que se realizaba la actividad de convivir con la familia y dormir, frecuentemente dividido por muebles o mamparas. La cocina por lo general se encontraba adjunta o separada de la casa, constaba de techo, pero sin muros. El sanitario, en su caso, se localizaba apartado de la vivienda. Y opcionalmente, el área para resguardo de animales de corral y/o huerto.

Modelo 2. Vivienda tradicional criolla de ladrillo y teja de barro: en este modelo se empleaban materiales como tabique rojo recocido con recubrimiento de aplanado de mortero de cal, para construir los muros (portantes) y tejas de barro para techar, ambos producidos en la región. Las técnicas de construcción empleadas fueron importadas por los españoles. Los techos eran altos, a una o dos aguas, cubiertos de teja, tipo media caña. A menudo, presentaba dos ventanas y una puerta en la fachada principal y para evitar el asoleamiento se incluía un pórtico. En ocasiones se abrían ventanas en las fachadas de los costados para ventilar e iluminar de forma natural. La planta arquitectónica también era rectangular, en forma de L, o claustro. Los espacios se distribuían funcionalmente y estaban divididos por muros, contaban con un espacio social y habitaciones para dormir. La cocina al igual que el modelo anterior, por lo general se encontraba adjunta o separada de la casa, constaba de techo, pero sin muros; el sanitario, en su caso, se localizaba apartado de la vivienda. Opcionalmente presentan un área para el resguardo de animales de corral y/o huerto.

Cabe mencionar que el modelo 2, por lo general, se edifica en las cabeceras municipales, por lo que no se le consideró para el estudio.

Resultados

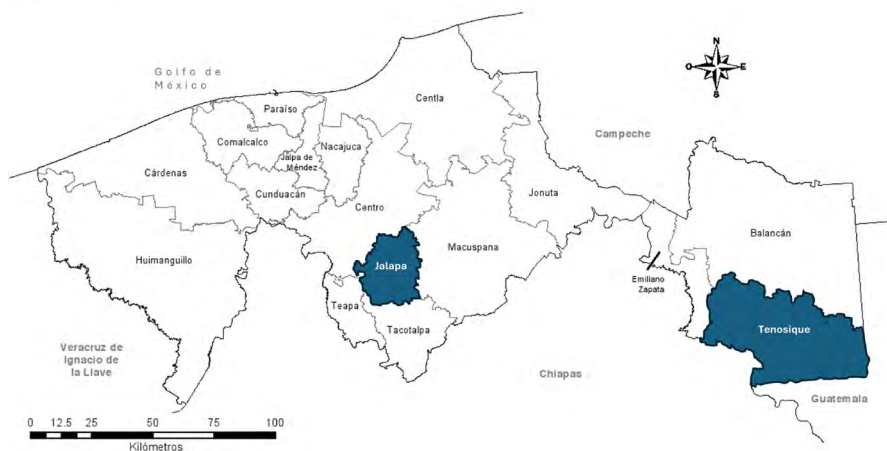
El objeto de este trabajo consistió en analizar la vivienda rural, por lo que se observaron seis viviendas con características tradicionales, que emplean materiales y técnicas de construcción propias y que responden al clima y a

la cultura. El estudio se realizó en los municipios Jalapa y Tenosique (ver figura 1), debido a la accesibilidad y traslado al sitio.

Jalapa comparte fronteras geográficas al norte con los municipios de Centro y Macuspana; al sur, con Tacotalpa; al este, nuevamente con Macuspana; y al oeste, con Teapa y Centro. Se localiza entre las coordenadas geográficas $17^{\circ} 38'$ de latitud norte y entre $92^{\circ} 40'$ y $92^{\circ} 56'$ de longitud oeste (Gobierno del Estado de Tabasco, (s/fa), forma parte de la sub región de la Sierra, es la zona más montañosa del estado y la más lluviosa (Aguilar, s/f).

Por otro lado, Tenosique está ubicado en el extremo sur del estado. Sus coordenadas geográficas son $17^{\circ} 28'$ de latitud norte y $91^{\circ} 25'$ de longitud oeste. Limita al norte con el municipio de Balancán, al sur con el estado de Chiapas y la República de Guatemala, al este nuevamente con Guatemala y al oeste con los municipios de Emiliano Zapata, Tabasco y Chilón, en Chiapas. La altitud máxima de Tenosique es de alrededor de 250 metros sobre el nivel del mar. Su territorio abarca una extensión de 2 098.10 kilómetros cuadrados (Gobierno del Estado de Tabasco, s/fb). Este municipio forma parte de la subregión de los Ríos, se denomina así debido a la gran cantidad de ríos que la cruzan, entre los que se encuentra el río Usumacinta, el más caudaloso del país y el río San Pedro Mártir que es frontera con Guatemala (Aguilar, s/f).

Figura 1. Ubicación de los municipios Jalapa y Tenosique

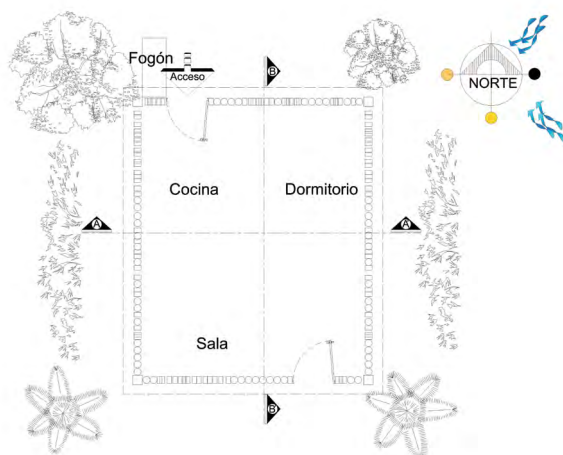


Nota. Adaptado de Mapa de municipios de Tabasco, por descargarmapas.net, 2016, https://descargarmapas.net/mexico/tabasco/mapa-estado-tabasco-municipios#google_vignette Obra de Dominio Público.

Tabla 1. P1. Ficha de observación n° 1

Ubicación	
MUNICIPIO: Jalapa	DIRECCIÓN: Ranchería Huacta y Miraflores, 3ra Sección
Datos arquitectónicos	

Fotografías:

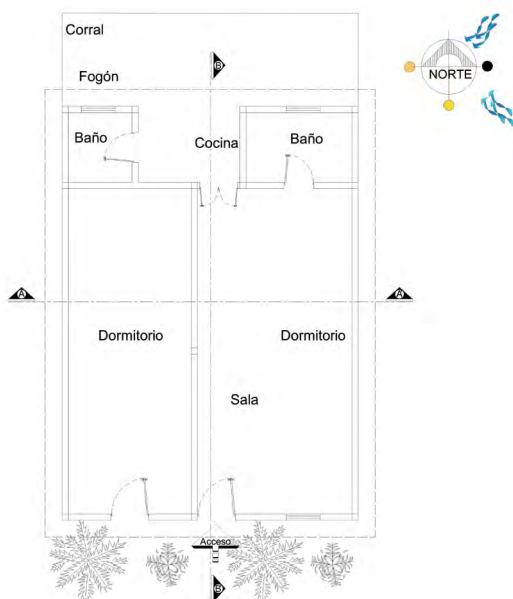


Distribución espacial	Interior: Acceso Sala (espacio múltiple) Cocina Dormitorio	Exterior: Patio Jardín Fogón (espacio para cocinar con leña)
	Debido a la delimitación del espacio con muros permeables, el viento y la iluminación natural, se aprovecha al máximo.	
Servicios con los que cuenta:	Agua: Pozo artesiano y/o río	Drenaje: Fosa séptica
	Energía: CFE	Desechos domésticos: Composta y recolección municipal
Materiales de construcción:	Cubierta: Lámina de zinc	Muros: Entramado de bambú, setos y pedacería de tablas y descortezado de troncos
		Piso: De tierra
Técnicas estructurales:	La techumbre se encuentra sobre estructuras de troncos amarrados, mientras los muros son trenzados y amarrados en la parte media y alta.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. P2. Ficha de observación n° 2

Ubicación	
MUNICIPIO: Tenosique	DIRECCIÓN: Calle 55, colonia La Trinchera, Tenosique, Tabasco
Datos arquitectónicos	



Fotografías:



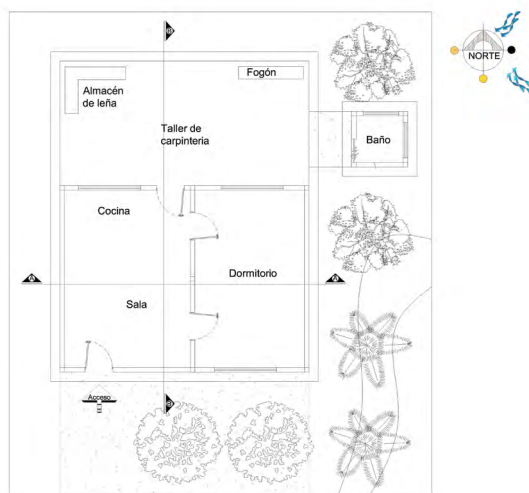
Distribución espacial	Interior: Acceso Sala (espacio múltiple) Cocina Dormitorio	Exterior: Patio, Jardín Baño, Corral Fogón (espacio para cocinar con leña)
	Debido al confinamiento de muros con bloques y los pocos vanos para puertas y ventanas, la iluminación y la ventilación natural es insuficiente al interior.	
Ventilación e iluminación natural		
Servicios con los que cuenta:	Agua: Red municipal	Drenaje: Red municipal, insuficiente
	Energía: CFE	Desechos domésticos: Recolección municipal
Materiales de construcción:	Cubierta: Lámina de zinc	Muros: Bloques cemento-arena
	Piso: De concreto	
Técnicas estructurales:	La techumbre se encuentra sobre estructuras de troncos y listones de madera, mientras los muros son de block	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. P3. Ficha de observación n° 3

Ubicación	
MUNICIPIO: Tenosique	DIRECCIÓN: Boca del cerro, Tenosique, Tabasco
Datos arquitectónicos	

Fotografías:



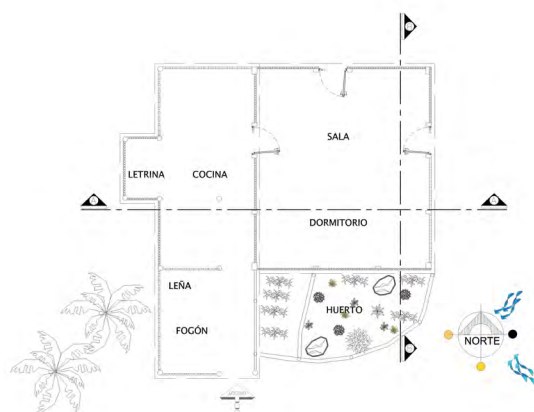
Distribución espacial	Interior: Acceso Sala (espacio múltiple) Cocina Dormitorio	Exterior: Patio, Jardín Baño, Corral Fogón (espacio para cocinar con leña)
	Debido al cerramiento del espacio con materiales sólidos, la luz natural y el viento entra a través de puertas y ventanas.	
Ventilación e iluminación natural		
Servicios con los que cuenta:	Agua: Red municipal	Drenaje: Red municipal, insuficiente
	Energía: CFE	Desechos domésticos: Recolección municipal
Materiales de construcción:	Cubierta: Lámina de zinc	Muros: Bloques cemento-arena
Técnicas estructurales:	Piso: De concreto La techumbre se encuentra sobre estructuras de troncos y listones de madera, mientras los muros son de block.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4 -N1. Ficha de observación n° 4

Ubicación	
MUNICIPIO: Jalapa	DIRECCIÓN: Ranchería Huacta y Tequila 2ª sección
Datos arquitectónicos	

Fotografías:



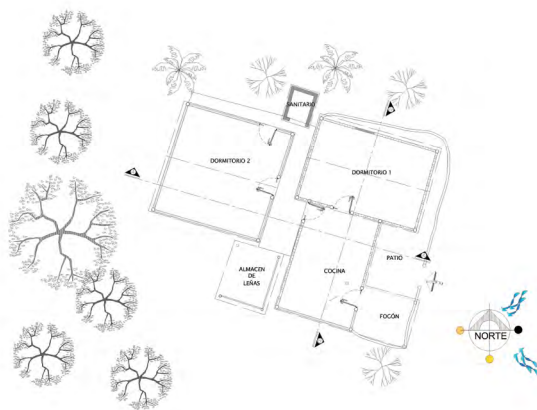
Distribución espacial	Interior: Acceso Sala (espacio múltiple) Cocina, Baño Dormitorio	Exterior: Patio Jardín Corral, huerto Fogón (espacio para cocinar con leña)
Ventilación e iluminación natural	La iluminación y la ventilación natural es escasa, la mayor parte de los muros es de lámina metálica, sin vanos. El resto de los muros permite el paso de la luz y el viento, a través de la separación de la madera.	
Servicios con los que cuenta:	Agua: Pozo artesiano y/o río	Drenaje: Fosa séptica
	Energía: CFE	Desechos domésticos: Recolección municipio
Materiales de construcción:	Cubierta: Lámina metálica Muros: De madera y lámina Piso: De concreto	
Técnicas estructurales:	La techumbre se encuentra sobre estructuras de troncos y listones de madera, mientras los muros son de lámina metálica.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5 -N2. Ficha de observación n° 5

Ubicación	
MUNICIPIO: Jalapa	DIRECCIÓN: Ranchería Huacta y Tequila 2ª sección
Datos arquitectónicos	

Fotografías:



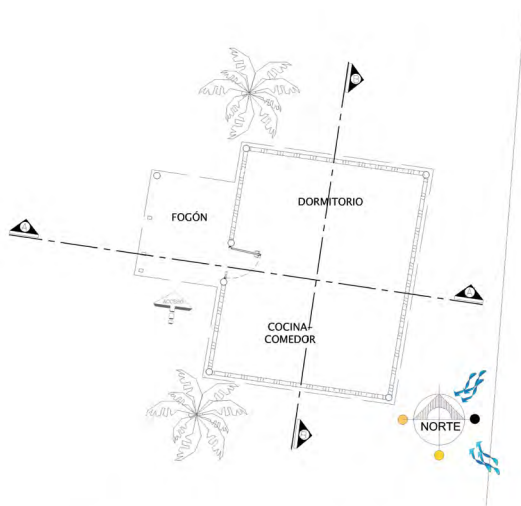
Distribución espacial	Exterior: Patio, Baño Fogón (espacio para cocinar con leña) Almacén de leña	
	Interior: Acceso Cocina Dormitorio	
Ventilación e iluminación natural	La iluminación natural y el viento pasan a través de la separación que presentan los distintos materiales de madera que forman los muros.	
Servicios con los que cuenta:	Agua: Pozo artesiano y/o río	Drenaje: Fosa séptica
	Energía: CFE	Desechos domésticos: Tiradero dentro del predio
Materiales de construcción:	Cubierta: Lámina metálica	Muros: De madera y setos Piso: De concreto
Técnicas estructurales:	La techumbre se encuentra sobre estructuras de troncos y listones de madera, mientras los muros son de madera y setos.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6 -N3. Ficha de observación n° 6

Ubicación	
MUNICIPIO: Jalapa	DIRECCIÓN: Ranchería Huacta y Tequila 2ª sección
Datos arquitectónicos	

Fotografías:



Distribución espacial	Interior: Acceso Cocina-comedor Dormitorio	Exterior: Patio, Fogón (espacio para cocinar con leña)
Ventilación e iluminación natural	La iluminación natural es escasa y el viento pasa a través de huecos de la envolvente en muros.	
Servicios con los que cuenta:	Agua: Pozo artesiano y/o río	Drenaje: Fosa séptica
	Energía: CFE	Desechos domésticos: Tiradero dentro del predio
Materiales de construcción:	Cubierta: Lámina metálica Muros: De madera y setos Piso: De concreto	
Técnicas estructurales:	La techumbre se encuentra sobre estructuras de troncos y listones de madera, mientras los muros son de madera y setos.	

Fuente: elaboración propia.

Los datos muestran que la vivienda continúa evolucionando; en las sociedades antiguas, las viviendas solían ser modestas, construidas con materiales locales y adaptadas al entorno natural circundante. Sin embargo, con el tiempo, la urbanización y la globalización han llevado a la adopción de materiales industrializados. Para contrastar los casos estudiados, se utiliza un cuadro comparativo (ver tabla 7), en donde se incluye la información de cada ficha y las variables analizadas.

Tabla 7. Cuadro comparativo

<i>Número de ficha</i>	<i>Distribución espacial</i>	<i>Ventilación e iluminación natural</i>	<i>Materiales de construcción</i>	<i>Técnicas estructurales</i>
1	Presenta planta de forma rectangular, consta de una sola habitación, tipo cuarto redondo que alberga sala, cocina y dormitorio, el fogón se encuentra adjunto, en la parte posterior, no cuenta con sanitario.	Ambas se dan a través del encetado, no presenta vanos para ventanas, solo los de la puerta principal y la posterior, que permiten ventilación cruzada.	Muros: horcones y troncos delgados de madera, bambú y caña. Techo: madera dura, bambú y lámina de zinc. Todos los materiales naturales fueron obtenidos localmente.	Muros: la estructura portante está constituida por horcones de madera dura, revestidas en su mayoría por troncos delgados, bambú y cañas trenzadas, amarrados en la parte media y alta; también incluye áreas con tablas de madera, amarradas y clavadas. Techo: la cubierta es de una sola agua. El entramado está constituido por horcones de madera dura, listones de pino y varas de bambú; sobre él, se encuentran colocadas las láminas de zinc.
2	Planta de forma rectangular. Presenta longitudinalmente un muro divisorio al medio de la planta arquitectónica, del lado derecho tiene la sala, un dormitorio, un baño y la cocina, del izquierdo se tiene otro dormitorio, otro baño, el fogón semicubierto y un corral al descubierto.	La iluminación natural es escasa, existe ventilación cruzada únicamente del lado derecho: se da a través de la puerta posterior hacia la ventana y puerta ubicadas en la fachada principal. Cabe mencionar que entre la estructura del techo y los muros hay una pequeña separación por la que entra luz y aire.	Muros: bloques de cemento-arena. Techo: madera dura obtenida localmente, madera de pino y lámina de zinc.	Muros: construidos a partir de bloques de cemento-arena, repellados y pintados. Van de piso a techo. Techo: la cubierta es a dos aguas, construida con lámina de zinc. Su estructura fue armada con horcones de madera dura y listones de pino, clavados y amarrados, sobre los muros. Separación para entrada de luz.
3	La planta arquitectónica es rectangular, consta de un muro divisorio al medio, el lado derecho alberga el dormitorio, el lado izquierdo la sala y la cocina. En la parte posterior, bajo techo, pero sin muros, se adjunta el taller de carpintería y posteriormente el fogón y el almacén de leña.	La ventilación cruzada se da a través de la ventana y la puerta principal, ubicadas en la fachada principal, hacia las ventanas ubicadas en la parte posterior de la vivienda. A través de los mismos vanos se proporciona la iluminación natural.	Muros: bloques de cemento-arena. Techo: lámina de asbesto sobre sala, cocina y dormitorio. Para la zona del taller de carpintería, fogón y almacén de leña, se construyó una estructura de madera dura y listones de pino, cubierta con lámina de zinc.	Muro: construidos a partir de bloques de cemento-arena repellados y pintados. Techo: cubierta de una sola agua. La estructura se encuentra apoyada sobre los muros de bloques, fue construida a partir de horcones de madera dura y listones de madera de pino. En la estancia principal se colocaron láminas de asbesto cemento, y en la parte posterior metálicas.

<i>Número de ficha</i>	<i>Distribución espacial</i>	<i>Ventilación e iluminación natural</i>	<i>Materiales de construcción</i>	<i>Técnicas estructurales</i>
4	La planta tiene forma rectangular y presenta divisiones. La habitación principal alberga sala y dormitorio, de forma adjunta y hacia el oeste se encuentra la cocina, junto a ella y en la misma orientación la letrina. Hacia el sur y adjunto a la cocina está el almacén de leña y el fogón. El huerto se encuentra en la zona sur, adjunto a la habitación principal y a la del fogón.	El 70 % de los muros que confinan la sala, el dormitorio, la cocina y la letrina son de lámina de zinc, por lo que la ventilación solo se da a través de las puertas y los muros encetados. La zona de cocina, almacén de leña y fogón se ventila a través del encetado de muros y puertas de acceso. En general, esta vivienda no presenta vanos para ventanas.	Muros: Se usaron láminas de zinc en la mayor parte de los muros, el resto se construyó con madera. Techo: Madera dura obtenida de forma local, madera de pino y láminas de zinc.	Muros: La estructura principal es de horcones, los paramentos se recubrieron con tablas y troncos delgados, todos estos materiales fueron obtenidos y aserrados de forma local. Además, se incluyeron láminas de zinc clavadas y amarradas. Techo: La zona que incluye la sala y el dormitorio es de una sola agua. El resto de los espacios también presenta la cubierta a un agua, pero se ubica de forma perpendicular y es más baja que la primera. La estructura está erigida a base de horcones de madera dura y listones de pino clavados y amarrados, sobre la cual se colocaron las láminas de zinc.
5	Esta vivienda está formada por un grupo de seis habitaciones, la primera alberga el dormitorio, la segunda la cocina, la tercera el fogón, la cuarta el almacén de leña, la quinta otro dormitorio y la sexta el sanitario. Tanto el almacén de leña como el fogón poseen cubierta; sin embargo, presentan muros parcialmente. Además, se cuenta con un patio en el acceso principal.	Se da a través del encetado, debido a la separación entre las piezas. Además, la parte alta de los muros se encuentra separada del techo, lo que permite la ventilación de abajo hacia arriba. No presenta vanos para ventanas.	Muros: horcones y troncos delgados de madera, y bambú. Techo: horcones y listones de madera, bambú, y lámina de zinc.	Muros: están edificados de varas de caña, las que fueron amarradas y clavadas, además se usaron tablas clavadas, obtenidas y aserradas localmente. Techo: la estructura está armada con horcones de madera dura y listones de pino, cubierta de lámina de zinc. El techo del dormitorio que se encuentra adjunto a la cocina fue erigido a dos aguas. La cocina es a un agua, siguiendo la dirección de los canales de la lámina del dormitorio. El fogón es a un agua, pero de forma perpendicular al anterior. El segundo dormitorio es a dos aguas y presenta la misma orientación que el primer dormitorio. El almacén de leña está techado a un agua y con la misma orientación que la cocina. El sanitario también está a un agua, pero opuesta a la dirección del almacén.
6	No presenta divisiones, es un cuarto redondo con actividades de cocina comedor y dormitorio, mientras el fogón se encuentra de manera adjunta al exterior y techado.	Se da a través del encetado, debido a la separación entre las piezas. Además, la parte alta de los muros se encuentra separada del techo, lo que permite la ventilación de abajo hacia arriba. No presenta vanos para ventanas.	Muros: horcones de madera, listones de pino y cañas de bambú. Techo: horcones de madera, bambú, y lámina.	Muros: hechos de cañas de bambú amarradas. Techo: construido a base de horcones de madera y listones clavados y amarrados, la cubierta es de lámina de zinc. El techo de la vivienda es a un agua, al igual que la del fogón, pero en sentido opuesto.

Fuente: elaboración propia.

Los cambios que se evidencian en los casos antes analizados son los siguientes:

- La no utilización de material natural (guano) en la cubierta y su sustitución por lámina metálica o de asbesto cemento implicó mayores ganancias térmicas, dadas las condiciones climáticas y las propiedades físicas de dichos materiales. Esto se deduce a partir de que el techo es el elemento de mayor aporte térmico, debido a su exposición solar (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU], 2018), por consiguiente, se perciben cambios negativos en la comodidad térmica al interior.
- Existen casos en el que el seto de los muros fue sustituido por bloques de cemento-arena. Estos materiales tienen una diferente inercia térmica, que repercute directamente al interior de las habitaciones, al ser expuestos directamente al sol. Sin embargo, no fue reconsiderada la apertura de ventanas; en el modelo tradicional, no se requería, debido tanto a las propiedades de los materiales vegetales, como a las técnicas de construcción, al dejar espacios abiertos entre el encetado y en la parte alta de los techos.

Conclusiones

La caracterización de la vivienda rural en Tabasco permitió actualizar la información respecto a su distribución espacial, ventilación e iluminación natural, materiales utilizados y los cambios en las técnicas estructurales empleadas. Se observó que los materiales fueron sustituidos, trayendo como consecuencia problemas de comodidad térmica. Por un lado, el uso de lámina metálica o asbesto en techos y paredes provoca el sobrecalentamiento de las habitaciones, a partir de la radiación calorífica emanada por ellas, como consecuencia del impacto directo del sol; además de la pérdida de la ventilación natural que penetraba por el entretejido de los materiales que conforman el muro. Por lo que emplear lámina de zinc o bloques cemento-arena para los muros, conservando la tipología tradicional, trae como secuela que se impida la entrada de luz y ventilación natural. En ambos

casos, la población opta por la inclusión de equipos eléctricos que ayuden a paliar estas problemáticas. Por otro lado, los efectos sociales causados por la actividad petrolera pueden traer cambios en las aspiraciones y preferencias de las personas nativas en cuanto a su vivienda, influenciados por modelos modernos y urbanos, alejándose de los modelos tradicionales que caracterizaban a su cultura. En una sociedad cambiante es fundamental hacer estudios detallados de la evolución de la vivienda, desde los cambios más básicos hasta los más drásticos, para beneficio de la sociedad y antes de querer introducir innovaciones. Si la adopción de nuevos materiales se considera inevitable, la solución debe orientarse hacia su uso consciente y adaptado al contexto, de modo que se mantengan los beneficios ambientales y culturales de la arquitectura tradicional, al tiempo que se mejora la calidad de vida de los moradores. Finalmente, es fundamental continuar abordando este tema, ya que se ha observado que los cambios contra el modelo tradicional son influencia de factores sociales, incluyendo las cuestiones económicas y la disponibilidad de materiales

Referencias

- Aguilar Palafox, L. P. (s/f). *Regiones de Tabasco*. De Tabasco Soy. <https://detabascosoy.com/regiones-de-tabasco/>
- Andrade, N. J. (2017). *Tabasco tipología de vivienda* (1ª ed. digital). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Descargar Mapas.Net. (s/f). *Mapa de municipios de Tabasco*. Descargar Mapas.Net. https://descargarmapas.net/mexico/tabasco/mapa-estado-tabasco-municipios#-google_vignette
- Gobierno de México. (2023). *Extracción de petróleo y gas*. DATA México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/oil-and-gas-extraction-2111#:~:text=Acerca%20de%20Extracci%C3%B3n%20de%20Petr%C3%B3leo%20y%20Gas&text=Las%20entidades%20federativas%20con%20mayor,-fue%20de%2024846%2C353M%20MX>
- Gobierno del Estado de Tabasco. (s/fa). *Jalapa*. Tabasco. Gobierno del Pueblo. <https://tabasco.gob.mx/jalapa>
- Gobierno del Estado de Tabasco. (s/fb). *Tenosique*. Tabasco. Gobierno del Pueblo. <https://tabasco.gob.mx/tenosique>
- INEGI. (s/f). *Rural y urbana*. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tab/poblacion/distribucion.aspx?tema=me&e=27>

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (s/f). *Cuéntame de México*. <https://cuentame.inegi.org.mx/default.aspx>
- Lemus, J. y Urquía, J. (2018). La geografía de la percepción: una metodología de análisis para el desarrollo del turismo en la comunidad de Chirimena, Estado Miranda. Venezuela. *Terra Nueva Etapa*, 34(56). <https://www.redalyc.org/journal/721/72157132008/72157132008.pdf>
- Ley de Vivienda para el Estado de Tabasco*, Decreto 120. (15 de abril de 2015). Periódico Oficial del Estado de Tabasco. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Tabasco/wo98243.pdf>
- México Desconocido. (s/f). *Arquitectura tabasqueña. Entre piedra y madera*. México Desconocido. <https://www.mexicondesconocido.com.mx/arquitectura-tabasque-na-entre-piedra-y-madera.html>
- Priego H. (2012). *Los efectos socioculturales de la actividad petrolera en Tabasco*. UJAT. <https://doi.org/https://pcientificas.ujat.mx/index.php/pcientificas/catalog/view/115/106/408>
- Real Academia Española. (s/f). Diccionario de la lengua española. Recuperado el 23 de septiembre de 2025 de <https://dle.rae.es/rural>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano y Comisión Nacional de Vivienda. (2021). *Estrategias de diseño arquitectónico con enfoque bioclimático*. Gobierno de México. <https://siesco.conavi.gob.mx/doc/tecnicos/disenio/Estrategias%20de%20Dise%C3%B1o%20Arquitectonico.pdf>
- Sistema de Información Cultural. (2012). *Arquitectura tradicional con materiales perecederos en Tabasco*. Sistema de Información Cultural. https://sic.cultura.gob.mx/ficha.php?table=frpintangible&table_id=129
- Torres, Z. G. (2003). *Atlas de la vivienda rural del estado de Tabasco*. Gobierno del estado de Tabasco, IPN, UJAT, RED CYTET, CNIAM.

Tecnología y construcción sostenible

9. El muro sustentable B-Pallets y su caracterización como sistema constructivo



MARCO MONTIEL ZACARÍAS*

MIRIAM REMESS PÉREZ**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.09>

Resumen

El artículo se centra en el proyecto educativo innovador B-Pallets, desarrollado por un grupo de profesores y estudiantes pertenecientes al cuerpo académico habitabilidad y tecnología sustentable de la Universidad Veracruzana, caracterizado por abordar diversas problemáticas sociales. Este proyecto adopta una visión sistémica en la construcción, identificando actores y procesos clave donde se destaca el papel de las universidades públicas en México, con énfasis en la Universidad Veracruzana y su enfoque social, especialmente en la carrera de arquitectura y la necesidad de su pertinencia social al afrontar desde la academia, soluciones a los problemas del contexto social.

Así mismo, se detalla el sistema B-Pallets, sus características técnicas, experiencias en la construcción de prototipos y propuestas estructurales. También se presentan resultados iniciales de pruebas de confort térmico realizadas por el cuerpo académico COCOVI de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas con quienes se trabajó en colaboración. Se ofrecen, además, recomendaciones técnicas para las siguientes etapas de evaluación

* Doctor en Arquitectura. Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3000-274X> ; correo electrónico: mmontiel@uv.mx

** Doctora en Arquitectura. Profesora-investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4004-1870>

físico-mecánica del sistema, alineadas con normas técnicas nacionales e internacionales.

Palabras clave: *sistemas constructivos, construcción sustentable, B-Pallets, confort térmico.*

Introducción

Dentro de los objetivos y misiones básicos de la academia se encuentra la creación y transferencia del conocimiento a la sociedad como parte de las herramientas para la formación de profesionistas críticos que sean capaces de identificar y responder a los problemas que enfrentan la comunidad. En México, las universidades públicas tienen un carácter eminentemente social. En el caso de la Universidad Veracruzana y su carrera de arquitectura, la búsqueda de soluciones para coadyuvar a resolver los problemas sociales es un eje vital del quehacer universitario.

En este capítulo se abordan de manera específica las características técnicas del sistema constructivo B-Pallets. A manera de un manual gráfico se presentan las propiedades para un muro confinado *pallets* de madera reciclados, así mismo la construcción de prototipos y la propuesta tanto estructural para su aplicación en espacios habitables, como la propuesta de rellenos, aislantes y acabados desde la revaloración de materiales naturales y reciclados, también las técnicas y saberes de los oficios de la construcción. Por último, se ofrecen los primeros resultados de las pruebas de confort térmico realizadas por el Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas.

Antecedentes

La pertinencia de los proyectos académicos de investigación e innovación tecnológica son entendidos, desde esta universidad, como la capacidad de ofrecer alternativas a la complejidad de los problemas sociales, culturales, ambientales, económicos y políticos conectados entre sí generalmente. En

este sentido, el proyecto educativo innovador B-Pallets, un modelo de construcción sustentable del cuerpo académico habitabilidad y tecnología sustentable CAUV 440 de la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, recoge de forma amplia y generalizada los antecedentes, justificación y pertinencia social de un proyecto multidisciplinario. La importancia de una visión sistémica de los procesos de construcción permitió identificar los diferentes actores que participan en cada una de las etapas, desde proveer los materiales, como la gestión de los procesos, permisos y autorizaciones, finalmente, la asesoría y dirección técnica para la ejecución del sistema.

En este sentido, agradecemos la colaboración de la Unión Ganadera Regional de la zona centro del estado de Veracruz, que prestó sus instalaciones para la realización de las pruebas constructivas, así como la participación entusiasta de los estudiantes Aylín Adriana Ramírez Romero, Pedro Uziel Rosas Morales, Orlando Rafael Aguilar Flores y Jesús Fuentes Arellano. Para la realización de los dibujos que en este capítulo se presentan, agradecemos la colaboración del estudiante de servicio social Axel Giovani López.

Descripción del sistema

El sistema constructivo B-Pallets es un muro compuesto de madera sin funciones de carga, que se anclan a un sistema porticado estructural. Es un sistema híbrido en sus materiales y en su procedimiento. Consiste en módulos a base de *pallets* de madera, a los cuales se le incorpora una placa de poliestireno expandido de 8 cm de espesor en su interior como aislante térmico. En posición vertical se colocan dos *pallets* uno sobre otro y se unen horizontalmente entre sí, mediante un polín de madera de 4" · 4" a cada uno de sus lados. Cerrando todo el sistema del bastidor, se remata con una dueda a todo lo largo en la parte superior y otra inferior sobre la cual descansan los *pallets*.

Una vez conformado el muro, sobre la superficie del *pallet* se instala una tela de gallinero como refuerzo para recibir un acabado final, tema que será desarrollado más adelante.

Un aspecto importante de destacar es que el material artificial del cual hace uso el sistema, como el uncel, es un material que se está reutilizando,

es decir, su elección como material aislante térmico no es por motivos de preferencia, sino porque es un material que ya fue fabricado, usado y desechado. De esta manera, se soluciona una doble problemática al reutilizar un material no perecedero y evitar, al mismo tiempo, que termine contaminando el ambiente al ser desechado o incinerado.

Respecto a los aspectos de rigidez del propio sistema, podemos decir que su propia forma le confiere resistencia a la torsión y al pandeo. Esto debido a que el propio sistema se constituye de un bastidor cuyo trabajo de arriostramiento lo realiza el mismo *pallet*, al considerar varias uniones a lo largo de los polines verticales.

Figura 1. Los componentes del sistema de muros B-Pallets



1. *Pallet* americano de madera. Medidas: 1.00 m. x 1.20 m.
2. *Pallet* americano de madera cortado a la mitad verticalmente. Medidas: .57 m. x 1.20 m.
3. *Pallet* americano de madera cortado a la mitad horizontalmente. Medidas: 1.00 m. x .66 m.
4. Polín de madera. Medidas: 2.20 m. de altura x 0.10 m. de ancho x 0.10 m de profundidad.
5. Tablón de madera. 33 mm de espesor.
6. Marco de vano a base de tabloncillos de madera.

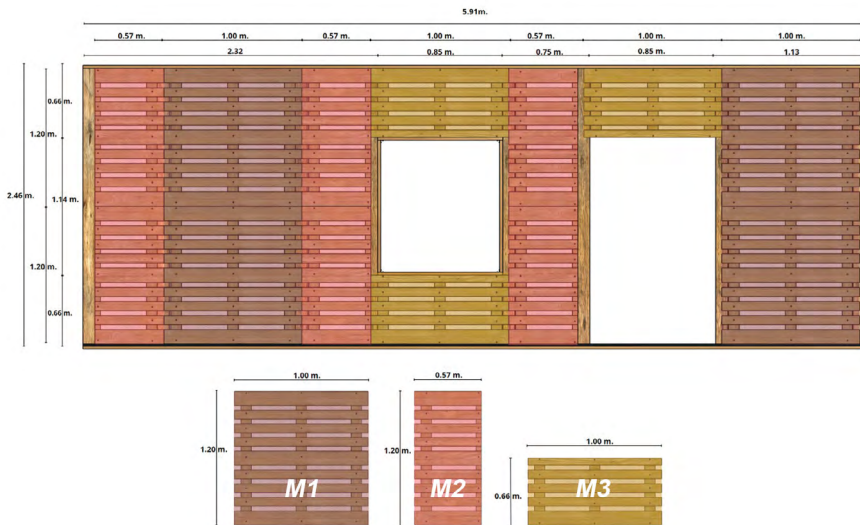
Fuente: elaboración propia.

Modulación y ensamblado

Uno de los aspectos a considerar al momento de aplicar este sistema en el diseño de espacios habitables es la modulación de sus dimensiones. A partir de las medidas y características constructivas de los *pallets* más empleados

en el puerto de Veracruz, se propone el uso de módulos de 1 pieza y $\frac{1}{2}$ pieza. Los *pallets* de $\frac{1}{2}$ pieza pueden obtenerse en sentido vertical u horizontal, de tal forma que los vanos para puertas y ventanas tendrán siempre la posibilidad de proporcionarse en medidas de 1.20m · 0.57m. y sus múltiplos.

Figura 2. La modulación del sistema B-Pallets



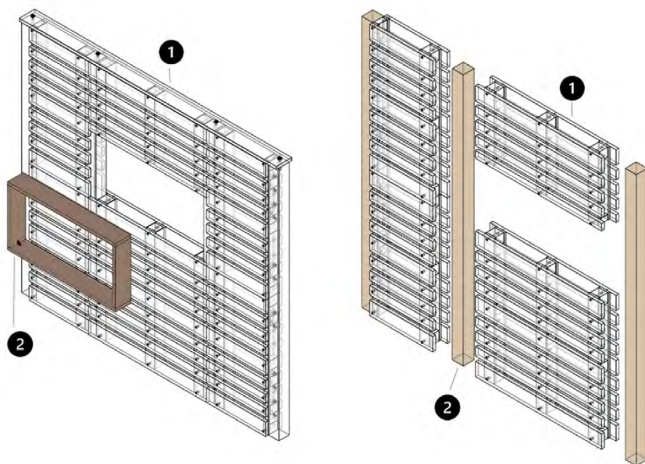
Fuente: elaboración propia.

Toda la delimitación de vanos que se realizan deben estar reforzadas con duelas de madera, provenientes de los mismos *pallets* que se fijan a los módulos mediante clavos para madera. De esta manera, junto con los polines que unen verticalmente los *pallets*, el sistema se rigidiza permitiendo una adecuada transmisión de cargas dentro del muro y al mismo tiempo prepara la superficie para recibir los marcos y contramarcos de puertas y ventanas.

La propuesta también considera la posibilidad de que el sistema de muro se pueda unir tanto a sistemas porticados de marcos rígidos de madera, concreto o acero. En el caso de unión a madera, la fijación se realizará mediante clavo o pija, permitiendo la posibilidad de remover el sistema en un futuro. En el caso de unión a columna de concreto, se realizará mediante taquetes expansivos. En el caso de unión del sistema a un perfil estructural,

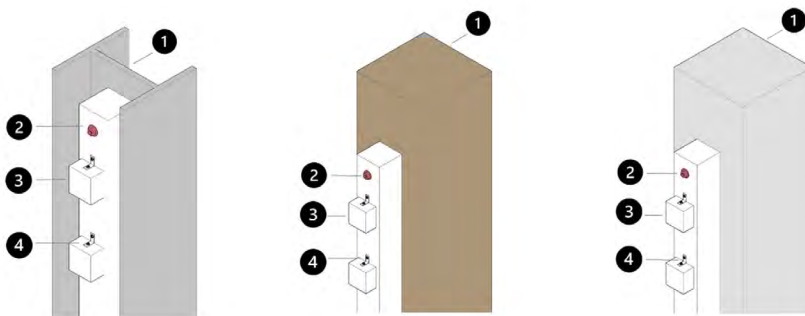
se sueldan a este, secciones de ángulo de 2" · 1/8" a las que se fijarán los polines externos del muro mediante pijas.

Figura 3. Ensamblaje de los módulos, refuerzo de vanos y unión del sistema B-Pallets a marcos rígidos



1. Estructura a base de *Pallets*, polines, tableros de madera y relleno de poliestireno expandido.
2. Marco de vano a base de tableros de madera. 33 mm de espesor.

1. *Pallet* americano de madera.
2. Polín de madera. Medidas 4" por 2.20 m de altura.



1. Estructura de acero.
2. Taquete expansivo 3/8".
3. Tacos residuales de los *Pallets*. Medidas: 8.00 cm de altura x 7.60 cm de ancho x 4.50 cm. de profundidad.
4. Ángulo canto cuadrado de 30 x 30 mm.

1. Estructura de madera.
2. Taquete expansivo 3/8".
3. Tacos residuales de los *Pallets*. Medidas: 8.00 cm de altura x 7.60 cm de ancho x 4.50 cm. de profundidad.
4. Ángulo canto cuadrado de 30 x 30 mm.

1. Estructura de concreto.
2. Taquete expansivo 3/8".
3. Tacos residuales de los *Pallets*. Medidas: 8.00 cm de altura x 7.60 cm de ancho x 4.50 cm. de profundidad.
4. Ángulo canto cuadrado de 30 x 30 mm.

Fuente: elaboración propia.

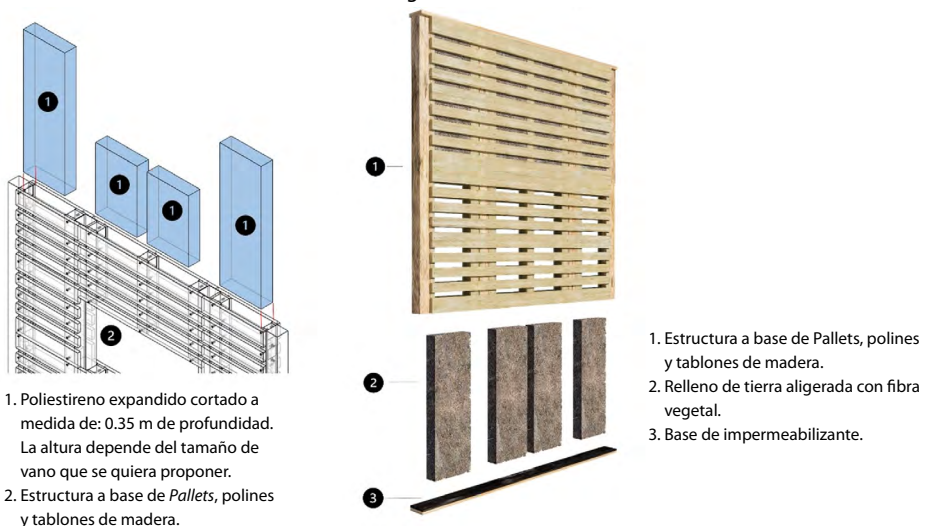
El interior del muro B-Pallets

Debido a la estructura interna de los *pallets* de madera a emplear dentro del sistema, existe un espacio que puede ser aprovechado tanto para rellenar con materiales de reciclaje o naturales, así como para el paso de instalaciones. En el primero de los casos, el objetivo es brindar una solución para subsanar uno de los mayores problemas de la vivienda precaria, la falta de confort térmico al interior y, por ende, la pérdida total de la habitabilidad del espacio doméstico.

Para mejorar la eficiencia térmica del sistema se realizaron dos propuestas de relleno. La primera con los bloques de poliestireno expandido (unicel) de 1m³ aproximadamente que se recuperaron de los procesos de embalaje de la mercancía del puerto, los cuales se cortaron en piezas de 10 cm de espesor para ser insertados en el centro de los *pallets*. Esta opción es la que mejores resultados obtuvo en las pruebas de eficiencia térmica con placa caliente.

La segunda opción que se exploró fue la de crear una mezcla de tierra aligerada con fibra vegetal y restos de poliestireno expandido, como una alternativa a una posible escasez del poliestireno expandido.

Figura 4. Relleno interior de poliestireno expandido (izq.) y relleno de tierra aligerada con fibra vegetal (der.)



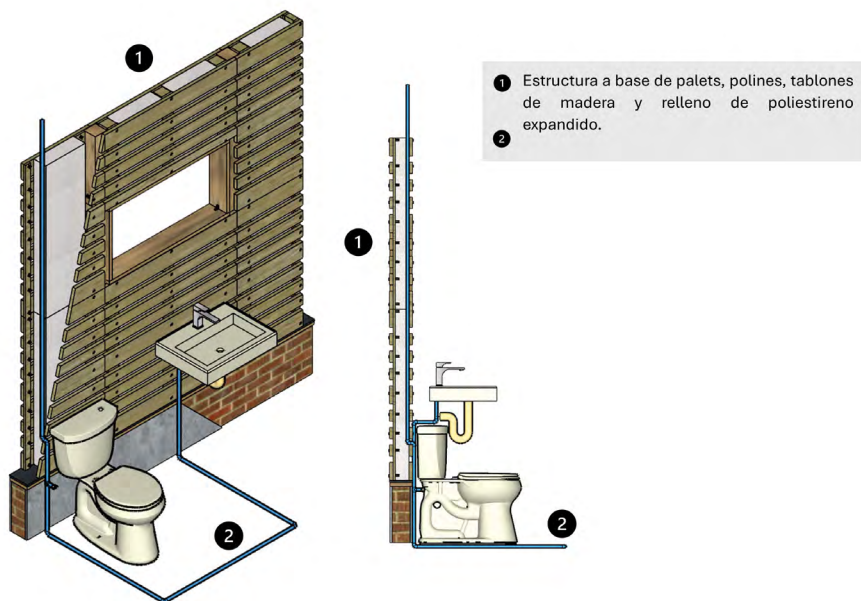
Fuente: elaboración propia.

Instalaciones

Para el paso de las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, la estructura de los *pallets*, que incluye una de las opciones de relleno vistas, puede fácilmente ser utilizada para dejar espacio para el paso de tuberías. De esta manera, el sistema permite ocultar su paso, sin tener que realizar ranuras en el muro.

Después de plantear las propuestas tanto para el paso de instalaciones como para buscar el confort térmico a través del relleno aislante, la siguiente sección comprende las opciones que se proponen para el acabado del sistema, el cual tiene también la intención de proteger la estructura de madera.

Figura 5. Detalle del paso de instalaciones al interior del sistema B-Pallets



Fuente: elaboración propia.

Recubrimientos y acabados. Revocos de tierra y cal

Una de las apuestas más fuertes del sistema B-Pallets es el empleo de materiales naturales para sus recubrimientos. La formulación y el proporciona-

miento de morteros, revocos y estucos variará en función de las características de los materiales naturales a emplear, entendiendo que la cantidad de arcilla, limo y arenas presentes en la tierra requerirá de agregados que busquen estabilizar y fortalecer la mezcla. Cada una de ellas necesitará mayor o menos cantidad de arcilla, de arenas finas y gruesas, de fibras naturales y de tipos de cal, por lo que cada proyecto será específico.

La cal también juega un papel importante en la construcción con tierra, ya que este material es un aditivo que puede amplificar muchas cualidades si trabaja en conjunto con el barro. La cal sirve como un estabilizador para la tierra que le ayuda a mejorar su capacidad impermeable.

El uso de la cal y su revaloración como material de amplísimas posibilidades en la construcción está motivado por las experiencias en el ámbito de la restauración de inmuebles patrimoniales; donde ha quedado claro desde hace varios años que una edificación es un sistema iterativo de materiales, técnicas y oficios entrelazados el cual no puede ser interrumpido con la incorporación de materiales no permeables, como el cemento. Así como la arquitectura patrimonial debe ser intervenida y consolidada mediante las mismas técnicas constructivas y materiales naturales originales para su conservación, las técnicas y materiales que se empleen en la construcción de obra nueva deben incorporar los criterios de reciclaje de materiales y sustentabilidad en todos sus procesos.

Con el redescubrimiento de los materiales naturales como alternativa sustentable a los procesos constructivos con materiales industriales surge una mayor conciencia generalizada de la sustentabilidad en la industria de la construcción a partir de su aparición, también en la agenda mundial de los objetivos de desarrollo sostenible. Los sistemas industriales basados en procesos de producción lineal han generado un grave problema de contaminación del medioambiente en el que precisamente la industria de la construcción es una de las más contaminantes del mundo debido a la gran cantidad de energía requerida para la producción de materiales y a la generación de desechos que estos generan.

La incapacidad de los materiales contemporáneos de ser reutilizados como es el caso del cemento, las resinas, los sistemas constructivos patentados que emplean poliestireno expandido y extruido, paneles de yeso y cemento celular, entre otros, cuyos residuos y sobrantes son considerados

directamente desperdicio, pues generan grandes cantidades de basura en las construcciones, por lo que es necesario difundir ampliamente los procesos de producción sustentable no lineales. Un modelo de construcción circular donde los sobrantes de materiales de construcción se reutilicen y se incorporen al ciclo, inclusive, donde se integren materiales de desecho de otras industrias, como la madera y el unicel empleados para la consolidación y protección de cargamentos.

Es entonces que, a partir de esta nueva perspectiva integral, el enfoque innovador del proyecto del sistema B-Pallets permitió desarrollar diversas pruebas y experimentos que arrojaron nuevas evidencias de que es posible una alternativa a los procesos industriales de construcción basada en materiales de construcción naturales y reutilizados, aplicando tecnologías intermedias y principios de autoconstrucción.

Formulación de las capas de agarre, nivelación y acabado

Para el acabado y envolvente de los muros del sistema B-Pallets se propone el empleo de materiales naturales de la región. Como una alternativa a las tradicionales mezclas de morteros para revocos que generalmente incorporan porcentajes de cemento y otros agregados producto de procesos industriales, se propone el uso de la tierra y la cal sobre la base de la arena para formular revocos que permitan dar un acabado a las paredes del sistema.

A continuación, se describe el procedimiento: sobre la superficie del *pallet* se fija inicialmente una malla metálica hexagonal (tela de gallinero) como soporte para mejorar la adherencia del revoco al *pallet* y evitar su desprendimiento. El acabado de revoco consiste en 3 capas.

Como puede advertirse, la superficie del *pallet* posee un entramado de madera que deja entrever el aislante interior entre la separación de las due-las. Esto genera que, al presentar una superficie discontinua, el objetivo de la primera capa del acabado sea rellenar esos espacios entre maderas para proporcionar una superficie regular pero heterogénea como capa de agarre. Esto requiere de la formulación de un mortero grueso, reforzado con fibra natural para reducir la contracción de la mezcla.

A partir de esta primera condición se ensayaron diferentes proporciones de materiales de la región. En el caso de este estudio empleamos tierra de la zona del municipio de Ignacio Zaragoza, Ver., mejor conocido como La Mixtequilla. De esta zona se extrajeron dos tipos de tierra, una clara y una oscura. La primera muestra de montículo presentó buena curva granulométrica y proporcionamiento entre arcillas, limos y arenas, por lo que se optó por su uso en estas pruebas de revocos. La muestra de tierra oscura de zona más pantanosa presentaba poca curva granulométrica, prevaleciendo los limos y presentó poca cohesividad, por lo que se decidió no utilizar.

La primera prueba se realizó con tierra, arena, fibra en proporción 1:2:1, la segunda prueba se realizó agregando un 5% del peso de la mezcla en cal para un proporcionamiento de 1:2:5%:1 y en la tercera se agregó cal en proporción 1:1:1:1, siendo esta última la que mejor comportamiento tuvo, al presentar una mínima contracción al secar.

Como parte de estas pruebas, se desarrolló un taller de experiencias vivenciales con estudiantes de la licenciatura de arquitectura de la Universidad Veracruzana. Las pruebas que se hicieron con diferentes proporciones de materiales se contrastaron hasta obtener los resultados esperados de resistencia, plasticidad, cohesividad y rigidez, estos permitieron identificar las mejores proporciones para cada una de las capas que conforman la propuesta de revoco (figura 6).

Capa inicial de agarre. Revoco grueso. Proporción (1 tierra : 1 arena : 1 cal: 1 paja)

Tiene el objetivo de cubrir la superficie del *pallet*, absorbiendo los desniveles y huecos que quedan entre duela y duela de madera y, al mismo tiempo, servir de base para recibir la siguiente capa de revoco. En las zonas más profundas tendrá 2 cm de espesor y en las más superficiales 0.5 cm. Debido a su espesor y para que logre sostenerse, el revoco llevará como agregado fibra natural, lo cual permitirá que el agrietamiento a causa de la retracción de la tierra cuando seque sea mínimo y que se enrede en la malla metálica, logrando un sistema rígido con capacidad de adherencia. Los materiales se

revuelven en seco, se agrega agua limpia y se deja reposar la mezcla. Se aplica y alisa con las manos.

Capa intermedia de nivelación. Revoco delgado. Proporción (2 arena : 1 cal)

Tiene como objetivo nivelar y afinar la superficie del revoco grueso (más poroso), generando una capa de 0.5cm de espesor, más compacta y densa. El tener una superficie lisa y libre de irregularidades es la base perfecta para recibir el acabado final. La arena se usa cernida y la cal en pasta (15 días de reposo previo, mínimo). Para la mezcla se usa engrudo en lugar de agua. Se aplica con cuchara de albañil y se alisa con llana de madera o flota de hule.

Capa de acabado final. Revoco fino (estuco). Proporción (1 cal)

Tiene el objetivo de sellar la superficie de la pared. El acabado final es un estuco de cal en pasta de unos 2 mm de espesor, al cual se le puede agregar color de 5% a 10% del volumen de mezcla, pudiendo ser arcilla fina cernida o colorante en polvo para cemento (agregar diluido si se quiere evitar la aparición de cometas). La cal en pasta debe tener 15 días de reposo previo, mínimo. Se aplica con llana metálica y una vez seco se bruñe hasta quedar brillante. Antes del bruñido se puede aplicar una capa de jabón neutro diluido en agua para generar una superficie impermeable. Esta última capa tiene el poro muy cerrado, situación que le beneficia contra la erosión del viento y la lluvia.

Figura 6. Pruebas de proporcionamiento para revocos de tierra y cal. Taller vivencial con estudiantes de arquitectura de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Construcción de muros del sistema B Pallets y mobiliario. Taller vivencial con estudiantes de arquitectura de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz



Fuente: elaboración propia.

Conductividad térmica

Para validar la eficiencia, seguridad y propiedades del sistema constructivo B-Pallets respecto al confort térmico y su eficiencia energética, se realizó una prueba de laboratorio para determinar la conductividad térmica del sistema como muro. Para efectuar esta prueba se construyeron especímenes del muro de 40 · 40 cm y 18 cm de espesor, con las posibles variantes de relleno y acabado que pudieran presentarse.

Tabla 1. *Tipos de especímenes contruidos del sistema B-Pallets para la realización de la prueba a través del aparato de placa caliente con guarda (ASTM C177-97)*

Muestra y Número de ensayo		Conductividad (W/m K)
Muestra 1	M1-E1	0.232
	M1-E2	0.2778
	M1-E3	0.3019
VALOR FINAL		0.2705

Fuente: elaboración propia.

La determinación de conductividad térmica y resistencia térmica del sistema B-Pallets fue realizada en el Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables, sede UNACH, aplicando al espécimen identificado como M1 (ver tabla 1) el método de prueba a través del aparato de placa caliente con guarda (ASTM C177-97).

Los tres ensayos realizados al espécimen M1 durante mayo y junio de 2022 estuvieron a cargo del Dr. Raúl Pável Ruiz Torres, arrojando los siguientes resultados.

Tabla 2. *Valores por muestras y ensayos. Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables. Sede UNACH*

Variable	VALOR
Conductividad térmica (W/m K)	0.2705
Resistencia térmica (m²K/W)	0.6808
Espesor (m)	0.182
Temperatura media de trabajo del EPCG (°C)	37.05

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Conductividad térmica del Sistema B-Pallets. Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables. Sede UNACH

<i>Tipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>
MURO TIPO I 40 x 40 cm	3 piezas	Estructura de <i>pallet</i> con relleno aislante de poliestireno expandido (unicel). Acabado base: revoco de arcilla, arena y fibra natural. Acabado intermedio: revoco fino de arena y cal. Acabado final: estuco de cal y pigmento.
MURO TIPO II 40 x 40 cm	3 piezas	Estructura de <i>pallet</i> con relleno aislante de poliestireno expandido (unicel). Acabado con duela de madera clavada sin machimbrar.
MURO TIPO III 40 x 40 cm	3 piezas	Estructura de <i>pallet</i> con relleno aislante de mezcla aligerada de arcilla, arena, fibra natural y trozos de poliestireno expandido (unicel). Acabado base: revoco de arcilla, arena y fibra natural. Acabado intermedio: revoco fino de arena y cal. Acabado final: estuco de cal y pigmento.
MURO TIPO IV 40 x 40 cm	3 piezas	Estructura de <i>pallet</i> con relleno aislante de mezcla aligerada de arcilla, arena, fibra natural y trozos de poliestireno expandido (unicel). Acabado con duela de madera clavada sin machimbrar.

Fuente: elaboración propia.

Para tener una idea del valor de conductividad térmica obtenido 0.2705 W/mK, comparemos, por ejemplo, con los valores de otros materiales naturales y tradicionales empleados en la construcción. Un muro de ladrillo cocido macizo de 12 cm de espesor con un aplanado de cal, tiene una conductividad térmica de 0.87 W/mK (Arancibia, 2013, citado en Cuitiño et al., 2020), un muro de ladrillo cerámico hueco de 12 cm 0.12 W/mK (Muñoz et al., 2015, citado en Cuitiño et al., 2020) y un muro de concreto armado se incrementa hasta 1.4 W/mK (Muñoz et al., 2015). Según Cuitiño et al. (2020) se requerirían mayores espesores en los muros, 35 cm para ladrillo macizo, 20 cm para bloque cerámico hueco o 40 cm en tapias, esto para reducir la conductividad térmica y alcanzar mejores niveles de aislamiento en interiores.

En este contexto, se puede afirmar que la opción del sistema B-Pallets como muro para espacios habitables ofrece un nivel de confort térmico incluso mejor que el que proporciona un muro de materiales tradicionales, por lo que se constituye en una alternativa totalmente viable de emplear.

Como se ha podido evidenciar hasta este punto, son varios y significativamente positivos los avances obtenidos en el desarrollo técnico de este proyecto, con niveles de factibilidad ejecutiva bastante logrables para las condiciones de los contextos sociales en los que se ha planteado inicialmente.

A pesar de presentar resultados positivos, hasta el momento son varios los aspectos que deben seguir estudiándose para llegar a un nivel óptimo de

desarrollo técnico. Finalmente, como complemento de este tema, se realizó un análisis de la normativa existente para determinar qué pruebas habrían de realizarse, tomando en cuenta las características estructurales y de materiales empleados en el sistema B-Pallets.

En la siguiente tabla se enlistan las normas, tomando en cuenta la propiedad que evalúan, el método, el objetivo a medir y por último una nota comentando si es aplicable o no al sistema B-Pallets. Se identifica en el caso de la ASTM C177-97. *Método estándar de prueba para los materiales de conductividad térmica a través de la placa caliente guardada* y la NMX-C-460-onnce-2009. *Industria de la construcción aislamiento térmico valor “R” para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana especificaciones y verificación*, que son pruebas ya realizadas a los especímenes construidos del sistema B-Pallets.

Tabla 4. Análisis comparativo de normas

ASTM C518-91. (s/f). Método estándar de prueba para los materiales de conductividad térmica a través de la placa caliente guardada.			
Propiedad	Método	Objetivo	Nota
Flujo de calor	La muestra se coloca en unas placas y con un medidor se determina cuál es el flujo de calor.	Medición de la conducción térmica en estado estacionario.	Requiere muestra cuadradas de 250 mm, 300 mm o 500 mm y espesor máximo de 75 mm. No aplica.
ASTM C177-97. (s/f). Método estándar de prueba para los materiales de conductividad térmica a través de la placa caliente guardada.			
Propiedad	Método	Objetivo	Nota
Confort térmico	La muestra se calienta y se rodea con una guarda, controlada por termopares diferenciales.	Mide las propiedades de los materiales aislantes en sistemas que trabajan a temperatura ambiente, a altas temperaturas (más de 900°C) y a bajas temperaturas (-180°C).	Aplicable
Norma Oficial Mexicana NOM-018-ENER-2011. Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba.			
Propiedad	Método	Objetivo	Nota
Densidad Aparente	NMX-C-125-0NNCE-2010 Industria de la construcción-materiales termoaislantes de fibras minerales-determinación del espesor y densidad	Establece los métodos de ensayo para la determinación de espesor y la densidad de los materiales termoaislantes de fibras minerales que pueden tener la presentación de colchonetas armadas, rollos y placas afelpadas con o sin recubrimiento superficial o reforzado.	Aplicable

Norma Oficial Mexicana NOM-018-ENER-2011. Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba.

<i>Propiedad</i>	<i>Método</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Nota</i>
	NMX-C-126-ONNCE-2010 Industria de la construcción-materiales termoaislantes en forma de bloque o placa-determinación de las dimensiones y densidad	Establece el método de ensayo para la determinación de las dimensiones y la densidad de materiales termoaislantes en forma de bloque o placa con caras planas y lados paralelos.	Aplicable
	NMX-C-213-ONNCE-2010 Industria de la construcción-materiales termoaislantes-determinación de la densidad de termoaislantes sueltos utilizados como relleno	Establece el método de ensayo para la determinación de la densidad de termoaislantes sueltos utilizados como relleno. Se pueden determinar otras propiedades físicas de materiales sueltos con esta densidad.	Aplicable
	NMX-C-258-ONNCE-2010 Industria de la construcción-materiales termoaislantes granulares sueltos utilizados como relleno-determinación de la densidad	Establece el procedimiento para determinar la densidad de materiales granulares sueltos de origen mineral no metálico utilizados como relleno, tales como perlita expandida, vermiculita y otros similares utilizados como materiales termoaislantes sin compactación.	Cualquier grado de compactación que se efectúe debe informarse. Aplicable.
Conductividad térmica	NMX-C-181-ONNCE-2010	Establece el método de ensayo para determinar la transmisión térmica de los materiales termoaislantes en estado estacionario utilizando un medidor de flujo de calor. Este método de ensayo aplica a materiales termoaislantes de composición homogénea de fabricación nacional, así como de importación que se comercialicen en territorio nacional.	Este método está limitado a especímenes cuya resistencia térmica sea mayor de 0,10 Km ² W-1 en todas direcciones. Aplicable
	NMX-C-189-ONNCE-2010 Industria de la construcción-materiales termoaislantes-determinación de la transmisión térmica (aparato de placa caliente aislada)	Establece el método de ensayo para la determinación de la transmisión térmica de los materiales termoaislantes en estado estacionario utilizando un aparato calefactor de placas aisladas. Este método está limitado a especímenes cuya resistencia térmica sea mayor de 0,017K m ₂ W-1 en todas direcciones.	Aplicable
Permeabilidad al vapor de agua	NMX-C-210-ONNCE-2010 Industria de la construcción-materiales termoaislantes-determinación de la velocidad de transmisión de vapor de agua	Establece los métodos para la determinación de la velocidad de transmisión de vapor de agua de la permanencia al vapor de agua y de la permeabilidad al vapor de agua de materiales termoaislantes.	Estos métodos están previstos para ensayos de materiales termoaislantes que tengan un espesor de 3 mm a 80 mm. No aplica.
Absorción de la humedad y absorción de agua	NMX-C-228-ONNCE-2010 Industria de la construcción-materiales termoaislantes-determinación de la adsorción de humedad y absorción de agua	Establece los métodos de ensayo para determinar la adsorción de humedad y la absorción de agua en materiales termoaislantes.	No aplica para materiales con recubrimiento. No aplica.

NMX-C-460-ONNCCE-2009. Industria de la construcción-aislamiento térmico-valor “R” para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana-especificaciones y verificación

Propiedad	Método	Referente internacional	Nota
Aislamiento térmico	Esta Norma establece las especificaciones de resistencia térmica total (Valor “R”) que aplican a las envolventes de las viviendas para mejorar las condiciones de habitabilidad y para disminuir la demanda de energía utilizada para acondicionar térmicamente su interior, de acuerdo a la zona térmica del estado en que se ubique.	ISO 10456: 2007 Materiales y productos de construcción. Propiedades higrotérmicas. Valores de diseño tabulados y procedimientos para determinar los valores térmicos declarados y de diseño.	Aplicada

Fuente: elaboración propia.

Reflexiones finales y retos de escalabilidad

Llegado este momento es posible asumir ciertas consideraciones y construir un posicionamiento respecto a la factibilidad técnica y social del sistema constructivo B-Pallets. Si bien su implementación en el contexto original se sustenta gracias a los materiales locales y los saberes tradicionales del lugar, su aplicabilidad en otros contextos requiere una evaluación cuidadosa debido a diversos condicionantes y desafíos específicos.

En este sentido, las condiciones climáticas variables de regiones distintas pueden afectar el comportamiento térmico y la durabilidad de los materiales empleados en el sistema, especialmente en ambientes con alta humedad o temperaturas extremas, lo que podría comprometer el aislamiento y la integridad estructural. Asimismo, la correcta aplicación y desempeño dependen en gran medida del conocimiento técnico y artesanal en el manejo de materiales naturales y procesos tradicionales implementados en el sistema. Por tanto, la capacitación y transferencia tecnológica a nuevos usuarios resulta fundamental para evitar deficiencias constructivas que puedan surgir en contextos urbanos o regiones con menor experiencia en estas técnicas.

El análisis del proceso constructivo ha demostrado que la estructura de madera reciclada, reforzada adecuadamente con duelas y polines que rigidizan el sistema y preparan los vanos para recibir marcos y contramarcos, permite modularidad y versatilidad en la construcción de muros. Asimismo, las experiencias prácticas y los talleres vivenciales con estudiantes

resultaron fundamentales para evaluar formulaciones adecuadas de revocos a base de tierra, cal y fibras naturales, que optimizan el comportamiento térmico y mecánico de los acabados al rellenar las discontinuidades del entramado y proporcionar superficies regulares, resistentes y con mínima contracción al secado.

Desde una perspectiva ambiental y social, este enfoque retoma el redescubrimiento de materiales naturales y su aplicación en sistemas constructivos innovadores, lo que responde a la creciente inquietud mundial sobre la sustentabilidad en la industria de la construcción. En contraste con los materiales y procesos industriales lineales —caracterizados por elevados impactos ambientales y generación significativa de residuos—, el sistema B-Pallets propone un modelo circular, donde los sobrantes y materiales reciclados se integran al ciclo constructivo, reduciendo la huella ecológica y promoviendo prácticas de autoconstrucción con tecnologías intermedias.

Además de los resultados positivos alcanzados, es indispensable continuar con el estudio y la evaluación técnica del sistema para alcanzar niveles óptimos de desarrollo y confiabilidad. En este sentido, se revisaron diversas normas nacionales e internacionales cuyo cumplimiento orientará las pruebas técnicas necesarias para la certificación y validación del sistema B-Pallets, tomando en cuenta sus características estructurales y de materiales. Particular atención se ha puesto en las normas ASTM C177-97 y NMX-C-460-ONNCCE-2009, ya aplicadas en las primeras pruebas, y se plantea complementar con otras, como la ASTM C518-91, cuya aplicación es evaluada críticamente en función de las dimensiones y características específicas del sistema.

Finalmente, la singularidad de los factores estructurales como acciones sísmicas, cargas de viento o agentes biológicos propios de otras geografías, demandan adecuaciones específicas en el diseño y materiales para asegurar la resistencia, durabilidad y funcionalidad del sistema en nuevos entornos.

En conclusión, la aplicación del sistema B-Pallets en contextos distintos al original implicaría algunos ajustes técnicos, sociales y normativos para mantener su potencial como alternativa sustentable en construcción. Esta reflexión abre oportunidades para líneas futuras de investigación y desarrollo orientadas a su adaptación e incorporación amplia, respetando los principios de economía circular, resiliencia y sustentabilidad que fundamentan

el proyecto original. La continuidad de las investigaciones y el trabajo colaborativo con instituciones académicas y actores sociales serán clave para consolidar su implementación y escalabilidad en diversos contextos habitables.

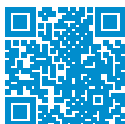
Referencias

- Arancibia, P. (2013). *Medida de la conductividad térmica con el método de la aguja térmica, basado en la fuente lineal de calor transitorio, para su aplicación en los cerramientos de adobes y bloques de tierra comprimida* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. <http://oa.upm.es/21903/>
- ASTM C177-97. (s/f). *Método estándar de prueba para los materiales de conductividad térmica a través de la placa caliente guardada*. American Society for Testing Materials (ASTM).
- ASTM C518-91. (s/f). *Método estándar de prueba para los materiales de conductividad térmica a través de la placa caliente guardada*. American Society for Testing Materials (ASTM).
- ASTM E220-07a. (2019). *Standard Test Method for Calibration of Thermocouples by Comparison Techniques*. American Society for Testing Materials (ASTM).
- Cuitiño Rosales M. G, Rotondaro, R. y Esteves, A. (2020). Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra. *Revista de Arquitectura*, 22(1), 138-151. <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2020.2348>
- ISO 10456:2007. (2007). *Building materials and products —Hygrothermal properties— Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values*. Organización Internacional de Normalización. <https://www.iso.org/standard/40966.html>
- Muñoz, N., Thomas, L. y Marino, B. (2015). Comportamiento térmico dinámico de muros típicos empleando el método de la admitancia. *Energías Renovables Y Medio Ambiente (ERMA)*, 36, 31-39. <http://www.ekeko.org/ojs8/index.php/ERMA/article/view/125>
- NMX-C-460-ONNCCE-2009. *Industria de la construcción-aislamiento térmico-valor "R" para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana-especificaciones y verificación*. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5105784
- NOM-020-ENER-2011. *Eficiencia energética en edificaciones. -Envolvente de edificios para uso habitacional*. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011#gsc.tab=0

10. Biomateriales de construcción. Un futuro de oportunidades en Latinoamérica¹

MANUEL RICARDO GONZÁLEZ VÁSQUEZ*

JUAN SEBASTIÁN NEIRA SARMIENTO**



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.10>

Resumen

Este capítulo presenta los aportes de valor que agregan los biomateriales de construcción a la cadena de la producción, las tendencias de innovación sostenible en Latinoamérica y la identificación de su potencial estratégico para la industria. El entendimiento de acuerdo a su composición y origen físico-químico y de extracción morfológica de los biomateriales de construcción permitió desarrollar su clasificación por familias: maderas, biocompuestos, cementicios, polímeros, fibras, tierras, orgánicos y metales, para identificar los atributos de sostenibilidad, como el conjunto de características que permiten establecer los aportes innovadores de los biomateriales a la cadena de valor. Los resultados obtenidos a partir de la vigilancia tecnológica como herramienta de la disciplina de la prospectiva, permitieron identificar a los grupos de los biocompuestos, las tierras y las fibras como tendencias emergentes de alta innovación sostenible en la región, para

* Maestro en Administración de Negocios. Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de América, Bogotá, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3414-9976>; correo electrónico: manuel.gonzalez2@profesores.uamerica.edu.co

** Maestro en Administración de Negocios. Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de América, Bogotá, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4467-343X>

¹ Nota autores: el contenido del presente capítulo es resultado parcial del proyecto de investigación titulado "Agenda de investigación I+D+i, laboratorio de biomateriales de construcción – BCC", proyecto patrocinado por la Universidad de América y su Vicerrectoría de Investigación y Extensión y la Vicerrectoría Académica, bajo el código interno IAR-019-2023, el cual tiene fecha de inicio febrero del 2023 y finaliza en diciembre del 2024.

exponer oportunidades estratégicas de desarrollo tecnológico y social. Los análisis multidimensionales permiten precisar lineamientos técnicos para concentrar esfuerzos en la estructuración de agendas de investigación, desarrollo e innovación I+D+i, con un potencial de impacto tecnológico, de investigación, social, económico, comercial y ambiental, lo cual permite esclarecer una visión de futuro puesta a corto, mediano y largo plazo que organice y proyecte la evolución de los biomateriales de construcción como alternativa viable al desarrollo de hábitats sostenibles para las comunidades y sociedades más vulnerables en Latinoamérica.

Palabras clave: *biomateriales de construcción, innovación sostenible, prospectiva, vigilancia tecnológica y hábitats sociales*

Introducción

El siglo XXI en sus primeras décadas se ha caracterizado por despertar en los arquitectos y constructores un marcado sentido de corresponsabilidad con la huella ambiental que impacta nuestro planeta, razón por la cual el estudio de los materiales para la construcción y en especial su evolución resulta desafiante y retadora para el futuro de nuestra humanidad, ya que propende por soluciones ambientalmente eficientes desde la arquitectura, en procura de la materialización contemporánea de hábitats sostenibles para los diferentes tipos de comunidades en directa relación con las posibilidades y potencial de cada lugar. En este contexto, la innovación sostenible es el tema y eje transversal al colocar las dimensiones, sociales, ambientales y económicas en el centro de los métodos del desarrollo de toda innovación (Popper, 2017); en tal sentido este proyecto investigativo es el resultado parcial de indagaciones de los estudios posgraduales a nivel de la Maestría en Administración de Negocios-MBA, donde apoyados en la disciplina de la prospectiva y bajo un enfoque multidisciplinar y técnico buscamos analizar las tendencias de innovación en biomateriales de construcción en Latinoamérica, con el propósito de establecer los atributos de sostenibilidad que crean valor en la cadena productiva de la arquitectura, de forma directa y coherente con las capacidades tecnológicas, económicas y científicas de

la región. A través de una mirada prospectiva se desarrolló un ejercicio de vigilancia tecnológica que facilitó la definición del entorno científico y una enfocada revisión bibliográfica en bases de datos. Mediante la técnica de bibliometría tecnológica se realizó la correlación de los hallazgos para identificar los principales líderes científicos e instituciones referentes así como fuentes de información y nuevos desafíos (Muñoz et al., 2006); para que los datos se transformen en información y conocimiento útiles para la toma de decisiones; para que establezcan el potencial estratégico de los biomateriales de construcción en la región como gran diferenciador en la industria que fomente desarrollos innovadores y sostenibles que aporten valor para el futuro mundial.

¿Qué son los biomateriales de construcción?

Un biomaterial es un material creado para integrarse perfectamente en un sistema biológico, que aporta decididamente a la disminución del impacto ambiental, de la huella de CO², y genera efectos positivos en la salud. Tiene como base la innovación tecnológica en una amplia variedad de disciplinas, por lo que se convierte en un motor que ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas y, por ende, de las comunidades. Son aquellos nuevos materiales que, de acuerdo a su composición morfológica y su comportamiento mecánico, pueden adquirir atributos que contribuyen al desarrollo sostenible (Marin et al., 2020), establecen criterios medibles, que para efectos de esta investigación tomaremos como referencia de diversos estudios previos, entre los cuales destacamos *Materiales ecológicos; estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles* (Borsani, 2011), en el que se perfilan los criterios de evaluación y que se pueden resumir en cinco indicadores para medir el impacto ambiental de los materiales que implementamos en construcción: (1) ACV, análisis del ciclo de vida, (2) evaluación de la sostenibilidad, (3) análisis de energía incorporada, (4) mochila ecológica, (5) huella ecológica. Esto sumado al entendimiento de la composición morfológica y el comportamiento mecánico de los materiales de construcción permitió desarrollar su clasificación por familias como se muestra en el siguiente apartado.

Clasificación por familias

Los biomateriales enfocados en la industria de la construcción se consolidan en los últimos años como un recurso y alternativa posible, probable y deseable, desde la disciplina de la prospectiva para la materialización de las edificaciones futuras, marcan las tendencias de innovación y desarrollo sostenible de la industria para la tercera década del siglo XXI (Sandak et al., 2019). En este sentido organizar por similitudes o filiaciones de origen físico-químico o incluso de extracción (figura 1) la vasta información que se ha producido para esta época permite comprender con mayor claridad los esfuerzos investigativos y tecnológicos que potencien el futuro de las edificaciones a nivel mundial.

Figura 1. Clasificación de los biomateriales de construcción por similitud o filiación de origen físico-químico o de extracción en 8 familias, objeto de análisis



Fuente: elaboración de los autores.

Atributos de sostenibilidad

A partir del análisis de los indicadores anteriormente mencionados, se consideró importante inferir los atributos de sostenibilidad (tabla 1), definición

que se le ha dado al conjunto de características o cualidades asociadas a las dimensiones sociales, ambientales y económicas con incidencia en el ciclo de vida de los materiales de construcción.

Tabla 1. Clasificación y descripción técnica y operativa de los ocho atributos de sostenibilidad referentes para el análisis de las familias de biomateriales

Atributos	Infografía	Descripción técnica
Producto local		Consiste en la utilización de recursos de la zona donde se va a construir, dando prioridad a la implementación de materiales producto de la industria regional o local, (Cabrera, 2010), lo que lleva a una reducción importante en la fase de transporte y mitiga sensiblemente las altas tasas de contaminación por uso de elevados volúmenes de combustible, lo que influye positivamente también en la economía y las tasas de empleo local (Susunaga, 2014).
Las tres R: reducir, reusar, reciclar		Este atributo de sostenibilidad tiene sus orígenes en los paradigmas de la economía circular, que tiene como objetivo “generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible” (Prieto et al., 2017, p. 85). En ese sentido, la primera R hace referencia a reducir el consumo directo, buscando promover el consumo consciente, aquel que tiene en cuenta los costos económicos sin descuidar los ecológicos. La segunda R invita a reusar, cuyo objetivo es la reutilización de lo adquirido, para prolongar su vida útil, mediante el uso adecuado aun si esto implica destinarle un uso diferente para el que fue creado originalmente. La tercera R plantea el reciclar como alternativa para aprovechar la energía embebida en los objetos, lo que implica algunos cambios físicos en el producto original, que puede ser a la vez materia prima de un nuevo producto.
Durabilidad		Se centra en proyectar construcciones con materiales duraderos capaces de soportar toda la vida útil del edificio, incluso sobrepasando dicha expectativa de vida con la intención de minimizar la necesidad de implementar nuevos recursos vírgenes (Borsani, 2011).
Mantenimiento		El mantenimiento es un conjunto de operaciones que han de realizarse durante la vida útil del edificio y que se concibe como una medida preventiva que asegurará el correcto funcionamiento del edificio y garantizará su durabilidad; en este sentido, la naturaleza de los materiales implementados en la construcción demandarán en mayor o menor medida rutinas de mantenimiento, así pues serán más sostenibles aquellos productos y sistemas que requieran de reducidas operaciones de mantenimiento durante la vida útil del edificio. (Susunaga, 2014).
Comportamiento bioclimático		Aquellos materiales producidos o elaborados con recursos renovables, también llamados de ciclo cerrado, como la madera o aquellos a base de tierras como los adobes y que además ofrecen características físico técnicas que benefician el confort climático de los edificios, reduciendo de manera significativa la demanda de energías no renovables (Valdiviezo, 2010).

Atributos	Infografía	Descripción técnica
Huella ambiental		Hace referencia a un indicador que permite establecer la demanda humana sobre los ecosistemas del planeta y su directa relación con la capacidad que tiene la tierra para regenerar los recursos, así como su capacidad para asimilar los residuos producidos por las poblaciones (Susunaga, 2014).
Energía incorporada		Es la energía necesaria e incorporada en un material, incluida toda la que se necesitó a lo largo del ciclo de vida del material, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final, esto contempla incluso la energía de la maquinaria empleadas a lo largo de su cadena productiva (Bellart y Mesa, 2009).
Diseño inteligente		Son materiales compuestos o procesados mediante técnicas de diseño basadas en criterios de flexibilidad, desmonte y reciclaje, así como su contribución al rendimiento energético del edificio durante su ciclo de vida, reducen de manera significativa el consumo, impacto y generación de residuos, acercándose a los ideales de sistemas de ciclo cerrado. (Prieto-Sandoval et al., 2017).

Fuente: elaboración de los autores.

Cadena de valor

Estos ocho atributos de sostenibilidad contribuyen al desarrollo de una arquitectura más inteligente ya que presentan mayor capacidad de aportar valor a la cadena productiva en una industria de la construcción más sostenible. En su libro sobre la ventaja competitiva, Porter (1990) resalta que una empresa representa un sistema mucho más estructurado que una simple sucesión lineal de actividades. La cadena de valor en una organización es un complejo sistema interconectado, una red de actividades relacionadas por afinidad funcional. En tal virtud, la cadena de valor debe ser gestionada como un sistema integral multidireccional, que fomente por el crecimiento del valor agregado. El enfoque de cadena de valor aporta una óptica más amplia de las posibles ventajas competitivas y del ámbito en el que se conforman las actividades de la organización (Porter, 1990). El enfoque de cadena de valor se constituye como un concepto más amplio y estructurado, dado que más allá de adoptar una metodología sistémica lineal, implementa un modelo conducente a la creación de valor para el consumidor final. Esta virtud demanda la necesidad de comprender todas las actividades inherentes a la creación de valor, para fortalecer los procesos

de innovación al interior de la organización y brindar el apoyo necesario para aumentar los niveles de competitividad de la actividad económica (Saiz y Castañedo, 2016).

La consolidación de una cadena de valor de la construcción sostenible facilitará el desarrollo de edificaciones con altos estándares de eficiencia y optimización de recursos para su funcionamiento (agua, energía, residuos), comparado con otras edificaciones. Este tipo de proyectos son costo-eficientes, ofrecen alternativas de transporte para sus ocupantes, realizan un manejo integral de los predios, generan mejores condiciones de calidad del ambiente interior, incorporan materiales con atributos de sostenibilidad, y trabajan por generar un compromiso social con las comunidades en el entorno construido (Orjuela, 2017). Los atributos de sostenibilidad pueden incidir y beneficiar en mayor o menor medida a uno o varios de los eslabones de la cadena: proveedores de insumos, productores de materiales, servicios de consultoría, servicios de construcción, programas de mercadeo, servicios de mantenimiento y medios de disposición final de residuos (figura 2), lo que facilita las prácticas, técnicas y metodologías que hacen a los

Figura 2. Atributos de sostenibilidad en la cadena de valor de la construcción sostenible



Fuente: elaboración de los autores.

proyectos de construcción constituidos a través de la cadena sostenible altamente atractivos; ya que pueden ser avalados en procesos de sostenibilidad integral con altos estándares de calidad nacionales e internacionales mediante sistemas de certificación global.

Una visión prospectiva de los biomateriales

Desde una mirada real de cambio en todos los procesos industriales y luego de una pandemia global, resulta de alta relevancia en los contextos volátiles actuales del mundo el poder tener la posibilidad de anticiparse al futuro y comenzar a construir escenarios futuribles ideales en el desarrollo tecnológico de los biomateriales de construcción. Emplear la disciplina de la prospectiva tecnológica y la utilización de una de sus herramientas principales, como lo es la vigilancia tecnológica aplicada, es la forma organizada y sistemática de identificar y captar información y procesar datos. Lo anterior para transformar los conocimientos con el fin de presentar información valiosa que facilita la toma de decisiones y la ejecución de acciones de manera anticipada, y que genere valor al buscar ampliar la competitividad en la industria de la construcción. La sinergia de la prospectiva y la vigilancia tecnológica minimiza el riesgo, aumenta la capacidad de anticipar los cambios multidimensionales y facilita satisfacer las diferentes necesidades de los actores sociales interesados, a corto, mediano y largo plazo (Medina y Rincon, 2006).

La innovación y los retos que demanda

La innovación sostenible directamente relacionada a la construcción y la arquitectura requiere hoy más que nunca de herramientas que permitan su comprensión real, para entender la innovación como la capacidad de pasar de la creatividad de una idea a su materialización y puesta en realidad (Oppenheimer, 2014). En este sentido los biomateriales de construcción son cada vez más estudiados, analizados y desarrollados, toman como referencia múltiples variables en donde las condiciones sociales,

geográficas, ambientales y económicas están directamente relacionadas en estos procesos.

Por lo es tanto importante entender la innovación que genera impactos desde el contexto de la gestión institucional en relación con la visión de construcción de futuros con miradas disciplinares que van más allá de unas apreciaciones individuales o del momento, y se debe relacionar directamente a través de un pensamiento integral y anticipatorio para lo cual es importante entender el modelo de la OPSI (Observatorio de Innovación del Sector Público) de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), donde la innovación es el aliado ideal de la disciplina de la prospectiva a través de 4 facetas: (1) La innovación orientada a la eficiencia y la mejora continua, que surge ante los rápidos cambios tecnológicos; (2) la innovación adaptativa, que busca balancear adecuadamente la adaptación y la resiliencia y que vincula la innovación en las actividades del día a día; (3) la innovación orientada por misión, que permite a los líderes enfrentar retos crecientes con pensamientos de largo plazo; y (4) la innovación anticipatoria, que surge en los escenarios de alta incerteza, buscando que la tecnología y la innovación respondan a necesidades presentes como a los cambios disruptivos del futuro (Vásquez, 2023).

Vigilancia tecnológica

Es una de las herramientas más efectivas para comprender el valor y vastedad de la información científica que tenemos al alcance de la mano, vital para el desarrollo de proyectos que involucren innovación y desarrollo (Muñoz et al., 2006), pues permite identificar líderes científicos, países e instituciones referentes, novedades científicas, fuentes de información, así como temas y retos de investigación para la comunidad científica, a la vez que permite entender cómo evolucionan las temáticas de investigación en el tiempo.

Figura 3. Cono de extracción de valor



Fuente: elaboración de los autores.

Se planificó y delimitó el entorno científico de innovación sostenible en biomateriales de construcción para identificar los conceptos centrales de interés, los cuales permiten la estructuración de la ecuación de búsqueda para posteriormente realizar el proceso de búsqueda y captación a partir de revisión bibliográfica en bases de datos especializadas. Los hallazgos obtenidos se organizan y analizan para correlacionar la información obtenida que permite establecer el horizonte de conocimiento (figura 3) e identificar las siguientes tendencias de innovación sostenible de los biomateriales: (1) países potencia en innovación y desarrollo de biomateriales, (2) tipos de tendencia, (3) tendencias de innovación y desarrollo por familias en el mundo, (4) tendencias de innovación y desarrollo por familias en Latinoamérica y (5) evolución de la investigación y desarrollo posible de biomateriales de construcción a futuro.

Para el análisis y búsqueda investigativa puntual se compuso una mezcla de palabras claves que surgieron luego de diferentes combinaciones lo-

grando la ecuación de búsqueda básica así: ALL (*biomaterials* AND *building construction*) AND PUBYEAR > 2005. Posteriormente aplicamos el filtro de palabras claves en la base de datos bibliográficos Scopus para lograr un mayor enfoque, consiguiendo la ecuación de búsqueda integral así:

Figura 4. Ecuación de búsqueda integral

```
ALL(biomaterials AND "building construction") AND PUBYEAR > 2010 AND ( LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Sustainable Development" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"3D Printers" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Wood" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Construction Industry" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Fibers" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Reinforcement" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Building Construction" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Life Cycle" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Recycling" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Sustainability" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Building Materials" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Construction" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"3D Printing" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Composite Materials" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Environmental Impact" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Laminating" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Nanocomposites" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Tensile Strength" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Biomaterials" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Buildings" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Climate Change" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Fiber Reinforced Plastics" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Insulation" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Polymer" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Titanium" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Water Absorption" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Bio-composites" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Biodegradation" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Composites" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Concretes" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Energy Efficiency" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Engineered Wood Products" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Intelligent Buildings" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Natural Fibers" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Polymers" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Architectural Design" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Biocompatibility" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Biodegradable Polymers" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Biopolymers" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Cements" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Concrete" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Cross Laminated" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Durability" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Life Cycle Analysis" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Materials" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Microstructure" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Nanoparticles" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Strength Of Materials" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Structural Design" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Textiles" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Wood Products" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"3-d Printing" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Biocompatible Materials" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Composite" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Design" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Reinforced Concrete" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Sustainable Building" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Biodegradability" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"Biomaterial" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"stone" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"clays" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD,"bricks" ) )
```

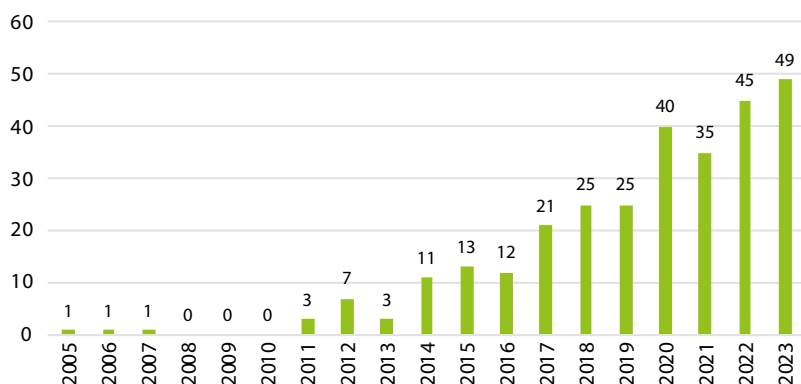
Fuente: elaboración de los autores.

Tendencias de biomateriales de construcción de lo global a lo regional

Desde la ecuación de búsqueda integral se logra realizar la mayor y mejor calidad de hallazgos investigativos (gráfica 1), donde en primer lugar se observa cómo dentro de la ventana de tiempo analizada de los últimos 19 años (292 artículos relevantes), se ubica en los primeros 13 años cerca del 25% de los documentos temáticos hallados, por lo que en el último tercio, entre los años 2018-2023, se encuentran los restantes 219 documentos, equivalentes a cerca del 75 %, de la información pertinente intervenida, se logra inferir cómo los biomateriales de construcción en directa relación con las estrategias

mundiales para mitigar el cambio climático, entre otras, y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se han convertido en un imperativo investigativo que ha despertado el interés y la curiosidad por su evolución y desarrollo como respuesta tecnológica innovadora, alcanzando incluso un crecimiento científico cercano al 300 %, lo que reafirma la importancia de continuar con estudios precisos como base para la creación de nuevas estrategias tecnológicas e industriales acordes a diferentes entornos sociales, económicos y ambientales, la incertidumbre y que permitan repensar el papel de las construcciones y su materialización en la actualidad, pero con impacto en el mediano y largo futuro.

Gráfica 1. Perfil evolutivo en la producción de documentos investigativos analizados sobre biomateriales de construcción 2005-2023

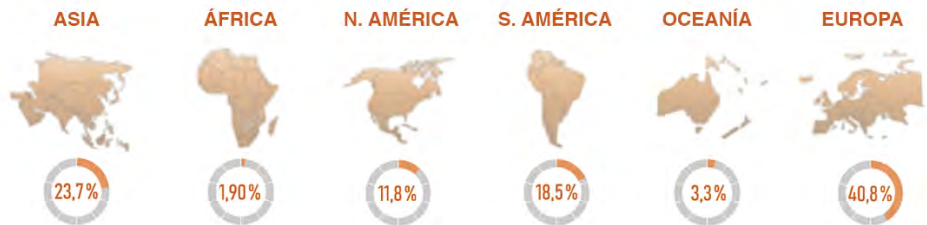


Fuente: elaboración de los autores.

Al analizar la totalidad de los documentos específicos de biomateriales de construcción y con el fin de establecer una directa relación con la producción científica por continentes y regiones del planeta (figura 5), es importante destacar como Europa y Asia se encuentran a la cabeza, al mostrar su preocupación por la temática objeto de estudio; sin embargo, la unión de las regiones norte, centro y sur del continente americano marcan un alto interés, en buena parte se debe a los hallazgos locales que permiten que

Suramérica, por ejemplo, obtenga cerca del 18 % de toda la producción mundial, lo cual comienza a trazar una interesante tendencia a futuro para continentes emergentes como África y la misma región latinoamericana, donde estando insertos en condiciones de atrasos tecnológicos se puede vislumbrar un interés por desarrollos tecnológicos propios, básicos, locales, y coherentes con nuestras realidades socioeconómicas, y que generen eficiencia en nuestros diferentes hábitats.

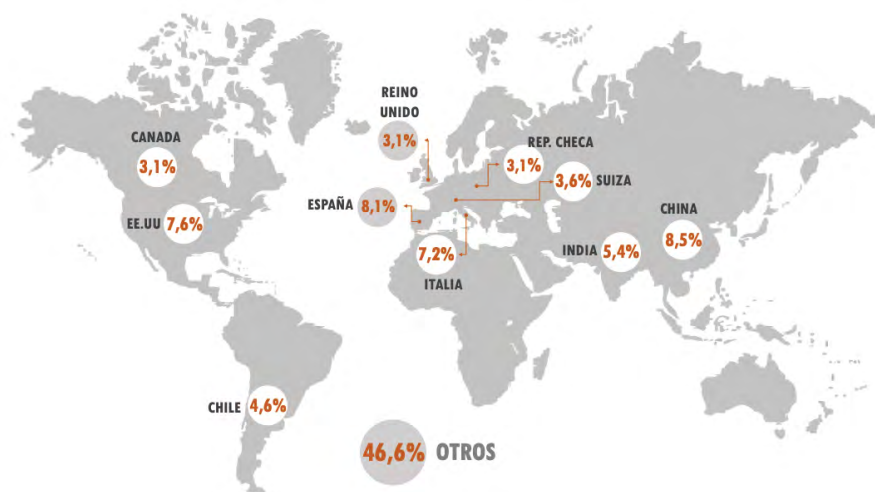
Figura 5. *Distribución de la producción investigativa sobre biomateriales de construcción a nivel mundial por continentes y regiones*



Fuente: elaboración autores.

En el mismo sentido, la distribución y producción investigativa por naciones (figura 6) muestra como China en Asia, España e Italia en Europa y Estados Unidos en Norteamérica, marcan los mayores intereses investigativos por los biomateriales, acompañados por India, Suiza y Canadá respectivamente. En la región, Chile, Colombia y México lideran la mayor producción específica, aunque no de primer nivel; dato no menor ya que se evidencia de forma integral en toda la investigación cómo la producción en publicaciones de primer nivel (Bases de datos top) no hacen referencia a investigaciones en países en vía de desarrollo, mientras las potencias tradicionales están vigentes con base en sus intereses y temáticas investigativas relacionadas con sus capacidades tecnológicas y de innovación que se alinean con sus condiciones y evolución socioeconómica, cultural y ambiental.

Figura 6. Distribución porcentual de los 10 países con mayor producción investigativa sobre biomateriales de construcción



Nota. Base referencial de 292 documentos analizados. Escala porcentual con los 10 primeros países con mayor producción investigativa a nivel mundial.

Fuente: elaboración de los autores, a partir de VantagePoint.

Con base en las 24 bases de datos consultadas, 22 arrojaron hallazgos (tabla 2), algunas con perfiles científicos, con énfasis en el desarrollo de patentes, y del ámbito tecnológico y comercial. En estas se hallaron los 292 documentos objeto de análisis, en donde se evidencian dos tendencias con amplio enfoque (1) las encontradas en la base de Scopus y que se relacionan con publicaciones de un alto nivel de citación y de referencia investigativa, en donde se encontraron 106 documentos en total; y (2) documentos con difusión menor, pero de amplio espectro en diversidad de hallazgos en biomateriales de construcción y en donde la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) arrojó la mayor cantidad de hallazgos con 93 documentos con claro enfoque regional latinoamericano, lo que evidencia las dos tendencias que agregan valor y deben enfocar el permanente monitoreo de hallazgos, a través de la vigilancia tecnológica VT, como herramienta de análisis y estructuración del conocimiento, que reduce incertidumbres y propicia la aproximación a la construcción de escenarios apuesta en el sector.

Tabla 2. Distribución porcentual de las bases de datos consultadas en relación a los 292 documentos específicos sobre biomateriales de construcción

Orden A-Z	Bases de Datos Consultadas	No. de Hallazgos	Incidencia %	Orden A-Z	Bases de Datos Consultadas	No. de Hallazgos	Incidencia %
1	AUGC.ASSO.FR	0	0.00 %	13	REDALYC	3	1.03 %
2	CEPAL	93	31.85 %	14	RESEARCHGATE.NET	2	0.68 %
3	CSIS.ES	1	0.34 %	15	SCIENCEDIRECT	18	6.16 %
4	GLOBAL TRENDS AND FUTURE ESCENARIOS	0	0.00 %	16	SCOPUS	106	36.30 %
5	GOOGLE SCHOLAR	8	2.74 %	17	SPRINGER	7	2.40 %
6	JOURNALS.SAGEPUB.COM	4	1.37 %	18	TAYLOR & FRANCIS ONLINE	3	1.03 %
7	JSTOR.ORG	2	0.68 %	19	UCE.EDU.EC	1	0.34 %
8	LATIPAT	2	0.68 %	20	UMAYOR.CL	2	0.68 %
9	MINERVA.USC.ES	1	0.34 %	21	UNSA.EDU.PE	1	0.34 %
10	MDPI JOURNALS	14	4.79 %	22	UPC.EDU	2	0.68 %
11	ONU	19	6.51 %	23	UVADOC.UVA.ES	1	0.34 %
12	PROQUEST	1	0.34 %	24	WASTERUSH.INFO	1	0.34 %
Totales		145	49.66 %			147	50.34 %

Fuente: elaboración de los autores a partir de VantagePoint.

A partir de los 292 documentos analizados y de acuerdo a los criterios que establece la vigilancia tecnológica VT, que permite identificar liderazgos científicos, condensar las fuentes de información más confiables y establecer las dinámicas de investigación en el tiempo, se generó información analítica y se determinaron las tendencias en (1) tendencias pesadas, (2) tendencias emergentes y (3) hechos portadores de futuro (Tabla 3). Cada una de estas con un compromiso y aportes específicos de los biomateriales de construcción, se infiere que las tendencias emergentes abarcan cerca del 50 % de la producción investigativa y de forma equitativa las tendencias pesadas y los hechos portadores complementan los intereses investigativos y de desarrollo tecnológico en el ámbito mundial.

Otra de las ventajas del análisis a partir de la vigilancia tecnológica es clasificar y agrupar los biomateriales tendencialmente en familias, lo que facilita su comprensión y el estudio de características técnicas propias de cada una, al identificar las capacidades tecnológicas y de innovación a desarrollar, lo que permite establecer cualidades, atributos y ventajas competitivas en su

Tabla 3. *Distribución de las tendencias tecnológicas a partir de la vigilancia tecnológica (VT), dentro de la producción investigativa en biomateriales de construcción*

27.5 %	Tendencias pesadas	Son aquellas que están hoy presentes, son claramente visibles y es casi imposible evitarlas o modificarlas.
49.5 %	Tendencias emergentes	Son aquellas que conforman el escenario actual y de reciente aparición, cuyos impactos aún son débiles.
23.0 %	Hechos portadores de futuro	Son aquellos que contienen, en sí, un gran potencial que permite hacer hipótesis acerca de su posible evolución e impactos. Pueden o no llegar a consolidarse como tendencias.

Fuente: elaboración de los autores.

evolución, para optimizar los avances a nivel tecnológico y tomando como guía las capacidades propias que emanan de cada contexto o lugar, donde sociedad y ambiente, específicamente en centro y sur de América, pueden incrementar sus fortalezas.

Es importante precisar que la identificación de tendencias permitió la agrupación de la información de forma técnica (Tabla 4), donde se muestra un desarrollo general del análisis por familias con base en hallazgos técnicos de cada una de ellas, y en donde también es evidente su relación por similitud en su origen natural o por sus procesos industriales de extracción, fabricación y uso, lo que permite comprender las diversas interacciones de materialidad que definieron las familias, las búsquedas y la comprensión filial específica. De esta forma se establecieron 8 familias de biomateriales principales, que se sintetizan en una muestra sobre la cual se establecen las fortalezas desde su uso físico-químico y cómo esto aporta valor al uso específico en algún componente constructivo y que se plantea metodológicamente a manera de ejemplo a continuación.

Tabla 4. *Modelo descriptivo (muestra) del tipo de uso e implementación técnica en construcción de algunos biomateriales agrupados por familias*

Familias	Biomaterial de construcción	Síntesis de composición	Cita bibliográfica
MADERAS	Biopaneles compuestos	Tipo sándwich de bambú y melina.	(González, et al., 2021).
	Contralaminados	Efecto de densidad laminar con madera de coco en superficies planas verticales y horizontales.	(Srivaro, et al., 2021).
	Rellenos compuestos de madera	Madera termoplástica y biodegradable para elementos divisorios en construcciones.	(Chan, et al., 2018)

<i>Familias</i>	<i>Biomaterial de construcción</i>	<i>Síntesis de composición</i>	<i>Cita bibliográfica</i>
CEMENTICIOS	Hormigón o Concreto	A base de cenizas volantes con bioaditivos como agentes para el curado interno eficiente.	(Malathy, et al., 2020).
	Mortero foto catalítico	Realiza procesos similares a la fotosíntesis y que en envolventes arquitectónicas limpia y es eficiente ante la contaminación ambiental.	(Martin, 2018).
	Hormigón o concreto	Gel de sílice con bacterias inmovilizadas de poliuretano con propiedades autocurativas y regenerativas para el hormigón.	(Wang, et al., 2012).
POLIMEROS	Poliurea	Recubrimiento que mejora el rendimiento anticorrosión en elementos de grafeno.	(Zhang, et al., 2021).
	Espumas de Geo polímeros	A base de humo de sílice que pueden optimizar la resistencia a la compresión y la conductividad térmica de diversos materiales.	(Shakouri et al., 2020).
	Impresoras 4D	Donde diversos materiales responden a estímulos externos por medio del uso de tecnología inteligente lo que permite materializar formas y resultados complejos de fabricar.	(Zhang, et al., 2019).
TIERRAS	Arena y astillas de neumático de caucho	Mejoran el rendimiento de los muros de tierra reforzada con los geo-sintéticos.	(Tajabadipour y Marandi, 2017).
	Tierra estabilizadas	Donde se comparan aspectos térmicos y resistencias mecánicas optimizadas y estabilizadas.	(Cuitiño-Rosales, et al., 2020).
	Ceniza de bagazo de caña de azúcar	En la fabricación de bloques y tejas de tierra como componente estabilizador.	(James y Pandian, 2017).
FIBRAS	Fibras de yute-ramio	Reforzadas con compuestos híbridos para la baja densidad, resistentes y con mejor comportamiento mecánico, útiles para nuevos materiales constructivos.	(Santhi et al., 2021).
	Tejidos de tallos de totora	Tableros modulares sin ligante para construcciones tradicionales, a partir de tejidos livianos y con respuestas higroscópicas eficientes bioclimáticamente.	(Hidalgo-Cordero et al., 2020).
	Fibra del estropajo	Material a industrializar e innovador para remover contaminantes y útil como agregado de materiales de construcción para retener la humedad.	(Pereira-Martínez et al., 2017).
ORGÁNICOS	Conchas marinas y de caracoles	Las cáscaras de desechos para la fabricación de cemento mezclado o como agregado de concreto, cerámicos y plásticos, con consideraciones sobre su afectación ambiental.	(Hart, 2020).
	Microalgas impresas	A gran escala logran demostrar el potencial para el diseño y fabricación de membranas fotosintéticas en arquitectura.	(Malik et al., 2020).
	Estudio de la nanotecnología	Función de autoensamblaje, donde las macromoléculas se pueden descomponer y facilitan la creación a escala industrial de materiales con condiciones mecánicas para la construcción sostenible.	(Culver et al., 2015).
METALES	Grafeno	Donde se destacan el análisis de sus funciones diferenciales, lo cual abre la posibilidad de desarrollar dispositivos fotosensibles y captadores de luz con funciones de pigmentación específica.	(Bose et al., 2020)
	Carbono y grafeno	Aplicaciones de nanoestructuras en arquitectura para la creación de microcemento altamente resistente.	(García, 2020)

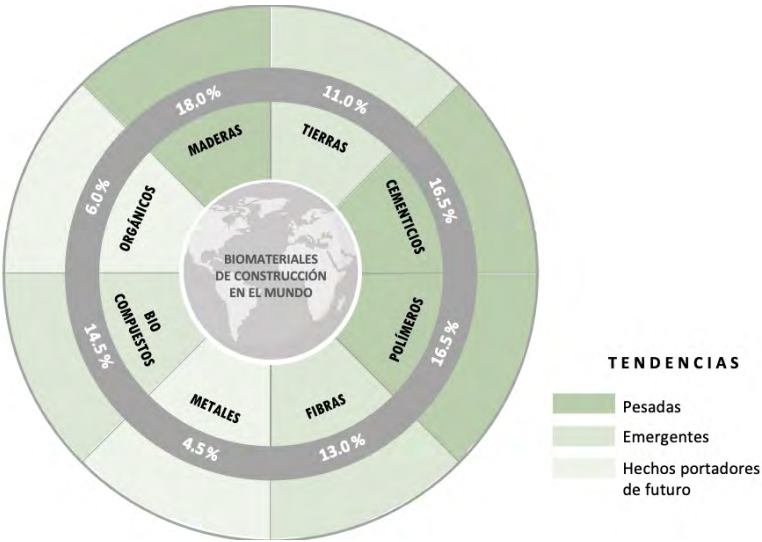
<i>Familias</i>	<i>Biomaterial de construcción</i>	<i>Síntesis de composición</i>	<i>Cita bibliográfica</i>
BIOCOMPUESTOS	Filamentos de bioplástico	Para fachadas que mejoran el comportamiento mecánico de los elementos mediante microrrellenos de tamarindo y semillas de dátil.	(Nagarjun et al., 2021)
	Fibras de hojas de plátano	Como aislante en muros que junto al poliestireno generan un biocompuesto con alto rendimiento físico y térmico.	(Mohamed et al., 2021)
	Hoja de soya, yute y polímeros	Que permiten la materialización de cielos rasos biodegradables, para evitar el uso del plástico.	Behera, 2022)

Fuente: elaboración de los autores.

La distribución por familias (figura 7) facilita la comprensión del origen de extracción y su incidencia en las consideraciones ambientales de fabricación, su procesamiento industrial o artesanal. Al relacionarlas con los 3 tipos de tendencias tecnológicas (pesadas, emergentes y hechos portadores) permite analizar qué familias ya se presentan fuertes, visibles y son difíciles de evitar en el presente, cuáles son de reciente aparición y su proyección e impacto aún es débil y finalmente cuáles tienen un gran potencial técnico, pero su desarrollo es incierto. Con lo que se plantea un panorama glocal entre desarrollo técnico e industrial y el futurible posicionamiento comercial de cada una de estas agrupaciones familiares.

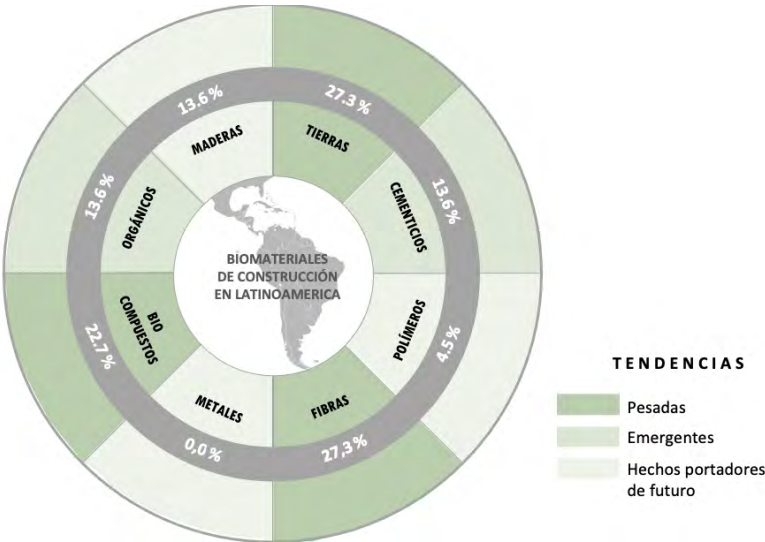
Un aspecto destacable del análisis nos permite evidenciar como las familias de biomateriales evolucionan en función de sus contextos regionales; de esta manera países en vías de desarrollo tienen desarrollos tecnológicos en biomateriales acordes a sus capacidades, oportunidades y al eficiente aprovechamiento innovador de los recursos propios de cada lugar. Es así, como se divisa en el panorama actual de la región latinoamericana (figura 8) los mayores desarrollos tecnológicos de familias, como las tierras, los biocompuestos y las fibras (cercas al 77 %), estableciéndose como tendencias pesadas en nuestros países en vía de desarrollo; en contraste con las evidencias de familias, como los metales y los polímeros que tienen una baja evolución investigativa regional alcanzado una menor incidencia como hechos portadores de futuro, pero donde se destaca como la familia de las maderas presenta también un bajo interés en desarrollos tecnológicos a pesar de ser un material abundante y propio de la región.

Figura 7. Distribución porcentual a nivel global de las 8 familias de biomateriales de construcción en directa relación con los 3 tipos de tendencia tecnológica establecidos



Fuente: elaboración de los autores.

Figura 8. Distribución porcentual a nivel latinoamericano de las 8 familias de biomateriales de construcción en directa relación con los 3 tipos de tendencia tecnológica establecidos



Fuente: elaboración de los autores.

Potencial estratégico

Estudiar el futuro ideal de cualquier área no puede circunscribirse a esperar una evolución de más de lo mismo o mejor de lo mismo, dando el tiempo y espacio para concretar respuestas adecuadas, ya que esto se puede lograr siempre y cuando los entornos sean estables, lo que resulta en nuestra contemporaneidad incorrecto debido a los rápidos desarrollos tecnológicos, situaciones políticas, económicas y sociales ambiguas y muy variables, entre otras, que generan entornos altamente inestables, veloces, inciertos volátiles y ambiguos, lo que se conoce en la actualidad como entornos VUCA (*volatility, uncertainty, complexity* y *ambiguity* por sus siglas en inglés) (Hines y Bishop, 2015).

Ante esta realidad, tener conocimiento y claridad de los avances y las tendencias que se evidencian en el desarrollo tecnológico de los biomateriales de construcción permite establecer el potencial estratégico para el sector constructor, relevante de analizar para disminuir las incertidumbres y los entornos VUCA, ya que aporta una serie de escenarios prometedores y atractivos para su crecimiento económico, en donde también resulta necesario, relevante y definitivo definir la posición y aportes de quienes participen en cada uno de los eslabones de la cadena de la producción de la construcción sostenible, si se quiere por regiones o áreas geográficas en donde todos los *stakeholders* son determinantes para definir y especificar sus aportes, con el fin de propiciar un avance sostenido en el tiempo vivido (*khronos*), lo que permite reducir ostensiblemente estas complejidades sobre el tiempo y las acciones a realizar en este tiempo (*kairós*).

En consecuencia no se trata de hacer predicciones o futurología sobre algunos acontecimientos o sucesos, por el contrario este análisis está basado en la disciplina de la prospectiva, disciplina que cuenta con 8 décadas de estudios técnicos y profundos que han permitido construir futuros desde nuestras acciones precisas y de vigilancia permanente desde el presente, especialmente en lo referente a la tecnológico en busca de establecer y construir una serie de escenarios ideales, o lo que se definen en prospectiva como escenarios posibles y escenarios apuesta.

Ante esto, y con el fin de implementar acciones concretas, es importante definir las necesidades de la industria de la construcción, al tomar como

referencia los grandes desafíos en materia de sostenibilidad por los que atraviesa. Desde esta mirada es que surge la innovación entendida no como esfuerzos independientes que dan respuesta a hechos o requerimientos puntuales, sino comprendiendo que la forma de cambiar y construir el futuro, reducir la incertidumbre y propiciar escenarios anticipatorios en directa alineación con un pensamiento prospectivo, es la implementación de la innovación que identifica el modelo OPSI, de la OCDE, con al menos 4 facetas: (1) eficiencia y mejora continua, (2) adaptativa, (3) orientada por misión y (4) la innovación anticipatoria. Cada una de estas tipologías tiene grandes retos y desafíos, donde especialmente las dos primeras que se refieren a escenarios con un patrón de cambio más conocido, para crear respuestas innovadoras a problemas estructurados donde se conocen las variables y actores, pero donde el nivel de disrupción es bajo o mediano (Vásquez, 2023).

Mientras las siguientes dos facetas presentan un tipo de cambio fundamental que aspira a reorientar la utilización de los recursos naturales, la energía, los encadenamientos industriales y, por lo tanto, su nivel de disrupción de los esquemas institucionales es alto; “buscan redireccionar la ciencia, la tecnología y la innovación hacia rutas que sean social, económica y ambientalmente beneficiosas y que contribuyan a la solución de los grandes desafíos colectivos expresados en la Agenda 2030” (Schot et al., 2018, p. 1).

Si a todo lo anterior se le agrega una comprensión sobre las diferentes áreas de oportunidad en las que los biomateriales de construcción pueden dar una respuesta a necesidades de la industria, como lo son las oportunidades técnicas, investigativas, sociales y del entorno, económicas, comerciales y ambientales, se genera una amplia y prometedora mirada al futuro, donde el biomaterial responde a una necesidad sectorial. Por lo que se puede enmarcar en un enfoque innovador, lo que facilita establecer y priorizar las fortalezas y oportunidades para todos los actores de la cadena de la construcción sostenible y si se quiere a todos los *stakeholders*, como se presenta en la tabla 5, para analizar integralmente de esta forma el potencial estratégico de los biomateriales de construcción, lo que facilita la concreción y puesta en marcha de hojas de ruta, agendas de investigación I+D+i, y, en general, los rumbos estratégicos y los escenarios apuesta que requiere la

industria, desde un enfoque global que incida en lo local y desde allí su aporte al desarrollo global.

Tabla 5. *Relacionamiento técnico de necesidades y estructuración del potencial estratégico como propuesta metodológica de innovación y áreas de oportunidad que fomenten la definición de escenarios apuesta del sector constructor y la industria regional a futuro*

Potencial estratégico tendencias de biomateriales de construccion - familia biocompuestos															
Caracterización técnica				Análisis de potencial estratégico											
Familias	Definición técnica	Biomaterial de construccion	Descripción técnica	Necesidades en la industria de la construcción	Tipo de innovación				Áreas de oportunidades						Cita bibliográfica
					EyM	Ad	M	An	T	I	S	E	C	A	
Biocompuestos	Conjunto de biomateriales que proporcionalmente contienen en su composición físico-química la integración de dos o más materiales de origen biológico, que buscan potenciar sus características y atributos de sostenibilidad aplicables a la construcción.	Filamentos de bioplástico	Para fachadas que mejoran el comportamiento mecánico de los elementos mediante microrrellenos de tamarindo y semillas de dátil.	Aumentar la utilización de materiales orgánicos y de desechos para disminuir el impacto ambiental. Mejorar las condiciones de salud en las edificaciones.				0							(Nagarjun et al., 2021).
		Fibras de hojas de plátano	Como aislante en muros que junto al poliestireno generan un biocompuesto con alto rendimiento físico y térmico.	Reducción de la energía operativa de las edificaciones. Mejorar respuestas técnicas sostenibles de bajo costo. Disminuir el impacto ambiental de las construcciones.	0										(Mohamed et al., 2021)
		Hoja de soya, yute y polímeros	Que permiten la materialización de cielos rasos biodegradables, evitando el uso del plástico.	Propender en la identificación de sustitutos del plástico en la industria de la construcción. Aumentar la utilización de materias primas orgánicas para la creación de biomateriales biodegradables.	0										(Behera et al., 2022)
Áreas de oportunidad		T= Tecnológica	E= Económica		Área de oportunidad principal										
		I= Investigativa	C= Comercial		Área de oportunidad secundaria										
		S= Social	A= Ambiental		Área de oportunidad terciaria										

Fuente: elaboración de los autores.

Conclusiones

Los biomateriales de construcción se presentan como alternativa real a la difícil condición de deterioro del planeta, en directa relación con la industria de la construcción como una de las que ejerce una fuerte presión contaminante día a día. Sin embargo, ante la vastedad de la información y los múltiples enfoques que esta tendencia puede tomar, se hace necesario utilizar y apoyarse en disciplinas que propendan por entender su evolución a futuro en coherencia con los avances tecnológicos que se están propiciando en diferentes latitudes del mundo.

La prospectiva entendida como disciplina proporciona una mirada clara y prometedora que permite acercarnos desde el presente a la construcción de escenarios futuros deseables, factibles y escenarios apuesta, en donde con la implementación de metodologías y herramientas específicas como la construcción de ecuaciones investigativas, la vigilancia tecnológica VT y los mapeos tendenciales, se pueden vislumbrar oportunidades para construir esos escenarios ideales desde el presente. Esto propicia la transformación de datos en información y en conocimiento que facilite la toma de decisiones a los actores decisorios a partir de la identificación de tendencias pesadas, emergentes o hechos portadores de futuro, que visualizan las condiciones para la definición de rumbos estratégicos que orienten los esfuerzos de los diferentes actores de la cadena productiva de la construcción sostenible enfocada y aplicada según las características de cada región, subregión y territorios puntuales, como es el caso de centro y sur América.

Las tendencias mundiales permitieron establecer que hay un marcado interés por las investigaciones innovadoras en biomateriales de construcción, donde cerca del 75 % de los hallazgos se enmarcan como líneas emergentes o hechos portadores de futuro, lo cual valida este interés en los últimos 4 a 5 años. Así mismo, es posible organizar estos hallazgos con base en la composición química y su comportamiento físico-mecánico, logrando agruparlos en 8 familias de posibles biomateriales, denominadas por su origen como familia de metales, cementicios, polímeros, maderas, fibras, orgánicos, tierras y biocompuestos.

En directa relación los análisis sobre las 8 familias de biomateriales identificadas permitieron comprender cómo en los países más desarrollados (China, Estados Unidos, algunos países de Europa) hay interés por la generación de desarrollos tecnológicos innovadores derivados de los cementicios, metales y polímeros, en concordancia con su potencial estratégico, sus avances y liderazgo tecnológico mundial. En contraste con la región latinoamericana donde se evidencia un interés marcado en familias que requieren posiblemente menor tecnificación para su desarrollo innovador, como las concernientes a fibras, biocompuestos, tierras e incluso madera. Estas familias tienen alto rendimiento biotécnico, lo que pone de presente que los biomateriales pueden, sin importar necesariamente el desarrollo tecnológico de los países y de las regiones, generar avances coherentes a las posibilidades de cada zona del planeta y al potencial estratégico con el que cuenta cada nación. Lo anterior garantiza a futuro la concreción de unos escenarios apuesta, donde el desarrollo innovador y sostenible sea una constante y facilite avances significativos en el diseño y la construcción para el beneficio de la materialización de nuestros posibles escenarios sociales más vulnerables, de nuestra arquitectura, respondiendo desde el presente a los desafíos por venir.

En Latinoamérica el potencial estratégico permite visualizar áreas de oportunidad altamente prometedoras a corto y mediano plazo en las familias de biomateriales orgánicos, biocompuestos y de las tierras, lo que genera en la actualidad reflexiones y un cambio necesario en la forma de construir sosteniblemente nuestros entornos, nuestros hábitats y nuestras ciudades, desde una mirada a futuro soportada sobre hechos tecnológicos sostenibles que permitan generar mayor identidad arquitectónica. Especialmente que acerque una gran multiplicidad de técnicas a las diferentes sociedades, seguramente las menos desarrolladas y más vulnerables, lo que ratifica el potencial técnico, social, económico, comercial, ambiental e investigativo para nuestra región, lo que impacta incluso en las formas de gobernanza y generación de políticas públicas modernas que nos permitan un posicionamiento inter, multi y transdisciplinar en el mundo.

El potencial estratégico que demuestran para Centro y Suramérica el desarrollo tecnológico de las familias de las fibras, los biocompuestos y las tierras dentro del análisis técnico de los biomateriales de construcción, abre

un sinnúmero de oportunidades para repensar la participación de cada uno de los actores que operan como eslabones de la cadena de la construcción, para entender desde quienes intervienen en la concepción de nuestros hábitats en todos los aspectos: diseño, construcción, confort bioclimático, estructura de costos y de calidades habitacionales, entre otros, hasta la gestión misma que permita la concreción real, para impactar positivamente a las comunidades, desde la innovación sostenible aplicada como propuesta de valor pertinente a las posibilidades de cada sociedad y entorno, lo que hace viable las respuestas de mirada local con impacto global, asimilándola como una visión o la construcción de escenarios futuro apuesta, que con un enfoque prospectivo posibilite una materialización *crade to crade*, más acorde con los desafíos socioeconómicos y ambientales por los que atraviesa el mundo, donde este pensamiento glocal sea el articulador a las respuestas inter, multi y transdisciplinarias que se requieren pensar, diseñar e implementar en pro de anticiparse estratégica y sosteniblemente a problemáticas regionales de la construcción y su industria, lo cual será objeto de una segunda parte de esta mirada innovadora, sostenible y prospectiva.

Referencias

- Behera, A. K., Sen, R. y Adhikari, B. (2022). Environment-friendly Fully Biodegradable Jute-Poly (vinyl Alcohol) Modified Soy Composite Development as Plastic Substitute. *Journal of Natural Fibers*, 19(3), 905-914.
- Bellart Crevillen, M. y Mesa Marcos, S. (2009). *Impacto ambiental y ciclo de vida de los materiales de construcción* [Tesis de grado Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Borsani, M. S. (2011). *Materiales ecológicos: estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles* [Tesis de maestría Arquitectura y Sostenibilidad: Herramientas de Diseño y Técnicas de Control Ambiental]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Bose, A., Ray, S., Singh, V. K., Banerjee, A., Nayak, C., Singha, A., Bhattacharyya, D., Chakrabarti, A., Das, S. y Dasgupta, A. K. (2020). Differential graphene functions on two photosynthetic microbes. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 11(1), 015004.
- Cabrera Mata, F. (2010). La selección sostenible de los materiales de construcción. *Tecnología y desarrollo*, 8.

- Chan, C. M., Vandi, L. J., Pratt, S., Halley, P., Richardson, D., Werker, A. y Laycock, B. (2018). Composites of wood and biodegradable thermoplastics: A review. *Polymer reviews*, 58(3), 444-494.
- Cuitiño-Rosales, M. G., Rotondaro, R. y Esteves, A. (2020). Comparative analysis of thermal aspects and mechanical resistance of building materials and elements with earth. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(1), 138-151.
- Culver, J. N., Brown, A. D., Zang, F., Gnerlich, M., Gerasopoulos, K. y Ghodssi, R. (2015). Plant virus directed fabrication of nanoscale materials and devices. *Virology*, 479, 200-212.
- García Sánchez, V. (2020). *Aplicaciones de nanoestructuras de carbono y grafeno en arquitectura. Simulación de un modelo teórico* [Tesis de grado Escuela Técnica Superior de Arquitectura]. Universidad de Valladolid.
- González, O. M., García, A., Guachambala, M. y Navas, J. F. (2021). Innovative sandwich-like composite biopanel - towards a new building biomaterials concept for structural applications in nonconventional building systems. *Wood Material Science and Engineering*, 16(2), 132-148.
- Hart, A. (2020). Mini-revisión de las aplicaciones de los materiales derivados de la cáscara de desecho. *Gestión e investigación de residuos*, 38(5), 514-527.
- Hidalgo-Cordero, J. F., García-Ortuño, T. y García-Navarro, J. (2020). Comparison of binderless boards produced with different tissues of totora (*Schoenoplectus californicus* (CA Mey) Soják) stems. *Journal of Building Engineering*, 27, 100961.
- Hines, A. y Bishop, P.J. (Eds.). (2015). *Thinking about the future: Guidelines for strategic foresight*. Washington. Social Technologies.
- James, J. y Pandian, P. K. (2017). A short review on the valorisation of sugarcane bagasse ash in the manufacture of stabilized/sintered earth blocks and tiles. *Advances in materials science and engineering*, 2017(1).
- Malathy, R., Chung, I. M. y Prabakaran, M. (2020). Characteristics of fly ash based concrete prepared with bio admixtures as internal curing agents. *Construction and Building Materials*, 262, 120596.
- Malik, S., Hagopian, J., Mohite, S., Lintong, C., Stoffels, L., Giannakopoulos, S., Beckett, R., Leung, C., Ruiz, J., Cruz, M. y Parker, B. (2019). Robotic Extrusion of Algae-Laden Hydrogels for Large-Scale Applications. *Global challenges*, 4(1), 1900064.
- Marin, E., Boschetto, F. y Pezzotti, G. (2020). Biomaterials and biocompatibility: An historical overview. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 108(8), 1617-1633.
- Medina Vásquez, J. y Rincón, G. (2006). *La prospectiva tecnológica e industrial: contexto, fundamentos y aplicaciones*. Colciencias-CAF.
- Mohamed, G. R., Mahmoud, R. K., Fahim, I. S., Shaban, M., Abd El-Salam, H. M. y Mahmoud, H. M. (2021). Bio-composite Thermal Insulation Materials Based on Banana Leaves Fibers and Polystyrene: Physical and Thermal Performance. *Journal of Natural Fibers*, 1-16.
- Muñoz Durán, J., Marín Martínez, M. y Vallejo Triano, J. (2006). La vigilancia tecnológica en la gestión de proyectos de I+ D+ i: recursos y herramientas. *El profesional de la información*, 15(5), 411-419.

- Nagarjun, J., Kanchana, J., RajeshKumar, G., Manimaran, S. y Krishnaprakash, M. (2021). Enhancement of Mechanical Behavior of PLA Matrix Using Tamarind and Date Seed Micro Fillers. *Journal of Natural Fibers*, 1-13.
- Oppenheimer, A. (2014). ¡Crear o morir! La esperanza de Latinoamerica y las cinco claves de la innovacion. Vintage español.
- Orjuela, M. A. (2017). Mapeo y análisis de competitividad de la cadena de valor del sector de construcción sostenible colombiano. *Swisscontac Colombia*, 13(3), 1576-1580.
- Pereira-Martínez, R. I., Muñoz-Paredes, J. F. y Peluffo-Ordoñez, D. H. (2017). Empleo del estropajo común (*Luffa cylindrica*) en la remoción de contaminantes. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 205-215.
- Popper, R., Velasco, G. y Popper, M. (2017). *CASI-F: Common Framework for the Assessment and Management of Sustainable Innovation*, CASI project report. Deliverable 6.2. <https://www.futuresdiamond.com/casi2020/casi-f/>
- Porter, M. E. (1990). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Grupo Editorial Patria.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C. y Ormazabal-Goenaga, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (15), 85-95.
- Saiz, V. I. A. y Castañedo, M. F. (2016). El Enfoque de cadenas productivas y la planificación estratégica como herramientas para el desarrollo sostenible en Cuba. *RIPS: Revista de Investigaciones Políticas y Sociológicas*, 15(2).
- Sandak, A., Sandak, J., Brzezicki, M. y Kutnar, A. (2019). Biomaterials for building skins. Em *Bio-based Building Skin* (pp. 27-64). Springer Open.
- Santhi, K. A., Srinivas, C. y Kumar, R. A. (2021). Experimental investigation of mechanical properties of Jute-Ramie fibres reinforced with epoxy hybrid composites. *Materials Today: Proceedings*, 39, 1309-1315.
- Schot, J., Bonni, S., Ramírez, M. y Steward, F. (2018). *New Thinking on the SDGs through a Transformative Innovation Policy Lens. Addressing SDGs Through Transformative Innovation Policy*. Transformative Innovation Policy Consortium (TIPC).
- Shakouri, S., Bayer, Ö. y Erdoğan, S. T. (2020). Development of silica fume-based geopolymer foams. *Construction and Building Materials*, 260, 120442.
- Srivaro, S., Pásztor, Z., Le Duong, H. A., Lim, H., Jantawee, S. y Tomad, J. (2021). Physical, mechanical and thermal properties of cross laminated timber made with coconut wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79(6), 1519-1529.
- Susunaga Monroy, J. M. (2014). Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario [Tesis de grado Universidad Católica de Colombia]. Repositorio UCatolica.
- Tajabadipour, M. y Marandi, M. (2017). Effect of rubber tire chips-sand mixtures on performance of geosynthetic reinforced earth walls. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 61(2), 322-334.
- Valdiviezo, A. C. (2010). Materiales bioclimáticos. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 12(1), 100-110.

- Vásquez, J. M. (2023). *Prospectiva para un mundo interdependiente*. Academia Colombiana de Ciencias Económicas.
- Wang, J., Van Tittelboom, K., De Belie, N. y Verstraete, W. (2012). Use of silica gel or polyurethane immobilized bacteria for self-healing concrete. *Construction & Building Materials*, 26(1), 532-540.
- Zhang, J., Wang, J., Wen, S., Li, S., Chen, Y., Wang, J., Wang, Y., Wang, C., Yu, X. y Mao, Y. (2021). Waterborne Polyurea Coatings Filled with Sulfonated Graphene Improved Anti-Corrosion Performance. *Coatings*, 11(2), 251.
- Zhang, Z., Demir, K. G. y Gu, G. X. (2019). Developments in 4D-printing: a review on current smart materials, technologies, and applications. *International Journal of Smart and Nano Materials*, 10(3).

11. Estabilización de mezclas de tierra para la elaboración de BTC



MARCO ANTONIO NAVARRETE SERAS*

HUGO LUIS CHÁVEZ GARCÍA**

JORGE ALBERTO BORREGO PÉREZ***

JOSÉ ALBERTO GUZMÁN TORRES****

LUIS ALBERTO GONZÁLEZ LUNA*****

WILFRIDO MARTÍNEZ MOLINA*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.11>

Resumen

En esta investigación se estudiaron mezclas de tierra estabilizadas con arena triturada, cal y cemento para elaborar bloques de tierra comprimida (BTC). Las características de las mezclas fueron mejoradas durante su proceso de elaboración, variando los porcentajes de estabilizantes, comprimiéndose a través de un proceso manual. Usualmente, este material es utilizado en muros de carga donde se sustituye el ladrillo convencional. El uso de estos bloques ayuda a reducir la contaminación al medioambiente, impactando directamente en la emisión del CO_2 . En comunidades cercanas a la

* Doctor en Ciencias de la Ingeniería Física. Profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4582-9387>; correo electrónico: mnavarrete@umich.mx

** Doctor en Ciencias. Profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6114-4900>

*** Doctor en Ciencias Fisicomatemáticas con orientación en Nanociencias. Investigador estatal de Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6302-1958>

**** Doctor en Ingeniería Física. Investigador estatal de Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-9390>

***** Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2085-2504>

***** Doctor en Ingeniería. Investigador en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3301-4949>

región Morelia es viable utilizar este tipo de bloques debido a que se cuenta con la materia prima necesaria para la elaboración de estos bloques. Además, con el uso de este material local se contribuye a la activación de la economía circular de la zona. Se realizaron pruebas de mecánica de suelos, clasificación del tipo de suelo, granulometría y pruebas no destructivas que permitieron comparar y clasificar las mezclas en estudio. Durante la investigación, se comparó tres tipos de materiales, ubicados en las zonas de Ajuno, Erongaricuaró y Santiago Undameo. Para esta investigación, las mezclas que se ajustaron a estándares de apariencia y maleabilidad para la elaboración de BTC con mejores propiedades fueron las seleccionadas.

Palabras clave: *BTC, tierra estabilizada, bloques, contaminación, economía circular, mecánica de suelos, pruebas no destructivas.*

Introducción

Los materiales de tierra se han utilizado en la construcción de ingeniería civil en todo el mundo con diferentes formas, como el barro, el adobe, la tierra apisonada y los ladrillos (Malkanthi et al., 2021). La estabilización de bloques de tierra comprimida es un proceso fundamental para incentivar el uso de la tierra como material de construcción e implica acciones químicas, físicas y mecánicas. Así se dispone de estabilizadores químicos: cal apagada o cal viva y, además, la estabilización física, que implica la mezcla de suelos y uso de fibras de refuerzo (Galarza-Viera et al., 2022). El objetivo del BTC es obtener una alternativa de construcción en muros de vivienda, ya que en los últimos años se ha contribuido con las emisiones de CO² al medioambiente, elemento contaminante que es producto de la fabricación de diferentes materiales de construcción. Los bloques de tierra comprimida estabilizada muestran un impacto ambiental significativamente menor que los bloques convencionales de concreto, debido al uso reducido de cemento y la adopción de suelos locales como materia prima (Arduin et al., 2022).

Dentro de los alcances de esta investigación se logró estabilizar tres tipos de suelos diferentes utilizando arena triturada, cal y cemento. Dentro de la

metodología empleada se requiere el estudio de las propiedades índice de cada suelo para su posterior estabilización. Los bloques de tierra comprimida (BTC) resultan ser una alternativa amigable con el medioambiente y una oportunidad para construir vivienda sostenible.

Desarrollo del trabajo

Metodología

De acuerdo con la norma NMX-C-508-ONNCCE (2015), el bloque de tierra comprimida (BTC) se define como un elemento constructivo empleado en la edificación de muros de carga, divisorios y bóvedas. Este tipo de bloque presenta, por lo general, una forma prismática y compatibilidad geométrica entre unidades. Su elaboración se realiza mediante un proceso de compresión estática o dinámica de una mezcla de tierra húmeda y materiales estabilizantes, seguido de un desmoldeo posterior.

Existen diferentes investigaciones que han estudiado el suelo con diferentes adiciones que mejoran sus características físico-mecánicas: (Laguna-Torres et al., 2024) demostraron la importancia de las propiedades físicas, químicas y mineralógicas en la selección de suelos estabilizados con puzolana natural activada (PNA). Se identificaron cinco bancos de suelos y se seleccionaron dos: B1Z por su contenido en SiO_2 y la presencia de Montmorillonita y B3M por su granulometría y plasticidad. Se midió la conductividad eléctrica (CE) para controlar la reactividad probando dos estabilizantes, ANP y cal, caracterización mecánica de bloques de tierra comprimida (CEB) estabilizados con cemento reciclado termoactivado (RC) como una alternativa más sostenible al cemento Portland ordinario (OPC). Se encontró que el CR mostró un alto potencial como alternativa ecoeficiente al OPC en la estabilización de tierras (Bogas et al., 2023). Guillén et al. (2021) obtuvieron resultados que describen un notable mejoramiento en el comportamiento de la tierra como bloque comprimido cuando se realiza el ajuste granulométrico. Con la mezcla diseñada se incrementó la resistencia del BTC de 32.5 kg/cm^2 a 54.75 kg/cm^2 al ajustar el porcentaje de agua y presión nominal de elaboración. Cabrera et al. (2020) estudiaron BTC producidos por establecimien-

tos de Argentina, confeccionaron probetas con diferentes geometrías y determinaron su resistencia a compresión, cabeceándolos con placas de neopreno y sin cabecear. Los resultados obtenidos indican que la probeta más adecuada para determinar la resistencia a compresión no confinada en BTC es un bloque entero o medio bloque, ambos en posición horizontal y sin cabeceado alguno. Contrastaron una serie de BTC sometidos a ensayos de compresión con las normas brasileñas, colombianas y las mexicanas, con suelos arcillosos de la región, identificando las desviaciones entre los resultados y sus posibles causas. (Aranda-Jiménez et al., 2023) observaron que el procedimiento de ensayo de compresión varía para cada norma, siendo similares las normas brasileña y colombiana, y estas, a su vez, se apegan más al sistema constructivo, mientras que con la norma mexicana los resultados son superiores a la anterior ya que la norma exige ensayar el bloque completo.

En esta investigación se seleccionaron tres tipos de suelos ubicados en tres diferentes sitios: Ajuno y Erongaricuario, ubicados en la zona lacustre del Lago de Pátzcuaro, y Santiago Undameo, ubicado en las cercanías de Morelia, todos ellos en el estado de Michoacán, México. También se seleccionó el banco de materiales triturados AGC, que se encuentra en la ciudad de Morelia, del cual se obtuvo arena triturada que se adiciono a la mezcla de BTC.

Las proporciones en masa utilizadas para elaborar los bloques fueron 55 % de suelo, 30 % de arena triturada, 10 % de cemento Portland y 5 % de cal. Previo a la elaboración de los bloques se realizó la prueba de compactación Proctor estándar variante A. Posteriormente se realizaron en promedio 15 bloques por cada tipo de suelo, y fueron seleccionados cinco bloques de cada tipo con la finalidad de cortarlos con la máquina de corte en cubos de 8 cm · 8 cm · 8 cm. Los cubos sirvieron para obtener la prueba no destructiva de resistividad eléctrica.

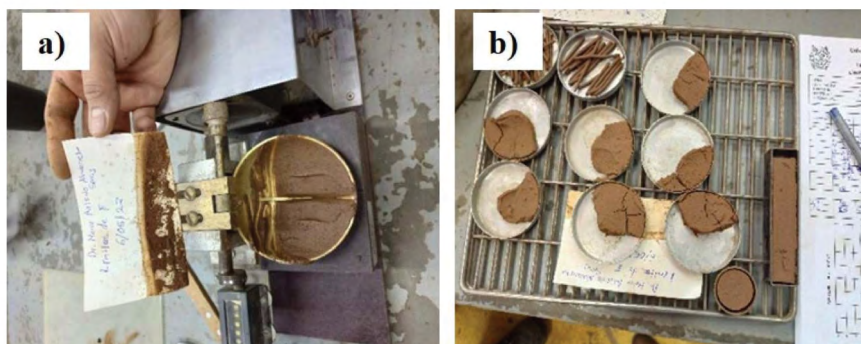
A continuación, se detalla cada una de las pruebas que son necesarias para clasificar y caracterizar el suelo antes de elaborar los BTC.

Límites de consistencia y clasificación SUCS

Para realizar esta prueba se utilizó la norma NMX-C-493-ONNCE que establece los procedimientos para determinar la plasticidad de la muestra de suelo que pasa la malla 0.425 (No. 40), por medio del límite líquido (figura 1a), límite plástico y el índice de plasticidad. Esta norma también indica que el estado líquido es aquel en el que exhibe propiedades y apariencia de una suspensión, el estado semilíquido es aquel que exhibe propiedades de un fluido viscoso, el estado plástico es aquel en el que se puede moldear y deformar, el estado semisólido es aquel que tiene la apariencia de un sólido, pero aun disminuye su volumen si se sigue secado y el estado sólido es aquel en el que el suelo ya no varía al secarse. El límite líquido: el contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en la frontera definida convencionalmente entre el estado semilíquido y el estado plástico. Límite plástico: el contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en la frontera definida convencionalmente entre el estado plástico y el estado semilíquido. Plasticidad: es la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse y agrietarse (NMX-C-493-ONNCE-2018). El límite plástico en el suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa la malla número 0.425 (N° 40), para que se puedan formar con ella rollos de 3 mm, sin que se rompan o se desmoronen. Para obtener el contenido de humedad se requiere una muestra de 10 g obtenida una vez que se registren el número de golpes necesarios para que los bordes inferiores de la ranura se pongan en contacto en una longitud de 13 mm; aunado a lo anterior, se obtuvo la contracción lineal y contracción volumétrica del suelo (figura 1b).

Para la clasificación del suelo se utilizó la norma NMX-C-526-ONNCE-2017, que establece el procedimiento para clasificar los materiales para terracerías, que pueden ser fragmentos de roca o suelos, mediante pruebas índice. Estas pruebas permiten estimar algunas de las propiedades físicas y mecánicas del material y, con base en estas determinar su tipo de acuerdo con un sistema de fragmentos de roca y suelos previamente definido. La misma norma describe los procedimientos para clasificar los suelos para propósitos de ingeniería basada en la determinación en el laboratorio de las características granulométricas, límite líquido e índice plástico (NMX-C-526-ONNCE-2017).

Figura 1. a) Copa de Casagrande para determinar el límite líquido de un suelo y b) rollos de suelo para determinar el límite plástico, muestras para determinación de agua, contracción lineal y contracción volumétrica



Fuente: elaboración propia.

Prueba granulométrica

La composición granulométrica de cada tipo de suelo es diferente, por lo que además de su composición mineralógica influye en la elaboración de BTC. La prueba se realizó según lo establecido en la norma NMX-C-496-ONNCCE-2014. Material y equipo: juego de mallas (N° 4, 10, 20, 40, 60, 100 y 200 y ensamblar en este mismo orden), agitador de mallas, charolas, vaso metálico, cepillo de cerdas, balanza con aproximación 0.1 g y horno.

Prueba de compactación dinámica estándar y elaboración de BTC

La prueba de compactación dinámica estándar se realizó mediante la norma NMX-C-476-ONNCCE, ensayo de compactación dinámica estándar y modificada. En este caso se utilizó el ensayo estándar para determinar, mediante la curva de compactación, la masa volumétrica seca máxima y el contenido óptimo de los materiales térreos. La masa volumétrica seca máxima es la mayor relación de la masa entre volumen que se obtiene en un material con el contenido de humedad óptimo al reducir al mínimo los vacíos entre sus partículas sólidas al aplicar mecánicamente una energía específica de

compactación (NMX-C-476-ONNCCE2019). La importancia de la compactación en los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos (Juárez y Rico, 2005). Cada prueba, según su tipo, se realizará compactando el material con el pisón; y el número de golpes para este caso en particular se utilizó la variante A, que se aplica a materiales que pasan la malla N° 4 (4.75 mm) y se compactan en el molde de 101.6 mm de diámetro interior. Se llena el molde en tres capas cada una con 25 golpes.

Respecto a la elaboración de los BTC se utilizó la norma (NMX-C-508-ONNCCE-2015), además de la clasificación del suelo, límites de consistencia y análisis granulométrico, se realizó la prueba de compactación para determinar la humedad óptima de humedad a utilizar. En dicha prueba se realizaron mezclas con arena triturada, cemento y cal en los porcentajes señalados con anterioridad (figura 2a). Cada mezcla con los tres tipos de

Figura 2. a) Mezcla del suelos con estabilizantes, b) prueba de compactación dinámica estándar, c) elaboración de BTC con la máquina CETA-RAM II y d) bloque de tierra comprimida con suelo de



Fuente: elaboración propia.

suelo fueron mezclados y se agregó con diferentes porcentajes de agua potable para obtener la masa volumétrica seca máxima (figura 2b) que permitió la máxima compactación del material.

Posteriormente se procedió a verter el suelo con la humedad óptima en la máquina CETA-RAM, que es una prensa portátil, de operación manual, concebida para fabricar bloques huecos de suelo-cemento para construcción (figuras 2a y b), finalmente se cubrieron los BTC con bolsas de plástico durante 28 días con la intención que con su propia humedad se curaran los bloques, debido a que el cemento y la cal reaccionan con el suelo.

Resistividad eléctrica

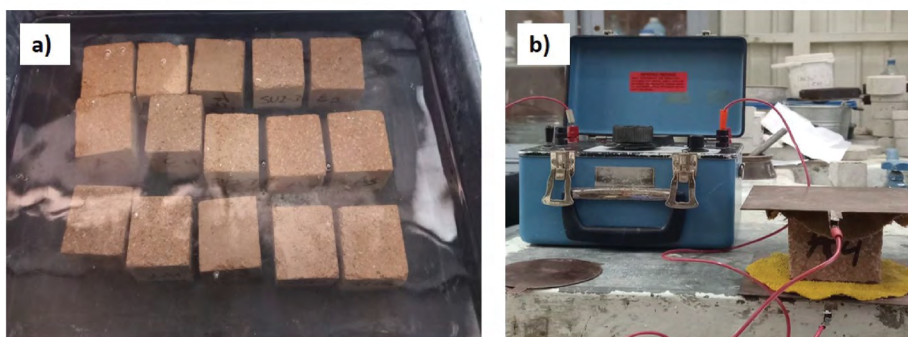
El objetivo de este ensayo es determinar la resistividad eléctrica del concreto en campo o en el laboratorio. La resistividad eléctrica es una propiedad de cada material y corresponde al recíproco de su conductividad; su unidad de medida es el ohm-cm u ohm-m. Depende en gran proporción del grado de saturación de los poros del concreto y en menor grado de la hidratación de la pasta y de la presencia de sales disueltas en la fase acuosa. Es función de variables tales como el tipo de cemento, las adiciones inorgánicas, la relación agua/cemento, la porosidad de la estructura, entre otras (DURAR, 1997). Las muestras se dejaron saturando en agua durante 24 horas, ya que esta prueba se debe realizar en muestras saturadas.

La resistividad es una de las magnitudes físicas con mayor variación para diversos materiales y, por supuesto, para los suelos. Su valor depende de diversos factores, como temperatura, humedad o presión, relación de vacíos, peso volumétrico, etc. En un medio conductor homogéneo e isótropo, el valor de la resistencia en cualquier punto es igual. Sin embargo, el suelo es un medio heterogéneo y anisótropo, por tanto, es de esperarse que los valores de resistividad dependan de varios factores. Se pueden mencionar los siguientes: naturaleza del tipo de suelo o material, humedad, temperatura, concentración de sales disueltas, estratigrafía, variaciones estacionales y compactación (Natalia et al., 2010).

El procedimiento se realizó según la norma NMX-C-514-ONNCCE-2016); esta norma está diseñada para concretos y no para BTC o adobes.

Se utilizó el equipo Soil Resistance Meter, Nilsson Electrical Laboratory Inc. Modelo 400 y los especímenes cúbicos de $8 \cdot 8 \cdot 8$ cm. Una descripción gráfica de este proceso se puede apreciar a continuación (figura 3).

Figura 3. a) Saturación en agua de las muestras cúbicas de BTC durante 24 horas y b) prueba de resistividad eléctrica de las muestras saturadas



Fuente: elaboración propia.

Discusiones y resultados

En la tabla 1 se muestran los límites de consistencia para cada tipo de suelo en su estado natural. Se debe observar que el comportamiento del suelo de Erongaricuario y Ajuno tienen valores muy similares en cuanto al límite líquido y límite plástico. Sin embargo, el índice plástico es más grande para el suelo de Erongaricuario. El suelo de Erongaricuario presenta mayor contracción lineal y volumétrica que el suelo de Ajuno. Es importante mencionar que ambos se clasifican como limos de baja compresibilidad. Para el suelo de Santiago Undameo tanto el límite líquido, límite plástico resultan ser menores que los suelos de Erongaricuario y Ajuno. El límite plástico y la contracción lineal son mayores, pero la contracción volumétrica menor comparado con los suelos de Erongaricuario y Ajuno. El suelo de Santiago Undameo se clasifica como arcilla de baja plasticidad.

Tabla 1. Límites de consistencia

Límites de consistencia, contracción lineal y clasificación SUCS	Ajuno (A)	Erongaricuario (E)	Santiago Undameo (SU)
Límite líquido (LL),%	49.9	48.78	34.46
Límite plástico (LP), %	33.33	31.25	14.00
Índice plástico (IP), %	11.57	17.53	20.26
Contracción lineal (CL), %	7.00	7.65	8.67
Contracción volumétrica (CV), %	47.61	58.97	36.84

Fuente: elaboración propia.

Los límites de los tamaños de las partículas que constituyen un suelo ofrecen un criterio obvio para una clasificación descriptiva del mismo. Con el advenimiento de la técnica del cribado, fue posible efectuar el trazo de curvas granulométricas, contando con agrupaciones de las partículas del suelo en mayor número de tamaños diferentes. Actualmente se pueden ampliar notablemente las curvas en los tamaños finos, gracias a la aplicación de técnicas de análisis de suspensiones. Según la clasificación internacional los suelos se pueden clasificar de acuerdo con la tabla 2 (Juárez y Rico, 2005). Para este caso en estudio los suelos se clasifican como gruesos debido a que más del 50 % de las partículas de la fracción gruesa tienen tamaño mayor que 0.075 mm (malla N°. 200) (M.MMP.1.02/03, 2003).

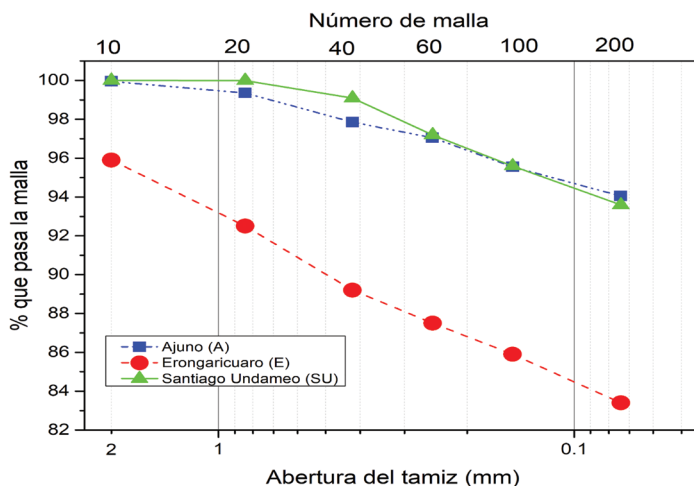
Tabla 2. Clasificación internacional

2	0.2	0.02	0.002	0.0002	
	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Ultra-Arcilla (coloides)

En la figura 4 se observan las curvas granulométricas de los suelos de Ajuno, Santiago Undameo y Erongaricuario. Los primeros tienen una composición granulométrica muy parecida, sin embargo, el suelo de Erongaricuario presenta mayor porcentaje retenido de arena.

El problema de la identificación de suelos es de importancia fundamental en la ingeniería; identificar un suelo es, en rigor, encasillarlo dentro de un sistema previo de clasificación. Es colocarlo en alguno de los grupos del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). La identificación permite conocer en forma cualitativa, las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, atribuyéndole las del grupo en que se sitúe; naturalmente, la

Figura 4. Curvas granulométricas para los suelos de Santiago Erongaricuaro, Ajuno y Santiago Undameo



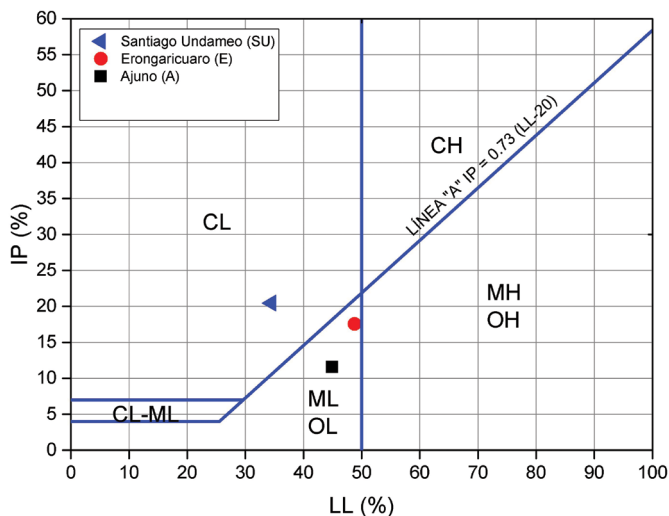
Fuente: elaboración propia.

experiencia juega un papel importante en la utilidad que se pueda sacar de la clasificación (Juárez y Rico, 2005).

El suelo fino se clasifica como limo cuando su límite líquido (LL) y su índice plástico (Ip), determinados como se indica en la norma NMX-C-493-ONNCCE-2014, define un punto ubicado en las zonas I o III de la carta de plasticidad y se identifica con el símbolo M (del sueco mo y mja-la). Si dicho punto se aloja en la zona I, el material se clasifica como limo de alta compresibilidad y se identifica con el símbolo ML (NMX-C-526-ONNCCE-2017). De acuerdo con lo anterior y con la Figura 5 se observa que el suelo de Erongaricuaro y Ajuno se clasifican como limo de baja compresibilidad.

El suelo fino se clasifica como arcilla cuando su límite líquido (LL) y su índice plástico (IP), determinados como se indica en la norma NMX-C-493-ONNCCE-2014, definen un punto ubicado en las zonas II o IV de la carta de plasticidad y se idéntica con la letra C (del inglés Clay) (NMX-C-526-ONNCCE-2017). Por lo tanto el suelo de Santiago Undameo se ubica en la zona II por lo que se clasifica como una arcilla de baja compresibilidad (CL) (figura 5).

Figura 5. Carta de plasticidad (SUCS)



Fuente: elaboración propia.

Para ilustrar la variación del peso específico seco máximo y la humedad óptima con el método de compactación, F.N. Haveem presentó resultados obtenidos de varios suelos, que cubren la gama desde piedra triturada que pasa la malla 4 hasta arcilla limosa. Estos suelos se estudiaron según varios procedimientos de compactación que incluyó Proctor Estándar American Association of State Highway Officials (AASHTO estándar), el Proctor Modificado (AASHTO modificado), el método de compactación por impacto de California y un método que usa un compactador mecánico. Aunque todos estos métodos compactan el suelo por el impacto de un pistón, existen diferencias en el peso y la altura de caída libre del mismo, así como en el número y espesor de las capas del suelo. Por lo tanto es evidente que el procedimiento que da los mayores pesos específicos secos máximos corresponde a una menor humedad óptima. La humedad óptima es una variable que depende de la energía de compactación. Así la compactación se aplica a suelos con el fin de mejorar sus características de compresibilidad, relación esfuerzo-deformación y resistencia (Juárez y Rico, 2005).

En la figura 6 se observan los resultados de la prueba de compactación dinámica estándar (Prueba proctor estándar) variante A, se observa que el

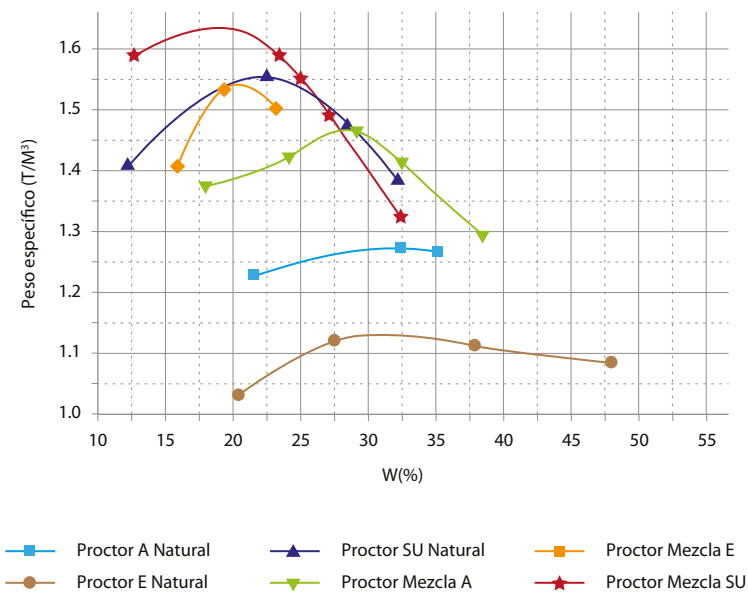
peso volumétrico específico seco es menor para aquellos suelos sin estabilizante, y es el caso contrario al mezclarlos con arena triturada, cemento y cal, como puede observarse, por ejemplo, para el caso de Erongaricuaru donde es notable que aumentó considerablemente su peso específico seco al estabilizarlo. También es evidente que se mejoraron las características del suelo de Ajuno y Santiago Undameo. Por ejemplo, el suelo de Santiago Undameo registró el mayor incremento de peso específico seco al ser estabilizado. Esta prueba básicamente nos proporciona la humedad óptima para proceder con la compactación, en este caso para la elaboración de BTC. Esta mejora en el peso específico seco del suelo se atribuye a las siguientes consideraciones.

El estabilizante es un material que, como su nombre lo indica, permitirá mejorar las características físicas del suelo, ya sea aumentando la resistencia a la compresión, a la tracción, o bien reduciendo las fisuras provocadas por la retracción de la arcilla (Rubén y Gutiérrez, 2010).

El cemento Pórtland I es un conglomerante hidráulico que resulta de la pulverización del clínker a un grado de finura determinado al cual se le adiciona sulfato de calcio (yeso) o agua a criterio del fabricante para mejorar su fraguado. El clínker se compone por silicatos, aluminatos y ferroaluminatos cálcicos; estos elementos, al ser mezclados con agua, reaccionan para posteriormente formar cristales entrelazados. Cal: el intercambio de iones ocurre en el barro con cal como estabilizador si existe suficiente humedad. Los iones de calcio de la cal se intercambian con los iones metálicos de la arcilla formando uniones estabilizadoras (Minke, 2001).

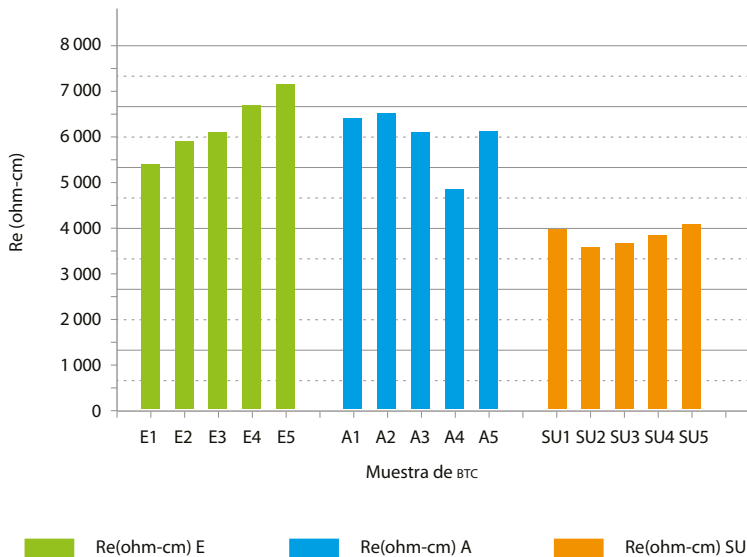
La prueba no destructiva de resistividad eléctrica se utiliza comúnmente para determinar la resistividad en el concreto. Cuanto mayor es la resistividad eléctrica, menor es la porosidad del concreto; por tanto, mayor será su impermeabilidad y resistencia mecánica, al contener más fase sólida por volumen. Además, si el concreto no se encuentra saturado de agua, la resistividad crece, debido a que el concreto no posee propiedades conductivas, es decir, las cargas eléctricas se transmiten a través de la fase acuosa presente dentro de la microestructura de poros, por lo que también es un indicador de su grado de saturación. Por lo tanto, la resistividad eléctrica es un indicador de la calidad del concreto al indicar, indirectamente, su porosidad y grado de saturación (Torres et al., 2019).

Figura 6. Curvas de ensayo de compactación dinámica



Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, en esta investigación se aplicó la prueba de resistividad eléctrica a las muestras de BTC. En la figura 7 se observa mayor resistividad eléctrica en las muestras de Erongaricuario (en promedio 6 193.84 ohm-cm) y Ajuno (en promedio 5 920.10 ohm-cm), comparado con las muestras de Santiago Undameo (en promedio 3 761. 58 ohm-cm). También se realizó la prueba de porcentaje de absorción (D18.12, 2015; Navarro et al., 2011) obteniendo como resultado 9.71 % de absorción en promedio para las muestras elaboradas con suelo de Ajuno (A), 9.71 % de absorción para muestras de Erongaricuario (E) y 3.50 % para muestras elaboradas con suelo de Santiago Undameo (SU), cabe señalar que la prueba se pudo realizar debido a que en 24 horas de saturación en agua potable, no hubo pérdida de material en las aristas de las muestras cúbicas.

Figura 7. Resultados de prueba de resistividad eléctrica en muestras de 8 cm · 8 cm · 8 cm saturadas

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Se logró elaborar bloques de tierra comprimida (BTC) con diferentes tipos de suelo Erongaricuario, Ajuno y Santiago Undameo. Los estabilizantes utilizados fueron los adecuados debido a que se pudieron cortar muestras cúbicas, lo que nos indica una compactación bastante adecuada y con fuertes uniones cohesivas entre sus componentes. Se requieren las pruebas de mecánica de suelos, como la determinación límites de consistencia, curvas granulométricas, clasificación del suelo y prueba de compactación Proctor estándar definitivamente, antes de elaborar los bloques de BTC, para estimar su comportamiento físico-mecánico y, sobre todo, conocer la humedad óptima de compactación. Al agregar arena triturada, cemento Portland y cal aumenta el peso específico seco de las mezclas, lo cual se pudo demostrar con las curvas de compactación siendo más evidente en las mezclas de Erongaricuario al compararlo con el mismo suelo sin estabilizantes (con

estabilizantes 1.55 T/m^3 y sin estabilizante 1.14 T/m^3). En cuanto la prueba no destructiva empleada en esta investigación permite clasificar las diferentes mezclas, sin embargo no se puede comparar con las condiciones de un concreto hidráulico, por lo que se debe contrastar con pruebas mecánicas destructivas tales como resistencia a compresión uniaxial y prueba Point Load. Es importante señalar que las muestras cúbicas de BTC de Santiago Undameo son las que poseen menor porcentaje de absorción y en construcciones con suelo se busca que los materiales empleados sean durables sobre todo en presencia de agua, coincidentemente al ser estabilizado este tipo de suelo y realizar la prueba de compactación proctor se obtuvo el mayor peso específico seco comparado con el resto de las mezclas. La disposición de los materiales lo convierte en un material sostenible debido a que en Erongaricuaró, Ajuno y Santiago Undameo son lugares donde se utiliza el suelo con bastante regularidad para elaboración de ladrillo rojo recocido. Por lo que con la elaboración de BTC se reducen las emisiones de CO_2 al medio ambiente, debido a que no se requiere la quema de ningún combustible para su cocción. En sí representa una alternativa viable para la construcción de vivienda, que con mayor difusión de las propiedades físicas y mecánicas, se puede convertir en una alternativa más de construcción en las zonas cercanas a Morelia Michoacán, México.

Se pretende seguir con la investigación agregando diferentes estabilizantes a las mezclas de suelo, con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos. Finalmente, se observó que los estabilizantes propuestos lograron mejorar las características de las mezclas con los diferentes tipos de suelo, por lo que se recomienda utilizarlos en la construcción de vivienda sostenible.

Agradecimientos

El autor agradece el soporte de la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, CIC-UMSNH; del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología, CONAHCYT, con los Proyectos de Ciencia de Frontera de Grupo, CF-2023-G-985, con el de Investigadores Consolidados, CBF 2023-2024-1613, y el PRONACE 321260; del ICTI, Instituto de Ciencia Tecnología e Innovación del Gobierno del

Estado de Michoacán con los Apoyos a las Capacidades Científicas; y el soporte técnico y humano del Laboratorio Ing. Luis Silva Ruelas del Departamento de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH.

Referencias

- Aranda-Jiménez, Y., Zuñiga-Leal, C., Moreno-Chimely, L. y Robles-Aranda, M. E. (2023). Compressed earth blocks (CEB) compression tested under two earth standards. *Cogent Engineering*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2163116>
- Arduin, D., Caldas, L. R., Paiva, R. de L. M. y Rocha, F. (2022). Life cycle assessment (LCA) in earth construction: A systematic literature review considering five construction techniques. *Sustainability*, 14(20), 13228. <https://doi.org/10.3390/su142013228>
- ASTM C127-04. (2015). *Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate*. American Society for Testing Materials (ASTM).
- Bogas, J. A., Real, S., Cruz, R. y Azevedo, B. (2023). Mechanical performance and shrinkage of compressed earth blocks stabilised with thermoactivated recycled cement. *Journal of Building Engineering*, 79, 107892. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107892>
- Cabrera, S., González, A. y Rotondaro, R. (2020). Resistencia a compresión en bloques de tierra comprimida. Comparación entre diferentes métodos de ensayo. *Informes de la Construcción*, 72(560). <https://doi.org/10.3989/ic.70462>
- DURAR. (1997). *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*. CYTED, Red temática XV.B- Durabilidad del Hormigón.
- Galarza-Viera, J. L., Hernández-Olivares, F. y Arcones-Pascual, G. (2022). Estabilización de bloques de tierra comprimida (BTC) por adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y óxido de calcio recuperado de conchas marinas = Stabilization of compressed earth bricks (CEB) by adding (SBA) sugarcane bagasse ash and CaO re. *Anales de Edificación*, 7(1), 30. <https://doi.org/10.20868/ade.2021.4768>
- Guillén Guillén, C. A., Muciño Vélez, A., Guerrero Baca, L. F. y Cruz Farrera, F. J. (2021). Optimización del proceso de elaboración de bloques de tierra comprimida (BTC) mediante el control granulométrico de las partículas del Suelo. *Nova Scientia*, 13(27). <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2891>
- Hveem, F. N. (1957). *Maximum density and optimum moisture of soils: What do these terms mean?* 36th Annual Meeting of the Highway Research Board [ponencia], Washington, D. C., United States.
- Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de suelos. Tomo 1. Fundamentos de la mecánica de suelos*. Limusa.
- Laguna-Torres, C. A., González-López, J. R., Guerra-Cossío, M. Á., Guerrero-Baca, L. F., Chávez-Guerrero, L., Figueroa-Torres, M. Z. y Zaldívar-Cadena, A. A. (2024). Effect of physical, chemical, and mineralogical properties for selection of soils stabilized by alkaline activation of a natural pozzolan for earth construction techniques such as

- compressed earth blocks. *Construction and Building Materials*, 419, 135449. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135449>
- Malkanathi, S. N., Wickramasinghe, W. G. S. y Perera, A. A. D. A. J. (2021). Use of construction waste to modify soil grading for compressed stabilized earth blocks (CSEB) production. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00717. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00717>
- Minke, G. (2001). *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial Fin de Siglo.
- Natalia, P. G., Paul, G. A., Víctor Hugo, D. y Noe, L. (2010). *Evaluación de la resistividad en campo y en laboratorio y su aplicación a pavimentos*. Secretaría de Comunicaciones y Transporte.
- Navarro, L., Martínez, W. y Espinoza, A. (2011). *Análisis de materiales, manual de análisis de materiales, resistencia de materiales*. FIC-UMSNH.
- NMX-C-476-ONNCCE. (2019). *Industria de la construcción-geotecnia-materiales térreos-compactación dinámica estándar y modificada-métodos de ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-493-ONNCCE. (2018). *Industria de la construcción-geotecnia-límites de consistencia de Suelos-Método de Ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-496-ONNCCE. (2014). *Industria de la construcción-geotecnia-materiales para terracerías-determinación de la composición granular*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-508-ONNCCE. (2015). *Industria de la construcción-bloques de tierra comprimida estabilizados con cal-especificaciones y métodos de ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-514-ONNCCE. (2016). *Industria de la construcción-resistividad eléctrica del concreto hidráulico-especificaciones y métodos de ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-526-ONNCCE. (2017). *Industria de la construcción-geotecnia-materiales térreos-clasificación de fragmentos de roca y suelos-método de ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- Rubén, S. y Gutiérrez, R. (2010). *Los bloques de tierra comprimida en zonas húmedas*. Plaza y Valdés.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2003). *MMP. Métodos de muestreo y prueba de materiales*. Secretaría de Comunicaciones y Transporte.
- Torres Acosta, A. A., Moreno Valdés, A., Rodríguez Mendo, G., Lomelí González, M. G. y Matínez Madrid, M. (2019). *Efecto de la temperatura de prueba y la resistividad eléctrica húmeda en cilindros de concreto*. Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

12. Aplicación de estrategias alternativas en la construcción para la vivienda vulnerable



JOSÉ MANUEL MACEDO PAREDES^{*}
EUNICE DEL CARMEN GARCÍA GARCÍA^{**}
ALFREDO CERQUEDA MÉNDEZ^{***}
FERNANDO NOEL WINFIELD REYES^{****}

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.12>

Resumen

El trabajo muestra una de las alternativas constructivas que, basándose en la experiencia y transferencia de conocimientos de arquitectura, busca el mejoramiento de la habitabilidad de la vivienda vulnerable en climas fríos, fundamentándose en conceptos de habitabilidad, producción social del hábitat, vivienda vulnerable y materiales, sistemas y procedimientos de la construcción asequibles y alternativos.

Se propone la utilización del microconcreto como material base para elaborar muros y tejas de cubierta como alternativa constructiva térmica se tiene como caso práctico la zona de Xico Viejo, Veracruz, así mismo se muestra el sistema constructivo global con el cual se pone de manifiesto la viabilidad de la propuesta.

Como resultados se espera confort térmico para un clima frío en las viviendas más vulnerables de una zona serrana, lo que coadyuva a la mejora de condiciones de habitabilidad de los usuarios del espacio intervenido,

^{*} Maestro en Energías Renovables, Arquitectura y Urbanismo. Profesor en la Facultad de Arquitectura Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4806-3098> ; correo electrónico: mmacedo@uv.mx

^{**} Doctora en Proyectos Arquitectónicos. Profesora-investigadora en la Facultad de Arquitectura Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8224-0259>

^{***} Maestro en Arquitectura. Profesor en la Facultad de Arquitectura Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9220-2382>

^{****} Doctor en Arquitectura. Profesor de la Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura Xalapa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5220-6401>

el acercamiento de alumnos a situaciones reales sobre las prácticas alternativas y la divulgación de la propuesta para su réplica en otros lugares como estrategia constructiva.

Palabras clave: *habitabilidad, estrategias alternativas constructivas, vivienda vulnerable*

Introducción

Referirse a la vivienda casi siempre hace pensar en ella como un producto comercial, aunque su concepción va más allá, es la segunda piel del habitador, lo cual aplica para todos los niveles socioeconómicos, culturales, psicológicos y fisiológicos. Pero un gran número de viviendas en nuestro país se autoconstruyen sin asesoría o con materiales o procedimientos discordes; en ese sentido, la academia juega un papel importante al transferir conocimiento y promover la producción social del hábitat.

En el presente escrito se muestra una opción de construcción de vivienda con procedimientos alternativos para un clima frío para una población en condiciones de vulnerabilidad. La propuesta se torna como una posibilidad de guía para mejorar el bienestar habitacional de los usuarios en mención, así como abonar en los retos planteados por la ONU-Hábitat para la vivienda en México.

Desarrollo

Planteamiento del problema

Según las estimaciones de la ONU-Hábitat, al menos el 38.4 % de la población mexicana reside en un hogar que no cuenta con las condiciones apropiadas; esto implica vivir en espacios reducidos, contruidos con materiales poco duraderos o que carecen de servicios mejorados de agua y saneamiento.

Dentro del conocimiento de las exigencias sociales inherentes a las viviendas más desfavorecidas, se detecta el problema de la escasa oferta de

materiales de construcción o métodos alternativos que posibiliten la reducción de costos o tiempos en su edificación.

Justificación

Se parte de los retos que arroja la ONU-Hábitat (2018) respecto a la urgencia para atender a la población cuyo hogar necesita mejorar sus condiciones de habitabilidad, por ello, desde la academia se propone un modelo constructivo que contribuya a una solución.

Se intenta favorecer a un porcentaje de los 12.6 millones de viviendas en condición de rezago, a la par de dotar de un mejoramiento térmico de la vivienda, para reducir el impacto ambiental de la vivienda y aumentar la resiliencia de esta para adaptarse al cambio climático, ayudando así a reducir el consumo energético al buscar confort térmico.

Objetivo

Se presenta como objetivo principal divulgar conocimiento constructivo alternativo entre los habitantes de la vivienda vulnerable en clima frío con la intención de mejorar sus condiciones de habitabilidad y asequibilidad.

A la par, este objetivo conlleva diversos beneficios colaterales que van desde una cohesión social a partir de la participación ciudadana para la implementación de este proceso constructivo, así como la valoración de los espacios arquitectónicos como propios al ser construidos en colaboración.

Difundir esta estrategia de abordaje de la vivienda vulnerable que ayude a los retos actuales de la ONU-Hábitat en relación con la vivienda y los objetivos de desarrollo sustentable para México y al Programa Nacional de Vivienda 2021-2024.

Hipótesis

A través de la transferencia de prácticas constructivas alternativas que incluyan opciones asequibles de materiales, sistemas y procedimientos de la edificación, los usuarios de la vivienda vulnerable de clima frío podrán conocer y construir hábitats que coadyuven a mejorar su bienestar habitacional.

Marco teórico

Como elementos teóricos que fundamentan el planteamiento de este estudio se exponen ciertos conceptos que se creen primordiales para el éxito del modelo de construcción para las viviendas vulnerables. Comprender vías alternas de construcción partiendo de una base científica llevadas a un ámbito popular puede generar beneficios para los habitantes de una comunidad para mejorar su habitabilidad.

Habitabilidad

Se hace necesario partir de la idea global del concepto de habitabilidad como las condiciones óptimas que una vivienda debe tener para garantizar el bienestar y la comodidad de sus habitantes. Factores como la calidad del aire, la iluminación, la temperatura, el nivel de ruido, el acceso al agua potable y al saneamiento, y la seguridad estructural influyen directamente en la calidad de vida de las personas.

Una vivienda que cumple con los parámetros de habitabilidad adecuados contribuye a proteger la salud física y mental de sus residentes, y les brinda un entorno seguro, confortable y propicio para el descanso, el desarrollo personal y la convivencia familiar. Por lo tanto, la habitabilidad es un aspecto fundamental para tener en cuenta en las viviendas vulnerables de México, ya que su falta puede tener un impacto negativo en la calidad de vida de las personas que las habitan.

Desde una visión antropológica la vivienda está ligada con la territorialidad, a una apropiación del lugar que se da del sujeto individual y social para generar identidad de barrio o de comunidad (Ortiz, 2012).

Este trabajo se centra en la vivienda al ser el espacio arquitectónico que mayormente ocupa el territorio, sin embargo, no hay que olvidar que también es un derecho constitucional que se establece en el artículo 4º “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917, p. 10). Por otro lado, la Ley de Vivienda para el Estado de Veracruz dice en su artículo 3:

Las familias que habitan en el Estado, tienen derecho de acceso a una vivienda digna y adecuada, entendida ésta como el lugar habitable, seguro, accesible y salubre que permita la integración social y humana, que cuente con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica en cuanto a su propiedad y legítima posesión. (INVIVIENDA, 2017, p. 6)

Es por ello el interés de esta investigación proponer una posible solución para mejorar la habitabilidad de las viviendas vulnerables en climas fríos. Cabe mencionar la importancia de la población como el principal actor, usuario y benefactor de la vivienda, por eso, partiendo de una visión interdisciplinar y apoyándose en estrategias contemporáneas de participación, es necesario indagar en la mirada de la producción social del hábitat, para ayudar a una apropiación y valorización de la vivienda dentro de una comunidad, barrio o sector social.

Producción social del hábitat

La producción social del hábitat es un enfoque que promueve activamente la participación de la comunidad en el proceso de construcción y mejora de sus viviendas. Se basa en la idea de que quienes viven vulnerables son protagonistas de su propio desarrollo, y que su participación activa y su empoderamiento son fundamentales para alcanzar viviendas adecuadas y sostenibles que respondan a sus necesidades. Este enfoque implica una colaboración estrecha y efectiva entre actores sociales, organizaciones

comunitarias, gobiernos y entidades de la sociedad civil, unidos para promover la autogestión, la solidaridad y, sobre todo, la valiosa participación ciudadana en la producción de viviendas (Cilley y Markovina, 2021).

La colaboración de los actores sociales busca garantizar que las viviendas sean dignas y respeten los derechos humanos y fomentar la creación de un ambiente comunitario sólido y positivo. Con esta colaboración, se busca que quienes habitan estas viviendas adquieran habilidades, conocimientos y recursos necesarios para construir, mantener y mejorar sus hogares. La producción social del hábitat propone un modelo de desarrollo basado en la solidaridad y la participación ciudadana, donde las comunidades se convierten en protagonistas de su propio cambio y progreso.

La producción social del hábitat es una estrategia que busca fomentar la inclusión social, la equidad y la justicia, reconociendo que todas las personas tienen derecho a un hogar digno y adecuado, sin importar su condición socioeconómica. Además, la producción social del hábitat también busca promover la sostenibilidad ambiental. Se busca la utilización de recursos locales, la implementación de técnicas de construcción amigables con el medioambiente y la generación de conciencia sobre la importancia de vivir de manera sostenible (Newell et al., 2022).

Se cree en este estudio que la vía para empoderar a los habitantes de las viviendas fundadas en zonas de riesgo o con un grado de vulnerabilidad es a través de la participación ciudadana en la construcción de sus propios espacios.

Vivienda vulnerable

La vivienda es el primer lugar de la ocupación del espacio de la ciudad, y entre ellas se genera espacios de relación, pero cuando la propia vivienda y por ende los espacios que la rodean no tienen acceso adecuado a viviendas seguras y adecuadas. Esto puede incluir a aquellos que viven en viviendas precarias, con falta de servicios básicos o en condiciones de hacinamiento. Además, también se considera a personas que viven en asentamientos informales o en áreas expuestas a riesgos naturales, como inundaciones, terremotos o deslizamientos de tierra.

Según las estimaciones de la ONU-Hábitat, al menos el 38.4 % de la población mexicana reside en un hogar que no cuenta con las condiciones apropiadas; esto implica vivir en espacios reducidos, contruidos con materiales poco duraderos o que carecen de servicios mejorados de agua y saneamiento (ONU-Hábitat, 2018).

La falta de viviendas adecuadas puede tener un impacto significativo en la calidad de vida de estas personas y familias, afectando su salud, seguridad y bienestar general. Por lo tanto, es decisivo comprender este contexto y desarrollar estrategias integrales para abordar estas problemáticas.

Estas estrategias pueden incluir la mejora de las viviendas existentes, la construcción de nuevas viviendas seguras y asequibles, la implementación de infraestructuras básicas, como sistemas de agua y saneamiento, y la adopción de medidas de mitigación de desastres naturales. Asimismo, es fundamental promover la participación activa de las comunidades afectadas en la toma de decisiones y en la implementación de soluciones sostenibles. Solo a través de un enfoque integral y colaborativo, se podrá lograr mejorar la situación de estas viviendas vulnerables y garantizar un entorno habitable y seguro para todos.

Materiales y sistemas constructivos alternativos

Existen diversos tipos de estrategias alternativas en la construcción que pueden aplicarse en la vivienda vulnerable. Ejemplos de ello son el uso de materiales reciclados o reutilizables para construir muros y techos. Otra estrategia es la implementación de técnicas de construcción sostenible, como la utilización de sistemas de captación de agua de lluvia u otros.

También se pueden aplicar sistemas de autoconstrucción asistida, que viene muy de la mano de la producción social del hábitat, en donde las comunidades son capacitadas para construir sus propias viviendas con la ayuda de profesionales.

En adición a estas estrategias, también es importante considerar el uso de tecnologías innovadoras en la construcción de viviendas vulnerables. Para este trabajo se propone utilizar materiales convencionales mezclados

para una mejor eficiencia energética de las viviendas y reducir los costos de calefacción y refrigeración.

Lo ideal sería también implementar políticas de vivienda asequible que permitan a las personas de bajos ingresos acceder a viviendas de calidad y asequibles, garantizando así una mayor equidad en el acceso a la vivienda.

La educación y la capacitación son aspectos fundamentales para promover la implementación de estas estrategias. Es necesario brindar información y formación a los residentes sobre los beneficios de estas tecnologías y prácticas, así como fomentar la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con el diseño y la construcción de viviendas.

Además, es importante establecer alianzas entre organismos gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas para impulsar iniciativas conjuntas y compartir recursos y conocimientos (Morrillo y Castro, 2024).

Microconcreto

El microconcreto puede definirse como el resultado de la mezcla de cemento, agua y agregados como arena y grava, esta última con una granulometría tal que caracteriza el nombre de “microconcreto” por el tamaño máximo del agregado grueso que no excede de los 10 mm. Es importante considerar la expulsión del aire de la mezcla por medio del vibrado de la misma con el objeto de densificar la mezcla y así obtener mejores resistencias a la compresión simple del orden entre 150-400 kg/cm (SKAT, 1989).

Para obtener elementos constructivos de buena calidad se deben cuidar aspectos como la calidad del cemento, la calidad del contenido de limos y arcillas que pueden afectar el resultado final de la mezcla. De igual forma se debe determinar el contenido de humedad de las arenas utilizadas ya que puede afectar la relación agua/cemento y, en consecuencia, afectar las resistencia y porosidad de la mezcla que inciden en la permeabilidad de los elementos a fabricar (paneles para muros y tejas para cubierta).

Para lograr una buena calidad de la mezcla se deben implementar pruebas de laboratorio con pruebas sencillas que deben realizarse durante la producción, preparación, desmoldeo y control final.

Estos ensayos son los siguientes:

- Laborabilidad. Controlar las proporciones correctas de la dosificación.
- Desmolde y curado. Dimensiones y forma. Que consiste en cuidar los espesores y escuadría. Previo al desmoldeo, el curado inicial se efectúa dentro del mismo molde plástico que está diseñado para apilar 50 moldes, uno encima del otro, de tal forma que se crea una cámara de curado entre moldes que impide la pérdida de humedad acelerada. El curado posterior al desmolde se puede efectuar preferentemente en tanques de curado para sumergir el elemento o cubrirlo con plástico con el propósito de que las piezas conserven la humedad generada por el fraguado del microconcreto.

Control final.

- Porosidad y fisuración
- Resistencia (prueba del sonido)
- Ensayo de flexión
- Ensayo de tracción del tacón de fijación
- Prueba de permeabilidad
- Ensayo de peso
- Prueba de impacto

El resultado es obtener mediante esta tecnología elementos constructivos económicos, ligeros y resistentes que formen un sistema ligero para construir muros y cubiertas.

Metodología

Para describir la metodología hay que considerar que existe una visión global de la propuesta y otra más específica de los procesos realizados ya en conjunto con la participación comunitaria. Por lo que, al hablar de la visión global de la propuesta, se planteó como el ejercicio experimental

de un sistema constructivo alternativo con elementos constructivos fáciles de elaborar, ensamblar y que traerá beneficios para los habitantes que lo implementen.

Desde el ámbito técnico, en la propuesta se diseñaron las máquinas de elaboración de los paneles, tejas y cumbreras partiendo de la premisa de que son elementos fáciles de manufacturar y que la máquina pueda ser replicada en donde sea posible su uso. Se estudiara los materiales constructivos, así como los requerimientos técnicos en relación con sus proporciones, partiendo de sus características de resistencia, capacidad como aislamiento térmico y, sobre todo, considerando que brinden seguridad estructural para los futuros habitantes en búsqueda de una mejor habitabilidad de sus viviendas.

Este planteamiento previo se realizó en el marco de la Especialización en Vivienda de la Facultad de Arquitectura, la Dirección de Vinculación de la Universidad Veracruzana, donde colaboraron los profesores: Dr. Arq. Fernando Noel Winfield Reyes, Ing. José Manuel Macedo Paredes, el alumno en servicio social Edgar Martínez Muñoz y el Arq. Mario Fernández de la Garza con recursos asignados por el CONAFOVI (Consejo Nacional de Fomento a la Vivienda).

La población colaboró en la logística de aplicación en planeación, para implementar la situación real; alumnos, profesores y comunidad unieron fuerzas para llevar a la realidad lo planteado dentro de la materia.

Por otro lado, el planteamiento de la implementación comunitaria se basa en la investigación documental apoyándose en los conceptos del marco teórico para posteriormente desglosar los pasos a realizar para la correcta creación, ejecución e implementación de los paneles de microcemento y tejas en una vivienda vulnerable con clima frío.

La manera en cómo se operativiza la actividad comienza con la organización del trabajo comunitario, aunque también puede ejecutarse como un desarrollo individualizado. Se propone que la gente de la comunidad se divida en tres grupos para aprovechar el tiempo de capacitación para elaborar el panel, la teja y montaje de la estructura para producir el material de construcción y comenzar con el trabajo de la edificación.

Para la organización del espacio se plantea que la mitad se utilice para elaborar el panel y la otra mitad para la teja. La capacitación de la población es importante ya que el panel quedará con acabado aparente, por eso

necesita estar bien trabajado, igual que la teja bien ensamblada en el montaje global.

Las mezclas deben realizarse en un área contigua a la de elaboración, en un espacio semiabierto como protección de la lluvia.

Figura 1. Organización y operación de trabajo comunitario



Fuente: elaboración propia.

Materiales, herramientas y procedimiento constructivo

En esta sección se desglosa el proceso constructivo, las herramientas y los materiales empleados para la construcción y ensamblaje de las piezas a realizar, se especifican detalles técnicos que servirán para la correcta ejecución, previendo posibles problemas durante la creación.

Fabricación de la mezcla

Los materiales adecuados con los que se prepara la mezcla para la fabricación del panel de microconcreto y teja son cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (arenilla, granzón, grava triturada), agua limpia y aditivos de preferencia fluidificantes.

Los materiales para construcción deben colocarse en un lugar seco y cubierto para evitar la humedad del piso, se recomienda que antes de su uso se verifique que se encuentren libres de basura y cernirlos antes de preparar la mezcla.

Para elaborar las mezclas, hay que tener la herramienta adecuada para obtener mejores resultados en la fabricación de estas: palas, cubetas, cuchara de albañil, cernidores, cuchara dosificadora y botes de 19 litros limpios.

La mezcla se fabricará en el lugar más cercano al que será destinada, en un piso limpio, de preferencia nivelado y humedecido. Se debe prever que los materiales utilizables para la mezcla estén libres de impurezas o basuras. Con ello, las cantidades de los materiales dependerán de la especificación que maneje la proporción, en este caso, para el panel y teja corresponde a una proporción cemento-arena-agregado grueso 1:2:8.

Una vez colocados los materiales para la mezcla en el suelo con las características mencionadas se procede a revolver todo uniformemente agregando el agua dosificadamente, el resultado de la revoltura deberá tener una consistencia pastosa para su mejor manejabilidad, cuando la mezcla ya se encuentre lista, se deberá aplicar de inmediato antes de que pasen de 40 a 45 minutos, por ello es conveniente que se elabore solo la mezcla necesaria y repetir la operación tantas veces sea necesario.

Antes de hacer cualquier muestra, hay que hacer pruebas de granulometría. Primero se debe determinar el peso del cemento sin compactación que debe de caber en un jarro de 2 litros, para ello se debe dejar caer el cemento de 2 centímetros de altura enrasando el jarrón. Después, para preparar la arena, se debe secar extendida en una superficie a la sombra y ventilada, usando granos saturados sin humedad superficial.

Por su parte, para calcular la cantidad de agua, la mezcla debe tener una relación agua/cemento igual a .50. La cantidad de agua se calcula por peso de agua $(g) = \text{cemento (g)} \times A/C$, multiplicar el peso del cemento obtenido antes por 50 de la relación A/C (agua/cemento).

Para la preparación de la mezcla, debe verterse el cemento sobre una superficie lisa, medir y vertir también la cantidad de agua correspondiente mientras se mezcla con cuchara de albañil para obtener una mezcla uniforme. La cantidad de arena necesaria será el doble de la proporción del cemento.

Figura 2. *Proceso de elaboración de mezcla y herramientas a utilizar*

Fuente: elaboración propia.

Fabricación de paneles de microconcreto

El microconcreto está caracterizado como un concreto de altas prestaciones, para lograr efectos especiales a veces se usan colorantes y aditivos.

Las herramientas básicas para la elaboración del microconcreto son cuchara de albañil mediana, flexómetro o cinta de medición, pinzas de corte, palas, cubetas de 19 litros, cernidores, cuchara dosificadora, desarmadores, juego de llaves españolas y pinzas de presión.

El panel es una placa hecha a partir de microconcreto, armado con malla electrosoldada 4-4/10-10 para pisos; para muros se armará con una malla electrosoldada 6-6/10-10 con unas dimensiones de 61 cm de ancho, 122 cm de largo y un espesor de 2.54 cm.

La maquinaria para la elaboración del panel es una máquina vibratoria creada sobre un marco metálico con motor monofásico de 120 volts. Es importante contar con un accesorio complementario denominado molde metálico en un número de 15 a 20 piezas, sin olvidar 15 o 20 piezas de malla electrosoldada cortada en rectángulos de 57 cm de ancho por 120 cm de largo; como ya se mencionó, el calibre de la malla variará dependiendo si el uso es para piso o muro.

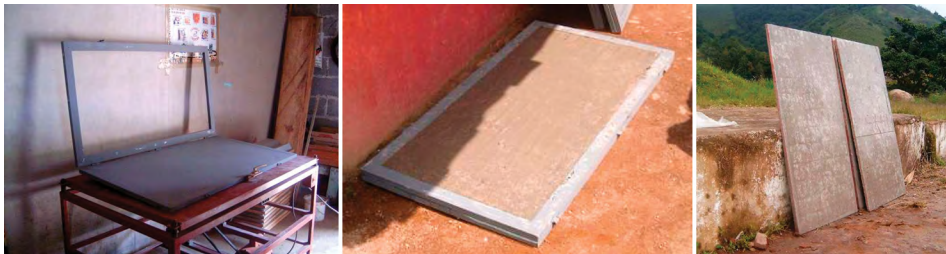
Los pasos para elaborar los elementos de microconcreto comienzan con el aprovisionamiento de materiales, tamizado del agregado fino y grueso para posteriormente realizar la mezcla de materiales.

A la par, debe colocarse el molde del panel y una lámina de plástico en la maquinaria para recibir la mezcla de concreto mencionada, para posteriormente cerrar el marco metálico del molde cuidando de que el plástico

quede lo más restirado posible para evitar burbujas de aire al colocar el concreto. Después se debe colocar la malla electrosoldada sin ondulamientos. Realizadas estas tareas, se debe verter la mezcla de concreto sobre el molde con la malla y el plástico mientras vibra la maquinaria. Al colocar la mezcla debe tenerse cuidado de que quede lo más lisa posible utilizando para ello cuchara de albañil.

Al tener listo el molde con el concreto ya vibrado y alisado, se debe colocar en un lugar seguro para su fraguado inicial, que dura un promedio de 24 horas; al concluir este periodo se retira del molde y se cubre con plástico para que el concreto alcance su máxima resistencia a los 28 días de elaboración, para poder utilizar el panel de microconcreto. El peso aproximado de cada pieza es de 45 kilos.

Figura 3. Proceso de elaboración de panel de microconcreto



Fuente: elaboración propia.

Fabricación de tejas y cumbreras de microconcreto

La teja de microcemento se utiliza para cubiertas, posee cualidades térmicas y acústicas y resistencia mecánica a los impactos.

Tabla 1. Definición de cualidades térmicas, acústicas y de resistencia mecánica a los impactos

Producto	Teja de 8 mm	Teja de 10 mm
Unidades / m²	12.5 u	12.5u
Dimensión neta (mm)	500·250	500·250
Dimensión útil (mm)	400·200	400·200

<i>Producto</i>	<i>Teja de 8 mm</i>	<i>Teja de 10 mm</i>
Peso (Kg) aprox. unidad	2.5	3.00
Peso (kg) aprox. m ²	31.2	37.5
Conductividad térmica	0.5 W/m°C	0.5 W/m°C
Durabilidad	Hay techos en buen estado con más de 20 años	
Resistencia flexión	Más de 60 kg	Más de 80 kg
Resistencia: Impacto aprox., con esfera de 220 g	Caída libre de una altura de 300 mm	Caída libre de una altura de 400 mm
Rendimiento cemento aprox. bolsa de 50 kg	80 u	64 u
Rendimiento cemento aprox. bolsa de 42.5 kg	68 u	54 u
Producción de tejas: HOMBRE / DÍA	100 a 200	100 a 200
Pendiente mínima recomendable	30 %	30 %

Fuente: elaboración propia.

Ventajas de la teja de microconcreto

Comportamiento físico: comportamiento acústico y térmico superior al de las láminas metálicas o de asbesto cemento.

Comportamiento climático: la teja de microconcreto ha demostrado en la práctica su adaptabilidad a los diferentes climas y a diversidad de fenómenos naturales. Se está utilizando en los Andes a más de 4.200 m sobre el nivel del mar, con buenos resultados para mantener el calor dentro de las viviendas, y también en el Caribe, donde se necesita fresco en el interior. También en esta área ha soportado sismos y huracanes sin mayores problemas; comprobado durante varios terremotos en Centroamérica y ante un número de huracanes como Gilbert, Lily, George, Mitch, Michelle y otros.

Colocación de la teja de microconcreto: requieren menos madera, bambú o perfiles metálicos para el soporte, en comparación con construcciones tradicionales; son más económicas e igualmente duraderas.

La maquinaria para la fabricación de la teja de microconcreto es una máquina vibradora de chasis corto con motor eléctrico a 12v/8A, la cual funciona autónomamente con batería de auto o paneles fotovoltaicos.

Como accesorios complementarios se necesitan 400 moldes plásticos para producir teja romana, 400 láminas de plástico de 40 cm de ancho por 60 cm de largo, una balanza y cucharas para dosificación, 400 tramos de alambre recocido de 10 cm además de marcos metálicos o madera para teja y cumbrera.

El proceso de fabricación comienza con el aprovisionamiento de los materiales, posteriormente con el tamizado del agregado fino y grueso, así como la mezcla de materiales para luego colocar una lámina de plástico en la máquina para recibir el concreto cerrando el marco metálico del molde cuidando siempre que el plástico quede lo más restirado posible para evitar burbujas de aire al momento de vaciar el concreto.

Se debe verter el concreto sobre la máquina vibradora mientras esté vibrando, cuidando que antes de quitar el marco metálico se colocará un gancho de alambre recocido en la parte superior de la teja. Al quitar el marco metálico, se deslizará el plástico hacia el molde de la teja para iniciar el fraguado inicial de 24 horas. Al concluir este periodo podremos quitarlo del molde para proceder al curado, ya sea por inmersión sumergiendo la teja durante 7 días o tapándolas con un plástico manteniéndolas húmedas. Una vez realizado este proceso se dejan secar a la sombra hasta que el concreto alcance su máxima resistencia a los 28 días para poder ocupar las tejas.

El concreto deberá quedar como se describe en el ensayo de laborabilidad, el cual consiste en vibrar con la máquina durante 10 segundos una muestra de la mezcla de microconcreto previamente moldeada en forma de cilindro de 5 cm de altura y 7 cm de diámetro. Enseguida se mide la muestra en ambos sentidos y se promedia. El resultado final dependerá de las condiciones de humedad de los agregados, el clima y la cantidad de agua en la mezcla. Demasiada agua puede provocar que los materiales se disgreguen en el momento del vibrado. Si la mezcla está demasiado seca o dura, habrá dificultades para extenderla sobre la placa de vibrado como se muestra en la siguiente figura (la puse en el otro archivo) para obtener óptimas piezas, el peso de cada teja es de 2.3 a 2.4 kilogramos.

Figura 4. *Proceso de elaboración de teja de microconcreto*

Fuente: elaboración propia.

El uso de microconcreto en la construcción de viviendas puede representar una reducción de emisiones de CO_2 de hasta un 30 % respecto al concreto tradicional, principalmente por la optimización en la dosificación de cemento y el aprovechamiento de agregados locales. Por ejemplo, mientras que la fabricación de concreto convencional puede emitir alrededor de 350 kg de CO_2 por metro cúbico, la variante de microconcreto optimizada puede situarse entre 200 y 250 kg CO_2/m^3 . Así, para una vivienda de 40 m^2 que requiere aproximadamente 20 m^3 de material, esto supone un ahorro estimado de entre 2 000 y 3 000 kg de CO_2 solo en la etapa de materiales estructurales.

Adicionalmente, la fabricación de paneles y tejas de microconcreto permite reducir el consumo de cemento hasta en un 25-30 % gracias a mezclas más eficientes y elementos más delgados, lo que disminuye tanto el uso de recursos como la generación de residuos. Esta eficiencia material, sumada a la producción local y la menor necesidad de transporte, contribuye a una menor demanda energética global del proceso constructivo. En conjunto, estos factores hacen del microconcreto una alternativa ambientalmente más favorable y adecuada para proyectos de vivienda social, especialmente en contextos donde la reducción de emisiones y el uso racional de recursos son prioritarios (Habert et al., 2020; SKAT, 1989; UN Environment, 2017).

Fabricación de cumbrera de microcemento

El sistema constructivo se complementa con la fabricación de cumbreras caballete de este microconcreto. Se define un caballete como a línea

horizontal resultante del encuentro de dos tendidos de tejado que desaguan en direcciones opuestas. El accesorio de microconcreto que se utiliza para cubrir el caballete se denomina teja de caballete y caballete y más apropiadamente, cumbrera.

El molde cumbrera se fabrica en madera o chapa metálica, un tablero lateral con listones clavados en sus extremos y colocados con una separación central de 4 cm. Las tablas del molde son de 30 cm por 2 cm. El ángulo entre las tablas de moldes es de 120 grados para las cumbreras. Para la elaboración de cumbreras se utiliza el mismo sistema que para la hechura de tejas de microconcreto.

Proceso constructivo global

En el siguiente apartado se describe el proceso constructivo global de edificación de una casa habitación en clima frío incorporando los elementos constructivos antes mencionados (paneles y tejas de microconcreto). Se debe precisar que fue una prueba realizada en una zona montañosa, específicamente en Xico Viejo, Veracruz, y que se puede replicar en otros lugares similares. Además servirá para cubrir las necesidades de habitabilidad de los usuarios y también para que agentes públicos la consideren y pueda ayudar a los objetivos de la ONU-Hábitat e, incluso, al Programa Nacional de Vivienda.

En primer lugar, se debe limpiar el terreno retirando capa vegetal, piedras, basura o excedentes que impidan la siguiente tarea, el trazo y nivelación de este. Se procede al trazo de la excavación: si el terreno está en pendiente, según por lo que el nivel del terreno baja, la profundidad de la excavación es mayor; en este caso la mínima es de 30 cm y máxima de 2 m.

Para la elaboración de la cimentación se construyen dados de 30 · 30 cm que funcionan como soporte para los palafitos de concreto de 20 cm de diámetro armados con Armex desde el dado, esta cimentación es adecuada ya que no requiere grandes cantidades de cemento y a la vez protege a la estructura de madera aislándola de la humedad de la tierra, para el cimbrado de los palafitos se utiliza sonotubo de 20 cm de diámetro, retirando éste a los 7 días.

La superestructura de la vivienda utiliza madera tratada con sales de boro, barrotes de 2" · 4" y polines de 4" · 4" con una longitud ambos de 2.44 metros. Para pisos, muros y cubiertas se ocupan las secciones de 4" · 4".

Así, el montaje del piso se comienza desde la parte superior de los palafitos, colocando una sección compuesta entre cada uno, siendo que el espacio central es el espacio para colocar las secciones verticales que forman los muros, para reforzar la estructura del piso se colocan cerchas que rigidizan. El armado de pisos, muros y cubierta se realiza simultáneamente lo que hace que se conforme un cuerpo.

Respecto a los muros, el módulo de la construcción es con base de 61 cm por lo que la colocación de los pies derechos es a cada 1.22 m, a la mitad de la longitud de los pies derechos, se coloca una sección de 2" · 4" como refuerzo.

Una vez que se han montado los refuerzos verticales, se comienza con la colocación de los paneles de microconcreto de .61 m x 1.22 m que deben unirse a los pies derechos por medio de tornillos para madera de cabeza hexagonal galvanizados ¼" · 2"-21/2". Este elemento constructivo es también el acabado final exterior, por ende, debe tenerse cuidado y calidad en la mano de obra.

El acabado interior de los muros es con base de ferrocemento, pero anterior a la malla se debe colocar una capa de material tal como polietileno, desperdicio de espuma de poliestireno o cartón comprimido que tiene la doble función como aislante térmico acústico y que evita que al colocar la mezcla esta ocupe mayor volumen y se desperdicie logrando que solo se aplanen de 2 a 3 cm de espesor; el resto del muro queda hueco lo que funciona también como aislante térmico.

Los conectores uniones que se plantean para fijar unas secciones de madera a otras son con base de lámina galvanizada cortando rectángulos de 4" · 12" cada uno. Las placas de lámina galvanizada se fijan a la madera por medio de clavos de 2".

Para la cubierta, esta se resuelve a dos aguas. En la parte central de la vivienda se coloca una viga cumbreira a un nivel más alto del cerramiento para otorgar la inclinación respectiva. Entre las vigas principales deben colocarse alfajillas de 1" · 4" cada 41 cm, para apoyar posteriormente la teja de microconcreto. Una vez que se tienen las alfajillas colocadas, se procede a

colocar la teja se apoya por el tacón mediante el alambre colocado dentro de ella, se clava utilizando clavo de 1”.

Al momento de la colocación, la teja ya debe estar tratada con impermeabilizante COMEX de 3 años líquido o similar para no que no presente filtración de agua en tiempo de lluvia.

Para efectos de instalaciones hidráulicas y eléctricas, este sistema constructivo permite implementarlas de manera rápida por los huecos originales en los muros evitando el ranurado. Por su parte, la instalación sanitaria también presenta ventaja pues como la construcción se encuentra levantada del nivel de suelo en la parte exterior inferior del suelo se pueden realizar los ramaleos correspondientes.

Figura 5. Vista de propuesta constructiva global con paneles y teja de microconcreto para clima frío



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La contribución de este trabajo abona modestamente a los retos de la ONU-Hábitat y al Programa Nacional de Vivienda 2021-2024, en donde se buscar aportar al indicador:

1.1.3 Elaborar y difundir lineamientos técnicos respecto a una vivienda adecuada, con criterios específicos sobre materiales en pisos, techos y muros, esquemas de construcción y acceso a servicios básicos, que reconozcan la

condición cultural y espacial de cada región para su aplicación por parte de todos los actores en el sistema de vivienda. (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2021, p. 39)

Nuestro papel como formadores del recurso humano a nivel licenciatura va más allá de solo transmitir el conocimiento básico para el desempeño profesional, sino que debe abonar a la formación integral, con un compromiso social, ética profesional y; sobre todo, el acercamiento a una realidad colectiva en un país en vías de desarrollo que cuenta con un alto porcentaje de viviendas con deficiencias graves en habitabilidad. Por ello, se plantea este trabajo con un doble objetivo: la formación del aprendiz en arquitectura y sobre todo el beneficio que tendrán las comunidades vulnerables con este tipo de propuestas en donde con fundamentos técnicos se intenta resolver una problemática general.

Así mismo, habrá que fomentar la interdisciplinariedad entre arquitectura, ingeniería y carreras afines motivando a estudiantes, docentes a insertarse en problemas de vivienda reales y sumando a la extensión de los servicios de la universidad.

Es importante que el trabajo colaborativo entre instituciones, con ejercicios que surgen de las necesidades sociales de las comunidades, se realice de manera continua como respuesta al compromiso de las instituciones académicas con la sociedad, ya que así se vincularán con bases teóricas, el conocimiento adquirido en las aulas y la realidad social, la cual necesita mayor intervención de la academia.

Referencias

- Cilley, M. y Markovina, L. (2021). La producción social del hábitat: la universidad, un actor central. *Masquedós: Revista de Extensión Universitaria*, 6(6), 1-12. <https://ojs.extension.unicen.edu.ar/index.php/masquedos/article/view/119>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. [C.M.] art. 3., 1917. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- INVIVIENDA. (2017). *Ley de Vivienda*. INVIVIENDA. <http://www.invivienda.gob.mx/Portals/0/2017/07%20Propuesta%20de%20Ley%20de%20Vivienda.pdf>

- Morrillo, J. E. V. y Castro, C. M. J. (2024). Materiales tradicionales y bioclimáticos: análisis comparativo para viviendas sociales. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(3), 95-102.
- Newell, J. P., Foster, A., Borgman, M. y Meerow, S. (2022). Ecosystem services of urban agriculture and prospects for scaling up production: a study of Detroit. *Cities*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103664>
- ONU-Hábitat. (2018). *Vivienda y ODS en México*. ONU.
- Ortiz Flores, E. (2012). *Producción social de la vivienda y el hábitat. Bases conceptuales y correlación con los procesos habitacionales*. Coalición Internacional para el Hábitat América Latina. <https://hic-al.org/2018/12/28/produccion-social-de-la-vivienda-y-el-habitat-bases-conceptuales-y-correlacion-con-los-procesos-habitacionales/>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2021). *Programa nacional de Vivienda 2021-2024*. Gobierno de México.
- SKAT. (1989). *Información básica sobre techos de microconcreto (TMC) y fibro concreto (TFC), introducción para arquitectos, técnicos, empresarios, instituciones de desarrollo y el público interesado en TMC y TFC*. SKAT.
- Stulz, R. y Mukerji, K. (1988). *Appropriate building materials, a catalogue of potencial solutions*, SKAT. IT Publications.

13. Método de evaluación para entrepiso semiprefabricado de pajarcilla



ALAN SOSA CONTRERAS*

ALBERTO MUCIÑO VÉLEZ**

CESAR ARMANDO GUILLÉN GUILLÉN***

IVONNE ROSALES CHÁVEZ****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.13>

Resumen

El entrepiso de pajarcilla surge como una alternativa viable y sostenible para viviendas de dos niveles construidas con materiales naturales. Sin embargo, su aplicación enfrenta desafíos significativos como la alta demanda de madera para cimbra, el esfuerzo físico requerido en su proceso constructivo y la ausencia de normativas específicas en México. Además, la falta de datos mecánicos confiables sobre su desempeño estructural limita su implementación a gran escala.

Este capítulo analiza el desarrollo y uso histórico de la tierra en entrepisos y cubiertas, tomando como referencia tecnologías similares para evaluar la viabilidad del entrepiso de pajarcilla. Debido a la complejidad de los materiales naturales, se propone un método de prueba basado en normativas existentes para otros materiales, adaptado a las particularidades de la tierra y la pajarcilla.

* Arquitecto. Maestrante en Tecnologías en Arquitectura de la UNAM, México. Correo electrónico: alansosac15@comunidad.unam.mx

** Doctor en Arquitectura. Investigador del CIAUP, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6386-0249>.

*** Doctor en Pensamiento Científico Tecnológico de la Arquitectura. Colaborador en el Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales en la UNAM, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2596-6122>

**** Doctora en Ciencia e Ingeniería. Miembro de la Red de Cristalógrafos de la IUCr del Comité de Normalización en Nanotecnologías y de la ISO, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9422-5208>

Más que centrarse en los resultados obtenidos, el estudio enfatiza la necesidad de contar con un método de evaluación replicable que permita determinar si esta solución constructiva cumple con las exigencias estructurales de los entrepisos. Esto abre la puerta a una construcción más sustentable y adaptable a distintas condiciones, ofreciendo nuevas posibilidades para la arquitectura con tierra en México.

Palabras clave: *construcción con tierra, pruebas mecánicas, normativas de construcción.*

Introducción

Una alternativa para viviendas de dos niveles con materiales naturales es el entrepiso de pajarcilla. Sin embargo, el proceso constructivo resulta pesado para los trabajadores, además, representa un alto consumo de madera para la cimbra. Aunado a esto no se cuenta con datos mecánicos sobre el material para esta aplicación ni normativas de construcción con tierra para entrepisos en México. Es así como a partir del análisis de otros desarrollos tecnológicos para entrepisos de materiales naturales y el análisis histórico del uso de la tierra en entrepisos y cubiertas se fue estableciendo la ruta de evaluación de este. Los métodos y procesos de prueba se tomaron de normativas enfocadas en otros materiales, con sus respectivas adecuaciones. Se presenta el método de evaluación propuesto para determinar si el entrepiso semiprefabricado de pajarcilla puede cumplir con las solicitudes de carga en entrepisos y por tanto ser una alternativa de construcción sostenible contemporánea. Se destaca la necesidad de un método y no del registro de los resultados obtenidos ya que, a partir de la complejidad de un material como son las tierras para construcción, se vuelve vital una evaluación particular para cada caso.

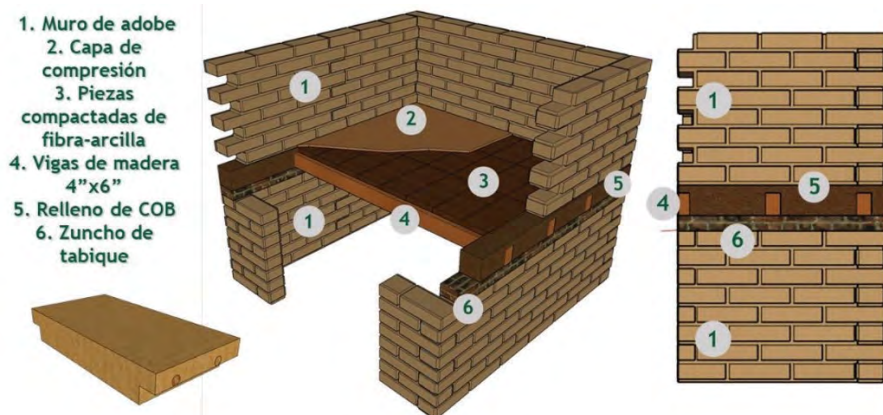
Figura 1. *Proceso constructivo del entrepiso de pajarcilla*

Fuente: autoría propia.

Incompatibilidad

La desvinculación normativa, transferencia y apropiación tecnológica de la arquitectura de tierra con las necesidades habitacionales de la actualidad se debe a distintos factores, entre ellos, el tiempo y esfuerzo que requieren las técnicas constructivas con tierra. Debido a esto, el objetivo inicial del presente proyecto era pasar de un sistema tradicional (ver figura 1) a uno prefabricado, donde además del impacto positivo en cuanto a la reducción de tiempos de elaboración y cantidad de madera utilizada para elaborar el prototipo, la tierra también aportara resistencia estructural al sistema y no solo la aislación térmica y acústica. A partir de los criterios del entrepiso original de pajarcilla, aunado con el análisis histórico de la construcción de entrepisos de tierra, se llegó a una primera propuesta de prefabricación (ver figura 2).

Figura 2. Propuesta preliminar de entrepiso prefabricado



Fuente: elaboración propia.

Pero la prefabricación únicamente estaría resolviendo un problema, incluso si en este punto se demostrara que la propuesta reduce tiempos y gasto de material, su implementación en la construcción se seguiría viendo limitada al no poder validar la propuesta desde la parte estructural. Por todo lo anterior, se postuló la evaluación mecánica de la pajarcilla, cada vez que se busque implementar este sistema, esto debido a que al tratarse de un material natural (no industrializado) las características de una tierra siempre serán diferentes a las de otras y por tanto la pajarcilla tendrá un desempeño mecánico diferente en cada caso.

Es así que la necesidad de tener un método de evaluación para el entrepiso semiprefabricado de pajarcilla nace a pesar de que se cuente con investigaciones que reportan resistencias de algunas técnicas similares como el bajareque o el adobe. Al hablar de arquitectura de tierra, siempre se tienen variables que impactan en los resultados presentados, desde la técnica constructiva, el tipo de tierra, la fibra utilizada, así como las cantidades y los métodos de prueba realizados, por lo que, la evaluación particular de la pajarcilla y de sus componentes, se vuelve vital.

Lo que se busca al proponer un método de evaluación y no solo resistencias o parámetros a cumplir es abrir el panorama con relación a las tierras, entender que no existe una sola tierra para construir, sino que son

muchas y muy diferentes entre ellas. Evidentemente hay tierras más adecuadas para unas técnicas que para otras, por lo que ninguna es mejor o peor, simplemente habrá que descubrir de qué forma o bajo qué parámetros la tierra con la que contamos al alcance de la mano puede servir para cubrir las necesidades de hábitat en la actualidad, en este caso, para un entrepiso de pajarcilla.

Procedimientos de prueba

Cabe recalcar que en las normas de construcción mexicana únicamente se menciona a la tierra para hacer referencia al material granulométrico dispuesto en el suelo donde se desplanta la construcción y que en ningún punto se menciona como material constructivo (Normas Técnicas Complementarias, 2017). Como el suelo si se clasifica por intereses geológicos, se pueden tomar como referencia algunos métodos para identificar las características de este. Sin embargo, para evaluar la tierra como material constructivo, dentro de las normas del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE), solamente se cuenta con la NMX-508-ONNCCE (*Industria de la construcción. Bloques de tierra comprimida estabilizados con cal. Especificaciones y métodos de ensayo*).

Ante los problemas de regulación que existen con respecto a la tierra en cuanto a su aplicación y métodos de prueba, se optó por tomar como referencia algunos principios de evaluación utilizados en desarrollos tecnológicos similares, ya sean prefabricados de tierra o sistemas para cubiertas a base de materiales naturales (ver figura 3). A partir de estos, se detectaron los esfuerzos a los que eran sometidas las propuestas tecnológicas, destacando las pruebas a compresión y flexión por ser los esfuerzos a los que está sometido un sistema de entrepiso o cubierta, por lo que se filtró del catálogo de normas (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación S. C., 2023) aquellas que evaluaran materiales a flexión. Algunos principios de diseño y evaluación fueron tomados de casos análogos como el adobillo (Dávila y Contreras, 2022), el machimbloque (Sánchez, 1983), los hourdiblocks (Auroville Earth Institute, s/f), el sugarcrete (Gutiérrez et al., 2022) y el domotej (Castañeda, 2022).

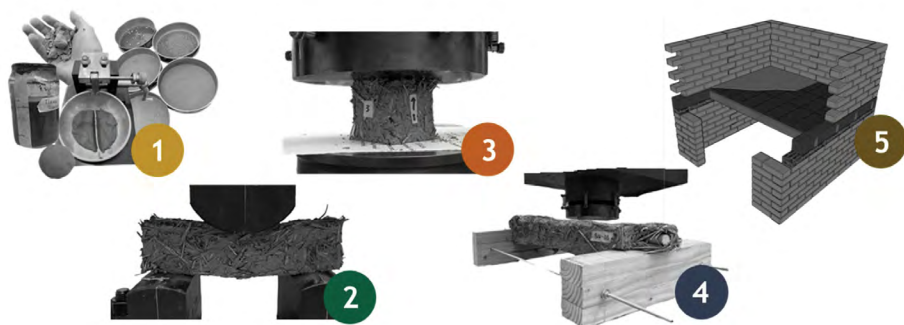
Figura 3. *Criterios de evaluación y diseño de caso análogos*



Fuente: Auroville Earth Institute (s/f); Castañeda (2022); Dávila y Contreras (2022); Gutiérrez et al. (2022); Sánchez (1983).

Método de evaluación por etapas

Con todo esto se concluyó que, para evaluar y posteriormente validar el sistema de entepiso, se debe (1) caracterizar la tierra, (2) evaluar la flexibilidad del material, (3) evaluar la compresión del material, (4) probar en las piezas modulares y la capa de compresión, (5) definir el sistema completo de entepiso. Al evaluar primero el material, se puede comprender la influencia mecánica de los distintos agregados que puede llevar la pajarcilla y modificar sus concentraciones conforme los resultados que se van obteniendo. Dentro de las ventajas que se tienen, es que la evaluación de la propuesta se realiza lo más parecido a los esfuerzos que estará sometido en su disposición final, contrario a lo que sucede con otras técnicas de construcción con tierra, donde se requiere probar secciones grandes y pesadas, ya que la respuesta mecánica recae más en su trabajo en conjunto que en la resistencia del material.

Figura 4. Método de evaluación por capas

Fuente: elaboración propia.

Definición de tierra y pruebas

La construcción con tierra está relacionada con las características del suelo. Al existir diversas tierras, resulta necesario conocer las características de cada una. Ante un panorama disperso en cuanto a qué ensayos se deben ejecutar, se hizo un compendio de pruebas de campo y laboratorio, utilizadas para clasificar suelos y caracterizar tierras. Basado en la recopilación, análisis y síntesis de la bibliografía consultada con relación a las pruebas para conocer las características de la tierra (Caballero Cervantes, s/f; Carazas Aedo y Cooperación Comunitaria, 2021; Guillén et al., s/f; Minke, 2006; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, s/f) se seleccionaron aquellas que tuvieran una equivalente en laboratorio y campo.

Las pruebas de campo han acompañado a la construcción con tierra, por lo que existe una relación directa entre los resultados obtenidos y su aplicación en algún sistema constructivo. Es importante entender que se requiere experiencia para tener un criterio adecuado en la interpretación de los resultados de las pruebas de campo. Por otra parte, las de laboratorio son tomadas de otras ramas como la geotecnia o la mecánica de suelos, de las cuales, se obtienen datos cuantitativos, estos estudian el suelo y no la tierra como un material constructivo.

Tabla 1. Pruebas para caracterización de tierra

A evaluar	Pruebas de laboratorio (PL)		Prueba de campo (PC)	
	Prueba	Norma	Prueba	Referencia
Preliminar / Preparación	0. Preparación	NMX-C-416-ONNCCE-2003, cap. 3	1. Consistencia seco	Consistencia del suelo FAO
			2. Corte de esfera	Manual de construcción con tierra Gernot Minke
Composición	1. Tamizado	NMX-C-416-ONNCCE-2003, cap. 5	3. Tamizado	Práctica constructiva
	2. Sedimentación	NMX-C-416-ONNCCE-2003, cap. 12	4. Sedimentación	Notas sobre bioconstrucción Proyecto San Isidro
Consistencia	3. Límite Líquido	NMX-C-416-ONNCCE-2003, cap. 6	5. Límite líquido	Det. límites líquido y plástico del suelo LMSE 11
	4. Límite Plástico	NMX-C-416-ONNCCE-2003, cap. 7	6. Límite plástico	
Contracción			7. Límite de ccontracción	
Clasificación de suelo/ Tipo de tierra		Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS	8. Sacudimiento	Consistencia del suelo FAO
			9. Bola-rollo-bola	Manual de construcción con tierra Gernot Minke
Cohesión			10. Churrometría	Construir con bajareque cerén cooperación comunitaria
			11. Pastilla	

Fuente: elaboración propia.

Pajarcilla

Para hacer la pajarcilla se requieren 3 componentes básicos: tierra, agua y paja. Primero se mezcla la tierra con agua para formar una lechada de lodo, conocida como barbotina, también puede entenderse como tierra en estado semilíquido, con cierto espesor y viscosidad. Entre más arcillosa es la tierra, se puede trabajar con una barbotina menos espesa. Debido a que la cantidad de agua requerida puede depender del tipo de tierra, resulta complejo determinar una relación agua-tierra (Volhard, 2006). Una prueba sencilla para saber si la consistencia de la barbotina es la adecuada, consiste en introducir la misma fibra y en seguida retirarla, si al hacer esto, la fibra está

recubierta de barbotina es un indicio de que la viscosidad o consistencia de la barbotina es la correcta (Caballero, s/f). Como indicio, la cantidad de agua necesaria para hacer barbotina estará siempre encima del límite líquido. Por tanto, se puede tomar como inicio el porcentaje del límite líquido e ir aumentando la cantidad de agua de 5 % en 5 %.

Se recomienda romper los grumos de la tierra y posteriormente cribarla con una malla de 1-2 cm de abertura, lo anterior, para facilitar el mezclado con el agua, además de que, como su nombre lo indica, la técnica requiere de la arcilla. Si bien algunas tierras no requieren el cribado, por ser mayormente finas, con el cribado se asegura trabajar con la parte más fina de la tierra (>5 mm), donde se encuentra la arcilla, junto con limos y algunas arenas. Una vez hecho lo anterior, se vierte en un recipiente con agua, hasta esperar a que la tierra esté completamente húmeda, lo que se comprueba una vez que dejan de aparecer burbujas de aire. Se recomienda dejar reposar la barbotina al menos 24 horas, para activar la arcilla con el agua.

Figura 5. *Mezclado de la pajarcilla*



Fuente: elaboración propia.

La pajarcilla es una técnica similar al bajareque, con la diferencia de que se requiere apisonar dentro de una cimbra temporal. Para su elaboración se comienza por esparcir la paja en una lona, después hay que ir humedeciendo la paja con la tierra para generar la barbotina (tierra en estado semilíquido), los componentes se deben mezclar hasta obtener una mezcla lo suficientemente seca para ser compactada, pero con la cantidad de barbotina necesaria para aglutinar la paja (Caballero y Guerrero, 2021). El proceso de mezclado se puede hacer de forma manual, ya sea con ayuda de

alguna pala, madera o con las manos, esto último permite ir corroborando que los grumos de la tierra se vayan disolviendo y a su vez irlos disgregando ya sea presionándolos con la mano o contra las paredes del recipiente (ver figura 5).

Se parte de una mezcla base a partir de lo expuesto en el libro *Light earth building: a handbook with wood and earth* (Volhard, 2016) para establecer las cantidades de cada componente en la pajarcilla. Aunque una mayor densidad puede traducirse en mayor resistencia y menor deformación, también genera piezas más pesadas. Como ejemplo, al utilizar densidades bajas se obtienen piezas de 6 kg mientras que con densidades altas serán de 8 kg aproximadamente. Además de que una mezcla menos densa tendrá características térmicas aislantes, mientras que las más densas se desempeñan como masa térmica. Antes de comenzar a realizar las probetas es necesario hacer un primer muestreo. Para este ejercicio, se elaboraron cubos de 10 · 10 · 10cm lo que facilita el cálculo de la densidad. El pesaje de estos se debe hacer periódicamente hasta que su peso no cambie en más del 1%.

Evaluación a flexión

La resistencia que puede llegar a presentar la tierra a flexión puede ser despreciable, sin embargo, en la pajarcilla, la fibra absorbe parcialmente este esfuerzo, mientras que la tierra lo hace a compresión, generando una mezcla óptima para entrepisos o cubiertas.

Tabla 2. Cantidades por m3 de pajarcilla por densidad

Densidad kg/m³	Cantidades para 1m³				Cantidades totales		
	Tierra	Paja	Agua	Factor extra			
	kg	kg	kg		Tierra	Paja	Agua
800	720.00	80.00	360.00	20%	864.00	96.00	432.00
900	820.00		410.00	10%	902.00	88.00	451.00
1000	920.00		460.00	0%	920.00	80.00	460.00

Fuente: elaboración propia a partir de Volhard (2016).

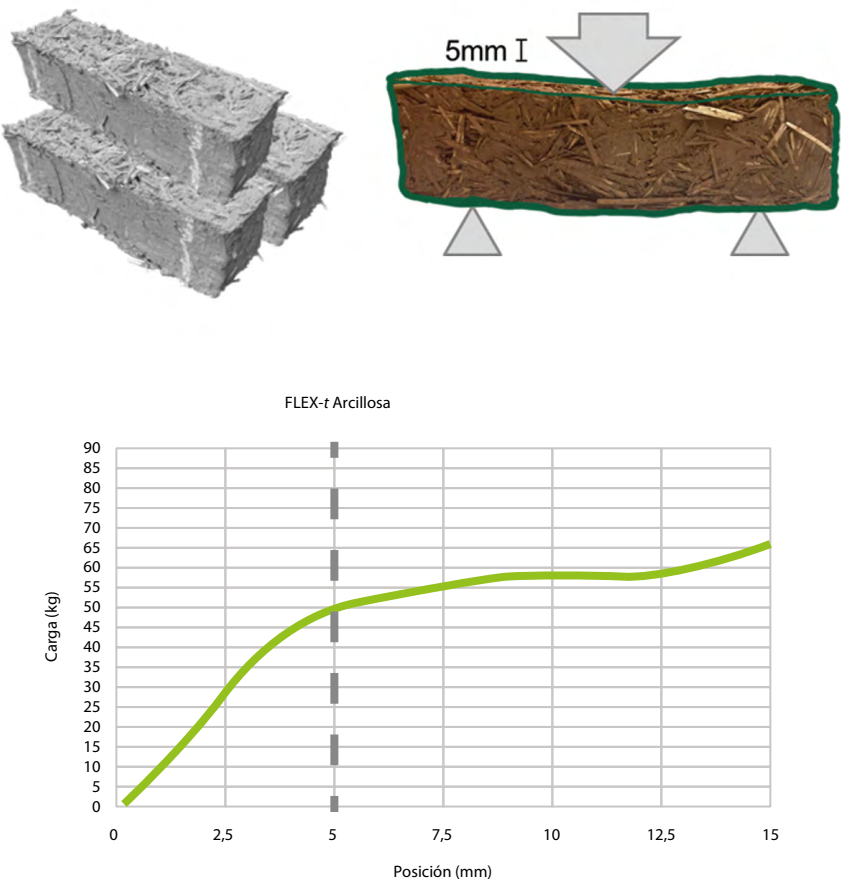
Figura 6. Muestreo de mezclas por densidad

Fuente: elaboración propia.

La evaluación de la flexión de la mezcla, para su futura aplicación en las piezas modulares, se realizó tomando como referencia la norma NMX-C-303-ONNCCE. *Industria de la construcción, concreto. Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro*. Aunque la norma indica que la aplicación de la carga debe ser 10 kgf/cm² por min, por estar enfocada a evaluar un material más resistente pero frágil, como el concreto, se decidió verificar otros trabajos donde se hayan evaluado mezclas de tierra a flexión. Se encontró que la prueba se realizaba en razón del desplazamiento (Araya-Letelier et al., 2018; Paul et al., 2023) y no de la carga (0.5 mm/min o 1 mm/min). Además de esto, como la estructura principal del entrepiso es de madera (ver figura 2), se encontró que en las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones (2017) existe el término de pisos ligeros de madera y para que la propuesta de entrepiso entrara en este criterio se necesitaba comprobar que la pajarcilla proporcionaba una rigidez equivalente a la madera. Juntando todos los criterios antes mencionados se optó por aplicar un desplazamiento de 5 mm/min como lo establece la ASTM que evalúa la madera a flexión.

Para las medidas de las probetas se respetaron las especificaciones de la norma, que pide un claro de 3 veces el peralte, así como un extra a los extremos de al menos 1". Para cada muestreo se requiere un mínimo de 3 probetas de 20·5·5 cm, siendo preferible para el análisis estadístico realizar 5 probetas. Además, se optó por tomar como válida la resistencia obtenida

Figura 7. Número de probetas, condiciones de ensayo y análisis de resultados a flexión



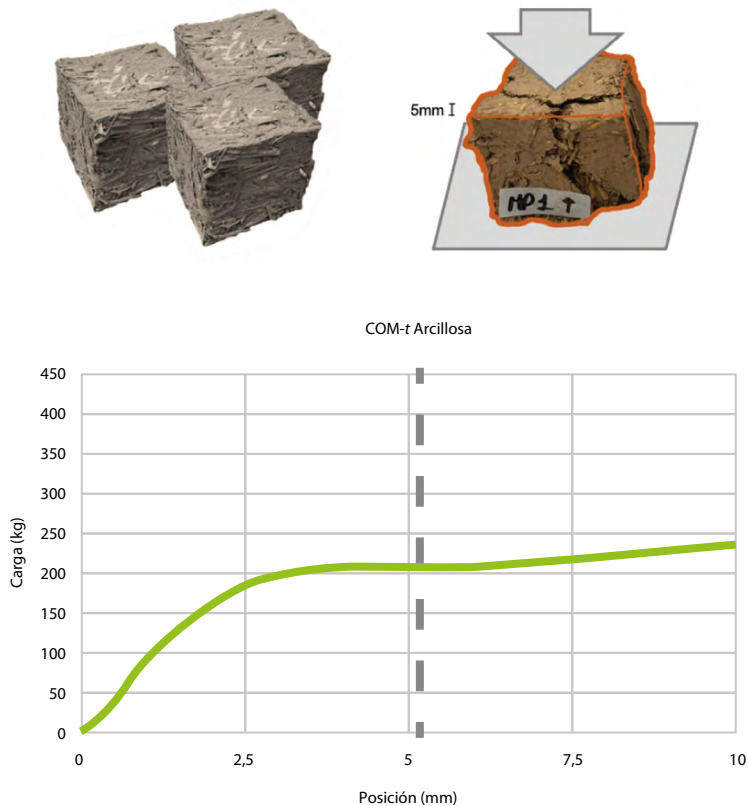
Fuente: elaboración propia.

hasta los 5 mm de desplazamiento y no a la falla de la probeta, ya que si bien, después de presentar los 5 mm de deflexión, las probetas continuaban mostrando cierta resistencia ante la carga (lo cual puede ocurrir debido al cosido de las fibras), al analizar las gráficas carga-deformación, la región plástica de la pajarcilla se daba a partir de este punto (5 mm) lo que representaba deformación irreversible. Aunado a esto, la desviación estándar en el módulo de ruptura se reduce cuando se establece en este punto, lo que genera una mayor fiabilidad en los resultados.

Evaluación a compresión

La evaluación de la mezcla a compresión se llevó a cabo tomando como referencia las especificaciones y métodos de ensayo establecidos en la normativa NMX-C-508-ONNCCE. Industria de la construcción. *Bloques de tierra comprimida estabilizados con cal. Especificaciones y métodos de ensayo*, que a su vez se refería a la NMX-C-036-ONNCCE. Para este caso, las probetas deben ser cúbicas de 5 · 5 cm. Nuevamente, se mantuvo la cantidad de probetas mínimas (3), así como la velocidad de carga en 5 mm/min y tomando como válidos los primeros 5 mm de desplazamiento. Este punto evalúa la mezcla que será utilizada para la capa de compresión.

Figura 8. Numero de probetas, condiciones de ensayo y análisis de resultados a compresión



Fuente: elaboración propia.

Evaluación de la pieza y refuerzo

Una vez que se tiene definida la mezcla con las mejores resistencias se fabricarán los elementos modulares. Para este caso, el tener elementos modulares permite su evaluación a escala 1:1 y de forma similar a la que estarán sometidos en su colocación final. Por su similitud con el sistema de vigueta y bovedilla, se realiza la prueba de acuerdo a los procedimientos y métodos de ensayo descritos en la NMX-C-463-ONNCCE. *Industria de la construcción. Bovedilla de poliestireno expandido para losas de entresijos y azotea de concreto a base de viguetas prefabricadas. Especificaciones y métodos de ensayo*, enfocada en la evaluación de la bovedilla de poliestireno.

Para esta etapa igualmente se requiere un mínimo de 3 elementos y aunque las medidas de las piezas a evaluar podrán variar de acuerdo a las características del proyecto, sí es necesario adaptar un soporte que asimile las vigas del sistema unidas con algún elemento transversal, como lo puede ser un espárrago con tuercas (ver figura 9), esto por dos situaciones: evitar que ante la aplicación de la carga, las maderas se separen y al mantener unidas las vigas de madera, se está representando el empuje que generan las piezas de los costados sobre éstas, anulando de algún modo, el riesgo de volteo o separación.

Figura 9. Soporte para pruebas a piezas



Fuente: elaboración propia.

Como la NMX-C-463 pide aplicar una carga concentrada de 125 kg en un minuto sin presentar falla por corte o flexión, al hacer las pruebas a flexión de las probetas se podría tener un indicio de la futura aprobación por norma del elemento o no. Si bien no es escalable y en cada caso será

distinto, se propone que desde la evaluación de las probetas a flexión se puede tener un indicio de que mezclas cumplirán con la norma, una vez sea implementada en la pieza prefabricada. De forma aproximada y sin tomar esto como un parámetro de cumplimiento, se encontró que resistiendo los 50 kg en las probetas a flexión, se incrementa la posibilidad de cumplir con lo solicitado para las piezas prefabricadas. Así como en la evaluación a flexión, se valida a partir del promedio de mínimo de 3 piezas.

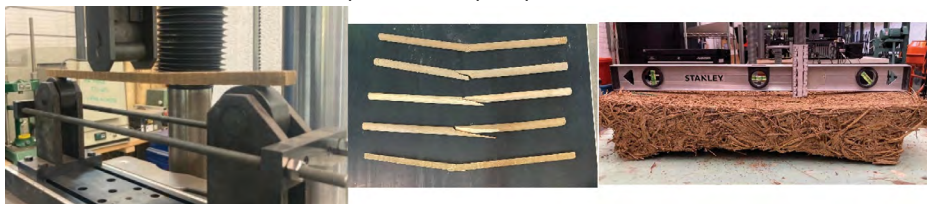
Figura 10. *Numero de probetas para evaluación de pieza y condiciones de prueba*



Fuente: elaboración propia.

Al cuestionar si realmente lo que está resistiendo la carga en el elemento modular es la pajarcilla o el refuerzo de madera, se realizó la prueba a flexión del refuerzo (ver figura 11). Con esto se encontró que aun cuando los refuerzos resisten en promedio 100+/-5 kg, la deformación sufrida es mucho mayor a la reportada al estar envueltos por la pajarcilla, además de que, al trabajar en conjunto, la pieza continúa soportando carga a pesar de quebrar el refuerzo.

Figura 11. *Prueba a flexión del refuerzo interior de madera, refuerzos y pieza prefabricada post-prueba*



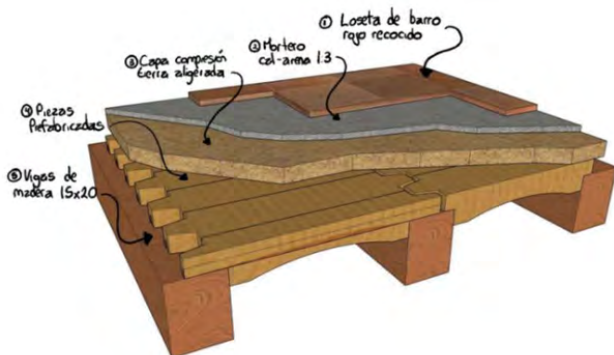
Fuente: elaboración propia.

Evaluación del sistema

Al no contar con un método específico para evaluar experimentalmente un entrepiso, así como la norma NMX-C-406-ONNCCE sobre métodos para los componentes de sistemas de losas de concreto prefabricadas y especificaciones evalúa los elementos por separado, las NTC indican que, en caso de no contar con evidencia suficiente, sea teórica o experimental, para considerar que la estructura satisface la seguridad estructural se deberán realizar pruebas de carga, sobre prototipos, o modelos que produzcan las condiciones reales.

Esto puede realizarse usando algún software de simulación alimentado de los datos obtenidos en las propias pruebas o en su defecto, realizar pruebas empíricas o de campo, como las observadas en los casos análogos que, aunque no se tiene una carga constante ni un registro riguroso, al fabricar un módulo de 1 m² escala 1:1 e ir sumando los pesos de las personas que se van subiendo al módulo se da una carga mayor a la combinación de cargas de las NTC, se puede decir que este cumple. Además de ser el método más sencillo de replicar, es el más representativo visualmente, así como la aplicación de la carga es similar a la que estará sometido en la vida útil del sistema. Para cualquiera de los dos métodos se necesita calcular la combinación de carga de acuerdo con el apartado de pisos ligeros de madera de las NTC, donde se establece la carga viva como una carga concentrada de 250 kg para los elementos de soporte y de 100 kg para la cubierta (ver figura 12).

Figura 12. Carga que debe resistir el entrepiso semi-prefabricado como piso ligero de madera

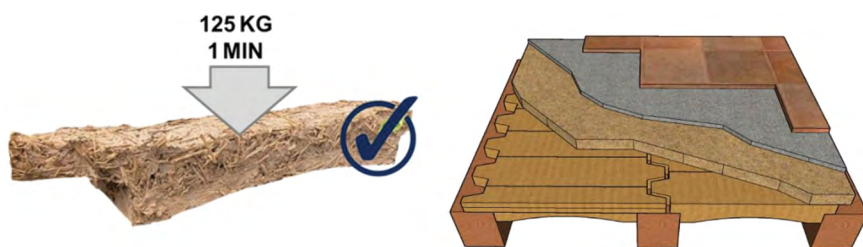


Entrepiso semi-prefabricado de pajarilla			
C. MUERTAS			
Modulo	Largo	Ancho	Area
	1.00	1.30	1.30
	Peso (kg/m ³)	Grosor (m)	Total (kg/m ₂)
Loseta de barro rojo recocido 30x30x2	1500.00	0.02	30.00
		1x1x0.02	1500x0.02
Mortero cal-arena 1:3	1500.00	0.02	30.00
		1x1x0.02	1500x0.02
Capa de compresión de tierra aligerada	1000.00	0.05	50.00
		1x1x0.05	980x0.05
Elementos prefabricados compactados de tierra aligerada	V. bruto	V. vacío	V. neto
	0.13	0.031	0.099
	areax0,10	(a.rectangulo+sagita)x2	v.bruto-v.vacío
	Peso (kg/m ³)	V. neto	Peso módulo
	980.00	0.10	96.93
			980x0.010
	Peso por m ₂		74.56
	Peso módulo/area modulo		
Vigas de madera laminada	V. bruto	V. vacío	V. neto
	0.26	0.200	0.060
	areax0,10	a.rectangulo	v.bruto-v.vacío
	Peso (kg/m ₃)	V. neto	Peso módulo
0.15 x 0.20	500.00	0.06	30.00
			500x0.02
	Peso por m ₂		23.08
	Peso módulo/area modulo		
CM TOTAL			207.64
C. VIVAS			
	W	Wa	Wm
Casa Hab.	80	100	190.00
Pisos ligeros (soporte)			250.00
Pisos ligeros (cubierta)			100.00
A usar			250.00
C.SERVICIO			
=Carga Muerta+Carga Viva			
457.64 kg/m ₂			
Factores de carga			
Permanentes	1.3	207.64	269.93
Variables	1.5	250.00	375.00
Carga total			644.93

Fuente: elaboración propia a partir de las NTC.

Ahora bien, como la norma establece que el método de ensayo seleccionado deberá definirse específicamente para cada caso de interés y en caso de no tener la posibilidad de realizar una prueba del sistema a escala 1:1, para este estudio, se entiende que la validación del entrepiso completo se puede dar a partir de que sus componentes, y de este modo los elementos modulares que, resistan los 125 kg marcados en la NMX-C-463, se pueden tomar como resultados aprobados por la normatividad vigente.

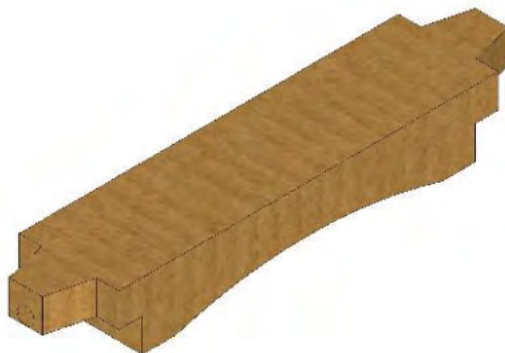
Figura 13. Validación de propuesta por prueba a pieza prefabricada



Fuente: elaboración propia.

Como complemento, también se calculó la carga que deberá resistir cada pieza dentro del sistema a partir de la carga por m^2 calculada con las NTC. Como la división de la carga no sucede de esta forma y el cálculo de esta forma únicamente solicita una resistencia de 30 kg por pieza, se opta por reivindicar lo establecido en la NMX-C-463-ONNCCE.

Figura 14. Carga a resistir por pieza en el sistema



<i>Carga a elemento modular</i>			
C. MUERTAS			
Modulo	Largo	Ancho	Area
	1.00	1.30	1.30
	Peso (kg/m ₃)	Grosor (m)	Total (kg/m ₂)
Loseta de barro rojo recocido 30x30x2	1500.00	0.02	30.00
		1x1x0.02	1500x0.02
Mortero cal-arena 1:3	1500.00	0.02	30.00
		1x1x0.02	1500x0.02
Capa de compresión de tierra aligerada	1000.00	0.05	50.00
		1x1x0.05	980x0.05
CM TOTAL			110.00
C. VIVAS			
	W	Wa	Wm
Casa Hab.	80	100	190.00
Pisos ligeros (soporte)			250.00
Pisos ligeros (cubierta)			100.00
		A usar	100.00
C. SERVICIO			
=Carga Muerta+Carga Viva			
210.00		kg/m ₂	
Factores de carga			
Permanentes	1.3	110.00	143.00
Variables	1.5	100.00	150.00
Resistencia			293.00
Peso a resistir por pieza			
Reparto de peso			
kg/modulo	1.3	293.00	380.90
No. De piezas			13
Resistencia			29.30
Peso por pieza			
	Volumen Bruto	0.011	
	Volumen Vacio	0.003	
	Volumen Neto	0.008	
	Densidad	980.00	
	kg por pieza	7.64	

Fuente: elaboración propia a partir de las NTC.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en los métodos de prueba elaborados se puede concluir lo siguiente:

- a. No se requiere una norma que determine las resistencias que debe cumplir la tierra, pero sí se requiere evaluarla como cualquier material de construcción.
- b. Los criterios y métodos de evaluación para otros materiales terminan no siendo los más adecuados, por lo que requieren modificarse para ser aplicados en la construcción con tierra.
- c. Para esto se deben entender las diferentes técnicas de construcción con tierra y, por tanto, proponer diferentes procesos de evaluación según el sistema constructivo y requerimientos mecánicos.
- d. Los procesos de evaluación de las técnicas de construcción con tierra deberán iniciar por el análisis de la tierra y conocer su interacción con los demás componentes.
- e. Cada caso de caracterización de material será único, por lo que la evaluación particular de los componentes de la pajarcilla se vuelve vital.

Se recalca que de esta forma se estarían validando las partes del sistema y que la forma de validar el sistema en conjunto será la fabricación a escala real. Sin embargo, lo que se busca con este método es dotarlo de mayor seguridad antes de ejecutar la prueba 1:1 o su construcción.

Referencias

- Araya-Letelier, G., Concha-Riedel, J., Antico, F. C., Valdés, C. y Cáceres, G. (2018). Influence of natural fiber dosage and length on adobe mixes damage-mechanical behavior. *Construction and Building Materials*, 174, 645–655. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.04.151>
- Auroville Earth Institute. (s/f). *Hourdi roofing*. Architecture. <https://dev.earth-auroville.com/hourdi-roofing/>

- Caballero, A. (s/f). *Notas sobre bioconstrucción*.
- Caballero, A. y Guerrero, L. (2021). Entramados. En *Experiencias de bioconstrucción: conceptos generales y visiones desde México* (1ra edición). Bonilla Artigas.
- Carazas, W. y Cooperación Comunitaria. (2021). Materia prima. En *Construir con bajareque cerén. Experiencias en el contexto de Oaxaca, México* (1ra edición). a+terre ediciones/ misereor ihr hilfswerk.
- Castañeda, G. (2022). Evaluación de la tecnología para techos Domotej. En *Domotej. Tecnología para techos de vivienda de producción asistida*. (2da edición). Universidad Autónoma de Chiapas.
- Dávila, V. y Contreras, J. (2022). ¿Qué es el adobillo? En A. Riquelme Bravo (Ed.), *El adobillo. Cultura constructiva de Valparaíso* (2da edición). Gobierno de Chile.
- Guillén, C. A., Verdusco Chirino, G. L. S. y Muciño Vélez, A. (s/f). *Determinación del límite de contracción lineal de los suelos*. UNAM. <https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/86747>
- Guillén, C. A., Verdusco, G. L. S. y Muciño Vélez, A. (s/f). *Determinación del límite de contracción lineal de los suelos*.
- Gutiérrez, A., Chandler, A., Shilova, E., Ayati, B., Nichols, P., Omowunmi, F., Ciftci, B., Arvindkumar, H., Taha, R., Ranasinghe, K., Sai Ganji, M., Borda, A.-M., Gillespie, A., Ukabhai, M., Klimenteva, A., Henley, S., Tsakiridis, G., Nikitidis, P. y Singer, P. (2022). *Sugarcrete. Slab report*. <https://uel.ac.uk/sites/default/files/uel-sugarcrete-slab-report---7-nov-2022.pdf>
- Minke, G. (2006). The properties of earth as building material. En *Building with earth. Design and technology of a sustainable architecture*. Birkhäuser.
- NMX-C-303-2004. *Industria de la construcción - concreto - Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, s. c.
- NMX-C-463-2009. (2009). *Industria de la construcción- Bovedilla de poliestireno expandido para losas de entrepisos y azotea de concreto a base de viguetas prefabricadas- Especificaciones y métodos de ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-508-2015. (2014). *Industria de la construcción- Bloques de tierra comprimida estabilizados con cal- Especificaciones y métodos de ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- Normas Técnicas Complementarias Sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Reglamento publicado en Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 29 de enero de 2004. [15 de diciembre de 2017 última reforma].
- Normas Técnicas Complementarias. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Reglamento publicado en Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 29 de enero de 2004. [15 de diciembre de 2017 última reforma].
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación s.c. (2023). *Catálogo de normas ONNCCE*. ONNCCE.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s/f). 6. *Textura del suelo*. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

- Paul, S., Islam, M. S. y Hossain, M. I. (2023). Suitability of Vetiver straw fibers in improving the engineering characteristics of compressed earth blocks. *Construction and Building Materials*, 409, 134224. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.134224>
- Sánchez, R. (1983, noviembre). *Machimbloque de tierra comprimida estabilizada [Ponencia]*. Tercer Simposio CIB/RILEM, México.
- Volhard, F. (2006). Preparation of clay slip. En *Building with earth. Design and technology of a sustainable architecture*. Birkhäuser.
- Volhard, F. (2016). Preparation of the light earth mix. En *Light Earth Building. A handbook for building with wood and earth*. Birkhäuser.

14. Construcción de Ecocinas en dos comunidades de Chiapa de Corzo, Chiapas



EDDY GONZÁLEZ GARCÍA*

NGUYEN MOLINA NARVÁEZ**

RAÚL PÁVEL RUIZ TORRES***

JUAN CARLOS SOLÍS GRANADOS****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.14>

Resumen

En las comunidades rurales del mundo es común cocinar en espacios inadecuados, con fogones abiertos que consumen grandes cantidades de leña y sin ningún medio de control de los gases producidos durante la cocción, lo cual tiene consecuencias negativas para la salud de las personas que se encuentran laborando en estos espacios. Con el fin de mejorar esta situación y en concordancia con el propósito de la unidad de competencia Taller de Materiales Alternativos, del sexto semestre de la Facultad de Arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), se ha desarrollado el presente trabajo de impacto social, como parte del proyecto de investigación “Desarrollo de un modelo de producción social replicable de vivienda y hábitat”, financiado por CONAHCYT con clave 321260. En primer lugar, se identificaron las familias más vulnerables de las colonias Emiliano Zapata II y La Hacienda, del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. Estas familias cocinaban en espacios inadecuados con fogones abiertos. Para abordar

* Doctor en Ingeniería Civil. Profesor-investigador en la Facultad de Arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7207-7600> ; correo electrónico: eddy.gonzalez@unach.mx

** Doctora en Educación. Profesora en la Facultad de Arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2049-4821>

*** Doctor en Arquitectura. Profesor en la Facultad de Arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5707-0411>

**** Doctor en Estudios Regionales. Profesor en la Facultad de Arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2609-3420>

esta situación, se construyeron dos Ecocinas empleando materiales naturales como bloques de tierra comprimida (BTC) y bambú. Además, incluyó una estufa ecológica ahorradora de leña y con chimenea para la expulsión de los gases emitidos fuera del espacio de cocción.

Palabras clave: *Ecocina, materiales naturales, impacto social.*

Introducción

Cerca de una tercera parte de la población mundial cocina con leña y en fogones abiertos, cuyos efectos de los gases generados por la combustión se convierten en problemas de salud tales como eventos cerebrovasculares, cáncer en los pulmones y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). En México esta problemática es evidente y el estado de Chiapas ocupa el primer lugar en el consumo de leña para cocinar con un 46.1 %, según los datos del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI, 2021). De acuerdo a un estudio realizado en comunidades rurales del estado de Tabasco por Servin et al. (2023), en las viviendas cuyos fogones no tienen chimenea, las personas presentaron evidencias de malestar respiratorio en un 32 % y falta de aire en 31 %. Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo construir dos Ecocinas con materiales locales de origen natural, incorporando una estufa ecológica ahorradora de leña con una chimenea para la expulsión de los gases generados por la quema del combustible. La metodología consistió en utilizar los principios de la construcción sustentable como emplear materiales que puedan ser reusados o reutilizados una vez que terminen su vida útil, protegiendo con ello a la naturaleza (Kibert, 2013). También en el Código de la Edificación de Vivienda de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI, 2017) se propone utilizar de materiales que sean resistentes, renovables, abundantes y que no tengan un efecto negativo al medioambiente.

Construcción de Ecocina en la colonia Emiliano Zapata, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas

Para la construcción de la Ecocina en la colonia Emiliano Zapata, del municipio de Chiapa de Corzo Chiapas, y en concordancia con el propósito de la unidad de competencia “Taller de Materiales Alternativos” del sexto semestre en la Facultad de Arquitectura de la UNACH, que es la de identificar los materiales y sistemas constructivos tradicionales con materiales locales, para aprovecharlos en proyectos para beneficio del medio rural; y con el apoyo del Proyecto financiado por CONAHCYT: “Desarrollo de un modelo de producción social replicable de vivienda y hábitat” (321260), se procedió a desarrollar el presente trabajo. Primeramente, se identificó una familia vulnerable constituida por una madre jefa de familia y dos hijos menores de edad. Cabe señalar que uno de los hijos tiene problemas de movilidad, lo que complica aún más la situación de la familia. En cuanto al espacio donde se cocinaba, no era más que un tambo metálico relleno de escombros, con tres bloques de concreto en la parte superior y con una parrilla metálica que se encontraba completamente a la intemperie, es decir, sin muros ni cubierta, por lo que la labor de cocinar se dificultaba en época de lluvia o en época de mayor incidencia solar (figura 1).

Figura 1. *Entrevista con la usuaria*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Materiales naturales locales

En cuanto al diagnóstico de los materiales locales, se identificó un banco de suelo arcilloso con las propiedades necesarias para la elaboración de bloques de tierra comprimida (BTC) y fibras vegetales como el bambú. Las características principales del BTC son su resistencia a la compresión y que al final de su vida útil es un componente que se reintegra totalmente a la naturaleza sin dejar residuos o afectación al medioambiente (González et al., 2019). Para elaborar los BTC se utilizó la teoría de aprender haciendo con los alumnos del sexto semestre, con prácticas del Taller de Materiales Alternativos, de la carrera de Arquitectura de la UNACH, donde se les capacitó para la selección del suelo y la elaboración de las piezas mediante una prensa manual tipo CINVA RAM, como se puede observar en la figura 2.

Figura 2. *Alumnos de arquitectura elaborando BTC*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Proceso constructivo de la Ecocina en Zapata II

Para la ubicación de la cocina se tomó en cuenta la casa de bloques de concreto existente de la familia beneficiada, para aprovechar un muro y solo construir dos muros en forma de L con materiales alternativos. Después que se elaboraron los BTC, se procedió a la construcción de la cimentación mediante una plataforma de concreto reforzado con malla electrosoldada 6-6·10-10, debido a que en la zona es un suelo rocoso y con este sistema ya se aprovecha como piso de firme de concreto (figura 3).

Figura 3. Cimentación y primera hilada de BTC



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Posteriormente se construyeron los muros con el sistema de mampostería reforzada interiormente, tal y como lo establece las Normas Técnicas Complementarias del Gobierno de la Ciudad de México del 2023 (NTC CDMX 2023), es decir, con una varilla de 3/8 de pulgada a cada 75 cm de distancia colada con mortero en proporción 1:3 en los alveolos. Cabe señalar que el BTC no requiere de mortero de pegue ni recubrimiento con lo que se disminuyen costos de construcción (figura 4).

Figura 4. Construcción de muros de BTC con refuerzo interno



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Otro material local utilizado en esta Ecocina fue el bambú, con el propósito de iluminar y ventilar el espacio. En cuanto a la cubierta se propuso que fuera de lámina con una estructura metálica para aligerar el proceso constructivo, como se observa en la figura 5.

Figura 5. Utilización del bambú en un muro de la Ecocina



Fuente: fotografía tomada por los autores.

También se gestionó la donación de una estufa ecológica llamada Eco-sofía del Dr. Neín Farrera Vázquez, cuyas características son que ahorran leña y cuentan con una chimenea para expulsar los gases que produce la combustión para que no sea aspirado por la usuaria, y así evitarle un problema de salud (figura 6).

Figura 6. *Instalación de la estufa ecológica Ecosofía*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

A continuación se presentan dos imágenes del antes y después de la cocina en las figuras 7 y 8, respectivamente.

Figura 7. *Fogón tradicional a la intemperie*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Figura 8. *Cocina construida con materiales alternativos y estufa ecológica*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Por último, se presenta al equipo de trabajo conformado por profesores, investigadores, alumnos de sexto semestre de Arquitectura y a la familia beneficiaria de la Ecocina.

Figura 9. *Equipo de trabajo en la construcción de la Ecocina*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Construcción de Ecocina en la colonia La Hacienda, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas

De manera similar a la construcción de la Ecocina anterior, en esta ocasión se desarrolló un trabajo conjuntamente con profesores, investigadores miembros del proyecto de investigación “Desarrollo de un modelo de producción social replicable de vivienda y hábitat (321260)” y alumnos del sexto semestre de la Facultad de Arquitectura de la UNACH. En cuanto a la familia seleccionada para la Ecocina, cuenta con una jefa de familia de la tercera edad, quien lamentablemente ya presenta problemas en los pulmones por el tiempo que lleva cocinando con leña en un fogón abierto formado por bloques de cemento y un comal metálico encalado para que no se peguen los alimentos a la hora de cocinar. El lugar donde cocinaba la beneficiaria, como suele suceder en muchas comunidades rurales de Chiapas y de México, es un lugar inadecuado por no tener un control de los gases expulsados por la quema de combustible, por lo que los aspiran por las personas que hacen uso de ellos (figura 10).

Figura 10. *Fogón tradicional ineficiente*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Materiales naturales locales

Uno de los materiales alternativos encontrados en la zona de estudio fue un suelo arcilloso, por lo que se optó utilizar la tecnología de bloque de tierra comprimido (BTC), debido a sus características, descritas anteriormente, y además, por sus dimensiones de 7 cm · 12.5 cm y 25 cm. Esto nos genera un muro que ocupa poco espacio y no produce desperdicio por ser modulado a la medida del material, no requiere mortero de pegue y tampoco recubrimiento, lo que lo hace más viable económica y ambientalmente. El BTC fue elaborado por los alumnos del 6° semestre, previa capacitación por los profesores encargados, como se observa en la figura 11. Posteriormente la fabricación de los BTC estuvo a cargo de los propios alumnos aplicando la teoría de aprender haciendo como se observa en la figura 12.

Figura 11. *Capacitación de los alumnos por parte de los profesores*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Figura 12. *Elaboración de BTC por parte de los alumnos*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Proceso constructivo de la Ecocina en La Hacienda

En cuanto al proceso constructivo de la cocina, la cimentación se realizó mediante una plataforma de concreto reforzado con malla electrosoldada 6-6·10-10, y con este sistema ya se aprovecha como piso de firme de concreto. En la construcción de los muros de BTC, se utilizó el sistema de mampostería reforzada interiormente colocando acero de refuerzo en esquinas, remates de muro y a cada 75 cm con varilla de acero de 3/8 de pulgada, tal y como lo establece las NTC CDMX (2023) (figura 13).

Figura 13. *Proceso constructivo de los muros de BTC*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Para la construcción de la columna, se utilizó como refuerzo una estructura de PTR de 4" · 4" y recubierta de BTC como se observa en la figura 14.

Figura 14. *Proceso constructivo de columna con PTR y recubierta de BTC*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

En la figura15 se observa el avance que se tiene con los muros y la columna de BTC.

Figura 15. *Avance de la construcción de la Ecocina*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Para esta Ecocina, también se gestionó la donación de una estufa ecológica Ecosofía, a través del Dr. Neín Farrera Vázquez. Este tipo de estufa es capaz de ahorrar hasta un 60 % en el uso de la leña y emite sus gases se mandan hacia afuera de la cocina, mediante una chimenea para que no sea aspirado por la usuaria y así evitarle más problemas de salud (figura 16).

Figura 16. *Instalación de estufa ecológica Ecosofía*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

La Ecocina se concluyó con una cubierta ligera con estructura para una beneficiaria jefa de familia y adulta mayor (figura 17).

Figura 17. *Ecocina construida con materiales alternativos y estufa ecológica para adulta mayor*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Finalmente, se presenta al equipo de trabajo que satisfactoriamente concluyó la Ecocina con impacto social en una familia vulnerable, que seguramente ayudará para realizar sus tareas cotidianas. Se espera que esta experiencia se replique con los otros habitantes de la colonia La Hacienda, municipio de Chiapa de Corzo (figura 18).

Figura 18. *Equipo de trabajo en la construcción de la Ecocina*



Fuente: fotografía tomada por los autores.

Conclusiones

En atención a la problemática de salud causada por la inhalación de los gases producidos en las cocinas del sector rural, debido a la utilización de leña como combustible en fogones abiertos y en espacios inadecuados, en este trabajo se propuso la construcción de dos Ecocinas en dos comunidades rurales de Chiapas. La primera de ellas fue construida en la Colonia Zapata II y la otra en la colonia La Hacienda, ambas del Municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. La construcción de estas Ecocinas tiene cinco elementos en común: el primero es que fueron para familias vulnerables, especialmente para dos mujeres jefas de familia, una de ellas con problemas de salud de su hijo menor y la otra una adulta mayor con afectaciones en los pulmones por cocinar tanto tiempo en condiciones inadecuadas; el segundo es que fueron construidas con materiales alternativos locales utilizando como materia prima la tierra arcillosa del lugar y bambú, cuyas características cumplen con los principios de la construcción sustentable; el tercer elemento en comun es que en el proceso de construcción se involucró a los alumnos del sexto semestre de la Facultad de Arquitectura de la

UNACH, a través del Taller de Materiales Alternativos, donde los propios alumnos se motivaron en participar en un trabajo de impacto social ayudando a las familias seleccionadas; el cuarto elemento es que en ambas Ecocinas se implementó una estufa ecológica Ecosofía, ahorradora de leña, que conduce los gases dañinos a la salud fuera del espacio donde se realizan las labores de cocinar; y el último elemento es que en las dos Ecocinas se contó con el apoyo financiero del proyecto “Desarrollo de un modelo de producción social replicable de vivienda y hábitat”, financiado por CONAHCYT, con clave 321260. Sin duda este tipo de ejercicios académicos de arquitectura de impacto social, en donde se proporciona soluciones a problemáticas reales en nuestras comunidades rurales, es una experiencia invaluable para los alumnos, profesores, investigadores y las familias de las comunidades involucradas.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los profesores, el Ing. Benjamín Hernández, el Ing. Edgar Fabricio Torija, el Arq. Sergio Tovar, el Mtro. José Luis Jiménez Albores, así como la participación de los alumnos del sexto semestre grupos “D” y “E” del Taller de Materiales Alternativos del periodo agosto-diciembre de 2022 y enero-julio de 2023, para generar el proyecto y construcción de dos Ecocinas en las colonias Zapata II y la Hacienda, ambas del municipio de Chiapa de Corzo. También un agradecimiento al Dr. Neín Farrera Vázquez por la donación e instalación de dos estufas ecológicas llamadas Ecosofía.

Financiamiento

Este trabajo contó con financiamiento mixto con recursos propios de profesores y alumnos, además con recurso para trabajo de campo del proyecto “Desarrollo de un modelo de producción social replicable de vivienda y Hábitat”, con número 321260, financiado por CONAHCYT como proyecto

PRONAI bajo responsabilidad técnica del Dr. Raúl Pável Ruiz Torres de la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas.

Referencias

- Comisión Nacional de Vivienda [CONAVI]. (2017). *Código de edificación de vivienda*. CONAVI.
- González García, E., Molina Narváez, N. y Castañeda Nolasco, G. (2019). Análisis de componentes artesanales utilizados en muros de vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En A. González (Ed.), *Vivienda y comunidades sustentables* (pp. 117-126). UNISON/Pearson.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2021). *Resultados complementarios del censo de población y vivienda 2020*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResCompl-CPV2020_Nal.pdf
- Kibert, C. (2013). *Sustainable construction: green building design and delivery* (3ª ed.). John Wiley & Sons.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022, 27 de julio). *Contaminación del aire doméstico y salud*. OMS. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-andhealth>
- Servin May, N. L., Fajardo May, R. I., Peralta Jiménez, Y., Madrigal Almeida, A. y Jiménez Santos, M. A. (2023). Salud respiratoria en adultos mayores expuestos al humo de fogón intradomiciliario en el sureste mexicano. *Revista Electrónica del Desarrollo Humano para la Innovación Social*, 10(20). <https://cdhis.org.mx/index.php/CAGI/article/view/183>

15. Concretos reciclados para uso estructural en vivienda social



ANTONIO TAHUITON-MORA*

ALBERTO MUCIÑO VÉLEZ**

CÉSAR ARMANDO GUILLÉN GUILLÉN***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.15>

Resumen

Se plantea diseñar prefabricados de concreto reforzado con aplicación en vivienda social empleando los residuos de la construcción y demolición (RCD) como materia prima, pero existe incertidumbre en el grado de sustitución de agregados naturales por los reciclados en el diseño de mezclas que afectan la resistencia mecánica e interacción con el acero de refuerzo. Se busca una resistencia de 15 MPa, el megapascal es una unidad de presión que equivale a un millón de pascales, el pascal (Pa) es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades, para muros de concreto armado con 100 % de sustitución. Se realizaron nueve diseños de mezcla adaptando el método ACI (herramienta que permite al diseño en forma simple de vigas y losas horizontales que corresponden a sistemas estructurales continuos con apoyos simples y/o muros o columnas, sometidos a cargas de gravedad), caracterizando primero los agregados y evaluando la absorción de agua, densidad y relación agua-cemento. Las probetas se ensayaron a compresión axial a los 28 días. Se obtuvo adecuada resistencia a compresión (MPa) con 50% de sustitución y con ajustes de la relación agua/cemento se

* Doctor en Arquitectura. Profesor en la UNAM, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0475-7097>; correo electrónico: antonio.tahuiton@fa.unam.mx

** Doctor en Arquitectura. Investigador del CIAUP, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6386-0249>

*** Doctor en Pensamiento Científico. Colaborador en el Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales en la UNAM, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2596-6122>

logró superar los 18 MPa con 100 % de sustitución. El ensayo a tracción arrojó adecuada adherencia entre el acero de refuerzo y concreto reciclado. Los resultados permiten caminar hacia el diseño de un prototipo de envolvente de vivienda social empleando RCD para sustituir al 100 % los agregados naturales.

Palabras clave: *muro RCD, sistema alternativo, prueba de adherencia.*

Introducción

El uso de agregados reciclados (AR) en la elaboración de concreto estructural conlleva beneficios económicos y ambientales, pero existen retos que se deben superar mediante evaluaciones cuantitativas para determinar la viabilidad en la prefabricación de sistemas constructivos con aplicación en vivienda. La literatura ha demostrado que es posible alcanzar resistencias hasta de 35 MPa con cantidades significativas de agregados reciclados (Andreu y Miren, 2014; Pedro et al., 2017a, 2017b, 2018) y considerando que la resistencia mínima es de 15 MPa para el uso estructural del concreto, resulta posible desarrollar prefabricados de concreto empleando agregado reciclado de calidad.

El reto es lograr estandarizar la calidad del agregado reciclado debido al elevado contenido de impurezas en los AR que influyen en la durabilidad y resistencia mecánica del concreto. Por ello los estudios se han centrado en probar técnicas que mejoren la condición inicial de los AR definidos de alta porosidad que afecta en términos de absorción de agua, penetración de cloruros, entre otros efectos. Algunas estrategias para emplear AR parten de utilizar agregados procedentes de la trituración de concretos de alta resistencia, llegando a comprobar que concretos con un $f'c$ de 60 MPa pueden ser materia prima para generar agregados reciclados que pueden sustituir al 100 % a los agregados naturales (AN) en mezclas y no comprometer la durabilidad (Andreu y Miren, 2014; Pedro et al., 2017). Pero obtener materia prima de $f'c$ de 60 MPa depende del proceso de recepción y clasificación previa a la transformación, lo que se descartó por ser una variable fuera del alcance de la investigación.

Otras técnicas de tratamiento en agregados reciclados emplean su inmersión en ácido acético con frotamiento o la carbonatación acelerada, lo que mejora el desempeño ante la absorción de agua, penetración de cloruros y ataques ácidos (Kazmi et al, 2020). Lo anterior no se consideró viable debido a que se generarían residuos químicos en el laboratorio.

Para realizar las probetas de concreto reciclado que participan en el proyecto, se incorporaron a los AR sin tratamiento, reconociendo que estos tienden a propiciar un concreto poroso que influye de modo negativo en el rendimiento y tiempo de vida del material (Berredjem et al., 2020; Erdem y Blankson, 2014). Pero considerando estudios previos se estimó que en el diseño de mezcla pueden encontrarse límites en el porcentaje de sustitución estableciendo el 50% en agregados gruesos y del 20% en agregados finos para obtener una excelente trabajabilidad, aunque no adecuada resistencia a la penetración de cloruros (Duan et al., 2020). Para mejorar esta circunstancia se ha comprobado que el agregado fino reciclado es el que provoca mayor pérdida en la durabilidad y resistencia mecánica (Singh et al., 2020), por lo que se optó valorar distintos porcentajes de sustitución en la elaboración de probetas empleando mezclas con diferentes agregados naturales y de este modo evaluar el desempeño mecánico en cada serie, sin dejar de lado el objetivo principal de lograr 100 % de sustitución y una resistencia mecánica mínima de 15 MPa sin realizar tratamientos en los AR.

Al proponer concretos estructurales se requiere determinar la interacción con el acero de refuerzo y se identificaron estudios que encontraron que usar agregados reciclados tiene un incremento en la susceptibilidad de corrosión del acero, pero que no es significativo (Frazao, 2019). Otros resultados mencionan que un incremento en la sustitución de AR por AN tiende a elevar la posibilidad de corrosión en el acero (Alhawati y Ashour, 2019). Por tanto, a mayor uso de agregados reciclados en el concreto aumenta el número de zonas frágiles y la generación de microfisuras, promoviendo patologías en el concreto que afectan al acero, por lo que se recomienda solo sustituir un 33 % de los AR por AN.

Otros autores sugieren usar barras de basalto porque son menos susceptibles a la corrosión pudiendo utilizar un mayor porcentaje de sustitución de AR en la mezcla (Wang et al., 2021), pero no se consideró el uso de barras

de basalto en el presente estudio. Esto porque es importante reducir costos y continuar con el 100 % de sustitución de AR por AN.

La elevada porosidad de los agregados reciclados, en contraste con los agregados naturales, es la causa de bajas resistencias mecánicas y menor durabilidad en concretos reciclados al compararlo con los concretos convencionales (Pepe et al., 2014; Thomas et al., 2013). Por esta razón es que al incrementar el uso de AR en las mezclas se acaba afectando la durabilidad y resistencia del concreto, por lo que su tratamiento es la respuesta para mejorar su desempeño. Pero en esta primera etapa del estudio no se consideró realizar tratamientos para determinar si existe alguna variación en el rendimiento por la interacción de los AR con distintos tipos de AN. Los AR que se utilizaron en el estudio provienen de una trituradora que emplea concretos de diversas calidades. No obstante, la literatura establece que es posible emplear concretos hidráulicos con diferentes orígenes, (Mas et al., 2012) y obtener resistencias mecánicas adecuadas (Padmini et al 2009; Tabsh y Abdelfatah, 2009).

En cuanto a la influencia en el diseño de mezclas de los AR se debe considerar la afectación que tiene en la relación agua/cemento (A/C) ya que acabará conformando fracciones débiles en el esqueleto de la matriz del cemento (Folino y Xargay, 2014; Gesoglu et al., 2015; Xiao et al., 2013). Y ya que no existe un consenso global para desarrollar diseños de mezcla con agregados reciclados se emplea el método del American Concrete Institute (ACI), y se retoman las recomendaciones de humedecer los AR previo a su incorporación en la mezcla. El fin es obtener un diseño de mezcla que emplea agregados reciclados para elaborar sistemas estructurales de concreto para la construcción de vivienda en la zona metropolitana y la generación de un proceso replicable.

Materiales y método

En este documento se propone realizar diseños de mezcla para obtener resistencias de 15 MPa y evaluar la adherencia del concreto reciclado con el acero de refuerzo. El método empleado en el diseño de mezclas es del ACI considerando las propiedades físicas de los agregados (ver tabla 1). Se uti-

lizaron dos tipos de agregados naturales denominados de río y triturados calizos para servir como parámetros de comparación e interactuar con los agregados reciclados en sustituciones del 100 % y parciales del 50 % en combinación entre agregados RCD y naturales. Las mezclas se probaron a los 7, 14 y 28 días mediante un equipo de ensayos universales para determinar el comportamiento a la compresión axial y evolución del incremento de la resistencia. Las mejores mezclas sirvieron para elaborar probetas para ser probadas a tensión y determinar su grado de adherencia junto con probetas de concretos testigos.

Tabla 1. *Atributos físicos de los agregados participantes*

<i>Atributos físicos</i>	<i>Unidad</i>	<i>Tipo de agregado</i>					
		<i>Arena triturada</i>	<i>Grava triturada</i>	<i>Arena de río</i>	<i>Grava de río</i>	<i>Arena RCD</i>	<i>Grava RCD</i>
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1541	1352	1380	1406	1213	1000
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1665	1468	1515	1537	1317	1109
Peso específico	Kg/m ³	2589	2732	2346	2672	2049	2337
Módulo de finura		2.93	N/A	3.58	N/A	2.97	N/A
Tamaño máximo nominal	pulgadas	N/A	¾	N/A	¾	N/A	1
Absorción de agua	%	3.24	0.04	3.54	1.00	15.52	9.71
Humedad	%	0.05	0.003	0.58	0.005	4.4	3.144

Fuente: elaboración propia.

Como primera etapa, se define la relación agua/cemento a partir de las propiedades de los reciclados empleando las dosificaciones de Neville (2013). Primero se usó una A/C de 0.80 y se evaluaron nueve diseños de mezcla, después se seleccionó la A/C de 0.6, para reducir el porcentaje de agua en la mezcla y buscar los 15 MPa.

Como segunda etapa se definen los diseños de mezcla M1 caliza triturada total, M2, agregado de río total y M3 100 % RCD. En las mezclas de la M4 a la M9 se realizó sustitución del 50 % de arena o grava para relacionar la interoperabilidad de los agregados. Los agregados fueron humedecidos cinco minutos antes considerando el porcentaje de absorción de cada agregado. Los pesos empleados para cada mezcla se observan en la tabla 2. Las mezclas se emplearon para las pruebas a compresión y tensión.

Tabla 2. *Dosificación de materiales por ACI*

<i>Material</i>	<i>M1 agregados triturados calizos</i>		<i>M2 Agregados de Río</i>		<i>M3 RCD</i>	
	Kg/m ³	Kg	Kg/m ³	Kg	Kg/m ³	Kg
Cemento	372	11.38	372	11.38	372	11.38
Arena	732	22.40	690	21.11	674	20.62
Grava	1023	31.30	971	29.71	768	23.50
Agua	205	6.27	205	6.27	205	6.27

Fuente: elaboración propia

En una tercera etapa se construyeron las probetas con las distintas dosificaciones y probetas testigos para comparar resultados. Las probetas se someten a ensayos a compresión y tensión y se utiliza acero de refuerzo convencional para valorar la adherencia de las probetas.

Para las pruebas de compresión simple, se colaron probetas cubicas de 100 mm conforme la norma NMX-C-083-ONNCCE-2014, las pruebas de compresión se ejecutaron a los 7, 14 y 28 días respectivamente, evaluando 5 piezas por cada día de prueba siendo un total de 15 piezas por cada diseño de mezcla.

Para determinar la adherencia entre las diferentes mezclas de concreto y el acero de refuerzo, se fabricaron probetas utilizando una varilla corrugada grado 42 de 1/2" de 750 mm de longitud, la cual en uno de sus extremos se colocó una probeta cilíndrica de concreto RCD y testigos de 100 mm de altura por 101 mm de diámetro. Las varillas se colocaron al centro de la probeta cilíndrica, para que no existiera variación en el recubrimiento, y se nivelaron para garantizar la verticalidad del acero de refuerzo. Las pruebas mecánicas se realizaron a los 7, 14 y 28 días al igual que las pruebas de compresión. En las pruebas de adherencia, se fabricaron 5 probetas por cada día de prueba, dando un total de 15 probetas por cada diseño de mezcla.

Después de evaluar los primeros nueve diseños de mezcla, fue necesario hacer un ajuste en la cantidad de agua, contemplando los porcentajes de absorción de los agregados pétreos, lo anterior resultó en una mayor cantidad de agua, como se reporta en la tabla 3. Se optó por trabajar con agregados previamente hidratados.

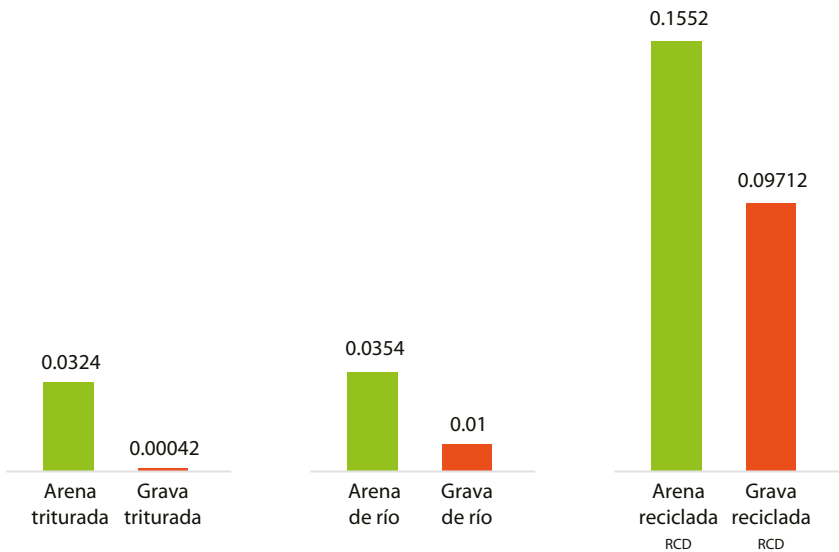
Resultados

Tabla 3. Dosificación de mezclas por ACI con ajuste de humedad

Material	Mezcla M-1	Mezcla M-2	Mezcla M-3
Cemento (kg)	372	372	372
Arena(kg)	732	690	674
Grava (kg)	1023	971	768
Agua (kg)	205	205	205
Ajuste de agua por absorción de los agregados (kg)	+1	+2	+10

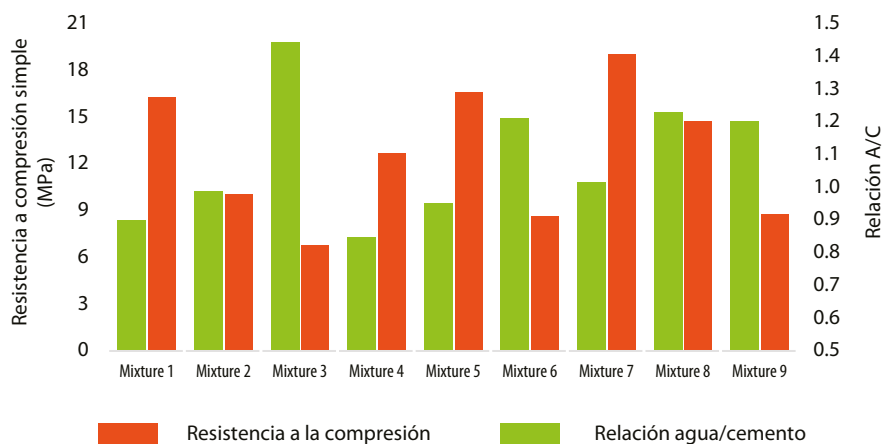
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 1. Porcentaje de absorción de agua de los agregados analizados



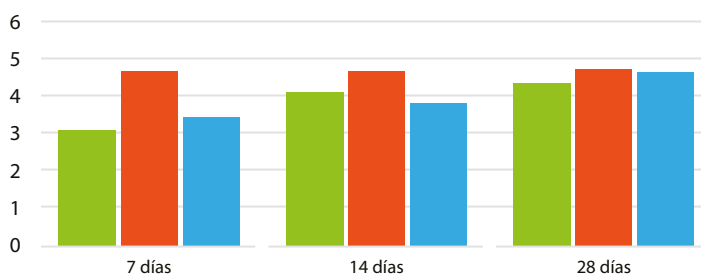
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2. Correlación de la relación A/C con la resistencia a compresión 28 días

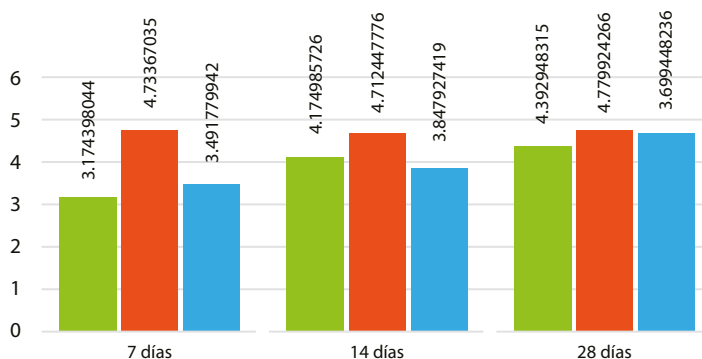


Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3. Resultados de F'_c a compresión a 7, 14 y 28 días



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 4. *Análisis comparativo de resistencia para valorar adherencia*

Fuente: elaboración propia.

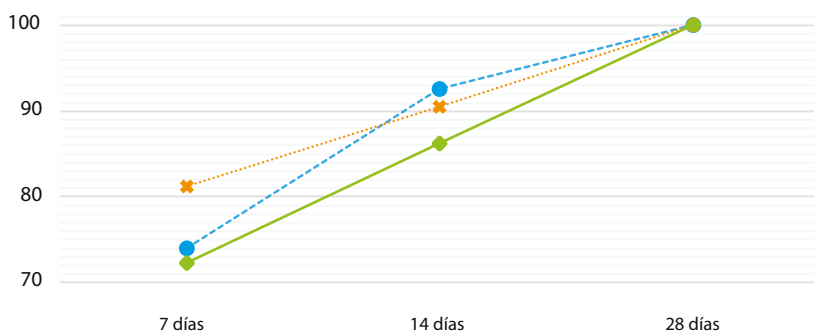
Discusión

La relación original A/C de 0.80 no se mantuvo para ningún diseño de mezcla, se realizó el ajuste para poder compensar el agua absorbida por los agregados, la cual es significativa en los AR (ver gráfica 1). La mezcla con mayor consumo de agua es la M3 que representa la sustitución al 100 % de AN por AR. En las mezclas de control M1, M2, M4 y M5 hubo menor consumo de agua y alcanzaron la resistencia de 15 MPa, porque son las que se emplearon AN. Y las mezclas M3, M6 M7 M8 y M9 incrementaron la relación de agua/cemento. La M8 fue la mezcla con sustitución del 50% de agregados gruesos reciclados en combinación con arena de río, que alcanzó y superó la resistencia esperada (15 MPa), aunque mantuvo el incremento de la relación agua/cemento. Las Mezclas M7 y M9 lograron alcanzar la resistencia esperada. La M3 y M6 no lograron obtener los 15 MPa (ver gráfico 2), por lo que se realizaron ajustes en la relación agua/cemento y se compenso en los AR la absorción de humedad.

Al comparar la resistencia mecánica que tuvieron las diferentes mezclas de concreto a los 28 días se puede apreciar que la mezcla M1 (triturados calizos) y M3 (RCD) obtuvieron resultados similares y la M2 (río) presentó

las resistencias más elevadas (ver gráfica 3). Aunque todas las mezclas tienen un comportamiento incremental a los 28 días (ver gráfica 5). En las mezclas con AN es posible utilizar agregados secos, y en la sustitución del 50 % de gravas recicladas empleando arena de río. Pero para usar AR en concretos se debe adicionar el agua necesaria conforme al ajuste por humedad y revisando que todas las mezclas tengan la misma trabajabilidad conforme a la prueba de revenimiento. Las mezclas presentaron un revenimiento de 20 cm $\pm$ 1 cm, indicando que nos encontramos dentro de los parámetros establecidos por la norma.

Gráfica 5. *Ganancia de resistencia en el tiempo*



Fuente: elaboración propia.

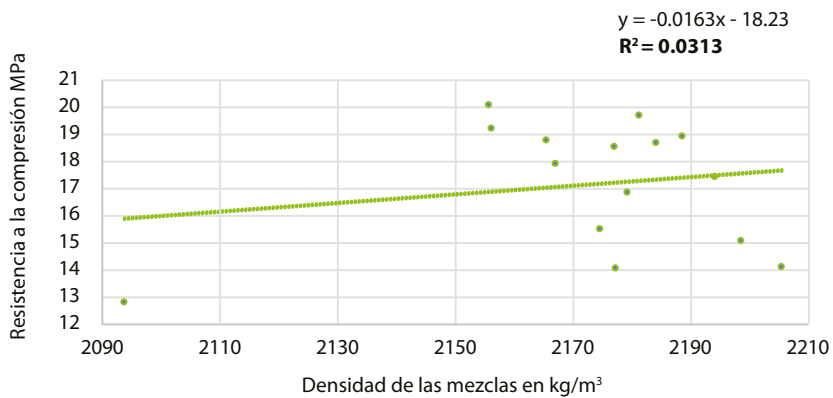
Los resultados arrojan que la mezcla M3 donde se realiza una sustitución total de agregados naturales por gravas y arenas RCD alcanzó una resistencia mecánica a la compresión simple superior a los 15 MPa. Al analizar la ganancia de la resistencia de estas mezclas se identifica que la mezcla con RCD presenta los valores más bajos respecto a las otras dos mezclas, pero sigue estando por encima de los valores establecidos por la literatura.

En la gráfica 4 se presentan los resultados de la prueba de adherencia donde se aprecia que la M3 (100 % RCD) mantienen una ganancia de resistencia y que a los 28 días supera a la M2 (triturados de caliza) y se aproxima a la M2 (río). Definiendo con los resultados obtenidos que un agregado

reciclado con sustitución del 100 % de gravas y arenas mantiene un desempeño similar a concretos testigos.

En la gráfica 6 se correlaciona los resultados de compresión con los de densidad de las mezclas M1 (triturado de caliza), M2 (de río) y M3 (RCD) y las mezclas M1 y M2 presentan una tendencia positiva, que se describe que a mayor densidad mayor resistencia y la M3 tiende a disminuir su resistencia cuando aumenta la densidad.

Gráfica 6. Correlación resistencia a compresión y densidad



Fuente: elaboración propia

Conclusión

El presente estudio evaluó la posibilidad de sustituir el 100 % de agregados finos y gruesos en una mezcla de concreto y alcanzar una resistencia de 15 MPa mediante el método del ACI. Las características de los agregados RCD en comparación con los agregados de caliza triturada y los provenientes de río, tuvieron menor peso específico tanto en finos como en gruesos, el módulo de finura de los RCD presenta similitud con los agregados finos de caliza triturada, pero son inferiores a las arenas de río. El porcentaje de absorción de los agregados RCD es superior a los naturales evaluados.

Al realizar nueve diferentes combinaciones empleando tres diferentes tipos de agregados, calizas trituradas, río y RCD, y combinando los RCD se pudo constatar que los agregados gruesos RCD operan de manera adecuada con los agregados finos de río (mezcla M8). Las mezclas M1, M2, M4 y M5 fueron con agregados naturales y las M3, M6, M7, M8 y M9 emplearon agregados reciclados. La M3 FUE la única con sustitución total de gravas y arenas para solo usar agregados reciclados, resistió más de 15 MPa con el ajuste de la relación A/C, permitiendo cumplir con el objetivo del estudio. La mezcla M3 se utilizó en pruebas de tracción para determinar la adherencia con el acero de refuerzo, al no encontrar en la literatura consultada un parámetro, se optó por comparar su desempeño con las mezclas M1 y M2 lo cual arrojó resultados satisfactorios al determinar que no existe un cambio significativo en la adherencia del acero por el uso de AR.

La densidad de los AR es menor a la de los AN y al ser incorporadas en las mezclas estas resultan en diseños menos densos. Por tanto, la menor densidad genera mayor porosidad y aumenta la capacidad de absorción de agua que presentan los agregados reciclados y se refleja en el incremento de la relación agua/cemento. Pero la cantidad de absorción se modifica cuando los agregados reciclados interactúan con los agregados naturales teniendo las combinaciones M6 (arena reciclada con grava caliza triturada), M7 (arena caliza triturada con grava reciclada), M8 (arena de río con grava reciclada) y M9 (arena reciclada con grava de río). La mejor interacción de AR con AN para una resistencia de 15 MPa y un revenimiento de 10 cm es en la M8 (arena de río con grava reciclada), pero existe poca trabajabilidad, siendo necesario realizar el ajuste por absorción de humedad del agregado y conseguir un revenimiento de 20 cm.

En esta primera etapa no se realizó la adición de aditivos o adiciones de fibras y tampoco se mejoró la condición inicial de los AR. El fin es comprobar que se puede lograr resistencias arriba de 15 MPa usando solamente agregados reciclados, lo que fue posible al diseñar mezclas con 100 % de sustitución de AN por AR con resistencias que superaron los 15 MPa, lo que permite cumplir con el objetivo del presente estudio.

Las probetas se ensayaron a 7, 14 y 28 días y se mantuvieron a temperatura ambiente sin ningún proceso de curado de los especímenes. Los ajustes por la absorción de agua al emplear agregados reciclados son necesarios

porque no es posible conseguir una mezcla trabajable con la relación A/C inicial. Las resistencias obtenidas con el 100 % de uso de agregados reciclados permite avanzar hacia la evaluación de la interoperabilidad de los agregados reciclados con procesos que mejoren su situación inicial y permita diseñar sistemas estructurales.

Se concluye que el empleo de los agregados reciclados de matriz cerámica resulta desconocido, por tanto, se requiere de caracterización y poder definir la relación agua/cemento según lo que determina el método ACI. Es necesario realizar mejoras físicas a los reciclados no solo para reducir la cantidad de cemento en la mezcla, también para evitar la aparición de fisuras a edades tempranas por exceso de agua en la mezcla debido a la alta porosidad de los agregados reciclados. Y aunque se determinó que es posible incluir mezclas con un 100 % de sustitución y conseguir resistencias de 15 MPa y más, se debe reconocer que siempre será necesario realizar la evaluación de los agregados reciclados y proponer estrategias para mejorar sus atributos originales y, de este modo, hacer posible su aplicación en mezclas de concreto para diseñar prototipos tecnológicos en envoltentes de vivienda.

Agradecimientos

Al proyecto ciencia de frontera CONAHCYT con número de registro CF-2023-I-208.

Referencias

- Alhawati, M. y Ashour, A. (2019). Bond strength between corroded steel reinforcement and recycled aggregate concrete. *Structures*, 16, 369-385. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.02.001>
- Amorós, D.J., Centurión, V.M. y Hoyos, S.M. (2017). Uso de material reciclado en la fabricación de concreto. *Caxamarca*, 16(2). Pág. 37-43 <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3098>
- Berredjem, L., Arabi, N. y Molez, L. (2020). Mechanical and durability properties of concrete based on recycled coarse and fine aggregates produced from demolished concrete. *Construction and Building Materials*, 246, 118421. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118421>

- Duan, Z., Singh, A., Xiao, J. y Hou, S. (2020). Combined use of recycled powder and recycled coarse aggregate derived from construction and demolition waste in self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 254, 119323. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119323>
- Erdem, S. y Blankson, M. (2014). Environmental performance and mechanical analysis of concrete containing recycled asphalt pavement (RAP) and waste precast concrete as aggregate. *Journal of hazardous materials*, 264, 403-10. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.11.040>
- Folino, P. y Xargay, H. (2014). Recycled aggregate concrete–Mechanical behavior under uniaxial and triaxial compression. *Construction and Building Materials*, 56, 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.073>
- Frazão, C., Díaz, B., Barros, J., Bogas, A. y Toptan, F. (2019). An experimental study on the corrosion susceptibility of Recycled Steel Fiber Reinforced Concrete. *Cement and Concrete Composites*, 96, 138-153. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2018.11.011>
- Gesoglu, M., Güneyisi, E., Öz, H. Ö., Taha, I. y Yasemin, M. T. (2015). Failure characteristics of self-compacting concretes made with recycled aggregates. *Construction and Building Materials*, 98, 334-344. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.036>
- Gonzalez, A. y Etxeberria, M. (2014). Experimental analysis of properties of high performance recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 52, 227-235. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2013.11.054>
- Kazmi, S., Munir, M., Wu, Y., Patnaikuni, I., Zhou, Y. y Xing, F. (2020). Effect of recycled aggregate treatment techniques on the durability of concrete: A comparative evaluation. *Construction and Building Materials*, 264, 120284. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120284>
- Mas, B., Cladera, A., del Olmo, T. y Pitarch, F. (2012). Influence of the amount of mixed recycled aggregates on the properties of concrete for non-structural use. *Construction and Building Materials* 27, 612-622 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.06.073>
- Metha, K. y P. Monteiro. (1998). *Concreto: estructuras, propiedades y materiales*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Neville, A., (2013). *Tecnología del concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Padmini, A., Ramamurthy, K. y Mathews M. (2009). Influence of parent concrete on the properties of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 23(2), 829-836. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.03.006>
- Pedro, D., de Brito, J. y Evangelista, L. (2017a). Mechanical characterization of high-performance concrete prepared with recycled aggregates and silica fume from pre-cast industry. *Journal of Cleaner Production*, 164, 939-949. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.06.249>
- Pedro, D., de Brito, J. y Evangelista, L. (2017b). Structural concrete with simultaneous incorporation of fine and coarse recycled concrete aggregates: Mechanical, durability and long-term properties. *Construction and Building Materials*, 154, 294-309. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2017.07.215>

- Pedro, D., de Brito, J. y Evangelista, L. (2018). Durability performance of high-performance concrete made with recycled aggregates, fly ash and densified silica fume. *Cement and Concrete Composites*, 93, 63-74. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2018.07.002>
- Pepe, M., Toledo Filho, R. D., Koenders, E. A. y Martinelli, E. (2014). Alternative processing procedures for recycled aggregates in structural concrete. *Construction and Building Materials*, 69, 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.084>
- Singh, A., Duan, Z., Xiao, J. y Liu, Q. (2020). Incorporating recycled aggregates in self-compacting concrete: a review. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*, 9(3), 165 - 189. <https://doi.org/10.1080/21650373.2019.1706205>
- Thomas, C., Setién, J. y Polanco, J. (2016). Structural recycled aggregate concrete made with precast wastes. *Construction and Building Materials*, 114, 536-546. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2016.03.203>
- Wang, W., Wang, Y., Li, D., Liu, Y. y Li, Z. (2021). Bond-slip behavior between basalt fiber reinforced plastic bars and recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 302, 124360. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.124360>
- Xiao, J., Li, W., Sun, Z., Lange, D. A. y Shah, S. P. (2013). Properties of interfacial transition zones in recycled aggregate concrete tested by nanoindentation. *Cement and Concrete Composites*, 37, 276-292. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2013.01.006>

16. Valorización de residuos industriales como materiales de construcción para vivienda autoproducida



ROSALÍA RUIZ RUIZ*

ELIA MERCEDES ALONSO GUZMÁN**

MARCO ANTONIO NAVARRETE SERAS***

ADRIÁN IXCOATL CERVANTES SERVÍN****

NOEL DÍAZ GONZÁLEZ*****

MAURICIO ARREOLA SÁNCHEZ*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.16>

Resumen

La vivienda en México se ha convertido en una de las principales demandas que propone atender el Plan Nacional de Desarrollo, ya que existe 25 % de rezago habitacional según cifras de la Comisión Nacional para la Vivienda aunado a que el 58.5 % de las viviendas habitadas requiere de arreglos o remodelaciones que, en la mayoría de los casos, son hechos por los propietarios de las casas, es decir, se autoconstruye. La selección de materiales es una de las etapas que tiene mayor impacto en la construcción de una vi-

* Maestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Profesora en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8828-3380>; correo electrónico: rosalia.ruiz@umich.mx

** Ingeniera Civil. Profesora de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8502-4313>

*** Doctor en Ciencias de la Ingeniería Física. Profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4582-9387>

**** Doctor en Ingeniería Ambiental. Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-4199>

***** Maestro en Infraestructura del Transporte. Técnico Académico en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

***** Doctor en Ciencias en Ingeniería Química. Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4105-5281>

vienda adecuada, debido a que influye directamente en su habitabilidad, vida útil, impacto ambiental y costo. En este trabajo se presenta un estudio de propiedades físico-mecánicas e indicadores de durabilidad en morteros elaborados con residuos industriales con la finalidad de identificar si estos últimos pueden ser valorizados como materiales de construcción para vivienda autoproducida, dado que al ser residuos generados localmente se podrían abatir costos y minimizar el impacto ambiental.

Palabras clave: *residuos, morteros, propiedades físico-mecánicas, durabilidad, vivienda.*

Introducción

El rápido crecimiento demográfico y la industrialización han generado que la demanda de bienes y servicios se incremente, la construcción de vivienda es una de las principales demandas en México. Según estimaciones reportadas por la Comisión Nacional de Vivienda, más de 549 mil hogares necesitarán una vivienda en 2030 (CONAVI, 2023). Por esta razón la vivienda social es prioritaria para el Plan de Desarrollo Nacional 2019-2024 y deberá ser atendida mediante un conjunto de acciones encaminadas a la adquisición, mejoramiento, ampliación y sustitución de esta (Gobierno de México, 2019), acciones que en su mayoría pueden ser satisfechas bajo el esquema de autoproducción que se busca que pase de ser espontánea a asistida, de modo que se pueda tener acceso a la vivienda adecuada (Cervera, A. H., Patricio, 2023; SEDATU, 2024), la selección de materiales es uno de los elementos clave para conseguirlo, ya que influye directamente en su habitabilidad, vida útil, impacto ambiental y costo (Muciño, 2020; SEDATU, 2021). La valorización de residuos como materiales de construcción podría ser una buena alternativa para conseguirlo, ya que no solo se evitaría la extracción de material virgen y la disposición inadecuada de residuos, sino que su uso podría propiciar la economía circular.

Uso de residuos como material de construcción

En la actualidad existe un gran interés por parte de los investigadores, a nivel mundial, en valorizar o al menos reutilizar los diferentes residuos existentes como modificadores de materiales de construcción. Enfocándose principalmente en modificar tres tipos de materiales compósitos: ladrillos, morteros y concretos (Jannat et al., 2021): que se usan ampliamente en el desarrollo de todo tipo de infraestructura. Con la utilización de residuos se logran mejoras en la durabilidad de los compósitos de construcción y al mismo tiempo se mejora la huella ecológica de la industria constructora, ya que se podría reducir el consumo de materiales de banco, de cemento, los costos de producción e incrementar la vida de servicio de la infraestructura civil. Algunos de los residuos que han sido estudiados son: polvo de mármol (Bentlemsan et al., 2023), lodos residuales metalúrgicos (Song et al., 2024), residuos triturados de cerámica y ladrillos (El-Seidy et al., 2024; Younis et al., 2022), residuos reciclados de vidrio, cerámica y neumático (Sabbrojjaman et al., 2024), escorias metalúrgicas (Gencel et al., 2021; Santamaría-Vicario et al., 2015) todos como sustituto de los áridos naturales. Aunque algunos residuos se pueden usar también como sustitutos del materiales cementante como los polvos de roca, producto de la trituración (Dobiszewska et al., 2023), residuos de demolición de concreto, residuos de procesos de pirolisis, “soaring demand for natural resource devouring and CO₂-producing material, cement in the construction industry, poses enormous ecological risk, accelerating the requirement of an alternative or supplementary cementitious material (SCM)” (Sabrin et al., 2024, 108765), también conocidos como materiales puzolánicos (Bentlemsan et al., 2023), escoria de alto horno (Cabrera-Madrid et al., 2016), arenas residuales de la técnica *sandblasting* (Sutrisno et al., 2024), entre otros.

Estudio de la incorporación de residuos industriales como material cementante en morteros elaborados en Michoacán

En esta sección se presentan trabajos de investigación desarrollados en el laboratorio de materiales Ing. Luis Silva Ruelas de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH),

respecto al comportamiento de morteros de cemento elaborados con residuos industriales, de manera particular los provenientes de la siderúrgica, ya que es una industria con gran presencia en el estado. Los trabajos fueron recolectados del repositorio institucional de la UMSNH y enseguida se detallan los que son de interés para este trabajo.

Materiales

Los materiales sujetos de estudio son morteros elaborados con cemento Portland CPC-30R-RS, que es un cemento Portland compuesto con clase resistente de 30 MPa y resistente a los sulfatos; arena sílica proveniente del río Lerma, con características de la arena Ottawa; residuos de la siderúrgica de Lázaro Cárdenas, Michoacán, como sustituto parcial del cemento en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 % y 30%; y agua conforme a las especificaciones de la norma mexicana para su uso en concreto. Las relaciones agua/cemento (A/C) y arena: cementante de todos los morteros son de 1:1.01 y de 1:2.75, respectivamente.

Ceniza de horno convertidor básico de oxígeno (CBOF)

Arguello (2012), Arreola (2013), Núñez (2013) y Ruiz (2015) reportan el uso de la ceniza que es generada durante el proceso de conversión del arrabio a acero mediante horno básico de oxígeno y por eso la identifican como CBOF. Arreola Sánchez (2013) menciona que este residuo es un tipo de escoria que tiene forma granular y fue tamizado en laboratorio hasta conseguir tamaño de partícula inferior a 80 micras para ser incorporado en la elaboración de los morteros.

Carbón mineral (CM)

El uso de residuo de carbón mineral generado por el coque utilizado en los altos hornos para producir hierro es reportado por Arguello (2012), Arreo-

la (2013), Cruz (2012), y Ruiz (2015), quienes lo nombran como CM. Según Arguello Hernández (2012), dado que el CM es granular y de gran tamaño, su implementación como sustituto del cemento en la elaboración de morteros requirió de procesos de molienda y tamizado hasta conseguir material que pasa la malla N° 200.

Escoria de alto horno (EAH)

“La escoria es un subproducto que se forma a partir de la ganga de minerales y cenizas provenientes del coque y el carbón” (Ternium, 2024). Se trata de un residuo con textura vítrea y forma granular que según Cruz (2012) fue molido y tamizado en laboratorio para su uso en morteros.

Tomando en cuenta lo mencionado arriba, los morteros sujetos de evaluación son 16, cuya nomenclatura queda definida por la abreviatura del residuo incorporado y su porcentaje de sustitución, a excepción del mortero sin sustitución, que es nombrado control.

Composición química de los materiales de sustitución

La composición química del CBOF, EAH y cemento reportado en esta sección fue determinada mediante la técnica de Fluorescencia de rayos X con la finalidad de identificar si tienen suficiente contenido de óxidos de aluminio, hierro y sílice, que son los responsables de conferir propiedades similares a las del cemento. Sin embargo, la composición de CM no se pudo determinar debido a pérdidas por calcinación (PXC) excesivas.

En la tabla 1 se muestra la composición química de los materiales mencionados. Aunque ninguno de los materiales cumple con el porcentaje mínimo de óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) para ser considerado como alguna clase de puzolana, la EAH y CBOF están cerca del mínimo requerido para puzolana de clase C y además cumplen con los porcentajes de SO_3 y PXC, según lo especificado en la norma ASTM C 618-03 (2017).

Tabla 1. Composición química de los residuos industriales

Compuesto	TiO ₂	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	PXC	SO ₃
CPC 30R RS	0.2	0.08	1.3	49.8	0.67	1.23	0.12	36.59	5.12	3.37
EAH	0.56	0.42	10.1	37.6	0.3	0.42	0.05	47.35	-0.7	1.93
CF	0.83	2.42	6	37.5	0.03	0.02	0.81	45.61	4.79	0.8
CM	86									

Fuente: elaboración propia.

Propiedades físico-mecánicas e indicadores de durabilidad

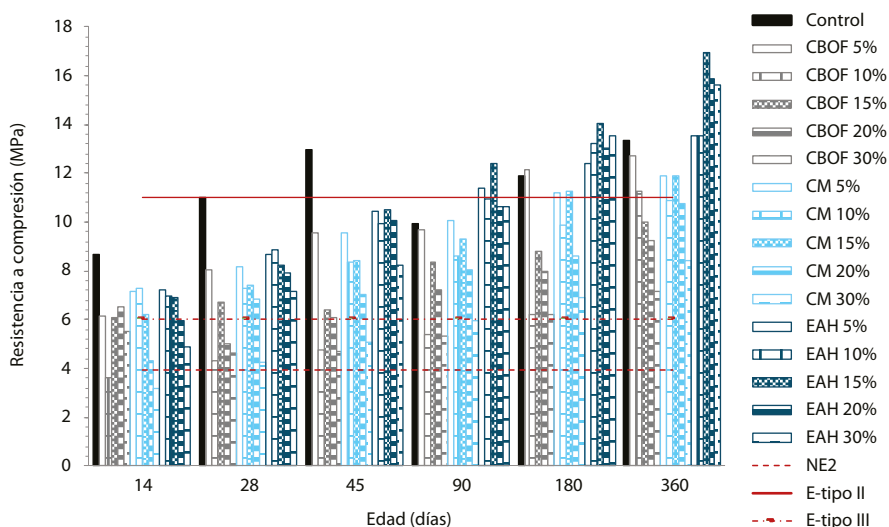
Cuando se pretende hacer la valorización material de un residuo, debe garantizarse que este cumpla con las características de funcionalidad para el uso pretendido. En el caso de los morteros, su función podría ser estructural o no estructural; usarse para pegar piezas de mampostería, recubrimiento o como material de relleno, entre otras. De manera general, se busca que los morteros puedan mezclarse y colocarse fácilmente, tengan adecuado desarrollo de resistencia mecánica y conserven sus propiedades a lo largo de su vida útil, es decir, que sean durables. Enseguida se describen brevemente los ensayos aplicados a los morteros sujetos de estudio y se muestran los resultados correspondientes.

Resistencia a compresión uniaxial

La resistencia a compresión se entiende como la carga axial máxima por una unidad de área que soporta un material, en este caso el mortero, cuya resistencia está en función con la relación A/C, el grado de hidratación, curado, edad y condiciones medioambientales (Kosmatka et al., 2004). Según la norma NMX-C-529-ONNCCE-2017 (2018), la resistencia a compresión es el parámetro más común para evaluar la calidad de un mortero en laboratorio y su ensayo consiste en aplicar carga sobre la sección transversal del espécimen hasta su falla, a diferentes edades, siendo la de 28 días la que suele usarse como referencia. La resistencia es determinada en muestras cúbicas de 5 cm de lado previamente curadas conforme a lo dispuesto en la NMX-C-061-ONNCCE-2015 (2015) y su valor es expresado en Megapascuales (MPa) o kg/cm².

En la figura 1 se presenta la compilación de resultados de compresión de morteros con residuos industriales a edades de 14, 28, 45, 90, 180 y 360 días, con la finalidad de identificar el desarrollo de resistencia a lo largo del tiempo. En la misma figura se incluyen líneas que representan las especificaciones de resistencia promedio a compresión a 28 días, tanto para morteros estructurales (E-tipo II, E-tipo III), como no estructurales (NE-2), según las normas NMX-C-486-ONNCCE-2014 (2014) y NMX-C-529-ONNCCE-2017 (2018), respectivamente. Se puede notar que, aunque los morteros con sustituciones de residuos presentan valores inferiores al control a 28 días, tienen resistencia suficiente para uso estructural, excepto los reemplazados con 10 %, 20 % y 30 % de CBOF. Además, el desarrollo de resistencia de 28 a 360 días es notable en todas las mezclas, con incrementos que van desde 46 % a 161 %. Incluso el índice de resistencia a 28 días de los morteros de 5 %, 10 % y 15 % de EAH con respecto al control, superan el 75 % requerido para ser considerada como puzolanas, según la norma ASTM C618-03 (2017). Aunado a lo anterior, todos los morteros con EAH presentan mayor resistencia a compresión que el control, a partir de los 90 días.

Figura 1. Desarrollo de resistencia a la compresión de morteros con residuos industriales

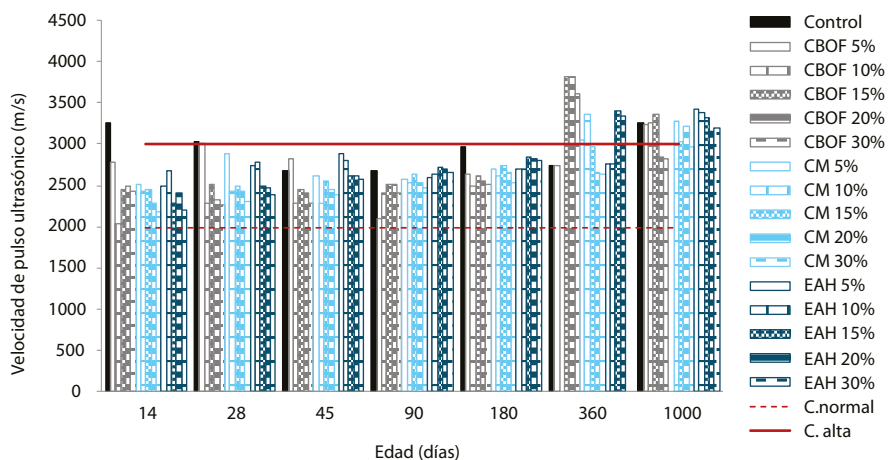


Fuente: elaboración propia con datos de Arguello (2012), Arreola (2013), Cruz (2012) y Núñez (2013).

Velocidad de pulso ultrasónico (VPU)

La velocidad de pulso ultrasónico es una técnica no destructiva que relaciona la distancia recorrida por el pulso a través de un material con el tiempo que tarda en hacerlo, el cual depende de las propiedades elásticas y de la densidad del medio (Vidaud y Vidaud, 2016). Por lo que esta técnica está relacionada con la homogeneidad del concreto, es decir, con la uniformidad de sus características, tanto en composición como en desarrollo de propiedades (Red Iberoamericana Durabilidad de la Armadura, 1998), de modo que puede ser un indicador de la calidad del concreto y la presencia de grietas y vacíos, su ensayo consiste en hacer transitar un pulso ultrasónico a través de la muestra, el cual es generado y recibido por transductores que mandan la señal al equipo, ya sea del tiempo de recorrido o propiamente la velocidad, que es medida en m/s (NMX-C-275-ONNCCE-2020, 2022).

La norma NMX-C-275-ONNCCE-2020 (2022), además de describir el procedimiento de prueba, establece criterios de calidad del concreto en función de su VPU, mismos que son representados en la figura 2 con líneas de color rojo. De acuerdo con esto, se puede notar que, todos los morteros evaluados son de calidad normal a edades tempranas y medias, con valores alrededor de 2,500 m/s. Pero a partir de los 360 días son considerados de calidad alta en su mayoría, siendo los morteros de CBOF 15 % y EAH 15 % superiores al testigo, con valores que oscilan entre 3 300 y 3 800m/s.

Figura 2. Desarrollo de velocidad de pulso ultrasónico de morteros con residuos industriales

Fuente: elaboración propia con datos de Arguello (2012), Arreola (2013), Cruz (2012), Núñez (2013) y Ruiz (2015).

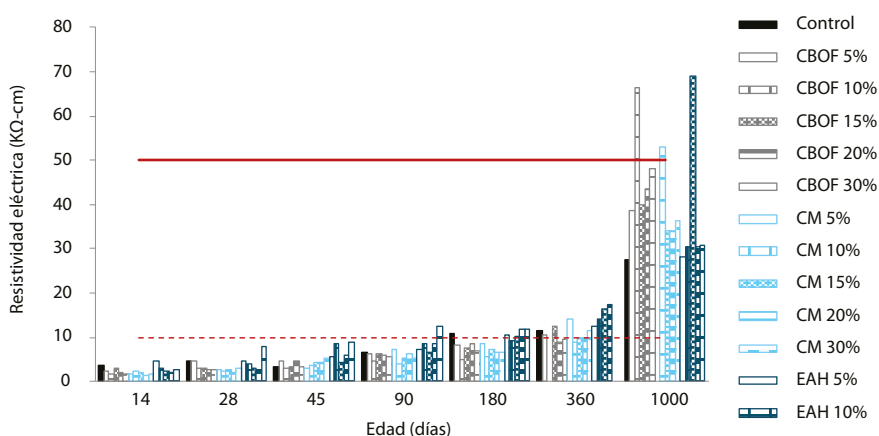
Resistividad eléctrica

La resistividad eléctrica es una propiedad de cada material, mide la posibilidad que tiene una corriente eléctrica de atravesar un medio y es considerada una de las variables que influye en la velocidad con que se corroe el acero de refuerzo, lo que repercute en la durabilidad del concreto armado (Guzmán, 2023). Según Andrade y D'Andrea (2011), la resistividad es el parámetro que permite relacionar a la microestructura con el comportamiento durable del concreto, ya que es un indicador de su fraguado, resistencia mecánica y grado de saturación que están relacionados con el curado y la impermeabilidad o resistencia al ingreso de sustancias agresivas en el concreto. La determinación de la resistividad eléctrica consiste en someter el espécimen a una corriente y voltaje dados por el resistómetro a través de las placas metálicas adosadas a las caras de la muestra conforme a lo establecido en la norma NMX-C-514 ONNCCE-2019 (2019).

Los resultados de resistividad eléctrica húmeda son mostrados en la figura 3, en la que se puede observar que, la resistividad eléctrica sigue de-

sarrollándose con el tiempo, siendo más notorio para los morteros con 15 % EAH, 20 % y 30 % de CBOF, y 10 % de CM a 1 000 días, cuyos valores fueron de 4 a 6 veces lo reportado a 360 días. A pesar de eso, la mayoría de los morteros evaluados presentan alto riesgo de corrosión, a excepción de CBOF 10%, CM 10% y EAH 15%, según lo reportado por la NMX-C-514 ONNC-CE-2019 (2019).

Figura 3. Desarrollo de resistividad eléctrica de morteros con residuos industriales



Fuente: elaboración propia con datos de Arguello (2012), Arreola (2013), Cruz (2012), Núñez (2013) y Ruíz (2015).

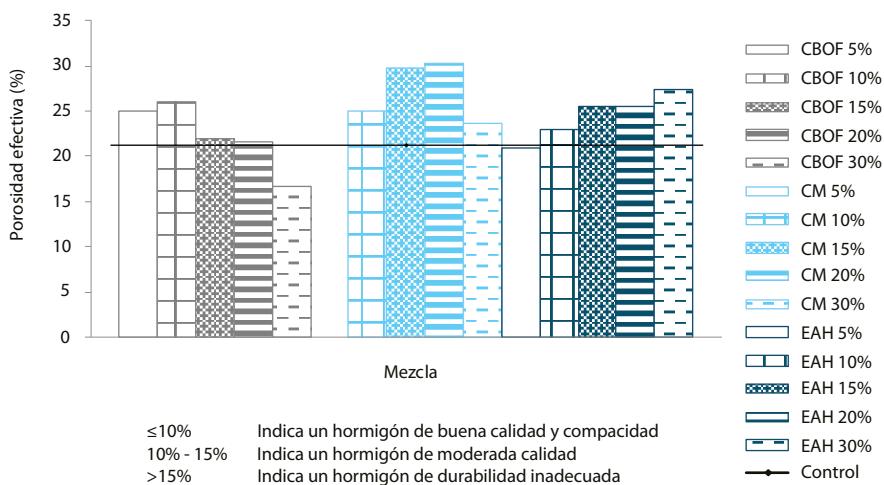
Porosidad efectiva

Se entiende por porosidad a todos los espacios vacíos que quedan en los concretos y morteros debido a la evaporación del agua de mezclado excedente y del aire atrapado en su fabricación. Los poros pueden ser de tres tipos básicamente: gel, aire y capilares. Cuando los últimos se encuentran interconectados entre sí, hay porosidad efectiva lo que ocasiona mayor permeabilidad del material, facilitando el ingreso de agentes externos que podrían disminuir su durabilidad (Red Iberoamericana Durabilidad de la Armadura, 1998). De hecho, la mayoría de los problemas de durabilidad en las estructuras de concreto están asociados con su porosidad y permeabili-

dad, incluso se dice que el factor determinante para lograr la durabilidad es fabricar un buen concreto con baja porosidad (Scrivener, y Solís-Carcaño y Alcocer-Fraga, 2019). La porosidad efectiva es uno de los coeficientes que puede ser determinado mediante el ensayo de absorción capilar propuesto por Goran Fagerlund, siendo esta una de las principales técnicas para evaluar el desempeño por durabilidad en morteros y concretos (Baptista Junior et al., 2024).

La porosidad efectiva a 1 000 días es reportada por Ruiz (2015) y es mostrada en la figura 4, en la que puede apreciarse que únicamente los morteros con 30 % de CBOF y 5 % de EAH presentan valores inferiores al control. Sin embargo, todos los morteros evaluados presentan porosidad superior al 15 % lo que sugiere que el concreto tiene durabilidad inadecuada, según los criterios del manual de inspección de la Red DURAR (Red Iberoamericana Durabilidad de la Armadura, 1998). Pero es importante mencionar que la porosidad efectiva que presentan es menor a la presentada en el diagrama de Neville y Brooks (2010), para morteros con relaciones A/C tan altas.

Figura 4. Porosidad efectiva de morteros con residuos industriales a 1000 días



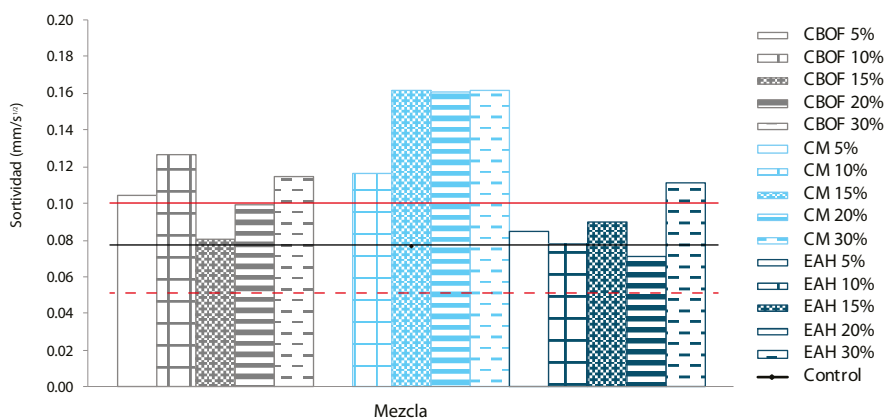
Fuente: elaboración propia con datos de Ruiz (2015).

Sortividad

Según la norma NMX-C-504-ONNCCE-2015 (2015), la sortividad indica la capacidad de absorción de agua a nivel capilar que tiene el concreto, lo que está relacionado con su porosidad efectiva y el ingreso de agentes agresivos que degradan la matriz cementicia. Se define como el incremento de masa en un espécimen en función del tiempo, cuando es expuesto a una fuente de agua en forma unidireccional y su valor es expresado en $\text{mm/s}^{1/2}$.

En la figura 5 son presentados los valores de sortividad a 1 000 días de los morteros sujetos de evaluación. Si bien todos los morteros exceden el límite de sorción capilar recomendado para ambientes severos; los morteros con sustituciones de EAH, excepto la sustitución de 30 %, son los que tienen menor sortividad, incluso están dentro de los valores de sorción capilar recomendada para estructuras en ambientes menos severos.

Figura 5. Sortividad de morteros con residuos industriales a 1000 días



Para espesor de recubrimiento de 30 mm en ambientes severos se recomiendan hormigones con sorción capilar $S \leq 3 \text{ mm/h}^{1/2}$ ($5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{1/2}$); en medios menos severos puede ser hasta de $6 \text{ mm/h}^{1/2}$ ($10^{-4} \text{ m/s}^{1/2}$). Si el espesor de la cubierta se incrementa, la sorción capilar puede modificarse proporcionalmente.

Fuente: elaboración propia con datos de Ruiz (2015).

Conclusiones

Aunque la resistencia a compresión de los morteros con sustituciones de residuos industriales a edades tempranas (28 días) no logró superar al control; lo hizo a edades tardías, a partir de los 90 días en el caso de las EAH, lo que podría ser atribuido al potencial efecto puzolánico. Dados los valores de resistencia presentados, todos los morteros evaluados, excepto los CBOF 10 %, 20 % y 30 %, son considerados estructurales de tipo III, por lo que su uso se recomienda como recubrimiento en muros interiores y exteriores, parapetos, banquetas, plantillas de cimentación, entre otros.

La calidad de todos los morteros sujetos de evaluación de acuerdo con los criterios de la Red DURAR en función de la VPU es normal y se mantiene durante los primeros meses del periodo de análisis. Pero a partir del primer año tienen un incremento notable que, incluso en los casos de morteros con 10 %, 15 % y 20 % de CBOF, CM 10 % y las EAH son considerados de alta calidad. Lo anterior podría estar relacionado con la densificación de la matriz por el desarrollo de productos de hidratación.

Los parámetros de resistividad eléctrica, porosidad efectiva y sortividad podrían ser usados como indicadores de durabilidad, ya que están relacionados con la posibilidad de ingreso de agentes agresivos que degradan a la matriz cementicia. En este sentido, se busca que la resistividad eléctrica sea alta, mientras que la porosidad efectiva y sortividad sean bajas. Tomando en cuenta esto, los morteros con EAH son los que presentan las mejores condiciones. Aunque en el caso particular de la resistividad eléctrica, el 10 % de CM y CBOF también destacan.

De acuerdo con esto, algunos de los porcentajes de incorporación de residuos generados en la industria siderúrgica, principalmente las EAH, son susceptibles de ser valorizados como reemplazo parcial del cemento Portland en la elaboración de morteros que formen parte de elementos estructurales sujetos a atmósferas de exposición no tan agresivas. Sin embargo, el estudio deberá completarse con un análisis de costos y de ciclo vida para garantizar que se cumplen los criterios económicos, sociales y ambientales para ser utilizados en diferentes elementos constructivos de la vivienda.

Referencias

- Andrade, C. y D'andrea, R. (2011). La resistividad eléctrica como parámetro de control del hormigón y de su durabilidad. *Revista ALCONPAT*, 1(2), 93-101. <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=427639585001>
- Arguello, S. del C. (2012). *Análisis comparativo entre técnicas no destructivas y destructivas aplicadas a morteros con sustituciones minerales de alta temperatura, cenizas orgánicas e inorgánicas, residuos industriales y fibras de cactus* [Tesis de maestría, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3075
- Arreola, M. (2013). *Actividad puzolánica de materiales (sustitutos parciales del cemento), para mejorar la durabilidad de morteros para reparación y/o construcción de estructuras de concreto* [Tesis de maestría, Universidad Michoacana de San Nicolas Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3084
- ASTM C618-03. (2017). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete* (ASTM).
- Baptista Junior, G., Nascimento, L. C., Xavier, G. de C., Monteiro, S. N., Vieira, C. M. F., Marvila, M. T. y Alledi, C. T. D. B. (2024). Durability for coating mortars: Review of methodologies. *Journal of Materials Research and Technology*, 30, 657-671. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.03.020>
- Bentlemsan, N., Yahiaoui, W. y Kenai, S. (2023). Strength and durability of self-compacting mortar with waste marble as sand substitution. *Case Studies in Construction Materials*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02331>
- Cabrera-Madrid, J. A., Escalante-García, J. I. y Castro-Borges, P. (2016). Resistencia a la compresión de concretos con escoria de alto horno. Estado del arte re-visitado. *Revista ALCONPAT*, 6(1), 64-83. <https://doi.org/10.21041/ra.v6i1.116>
- Cervera, A. H. y Patricio, M. (2023). Estrategia Nacional de Autoproducción: visión de transformación para garantizar el acceso a la vivienda adecuada. *Revista Vivienda INFONAVIT*, (2), 78-85. <https://revistavivienda.infonavit.org.mx/2024/01/09/estrategia-nacional-de-autoproduccion-vision-de-transformacion-para-garantizar-el-acceso-a-la-vivienda-adecuada/>
- Comisión Nacional de Vivienda [CONAVI]. (2023). *Necesidad de viviendas en México: Una proyección del parque habitacional de 2020 a 2050*. https://siesco.conavi.gob.mx/doc/analisis/2023/Proyeccion_hogares.pdf
- Cruz, L. (2012). *Comportamiento mecánico del carbón mineral y de la escoria de alto horno en morteros como sustituto parcial del cemento* [Tesis de pregrado, Universidad Michoacana de San Nicolas Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/7329
- Dobiszewska, M., Bagcal, O., Beycioğlu, A., Goulias, D., Köksal, F., Płomiński, B. y Ürünveren, H. (2023). Utilization of rock dust as cement replacement in cement composites: An alternative approach to sustainable mortar and concrete productions. In *Journal of Building Engineering*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106180>

- El-Seidy, E., Chougan, M., Al-Noaimat, Y. A., Al-Kheetan, M. J. y Ghaffar, S. H. (2024). The impact of waste brick and geo-cement aggregates as sand replacement on the mechanical and durability properties of alkali-activated mortar composites. *Results in Engineering*, 21, 101797. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101797>
- Gencil, O., Karadag, O., Oren, O. H. y Bilir, T. (2021). Steel slag and its applications in cement and concrete technology: A review. *Construction and Building Materials*, 283, 122783. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122783>
- Gobierno de México. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*.
- Guzmán, A. (2023). Umbrales de resistividad para evaluar durabilidad del hormigón con hidrofugantes y diferentes relaciones agua/cemento. *Revista ALCONPAT*, 13 (3), 286-298. <https://doi.org/10.21041/ra.v13i3.699>
- Jannat, N., Latif Al-Mufti, R., Hussien, A., Abdullah, B. y Cotgrave, A. (2021). Utilisation of nut shell wastes in brick, mortar and concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 293, 123546. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123546>
- Kosmatka, S.H., Kerkhoff, B., Panarese, W.C. y Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association.
- Muciño, A. (2020). Sustainability of Construction Materials. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 7, 93–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i7.141>
- Neville, A.M. y Brooks, J.J. (2010). *Concrete technology*. Pearson Education Limited.
- NMX-C-061-ONNCCE-2015. (2015). *Industria de la Construcción-Cementantes Hidráulicos- Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cementantes Hidráulicos*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-275-ONNCCE-2020. (2022). *Industria de la Construcción-Concreto Hidráulico-Determinación de la Velocidad de Pulso Ultrasónico a Través del Concreto-Método de Ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-486-ONNCCE-2014. (2014). *Industria de la Construcción-Mampostería-Mortero para Uso Estructural-Especificaciones y Métodos de Ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-504-ONNCCE-2015. (2015). *Industria de la construcción – Determinación de la absorción capilar en concreto hidráulico - Método de ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-514-ONNCCE-2019. (2019). *Industria de la Construcción-Resistividad Eléctrica del Concreto Hidráulico-Especificaciones y Métodos de Ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- NMX-C-529-ONNCCE-2017. (2018). *Industria de la Construcción-Mampostería-Mortero para Uso No Estructural-Especificaciones y Métodos de Ensayo*. Diario Oficial de la Federación.
- Núñez, J. A. (2013). *Comportamiento físico - mecánico de morteros de cemento con sustitución de ceniza y material orgánico en diferentes porcentajes* [Tesis de pregrado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. Repositorio de la universidad http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/7347
- Red Iberoamericana de la Durabilidad de la Armadura. (1998). *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*.
- Ruiz, R. (2015). *Comportamiento físico-mecánico de morteros de CP con substituciones parciales minerales, orgánicas, de fibras y residuos industriales a edades de 1000 días*

- [Tesis de pregrado, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo]. Repositorio de la universidad http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/7516
- Sabbrojjaman, M., Liu, Y. y Tafsirojjaman, T. (2024). A comparative review on the utilisation of recycled waste glass, ceramic and rubber as fine aggregate on high performance concrete: Mechanical and durability properties. *Developments in the Built Environment*, 17, 100371. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100371>
- Sabrin, R., Shahjalal, M., Eema Bachu, H. A., Lutful Habib, M. M., Jerin, T. y Billah, A. M. (2024). Recycling of different industrial wastes as supplement of cement for sustainable production of mortar. *Journal of Building Engineering*, 86, 108765. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.108765>
- Santamaría-Vicario, I., Rodríguez, A., Gutiérrez-González, S. y Calderón, V. (2015). Design of masonry mortars fabricated concurrently with different steel slag aggregates. *Construction and Building Materials*, 95, 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.164>
- Scrivener, K. (2003). Calcium aluminate cements. En Newman, J. y Choo, B.S. (Ed), *Advanced concrete technology* (pp. 81-82.). ELSEVIER.
- Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial Urbano [SEDATU]. (2021). *Autoproducción de vivienda adecuada en México*. Gobierno de México.
- Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial Urbano [SEDATU]. (2024). *Autoproducción*. Gobierno de México. <https://sniiv.sedatu.gob.mx/Autoproduccion/Introduccion>
- Solís-Carcaño, R.G. y Alcocer-Fraga, M.A., (2019). Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(4), 1-13. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n4.039>
- Song, Q., Zou, Y., Bao, J. y Zhang, P. (2024). Disposal of solid waste as building materials: A study on the mechanical and durability performance of concrete composed of gold tailings. *Journal of Materials Research and Technology*, 30, 2111–2124. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.03.191>
- Sutrisno, W., Wulandari, K. D., Abidin, M. Z. y Rizal, M. N. (2024). Properties of concrete mortar incorporating recycle pulverized sandblasting waste as additives. *Heliyon*, 10(4), e25623. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25623>
- Ternium. (2024). Escoria de alto horno. <https://ar.ternium.com/es/productos/coproductos/escoria-de-alto-horno>
- Vidaud , E. J. y Vidaud, I. N. (2016). Ultrasonido: aplicación para la determinación del módulo de elasticidad dinámico. *Construcción y Tecnología del Concreto*, 6(10), 32-35. <https://es.scribd.com/document/411730079/Ultrasonido>
- Younis, M. O., Amin, M. y Tahwia, A. M. (2022). Durability and mechanical characteristics of sustainable self-curing concrete utilizing crushed ceramic and brick wastes. *Case Studies in Construction Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01251>

Arquitectura y urbanismo sostenible

17. Dimensión social y habitabilidad de espacios públicos de comunidades indígenas de Jalisco



FRANCISCO JOSÉ MARTÍN DEL CAMPO SARAY*

GONZALO BOJÓRQUEZ MORALES**

PETER RIJNALDUS WILHELMUS GERRITSEN***

HEIDY GÓMEZ BARRANCO****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.17>

Resumen

La percepción social y habitabilidad ambiental de ocupantes de espacios públicos en comunidades indígenas de la Costa Sur de Jalisco, México, es referida como la armonía que sucede entre las condiciones emocionales, sensaciones físicas y situaciones climáticas. Su organización social, ideológica y de costumbres delimitan una identidad en su vida comunal. La interacción social actúa como moderadora de su trabajo, facilita su conducta efectiva y solidaria hacia sus seres queridos, el cuidado y respeto hacia los ecosistemas, y las intervenciones organizadas a gran escala. El objetivo del trabajo fue evaluar la percepción social y condiciones de habitabilidad ambiental de ocupantes de espacios públicos de los sitios analizados. El proyecto realizado refiere la interacción mutua entre habitantes de las comunidades de Ayotitlán y Cuzalapa, Jalisco; para ello se aplicó un sondeo de entrevistas con actores clave de ambas localidades y cuestionarios con datos

* Doctor en Arquitectura. Profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7211-5366>; correo electrónico: francisco.martindelcampo@elgrullo.tecmm.edu.mx

** Doctor en Arquitectura. Profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9303-9278>

*** Doctor en Ciencias Sociales. Profesor-investigador de la Universidad de Guadalajara, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7542-0171>

**** Doctora en Protección de los Patrimonios Históricos. Profesora-investigadora de la Facultad de Arquitectura 5 de Mayo en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7221-1438>

de percepción social, habitabilidad y registros meteorológicos. El análisis de datos contempló la regresión lineal múltiple con la correlación de Pearson y Spearman con variables paramétricas y no paramétricas. Los resultados refieren que las condiciones meteorológicas repercuten en el desempeño de actividades productivas en los espacios públicos, y la percepción social establece un vínculo entre ecoturismo y vitalidad cultural.

Palabras clave: *percepción social, habitabilidad, interacción mutua, comunidades indígenas, condiciones meteorológicas.*

Introducción

El estudio sobre comunidades indígenas ha cobrado auge en la última década con relación al 2024. Parte de la atención se concentra en los aspectos físicos y naturales de un espacio público; el aspecto social se encuentra menos abordado en este rubro y sobre todo en comunidades indígenas. El objeto de estudio aborda la comunidad de Ayotitlán y Cuzalapa, que forman parte de la reserva de la biósfera de Manantlán en la región Costa Sur de Jalisco; ya que son lugares considerados como patrimonio de la conservación de México, para ello se utilizó una metodología de tipo no experimental y transversal donde se aplicó un sondeo de entrevistas a actores clave de ambas localidades, así como cuestionarios con datos de percepción social, habitabilidad y registros meteorológicos. Los resultados obtenidos brindan referencias de interés para sus habitantes sobre la interacción social y las condiciones ambientales de los espacios públicos del sitio de estudio, así como las formas en que el municipio utiliza esta información para mejorar y transformar estos espacios, para brindar a los usuarios una mejor comprensión del lugar y una convivencia satisfactoria y estimulante entre familiares y amigos.

Desarrollo del tema

Los grupos indígenas, en general, son observadores agudos de los ritmos naturales, por lo que han acumulado un conocimiento amplio y sofisticado

de los ciclos estacionales. Sus sistemas de vida (horticultura de roza y quema, pesca, cacería, y recolección de frutos y materiales silvestres) están muy ligados a la sucesión de estaciones bien definidas. Los indígenas son conscientes de índices ecológicos complejos que ordenan la interrelación de los ciclos del agua, los vientos y la temperatura, así como de sus efectos en los ciclos reproductivos de los peces, la fauna terrestre y los frutos silvestres, al igual que en la regulación de las actividades rituales y productivas de la gente. Aunque es normal que la sucesión estacional presente variaciones interanuales, los indígenas señalan que los signos e índices naturales que se perciben son alarmantes: las estaciones ocurren fuera de tiempo; los pulsos de inundación y descenso de los ríos están desincronizados con la maduración de los frutos silvestres; y el calor aumenta, entre otros acontecimientos (Echeverri, 2009).

En adición a lo anterior, se reflexiona que un sujeto antropogénico que desconcierta a las comunidades indígenas en su sistema socioecológico es la disminución de alimentos básicos, de agua y de dinero. Esto compromete a las generaciones futuras y va en detrimento de su productividad y sustentabilidad. Por consiguiente, la percepción generalizada de estos grupos en cuanto al despojo de sus recursos naturales va en aumento y contrapone sus garantías como grupo vulnerable y condiciones de habitabilidad.

Por otra parte, García-Doménech (2014) señala que la percepción social del espacio público ubica la calidad estética de un fragmento urbano tan importante para la ciudad, potencia su uso y mejora la calidad social. Esta interacción funciona cuando existe un equilibrio entre la planificación urbana o rural, la arquitectura y el diseño de espacios públicos.

Según Maloutas y Pantelidou (2004) los espacios públicos son vistos como un lujo, ya que prima la desigualdad en su distribución y en el acceso, particularmente en los espacios grandes de las áreas urbanas, los cuales permanecen inaccesibles a las mujeres, a los pobres urbanos y a otras minorías. Dado que los espacios públicos podrían facilitar la cohesión social en zonas urbanas solo si grupos sociales distintos acceden e interactúan entre ellos, varios autores han mencionado que tanto la interacción social como el apego a un lugar pueden ser elementos clave para la formación de dicha cohesión.

En este párrafo atribuye el sentido de identidad que puede tener un habitante con un espacio público, que se identifique con él, que lo sienta

suyo o como parte de su integridad personal; en contraste, se pudiera pensar, de acuerdo con la reflexión de los autores, que no todos tienen derecho a asistir a estos lugares, porque definitivamente se sienten relegados y desprotegidos por la sociedad como grupo vulnerable.

El espacio público juega un papel fundamental en la salud de la población y tiene una influencia directa en los estilos de vida. El diseño del espacio público tiene la capacidad de favorecer la actividad física, el contacto con la naturaleza y los encuentros sociales, lo que supone la prevención de la soledad y el aislamiento, de enfermedades cardiovasculares, de depresión y otros problemas de salud mentales y físicos (Menéndez, 2020).

Lo que expresan los autores un párrafo arriba refleja la importancia del diseño del espacio público: que cumpla con las expectativas de sus usuarios en sentido de funcionalidad y bienestar, que sea atractivo y seguro para cualquier visitante; que identifique oportunidades de descanso, ocio y convivencia; que resulte de interés para actividades productivas y de comercio de calidad (no informal). Estos factores traen consigo buenos dividendos y crecimiento en sentido de pertenencia como grupo colectivo que pertenece a una localidad definida.

Además, una de las principales cualidades que provoca un cambio perceptivo del espacio público no es estética, sino social: el espacio público, para que esté vivo, requiere de uso ciudadano, cuanto más intenso, mejor. Las diferencias perceptivas entre un espacio socialmente activo y otro vacío son radicales. En los espacios públicos vacíos aumenta la percepción del tamaño y la distancia, mientras que en los que están fuertemente densificados aparentan reducirse y acortarse (Borja y Muxí, 2003).

Desde otra perspectiva, Claudio y Valerio (2020) señalan que el espacio público es el resultado de la intervención de los actores sociales, los cuales a través de las tradiciones y costumbres generan una autoproducción y apropiación de este. Para el desarrollo de las manifestaciones culturales los habitantes toman al espacio público disponible en un punto de partida para su desarrollo. Aunque en un principio estas manifestaciones se den por medio de pequeñas actividades que permitan al habitante un grado de identificación, estas podrán generar una conexión entre el usuario y su espacio público, por ende, este pasará a convertirse en un hito en muchos casos y

punto de referencia para el entorno, convirtiéndose en un espacio de importancia para la vida rural o urbana.

Otra aportación a este rubro es Tábara (2001), quien señala que la investigación en este campo se ha caracterizado por la existencia de dos ámbitos principales: el de la percepción de los problemas ambientales y sus interacciones sociales, por un lado, y el de los cambios de paradigmas culturales, por otro. Sobre este aspecto cabe mencionar que la percepción de los problemas ambientales puede entenderse como una respuesta social que obedece a cambios reales que se producen en el medio físico y natural, o como un indicador de un cambio socialmente construido que se produce en el medio cultural de la sociedad.

Desde otra perspectiva, Bertoni y López (2010) enuncian que las percepciones sociales del ambiente constituyen sistemas cognitivos en los que es posible reconocer la presencia de opiniones, creencias, valores y normas sobre el ambiente natural de las personas, y que van a determinar la orientación actitudinal positiva o negativa para la conservación de la naturaleza.

En este sentido, la contribución de los autores refleja la pertinencia de señalar factores de percepción social que participan activamente en el cuidado del ecosistema por parte de los actores de una localidad, donde a su vez, intentan promulgar beneficios en su contexto productivo y acción cotidiana, con el empleo de recursos naturales que les admite un modelo de vida.

Se entiende que los estudios de percepción social de habitantes sobre el ambiente natural implican el descubrimiento de las pautas de ver, pensar y de actuar en la realidad que conforman el conocimiento y la identidad de los sistemas culturales. Asimismo, brindan el marco de análisis para respuestas (adaptativas e inadaptativas) al ecosistema, así como es información relevante para la superación de la problemática ambiental que viven los sistemas culturales contemporáneos (Bertoni y López, 2010).

Un estudio realizado por Gerritsen et al. (2003) señala que un análisis del concepto de desarrollo sustentable en poblaciones rurales es fundamental para comprender la dinámica de las políticas que deben conciliar los intereses conservacionistas con las demandas desarrollistas. El estudio analizó cómo los campesinos de una comunidad rural, que está situada en una reserva de la biosfera, perciben el cambio ambiental. El trabajo observó

cómo las políticas impulsadas por el desarrollo globalizador desestructuran progresivamente el universo de significados de los campesinos, de manera que entra en crisis su particular concepción del ciclo natural, productivo, y social, a la vez que se genera y ocasiona un rol de dependencia basado en la incomprensión e ignorancia de los agentes externos.

Patrick-Encina y Bastida-Muñoz (2010) señalan que la sabiduría que conservan los pueblos indígenas sobre la capacidad adaptativa y la resiliencia de cualquier ecosistema sano es lo que mantiene los elementos identitarios fundamentales, preservar sus modos de vida, particularmente en lo que respecta a la práctica religiosa, donde refrendan su cosmovisión holística.

De esta manera se entrelazan las pautas y mecanismos de acción para el fomento del cuidado de los recursos naturales, el trabajo limpio y escrupuloso de los habitantes indígenas que en conjunto refieren y desean una intervención directa con los gobiernos para acuerdos y tomas de decisiones que satisfagan el apoyo mutuo.

Sobre la percepción que se tiene del cambio climático por parte de grupos indígenas, Echeverri (2009) realizó un estudio sobre los efectos que ha tenido el cambio climático en los últimos 10 años en grupos indígenas localizados en la Amazonía colombiana, tomó en cuenta franjas de género y edad, así como el grado de autonomía territorial de los grupos indígenas y sus modos de subsistencia. En dicho estudio el autor encontró una percepción generalizada entre estos grupos, ya que desde la década de 1990 se han hecho evidentes alteraciones en el clima (particularmente en la estacionalidad), y estos cambios se han vuelto manifiestos desde el año 2005.

Echeverri (2009) contempla la necesidad de extremar precauciones como colectividad para el cuidado de los recursos naturales, ya que los riesgos suscitados al planeta por el cambio climático del siglo *xxi* han ocasionado una versatilidad aguda de problemas de salud, bienestar y habitabilidad, además los márgenes de la economía que compromete a las generaciones futuras y comunidades indígenas.

Tomar en cuenta los aspectos socioculturales es trascendental para un buen diseño de las áreas verdes. Las áreas verdes ligan el clima y el ambiente con la realidad social y cultural de las personas que viven y conviven en ellas; son reflejo de la gente que los vive; son parte de la forma en que los

habitantes perciben y sienten su barrio y su ciudad; es por ello por lo que los parques y jardines desarrollan su carácter e individualidad y forman parte de la identidad urbana (CONAFOVI, 2005).

Las tradiciones y costumbres forman la identidad cultural dentro de una comunidad, pues estos son los conocimientos, valores y creencias que pasan de generación en generación. El espacio público permite expresar la identidad de una comunidad. Es por ello que para el desarrollo de estas actividades es esencial la influencia de actores que lo promuevan para su desarrollo (Claudio y Valerio, 2020).

Materiales y métodos

En este apartado se señalan los aspectos metodológicos para el estudio, tipo de investigación, descripción de sus etapas y dimensiones, diseño de la investigación, casos de estudio, áreas de estudio, diseño de muestreo y cédulas de información, empleo de instrumentos de medición y de recolección de datos, información de habitantes e informantes clave, condiciones del espacio público, de habitabilidad ambiental, de percepción social, de variables meteorológicas y complementarias. Además, se realizó una base de datos para el análisis y sistematización de las variables de estudio.

Se manejó un enfoque mixto cualitativo exploratorio, con una base cuasi experimental y transversal. El desarrollo de la investigación requirió de un conjunto de parámetros para evaluar indicadores que precisaron las condiciones de percepción social y habitabilidad ambiental en espacios públicos de comunidades indígenas de la Costa Sur de Jalisco.

Acerca de las comunidades de estudio se hace referencia que Ayotitlán se localiza en la Sierra Madre Occidental, con latitud 19°29'47" N y longitud 104°10'23" O, con un clima templado-subhúmedo, la temperatura máxima promedio es de 32 °C, la mínima promedio es de 9 °C y la temperatura media anual es de 21 °C, con precipitación media anual de 1 300 mm, una altitud de 944 m s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) y humedad relativa promedio del 65 % (IIEG, 2018).

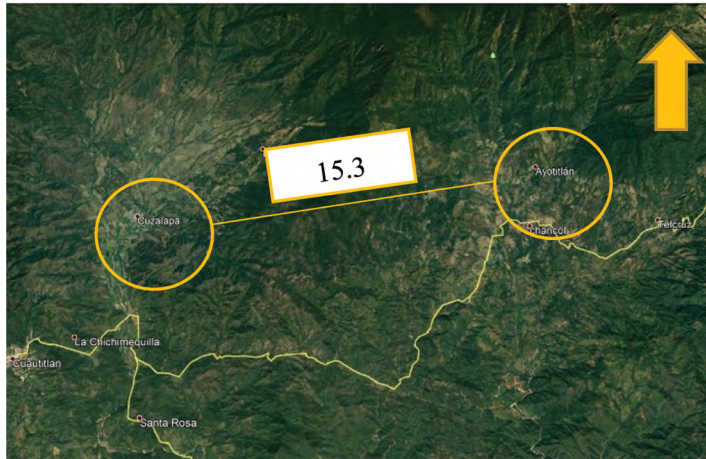
Cuzalapa, Jalisco, tiene las coordenadas de 19°29'49.38" N y 104°18'58.68" O, su clima es templado-subhúmedo, con temperatura máxima promedio

de 33 °C, una mínima promedio es de 11 °C, temperatura media anual de 22 °C, precipitación media anual de 1 300 mm, altitud de 653 m s.n.m. y humedad relativa promedio del 68 %. La distancia entre ambas localidades es de aproximadamente 15.3 km y colindan con los municipios de Casimiro Castillo, Autlán, Cihuatlán, La Huerta, Tolimán, Tuxcacuesco, en el estado de Jalisco; y Minatitlán y Manzanillo en el estado de Colima (IIEG, 2018). (ver figuras 1 y 2).

Figuras 1 y 2. *Ubicación de Ayotitlán y Cuzalapa, Jalisco*



Fuente: Google Earth, 2021.

Figura 3. Distancia en kilómetros entre Ayotitlán y Cuзалapa, Jalisco

Fuente: Google Earth, 2021.

Los lugares de aplicación para muestreo fueron espacios públicos de Ayotitlán y Cuзалapa, Jalisco. El espacio público de Ayotitlán, Jalisco, tiene un perímetro de 125 m² y un área aproximada de 890 m². Su superficie circundante es peatonal y presenta zona habitacional y de comercio con una tipología de construcción de arquitectura vernácula (ver figura 4 y 5).

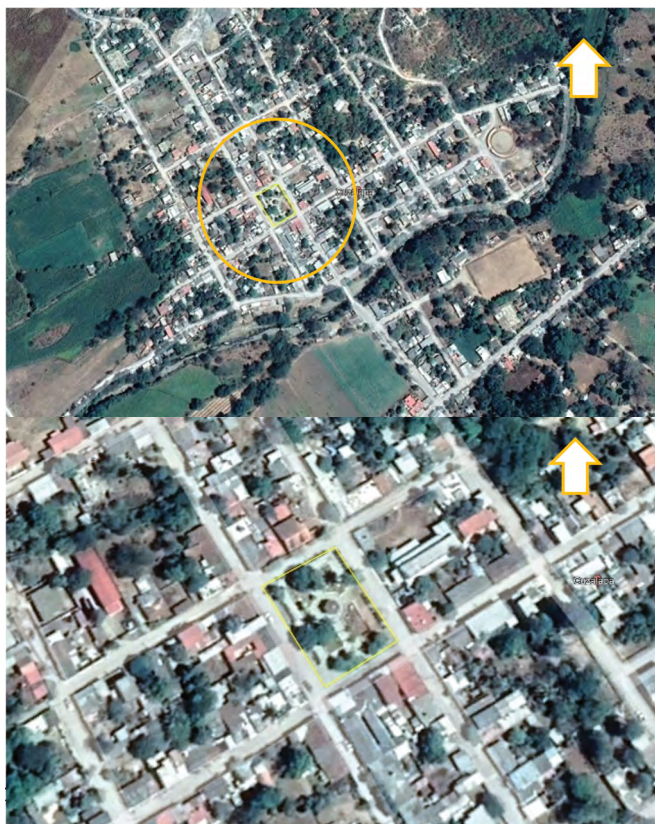
Figuras 4 y 5. Ubicación de espacio público de Ayotitlán, Jalisco

Fuente: Google Earth, 2021.

En lo que respecta al espacio público, Cuзалapa, Jalisco, tiene un perímetro de 180 m² y un área aproximada de 1,979 m². Su superficie circundante son vialidades de doble sentido y presenta zona habitacional y de

comercio con una tipología de construcción mixta de arquitectura vernácula y moderna (ver figura 6 y 7).

Figura 6 y 7. *Ubicación de espacio público de Cuзалapa, Jalisco*



Fuente: Google Earth, 2021.

Uno de los instrumentos de recolección de datos que se utilizó fueron las entrevistas de informantes clave para contextualizar las opiniones de los usuarios sobre el espacio público, se incluyeron a personas que viven alrededor del objeto de estudio por los cuatro puntos cardinales, que tuvieran conocimiento sobre la historia del espacio público y disponibilidad para participar en el estudio.

Una vez revisado el diagnóstico bioclimático de horas de confort para la población de Ayotitlán y Cuзalapa, Jalisco y el análisis de áreas de estudio,

se señala que el muestreo fue determinístico y que se realizó con habitantes de espacios públicos con edades entre los 12 y 75 años, si tuvieran mayor edad se registraba en un grupo especial. De acuerdo con la norma ISO 7730 (2006) se sugirieron algunas condiciones para los entrevistados, como: no padecer enfermedades neurológicas o cardiovasculares, o mujeres en periodo de lactancia o embarazadas. Sin embargo, para fines de la investigación de tipo exploratoria y con el propósito de incentivar la interacción mutua de las comunidades en espacios públicos, se omitieron estas características.

Se aplicaron cédulas de información para, habitantes, estas contienen las condiciones del espacio público, percepción social, habitabilidad ambiental, variables meteorológicas y complementarias para el periodo cálido y frío. Al ser un estudio exploratorio y cualitativo, la representatividad de muestreo se tuvo con la asociación de respuestas de habitantes entre las variables de percepción social y habitabilidad ambiental en espacios públicos de comunidades indígenas.

El personal de apoyo se conformó de dos personas y un servidor como responsable de la investigación, la dinámica estableció que se trabajaría en equipo para llevar a cabo una operatividad adecuada del muestreo y la entrevista a los habitantes de las comunidades indígenas.

Un integrante del equipo fue el encargado del cuestionario y medición del peso y estatura; mientras que el otro integrante ubicado de 1.5 a 2 m de distancia del entrevistado como lo establece la Guía de la Organización Mundial de Meteorología (2014), realizó la medición de variables de ambiente térmico (temperatura de globo gris, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, radiación solar y velocidad de viento) y las variables complementarias (calidad del aire, iluminancia y nivel de ruido).

Por su parte, otro miembro del equipo de trabajo, de manera simultánea a la aplicación de cuestionarios, realizó un registro en una bitácora personal con medición cada 15 minutos en el espacio público de las variables mencionadas. El horario de aplicación de muestreo fue de 08:00 a 20:00 horas, con intervalos de entrevistas para los habitantes de ambas comunidades de ocho horas por día en fines de semana para el periodo frío y cálido respectivamente, los meses que se contemplaron para el sondeo fueron los enero y mayo de 2022.

El diseño de las cédulas de información en el apartado de habitabilidad ambiental se desarrolló con base en la normatividad siguiente.

Para obtener los registros de variables de habitabilidad ambiental los instrumentos de medición que se utilizaron fueron los siguientes: dos medidores de estrés térmico (Extech, mod. HT30), dos anemómetros digitales (Extech, mod. 407113), dos trípodes (Amazon's Choice, mod. WT3111H), dos medidores de radiación solar (PCE Instruments, mod. SPM1), dos psicrómetros digitales (Extech, mod. RH401), dos registradores de datos (DataLogger marca Extech, mod. RHT10), dos sonómetros digitales (Extech, mod. 407730), dos luxómetros digitales (Extech, mod. HD400), dos medidores de calidad del aire (Extech, mod. CO10) y una estación meteorológica (Logia, mod. LOWSC510SWB).

Para el análisis de datos se realizó la regresión lineal múltiple con las variables meteorológicas y ordinales. Una vez obtenidos estos datos se utilizó, el coeficiente de correlación de Pearson para datos paramétricos y de Spearman para datos no paramétricos, ya que los coeficientes en este tipo de correlación son el término numérico que revela el grado de relación lineal que existe entre variables cuantitativas o de intervalo y ordinales, estos son los datos que aportan directamente al estudio de habitabilidad ambiental y percepción social de habitantes de comunidades indígenas.

Resultados

Por razones de síntesis de información y para los fines de esta presentación solo se muestran algunos resultados representativos del estudio del periodo cálido y que a continuación se describen.

Acercas de las variables relacionadas con la sensación térmica del habitante, las variables de vegetación y mobiliario del espacio público resultaron ser las de mayor significancia en este rubro con un nivel de correlación de moderada; le siguieron las variables de mobiliario con la interacción entre usuarios del espacio público con un nivel de correlación de débil (ver tabla 1).

Tabla 1. *Correlación de Pearson entre sensación térmica y variables del espacio público*

		<i>Sensación térmica del entrevistado</i>	<i>Vegetación del espacio público</i>	<i>Mobiliario del espacio público</i>	<i>Horario de visita al espacio público</i>	<i>Mejoramiento del espacio público</i>	<i>Interacción entre usuarios del espacio público</i>
Sensación térmica del entrevistado	Correlación de Pearson	1	0.133	.217*	0.128	0.011	0.016
	Sig. (bilateral)		0.145	0.017	0.16	0.907	0.859
	N	121	121	121	121	121	121
Vegetación del espacio público	Correlación de Pearson	0.133	1	.607**	-0.057	0.077	.299**
	Sig. (bilateral)	0.145		0	0.537	0.4	0.001
	N	121	121	121	121	121	121
Mobiliario del espacio público	Correlación de Pearson	.217*	.607**	1	-0.092	.184*	.364**
	Sig. (bilateral)	0.017	0		0.316	0.043	0
	N	121	121	121	121	121	121
Horario de visita al espacio público	Correlación de Pearson	0.128	-0.057	-0.092	1	-0.005	0.016
	Sig. (bilateral)	0.16	0.537	0.316		0.956	0.864
	N	121	121	121	121	121	121
Mejoramiento del espacio público	Correlación de Pearson	0.011	0.077	.184*	-0.005	1	0.136
	Sig. (bilateral)	0.907	0.4	0.043	0.956		0.136
	N	121	121	121	121	121	121
Interacción entre usuarios del espacio público	Correlación de Pearson	0.016	.299**	.364**	0.016	0.136	1
	Sig. (bilateral)	0.859	0.001	0	0.864	0.136	
	N	121	121	121	121	121	121

Nota: * La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Acerca de las variables relacionadas a la sensación de humedad se tuvo que existe un nivel de significancia entre la forma del espacio público y la interacción entre usuarios del espacio público con una correlación de nivel débil, así como con las variables de vegetación y la interacción entre usuarios del espacio público con una correlación de nivel débil (ver tabla 2).

Tabla 2. Correlación de Pearson entre sensación de humedad y variables del espacio público

		Sensación de humedad del entrevistado	Vegetación del espacio público	Forma del espacio público	Horario de visita al espacio público	Mejoramiento del espacio público	Interacción entre usuarios del espacio público
Sensación de humedad del entrevistado	Correlación de Pearson	1	0.056	0.02	0.14	-0.047	-0.002
	Sig. (bilateral)		0.539	0.829	0.124	0.609	0.983
	N	121	121	121	121	121	121
Vegetación del espacio público	Correlación de Pearson	0.056	1	.237**	-0.057	0.077	.299**
	Sig. (bilateral)	0.539		0.009	0.537	0.4	0.001
	N	121	121	121	121	121	121
Forma del espacio público	Correlación de Pearson	0.02	.237**	1	0.027	.228*	.443**
	Sig. (bilateral)	0.829	0.009		0.772	0.012	0
	N	121	121	121	121	121	121
Horario de visita al espacio público	Correlación de Pearson	0.14	-0.057	0.027	1	-0.005	0.016
	Sig. (bilateral)	0.124	0.537	0.772		0.956	0.864
	N	121	121	121	121	121	121
Mejoramiento del espacio público	Correlación de Pearson	-0.047	0.077	.228*	-0.005	1	0.136
	Sig. (bilateral)	0.609	0.4	0.012	0.956		0.136
	N	121	121	121	121	121	121
Interacción entre usuarios del espacio público	Correlación de Pearson	-0.002	.299**	.443**	0.016	0.136	1
	Sig. (bilateral)	0.983	0.001	0	0.864	0.136	
	N	121	121	121	121	121	121

* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Acerca de las variables de estudio relacionadas con la sensación de viento se tuvo que existe un nivel de significancia entre la variable de interacción

entre usuarios del espacio público con las variables de circulación, vegetación y dimensión del espacio público, en nivel de débil con una tendencia lineal positiva (ver tabla 3).

Tabla 3. *Correlación de Pearson entre sensación de viento y variables del espacio público*

		<i>Sensación de viento del entrevistado</i>	<i>Vegetación del espacio público</i>	<i>Circulación del espacio público</i>	<i>Dimensión del espacio público</i>	<i>Mejoramiento del espacio público</i>	<i>Interacción entre usuarios del espacio público</i>
Sensación de viento del entrevistado	Correlación de Pearson	1	0.166	0.083	-0.014	-0.138	-0.11
	Sig. (bilateral)		0.069	0.367	0.877	0.131	0.228
	N	121	121	121	121	121	121
Vegetación del espacio público	Correlación de Pearson	0.166	1	.286**	.249**	0.077	.299**
	Sig. (bilateral)	0.069		0.001	0.006	0.4	0.001
	N	121	121	121	121	121	121
Circulación del espacio público	Correlación de Pearson	0.083	.286**	1	.384**	0.119	.406**
	Sig. (bilateral)	0.367	0.001		0	0.193	0
	N	121	121	121	121	121	121
Dimensión del espacio público	Correlación de Pearson	-0.014	.249**	.384**	1	.227*	.387**
	Sig. (bilateral)	0.877	0.006	0		0.012	0
	N	121	121	121	121	121	121
Mejoramiento del espacio público	Correlación de Pearson	-0.138	0.077	0.119	.227*	1	0.136
	Sig. (bilateral)	0.131	0.4	0.193	0.012		0.136
	N	121	121	121	121	121	121
Interacción entre usuarios del espacio público	Correlación de Pearson	-0.11	.299**	.406**	.387**	0.136	1
	Sig. (bilateral)	0.228	0.001	0	0	0.136	
	N	121	121	121	121	121	121

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Acerca de las variables relacionadas con la sensación de nivel de ruido, se tuvo un nivel de significancia con la dimensión, forma y mejoramiento del espacio público en un nivel de débil y con una tendencia lineal de asociación positiva para las variables referidas (ver tabla 4).

Tabla 4. Correlación de Pearson entre sensación de nivel de ruido y variables del espacio público

		Sensación de nivel de ruido del entrevistado	Vegetación del espacio público	Dimensión del espacio público	Forma del espacio público	Mejoramiento del espacio público	Interacción entre usuarios del espacio público
Sensación de nivel de ruido del entrevistado	Correlación de Pearson	1	0.093	.300**	.233**	.238**	0.161
	Sig. (bilateral)		0.31	0.001	0.01	0.009	0.077
	N	121	121	121	121	121	121
Vegetación del espacio público	Correlación de Pearson	0.093	1	.249**	.237**	0.077	.299**
	Sig. (bilateral)	0.31		0.006	0.009	0.4	0.001
	N	121	121	121	121	121	121
Dimensión del espacio público	Correlación de Pearson	.300**	.249**	1	.382**	.227*	.387**
	Sig. (bilateral)	0.001	0.006		0	0.012	0
	N	121	121	121	121	121	121
Forma del espacio público	Correlación de Pearson	.233**	.237**	.382**	1	.228*	.443**
	Sig. (bilateral)	0.01	0.009	0		0.012	0
	N	121	121	121	121	121	121
Mejoramiento del espacio público	Correlación de Pearson	.238**	0.077	.227*	.228*	1	0.136
	Sig. (bilateral)	0.009	0.4	0.012	0.012		0.136
	N	121	121	121	121	121	121
Interacción entre usuarios del espacio público	Correlación de Pearson	0.161	.299**	.387**	.443**	0.136	1
	Sig. (bilateral)	0.077	0.001	0	0	0.136	
	N	121	121	121	121	121	121

* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Sobre las variables del espacio público relacionadas con la sensación de iluminancia, se tuvo que solamente la variable de mejoramiento del espacio público presenta un nivel de significancia con una tendencia lineal positiva y un grado de asociación de débil (ver tabla 5).

Tabla 5. *Correlación de Pearson entre sensación de iluminancia y variables del espacio público*

		Sensación de iluminancia del entrevistado	Forma del espacio público	Dimensión del espacio público	Horario de visita al espacio público	Mejoramiento del espacio público	Interacción entre usuarios del espacio público
Sensación de iluminancia del entrevistado	Correlación de Pearson	1	0.093	0.153	0.168	.247**	-0.065
	Sig. (bilateral)		0.312	0.094	0.065	0.006	0.476
	N	121	121	121	121	121	121
Forma del espacio público	Correlación de Pearson	0.093	1	.382**	0.027	.228*	.443**
	Sig. (bilateral)	0.312		0	0.772	0.012	0
	N	121	121	121	121	121	121
Dimensión del espacio público	Correlación de Pearson	0.153	.382**	1	0.079	.227*	.387**
	Sig. (bilateral)	0.094	0		0.392	0.012	0
	N	121	121	121	121	121	121
Horario de visita al espacio público	Correlación de Pearson	0.168	0.027	0.079	1	-0.005	0.016
	Sig. (bilateral)	0.065	0.772	0.392		0.956	0.864
	N	121	121	121	121	121	121
Mejoramiento del espacio público	Correlación de Pearson	.247**	.228*	.227*	-0.005	1	0.136
	Sig. (bilateral)	0.006	0.012	0.012	0.956		0.136
	N	121	121	121	121	121	121
Interacción entre usuarios del espacio público	Correlación de Pearson	-0.065	.443**	.387**	0.016	0.136	1
	Sig. (bilateral)	0.476	0	0	0.864	0.136	
	N	121	121	121	121	121	121

* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

En lo que refiere a las variables del espacio público relacionadas con la sensación de calidad del aire se registró que las variables que tuvieron nivel de significancia fue la circulación y vegetación del espacio público, con una tendencia lineal positiva y un grado de asociación de nivel de débil, a su vez, la interacción entre usuarios del espacio presentó una asociación de nivel muy débil en este rubro (ver tabla 6).

Tabla 6. *Correlación de Pearson entre sensación de calidad del aire y variables del espacio público*

		Sensación de calidad del aire del entrevistado	Vegetación del espacio público	Circulación del espacio público	Mejoramiento del espacio público	Interacción entre usuarios del espacio público
Sensación de calidad del aire del entrevistado	Correlación de Pearson	1	.243**	.246**	-0.016	.192*
	Sig. (bilateral)		0.007	0.007	0.862	0.035
	N	121	121	121	121	121
Vegetación del espacio público	Correlación de Pearson	.243**	1	.286**	0.077	.299**
	Sig. (bilateral)	0.007		0.001	0.4	0.001
	N	121	121	121	121	121
Circulación del espacio público	Correlación de Pearson	.246**	.286**	1	0.119	.406**
	Sig. (bilateral)	0.007	0.001		0.193	0
	N	121	121	121	121	121
Mejoramiento del espacio público	Correlación de Pearson	-0.016	0.077	0.119	1	0.136
	Sig. (bilateral)	0.862	0.4	0.193		0.136
	N	121	121	121	121	121
Interacción entre usuarios del espacio público	Correlación de Pearson	.192*	.299**	.406**	0.136	1
	Sig. (bilateral)	0.035	0.001	0	0.136	
	N	121	121	121	121	121

* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Acerca de las variables del espacio público relacionadas a la sensación de radiación solar del entrevistado se tuvo que tanto la variable de vegetación como la de mobiliario del espacio público tuvieron nivel de significancia con asociación lineal positiva y un grado de débil (ver tabla 7).

Tabla 7. *Correlación de Pearson entre sensación de calidad de radiación solar y variables del espacio público*

		<i>Sensación de radiación solar del entrevistado</i>	<i>Vegetación del espacio público</i>	<i>Mobiliario del espacio público</i>	<i>Horario de visita al espacio público</i>	<i>Mejoramiento del espacio público</i>	<i>Interacción entre usuarios del espacio público</i>
Sensación de radiación solar del entrevistado	Correlación de Pearson	1	.205*	.204*	0.129	0.108	0.117
	Sig. (bilateral)		0.024	0.025	0.157	0.236	0.202
	N	121	121	121	121	121	121
Vegetación del espacio público	Correlación de Pearson	.205*	1	.607**	-0.057	0.077	.299**
	Sig. (bilateral)	0.024		0	0.537	0.4	0.001
	N	121	121	121	121	121	121
Mobiliario del espacio público	Correlación de Pearson	.204*	.607**	1	-0.092	.184*	.364**
	Sig. (bilateral)	0.025	0		0.316	0.043	0
	N	121	121	121	121	121	121
Horario de visita al espacio público	Correlación de Pearson	0.129	-0.057	-0.092	1	-0.005	0.016
	Sig. (bilateral)	0.157	0.537	0.316		0.956	0.864
	N	121	121	121	121	121	121
Mejoramiento del espacio público	Correlación de Pearson	0.108	0.077	.184*	-0.005	1	0.136
	Sig. (bilateral)	0.236	0.4	0.043	0.956		0.136
	N	121	121	121	121	121	121
Interacción entre usuarios del espacio público	Correlación de Pearson	0.117	.299**	.364**	0.016	0.136	1
	Sig. (bilateral)	0.202	0.001	0	0.864	0.136	
	N	121	121	121	121	121	121

* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Conclusión y discusión

Con base en los resultados obtenidos se señala que las condiciones de los espacios públicos estudiados se aprecian deteriorados por factores meteorológicos que han sucedido en la última década con relación al 2022. Algunos de los informantes clave de la comunidad de Ayotitlán refieren que falta apoyo del municipio de Cuautitlán para el mejoramiento de espacios públicos, generar una mejor convivencia e interacción social entre sus habitantes. En lo que respecta a lo mencionado por informantes clave de la comunidad de Cuazalapa, en su mayoría opinaron que a partir del año 2010 el espacio público ha tenido mejor mantenimiento y cuidado de sus áreas verdes, no obstante, refirieron que a partir del suministro de internet a la localidad, los habitantes ya no asisten con regularidad al espacio público, solo cuando hay algún evento importante, como la celebración de misas en días sábado y los fines de semana que son más familiares.

En cuanto a la interacción de los usuarios en el espacio se aprecia que los entrevistados en su mayoría lo consideraron “bueno” y “regular” para ambos periodos; de esta manera, la socialización es óptima y permite un acercamiento que fomenta la convivencia familiar.

Acerca del periodo cálido se tuvo que el factor de sensación térmica tuvo la escala “ni calor, ni frío” como el indicador más frecuente correspondiente a 3.5 deciles, esta variable indicó el grado de aceptación de temperatura de los usuarios durante los horarios de aplicación del muestreo. En lo que respecta a la sensación de humedad, los entrevistados manifestaron la escala de “regular” como la de mayor frecuencia, no obstante, en el periodo cálido esta variable se encuentra condicionada durante el verano por el factor de precipitación pluvial. Sobre la sensación de viento, las personas refirieron la escala de “poca” y “regular” como mayor frecuencia, este factor manifiesta la falta de ventilación natural en las zonas de muestreo, la cual es una condición que repercute en el grado de bienestar de los usuarios. Sobre la sensación de radiación solar manifestada por los usuarios, el indicador de radiación “algo fuerte” fue más frecuente y funge como un indicador de menor tolerancia por parte de los entrevistados.

En cuanto a la sensación de nivel de ruido, los habitantes relataron la escala de moderada en 3 cuartiles, situación que refleja la tranquilidad de

las dos zonas de estudio en el horario de muestreo, lo que promueve la convivencia social. Acerca de la sensación de iluminancia de los habitantes, la escala de “moderada” y “bastante” resultaron ser las mayores correspondientes a 6 deciles del total de muestreo, esto indicó que los usuarios aprecian como adecuada la iluminación en los espacios públicos, pero de acuerdo con los registros con el luxómetro, después de las 7 pm la iluminancia resultó deficiente respecto a los criterios de la normatividad competente. En lo que refiere a la sensación de calidad del aire de los usuarios, las escalas mayores fueron “nada”, “poca” y “media”; se aprecia que esta variable fue influenciada por los incendios forestales constantes en el periodo de muestreo, sobre todo en la comunidad de Ayotitlán, Jalisco.

El estudio presentado establece una relación entre la percepción social y la calidad de vida en los entornos públicos de las comunidades indígenas en la región sur de la costa de Jalisco. Se recomienda extender investigaciones similares a otras comunidades indígenas para que sirvan como herramientas de impacto social que promuevan el respeto total hacia estas poblaciones. Además, se aboga por la implementación de programas que impulsen el desarrollo, la interacción comunitaria, el ecoturismo y las actividades económicas, así como la mejora específica de sus áreas públicas.

Referencias

- Bertoni, M. y López, M. J. (2010). Percepciones sociales ambientales. Valores y actitudes hacia la conservación de la Reserva de Biosfera “Parque Atlántico Mar Chiquita”-Argentina. *Estudios y perspectivas en turismo*, 19(5), 835-849.
- Borja, J. y Muxí, Z. (2003). *El espacio público. Ciudad y ciudadanía*. Electa.
- Claudio Castillo, V. A. y Valerio Valera, Y. M. (2020). *La cohesión social y la aprobación de los espacios públicos barriales de La Era-Lima Este* [Tesis de Grado Universidad Peruana Unión]. UPEU-Tesis.
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda [CONAFOVI]. (2005). *Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales*. SEMARNAT.
- Echeverri, J. Á. (2009). Pueblos indígenas y cambio climático: el caso de la Amazonía colombiana. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 38(1), 13-28.
- Frediani Sarfati, A. y Alcaina Pozo, L. (28-30 septiembre 2020). *La desaparición contemporánea del espacio público*. IV Congreso ISUF-H: Metrópolis en recomposición: prospectivas proyectuales en el siglo XXI: Forma urbis y territorios metropolitanos, Barcelona, España.

- García-Doménech, S. (2014). Percepción social y estética del espacio público urbano en la sociedad contemporánea. *Arte, Individuo y Sociedad*, 26(2), 301-316.
- Gerritsen, P. R. W., Montero C., M. y Figueroa B. Pedro. (2003). El mundo en un espejo. Percepciones campesinas de los cambios ambientales en el Occidente de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, IV(14), 253-278 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11101403>
- Getusermanual.es. (2024, 27 de mayo). *Extech instruments termómetro*. Getusermanual.es. <https://thermometer.getusermanual.es/brand/extech-instruments/>
- Google Earth. (2021). [Vistas satelitales de Ayotitlán y Cuzalapa]. Google.
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco [IIEG]. (2018). Puerto Vallarta. Diagnóstico municipal. Gobierno del estado de Jalisco. <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2024/08/Puerto-Vallarta.pdf>
- ISO. (2006). 7730, *Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local* (UNE-EN ISO 7730:2006).
- Maloutas, T. y Pantelidou Malouta, M. (2004) Debates and Developments: The Glass Menagerie of Urban Governance and Social Cohesion: Concepts and Stakes/Concepts as Stakes. *International Journal of Urban Regional Research*, 28(2), 449-465.
- Menéndez, E. P. (2020). Evaluación del espacio público para un envejecimiento activo en España: estudio de caso en las 3 ciudades más pobladas. *Territorios en formación*, (18), 3-21.
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2014). *Guía de Instrumentos Meteorológicos y Métodos de Observación* (OMM-Nº 8). OMM.
- Patrick-Encina, G. y Bastida-Muñoz, M. C. (2010). El resguardo colectivo del patrimonio bio-cultural como garantía de la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos de los pueblos en el Estado de México. *Ra Ximhai*, 6(3), 373-378.
- Tábara, J. D. (2001). La medida de la percepción social del medio ambiente. Una revisión de las aportaciones realizadas por la sociología. *Revista Internacional de Sociología-Madrid*, 127-171.

18. Territorios periurbanos de la zona metropolitana de Xalapa: habitabilidad en asentamientos informales



MARIA CONCEPCIÓN CHONG GARDUÑO*

DANIEL ROLANDO MARTÍ CAPITANACHI**

NURY SELENE SANTOS MORALES***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.18>

Resumen

A nivel mundial más de la mitad de la población del planeta habita en zonas urbanas, se prevé que para los próximos años esta tasa aumente significativamente. En México los modelos expansivos de las áreas urbanas manifiestan un crecimiento desordenado, discontinuo que fragmenta el territorio propiciando un creciente número de habitantes en zonas periféricas, principalmente en asentamientos informales, estas zonas albergan poblaciones con bajos ingresos que a menudo experimentan condiciones de vida y características que difieren significativamente del resto de la población, estas zonas carecen de servicios básico, lo cual impacta en la calidad de vida de la población. Por ello, resulta de sumo interés abordar el análisis de la zona periurbana de la ciudad de Xalapa, capital del estado de Veracruz, misma que, como gran parte de las ciudades medias del país, ha presentado un crecimiento importante a nivel demográfico y de creación de asentamientos periurbanos en las últimas décadas, presentando un carente acceso a los servicios básicos, principalmente agua y drenaje. Es imperante este análisis pues se busca identificar y conocer las condiciones del medio, integrar un

* Doctora en Arquitectura y Urbanismo. Profesora en la Facultad de Arquitectura región Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6091-6155>; correo electrónico: cchong@uv.mx

** Doctor en Arquitectura y Urbanismo. Profesor en la Facultad de Arquitectura región Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8610-9469>

*** Maestrando en Arquitectura. Auxiliar de investigador SNII I en el Instituto de Ecología A. C., México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1594-0639>

análisis de la situación actual para contribuir la promoción de la justicia social, con estrategias dirigidas a mejorar las condiciones de sus habitantes y de su entorno.

Palabras clave: *zona metropolitana, expansión urbana, asentamientos informales, crecimiento desordenado.*

Introducción

Se destaca el rápido crecimiento urbano mundial y los desafíos asociados, especialmente en países en desarrollo como México, esto provoca que las periferias urbanas enfrenten condiciones precarias y marginación. En Xalapa, el crecimiento desordenado ha generado asentamientos informales como las colonias Santa Lucia I y II. El objetivo y alcance del artículo es evidenciar el crecimiento urbano desordenado en Xalapa, junto con los crecimientos planificados, mostrando asentamientos espontáneos con viviendas precarias y población numerosa, con condiciones de vida diferentes a las áreas planificadas. La metodología empleada para abordar el fenómeno urbano en las periferias de la zona metropolitana de Xalapa se basó en un enfoque cualitativo, donde se analizaron aspectos como el equipamiento, el transporte público y la tipología de las viviendas. Se utilizaron herramientas como planos topográficos, imágenes satelitales y fotografías en conjunto con la observación directa que permitió comprender las condiciones habitacionales y la marginación en la zona, así como la proximidad a los equipamientos clave. La limitación más plausible en este texto es que solo se quede como un trabajo de investigación y no se tomen en cuenta las soluciones pensadas como la mejora de la infraestructura de servicios básicos o la regularización de los predios.

Antecedentes

Actualmente en las ciudades habita el 56 % de la población del mundo y se espera que para el año 2050 la tendencia continúe, a tal grado que la pobla-

ción de las ciudades se incrementa a casi el doble, por lo que de cada 10 personas 7 vivirán en entornos urbanos (Grupo Banco Mundial, 2023).

Esta tendencia puede representar grandes desafíos y también grandes problemas, sobre todo para países en vías de desarrollo. Si las ciudades se siguen extendiendo a este ritmo llegará un punto en el que se tendrán que plantear estrategias que ayuden a la sostenibilidad de las ciudades y por lo tanto, a la habitabilidad de las personas.

Uno de los grandes desafíos es proveer vivienda a toda la población en una situación de igualdad y equidad, es decir, vivienda para todos y con las condiciones adecuadas de habitabilidad tanto de la vivienda como de su entorno. Esto en términos generales debería incluir viviendas asequibles y entornos adecuados con la infraestructura necesaria para la subsistencia; así como otorgar servicios básicos, como el sistema de transporte y empleo para todos sus habitantes.

A la fecha la situación de pobreza está siendo muy difícil de subsanar, sobre todo en países como México que se encuentra en vías de desarrollo y donde cada vez más el porcentaje de pobreza y pobreza extrema van en aumento. Para el caso del estado de Veracruz la CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social), institución que se encarga de realizar la medición multidimensional de pobreza con una periodicidad mínima de cada dos años a nivel nacional y entidad federativa, no muestra que el porcentaje de pobreza pasó de 2.5 % en el año 2016, a 2.9 % en el año 2022 (Coneval, 2022).

La situación se vuelve preocupante si se considera que en la ciudad se van estableciendo patrones del uso del suelo y una estructura física que va permaneciendo en el tiempo; esta situación, al expandirse por el territorio, ejerce presión sobre la necesidad de mayor superficie para el suelo urbano, no importando si se trata de tierra con factibilidad para el crecimiento urbano o no, ya que la presión sobre el territorio también es sobre zonas naturales protegidas y sus recursos naturales. Al respecto el Grupo Banco Mundial¹ nos dice que para el año 2030, el mundo puede estar añadiendo

¹ Conformado por 189 países y oficinas en más de 130 lugares, el Grupo Banco Mundial es una asociación mundial única: las cinco instituciones que lo integran trabajan para reducir la pobreza y generar prosperidad compartida en los países en desarrollo. <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>

hasta 1.2 millones de km² de nueva superficie construida. Comenta además que las ciudades son responsables de dos tercios del consumo mundial de energía y de más del 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. (Grupo Banco Mundial, 2023)

Además de estos desafíos, se debe considerar la necesidad de que las ciudades sean sostenibles, resilientes e inclusivas, lo cual requiere de una suma de esfuerzos en todas sus dimensiones: social, económica, política, urbanística y ambiental, considerando para esto aspectos como la equidad, rentabilidad, prosperidad, habitabilidad y durabilidad, respectivamente. Una de las participaciones imprescindibles es la de los gobiernos en todos sus niveles ya que desempeñan un papel muy importante en la actuación y desarrollo futuro de las ciudades, creando oportunidades para todas las personas (Grupo Banco Mundial, 2023).

Al respecto de lo anterior, el Banco Mundial propone enfoques integra-dores para transformar los sistemas esenciales de las ciudades, centrándose en 5 prioridades (Banco Mundial, 2022):

1. Se mejoren el sistema de planificación y la capacidad de las ciudades.
2. Se fortalezcan los sistemas fiscales y financieros.
3. Se promueva el desarrollo territorial y espacial.
4. Se construyan ciudades resilientes e inteligentes en relación con el clima.
5. Se invierta en comunidades urbanas marginadas y de ingreso bajo.

De los desafíos más importantes para las ciudades en México y que tienen que ver con el enfoque de esta investigación, podemos evidenciar la necesidad de fortalecer los sistemas de planificación de acuerdo con las capacidades locales, de manera que se logre mejorar en los bienes de la ciudad y sus entornos. Ya que las ciudades en México constituyen un mo-saico de contrastes entre la pobreza y la riqueza, la segregación y la frag-mentación. Es necesario tomar decisiones bien fundamentadas para realizar las inversiones adecuadas de forma equitativa.

La necesidad de tener una ciudad más equitativa, una localidad para to-dos, donde los ricos y los pobres no se distingan y que todos puedan disfrutar

de sus entornos urbanos; donde la prevención de los desastres del riesgo sea prioritario y no solamente se dé preferencia a unos cuantos.

La población más vulnerable es la de los pobres ya que tienden a vivir en asentamientos peligrosos y carecen de la mayoría de los servicios y de la infraestructura, donde no cuentan con un desarrollo urbano inclusivo ni resiliente, lo cual los puede empujar más hacia la pobreza.

Por esta razón el Banco Mundial propone invertir mayormente en las comunidades marginadas y de bajos ingresos, de tal manera que se aborden cuestiones que permitan mitigar sus problemas y los de sus entornos urbanos; procurando que sean inclusivas resolviendo la pobreza urbana, los barrios marginales y promoviendo soluciones habitacionales seguras y resilientes, ampliando el acceso a la infraestructura y los servicios urbanos (Banco Mundial, 2022).

Por otro lado, el objetivo 11 que propone la ONU-Hábitat pretende lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Por esta razón calcula que más de la mitad de la población reside actualmente en zonas urbanas y se prevé que alcance el 7 % para el año 2050, también comenta que 1 100 millones de personas viven en barrios marginales y se espera que 2 000 millones vivan en estas condiciones para el año 2030 (ONU, 2023).

La ONU también expone que muchas de estas ciudades no están preparadas para esta rápida urbanización, y el desarrollo de la vivienda, las infraestructuras y los servicios se ven superados, lo que provoca un crecimiento de los barrios marginales. El crecimiento urbano descontrolado, la contaminación atmosférica y la escasez de espacios públicos abiertos persisten en las ciudades. Considera algunas estrategias para enfrentar estos problemas como el hecho de apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional. Incluye para esto el que las ciudades adopten o implementen políticas que promuevan la inclusión, la adaptación al territorio, usando eficientemente sus recursos y de esta forma mitigar el cambio climático, además de prevenir desastres naturales (ONU, 2023).

Asegura además que la expansión urbana está superando el crecimiento de la población, lo cual es realmente preocupante, ya que se utiliza el territorio sin ninguna consideración sobre los ecosistemas y sus potencialidades.

Al respecto de las periferias urbanas, o zonas periurbanas, podemos decir que presentan diferentes características y que conforman una mezcla de asentamientos rurales, nuevos fraccionamientos de diferentes niveles socioeconómicos y colonias populares, que pudieron ser de crecimiento reciente o producto de asentarse irregularmente en torno a los asentamientos rurales.

En cualquier caso, se configuran como asentamientos precarios o informales, ya que carecen de recursos y no son integrados a programas públicos. Al respecto Mac Donald comenta que la gente busca vivir en la ciudad para obtener mejor calidad de vida y encontrar cierto confort además de estar cerca de los servicios, sin embargo, muchas de las personas no llegan a lugares seguros, ni con servicio, ni con infraestructura por lo que tienen que arreglárselas por su cuenta (Mac Donald, 2020).

Por esta razón encontramos asentamientos informales en los límites de la ciudad, en predios que generalmente no son aptos para el desarrollo urbano, ya sea por sus condiciones topográficas, por su lejanía o por que conforman una zona ecológica protegida. Es así como, más de mil millones de personas se alojan hoy en asentamientos precarios e informales de las ciudades del mundo en desarrollo (ONU-Hábitat, 2006).

Mac Donald (2020), comenta que en lugar de construir barrios con mejor calidad urbana y de la vivienda, para trasladar a la población que vive en condiciones marginales, sería mejor apoyarlos a consolidarse en el sitio que eligieron y dejar de calificarlos como un problema para la ciudad debido a su pobreza y precariedad. Mejorar su situación comprendería el dotarlos de infraestructura y servicios, además de algunos equipamientos básicos, espacios públicos para todos, así como transporte urbano adecuado. “Desde su perspectiva, los habitantes de asentamientos informales hacen un aporte valioso al propósito de construir las ciudades incluyentes y sostenibles que hoy enuncian las agendas internacionales” (Mac Donald, 2020, p. 90).

En la zona metropolitana de Xalapa existen cuantiosos asentamientos en condiciones de precariedad, los cuales han sido poco atendidos y lo que generalmente sucede es que se evita voltear a verlos para no tener que hacerlos evidentes. Esta situación es lamentable ya que por un lado no se puede revertir, no se les puede dar otro lugar para habitar y por otro tam-

poco reciben los apoyos para consolidarse y formar parte de la ciudad regular. Esta situación nos obliga a evidenciar lo que sucede a través de dos ejemplos, las colonias Santa Lucía I y Santa Lucía II mismas que analizamos, para entender, evidenciar y describir las condiciones habitacionales y urbanas en las que se encuentran debido a la acelerada urbanización, pero sobre todo para reflexionar cuáles podrían ser las probables acciones para potenciar su inclusión y su eficacia dentro de la ciudad.

A partir de estos antecedentes, el objetivo de este capítulo es evidenciar y demostrar, un crecimiento urbano, desordenado y discontinuo —en la zona metropolitana de Xalapa—, a la par de los crecimientos urbanos planeados, surgen de esta manera, crecimientos espontáneos con vivienda precaria o en proceso de autoproducción, en los que se alberga gran cantidad de población, sitios en donde generalmente se presentan condiciones físicas en sus viviendas y en su entorno inmediato, que difieren significativamente de las condiciones de vida de las personas que habitan en entornos planeados.

Metodología de análisis

A partir de este problema se planteó realizar la investigación considerando un enfoque cualitativo para de esta manera señalar y describir este fenómeno urbano en las periferias, así como para comprender la dinámica de crecimiento, para la zona metropolitana de Xalapa, para lo cual se tomaron como caso de estudio las colonias Santa Lucía I y Santa Lucía II ubicadas en la zona conurbada del municipio de Xalapa con Emiliano Zapata.

Tomando en cuenta algunas categorías de análisis, como lo son el equipamiento, el transporte público, la posición geográfica de las colonias populares en estudio y su relación con los asentamientos planeados (o regulares) y la tipología de vivienda; se podrá llegar a un alcance de tipo descriptivo, conociendo sus antecedentes, su evolución y dinámica de crecimiento y su transformación, las condiciones del entorno urbano, así como la imagen de la vivienda en los distintos procesos de autoproducción.

Para recolectar los datos a partir del enfoque cualitativo nos hemos apoyado con herramientas como: planos topográficos, imágenes satelitales,

fotografías de viviendas, fotografías del estado de la infraestructura al interior de las colonias, etc.

De esta forma, y a través de la observación directa, se estuvo en condiciones de evidenciar los estados habitacionales a nivel urbano, así como de la marginación existente en la zona (en la que se encuentran los grupos más vulnerables) y la proximidad a los principales equipamientos de salud, educativos y recreativos.

Conceptos relevantes

Transformación urbana

Para hablar de transformación urbana mencionaremos necesariamente el crecimiento de la ciudad a partir de la producción inmobiliaria que corresponda a la política neoliberal, durante la cual, la transformación de la estructura urbana se explicaba principalmente por los efectos de una expansión periférica de carácter centrifuga tal como lo menciona Janoschka, la ciudad se manifiesta a partir de lo que las inmobiliarias producen como máquinas generando espacios individuales o colectivos, con algunos servicios y equipamientos (Janoschka, 2016).

Esta política urbana ha atraído inversiones, pero también mayor migración de tal forma que las periferias no solo se conforman de fraccionamientos privados, sino también de asentamientos rurales y asentamientos informales.

La expansión urbana se da de una manera tan acelerada que apenas se empiezan a poblar los fraccionamientos, cuando ya se construyen nuevos y junto con estos se establecen asentamientos informales con vivienda precaria que poco a poco van tomando forma a través de aglutinarse y generar finalmente un barrio medianamente consolidado. Y decimos esto, ya que a diferencia de los fraccionamientos que cuentan desde su configuración con todos los servicios y los principales equipamientos, los asentamientos informales, se van configurando como colonias que carecen de todos los servicios infraestructura y equipamientos, y de a poco los van adquiriendo o adaptándose a esta situación, que puede durar años.

Territorios periurbanos

Al hablar del crecimiento urbano y su transformación vemos poco a poco que este proceso de transformación genera fragmentación y segregación del territorio, donde los pobladores de bajo nivel adquisitivo quedan excluidos de las actividades urbanas cotidianas. Por otro lado, los pobladores de las zonas rurales se ven obligados a adaptarse a la vida urbana, si no es que se desplazan a otro sitio por voluntad propia.

Esta transformación urbana en la mayoría de las ciudades en México es común y poco se hace en materia de mitigar la pobreza o coadyuvar a que los asentamientos informales se adapten a un mejor patrón de asentamiento; o si ya se encuentran asentados apoyarlos con iniciativas que promuevan su consolidación. Nos encontramos entonces ante una injusticia social donde vemos que el territorio es uno, pero las oportunidades de establecerse adecuadamente, solo es para unos cuantos, por esta razón, Janoschka propone una reconfiguración territorial de cara a estas injusticias espaciales, para que el Derecho a la ciudad se ejerza igualmente para todos.

Mucho de lo que sucede en territorio periurbano es que la transformación o reconfiguración obliga a mucha población, principalmente de menores ingresos, a desplazarse, al respecto Janoschka plantea que:

De manera abstracta, puede definirse como una operación que restringe las opciones de los sectores de menores ingresos de encontrar un lugar adecuado para vivir en un espacio concreto, sobre todo cuando otros grupos sociales con mayor capital económico, social y cultural llegan a vivir a este espacio. (Janoschka, 2016, p. 33)

A pesar de esta injusticia social y espacial, los habitantes de las colonias populares se van apropiando del territorio, adaptándose, y de alguna manera produciendo su propia vivienda y exigiendo servicios e infraestructura como su derecho legítimo a la ciudad, sin embargo, este derecho generalmente se les van otorgando de forma paulatina por parte del gobierno.

Generalmente son barrios o colonias que tardan mucho tiempo en regularizarse y nunca llegan a estar cubiertas todas las necesidades urbanas, ni completamente integrados a la ciudad.

Esta situación de asentamiento en zonas periurbanas es debido a que los ejidatarios venden sus propiedad ya fraccionada y además reciben indemnización del Instituto Nacional del Suelo Sustentable (antes Corett) adscrito a la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; por lo tanto los ejidatarios no pagan traslado de dominio, ni equipamiento, ni vialidades, ni redes de infraestructura, ni impuestos, por lo que el gobierno local debiera absorber estos costos, tanto de regularización, vialidades, equipamientos e infraestructura (Bazant, 2001).

Esta ocupación de los territorios periurbanos es una tendencia de crecimiento que va en aumento, impulsada principalmente por la iniciativa privada.

Asentamientos informales, colonias populares

Que los asentamientos informales se constituyan como colonias, se debe al control territorial que adquieren sus pobladores con la finalidad de integrarse a la vida urbana, de esta manera pasan por diferentes procesos de adaptación y autoproducción del espacio, tanto de su vivienda como del espacio urbano, de esta forma, el fin primordial es alcanzar mejores niveles de habitabilidad urbana.

Para ONU-Hábitat III, los asentamientos informales:

Son áreas residenciales en las cuales: 1) los habitantes no ostentan derecho de tenencia sobre las tierras o viviendas en las que habitan, bajo las modalidades que van desde la ocupación ilegal de una vivienda hasta el alquiler informal; 2) los barrios suelen carecer de servicios básicos e infraestructura urbana, y 3) las viviendas podrían no cumplir con las regulaciones edilicias y de planificación y suelen estar ubicadas geográfica y ambientalmente en áreas peligrosas. (ONU-Hábitat, 2016, p. 1)

Estos asentamientos informales, se convierten en barrios marginales, por la exclusión a la que se ven sometidos y por lo tanto sufren de pobreza, en muchos de los casos, extrema. Las viviendas pueden estar aglomeradas o

no, pero en principio en muy mal estado, el cual va cambiando paulatinamente para alguno durante el proceso de autoproducción.

Generalmente se asientan en terrenos peligrosos o vulnerables ante los eventos climáticos extremos. Además, un grave problema es la vulnerabilidad que tienen frente a la tenencia de la tierra, ya que generalmente se trata de ejidos y por lo tanto lleva mucho tiempo la regularización hasta que los propietarios del terreno tienen escrituras. La ONU comenta que además de la inestabilidad del derecho de tenencia, los habitantes de los barrios están expuestos de manera constante al desalojo, las enfermedades y la violencia (ONU-Hábitat, 2016, p. 2).

A pesar de los apoyos a nivel nacional que se programan para las viviendas precarias en zonas marginales y de los esfuerzos que realiza tanto el gobierno federal, estatal y local, vemos que cada vez más la pobreza aumenta y las zonas marginales en las periferias crecen.

Por ejemplo: a través del programa Vivienda Digna del Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO), el gobierno federal y los gobiernos estatales y municipales otorgan subsidios a los hogares mexicanos en situación de pobreza con ingresos por debajo de la línea de bienestar, con carencia de calidad y espacios de la vivienda, para que construyan, amplíen o mejoren sus viviendas, sin embargo y a pesar de esto, la situación solo mejora para alguno, pero en la vivienda y no en su entorno (Gobierno de México, 2012).

Habitabilidad urbana y vivienda

En relación a la habitabilidad, Salinas (2020) nos dice que no existe un consenso oficial sobre este término por lo que él considera que por habitabilidad se entiende un todo, no solo las características físicas de la vivienda (diseño, materiales de construcción, metros construidos, superficie habitable), sino, además, el espacio construido en torno a la vivienda, es decir, en relación con las características de localización, proximidad con el empleo, equipamientos educativos, de salud y recreativos, espacios abiertos de encuentro y convivencia, así como la calidad de estos (Ziccardi, 2015, como se citó en Salinas, 2020).

Es así que para comprender el concepto habitabilidad en zonas periurbanas con vivienda en proceso de autoproducción, será necesario no solo considerar la vivienda de forma aislada, sino más bien como lo sugiere varios autores como Ziccardi, valorar todo su entorno urbano y todos aquellos aspectos urbanos que otorgan la posibilidad de darle permeabilidad, proximidad, integración, lejos de la segregación y fragmentación. Por lo tanto, la vivienda en sí misma, no es suficiente para revisar la habitabilidad de un sitio.

Una vivienda en un entorno seguro, con todos los atributos o requerimientos urbanos dotada de infraestructura, servicios, equipamiento, etc. les permite a los habitantes la posibilidad de relacionarse socialmente, tanto de forma individual como colectiva, de tener acceso a un empleo formal, de manera que se sientan integrados y reconocidos.

La realidad hasta ahora es que los asentamientos informales están en gran desventaja, donde la población se encuentra en situaciones socioeconómicas precarias, con muy poca posibilidad de insertarse en el mercado laboral y por lo tanto con muy pocas esperanzas de mejorar la vivienda y su entorno. Estas agrupaciones o espacios marginales, donde la pobreza es muy alta las carencias son muchas, es el resultado de las desventajas existentes en el sitio.

El caso de la zona periurbana en la zona metropolitana de Xalapa, Veracruz

La ciudad de Xalapa, ubicada en el municipio del mismo nombre, se encuentra formando parte de la zona metropolitana junto con los municipios de: Acajete, Banderilla, Coacoatzintla, Coatepec, Emiliano Zapata, Xico, Jilotepec, Rafael Lucio y Tlalnelhuayocan, esta fue constituida como tal mediante Gaceta oficial del estado de Veracruz núm. ext. 328 tomo CXCVI de fecha 17 de agosto de 2017.

Ahora bien, planteando el panorama para acercarnos al tema de interés, podemos visualizar que desde los años noventa se ha distinguido un crecimiento exponencial en Xalapa, al punto de estar conformando actualmente con una superficie de 1,187.5 km² y una densidad de población de

95.9 Hab/ha. Aun cuando Xalapa, representa el 10.4 % de la superficie total de la zona metropolitana, constituye el municipio con mayor población, contando con 488 531 personas hasta el año 2020 (INEGI, 2020) (ver tabla 1).

Tabla. 1. *Zona Metropolitana de Xalapa: población, tasa de crecimiento y densidad media urbana, 1990-2020*

Cuadro A.30.1.07. Zona metropolitana de Xalapa: población, tasa de crecimiento y densidad media urbana, 1990-2020									
Clave	Municipio o demarcación territorial	Población				Tasa de crecimiento medio anual (%)			Superficie ¹ (km ²)
		1990	2000	2010	2020	1990-2000	2000-2010	2010-2020	
	Zona metropolitana de Xalapa	467 281	598 567	719 362	798 858	2.5	1.8	1.1	1 187.5
	30001 Acajete	6 173	7 514	8 223	9 701	2.0	0.9	1.7	97.5
	30026 Banderilla	22 110	16 433	21 546	25 993	-2.9	2.7	1.9	19.8
	30036 Coacoatzintla	5 407	7 301	9 416	11 018	3.1	2.5	1.6	43.9
	30038 Coatepec	61 793	73 536	86 696	93 911	1.8	1.6	0.8	202.3
	30065 Emiliano Zapata	36 370	44 580	61 718	85 489	2.1	3.2	3.4	415.8
	30087 Xalapa	288 454	390 590	457 928	488 531	3.1	1.6	0.7	124.6
	30092 Xico	24 162	28 762	35 188	39 623	1.8	2.0	1.2	179.0
	30093 Jilotepec	11 540	13 025	15 313	16 585	1.2	1.6	0.8	56.3
	30136 Rafael Lucio	4 309	5 342	7 023	8 343	2.2	2.7	1.8	11.5
	30182 Tlalnahuayocan	6 963	11 484	16 311	19 664	5.2	3.5	1.9	36.7

¹ El dato de superficie se obtuvo de las Áreas Geoestadísticas Municipales del Marco Geoestadístico 2020.

² Densidad Media Urbana: El dato de superficie para el cálculo se obtuvo de las Áreas Geoestadísticas Básicas urbanas del Marco Geoestadístico 2020.

N.A. No aplica porque el municipio se creó posterior a esta fecha.

Nota: Los límites estatales y municipales fueron compilados del Marco Geoestadístico, el cual consiste en la delimitación del territorio nacional en unidades de áreas codificadas, denominadas Áreas Geoestadísticas Estatales y Áreas Geoestadísticas Municipales, con el objeto de referenciar la información estadística de censos y encuestas. Los límites se apegan en la medida de lo posible a los límites político-administrativos.

Fuente: Elaborado por el Grupo Interinstitucional con base en los censos generales de población y vivienda 1990 y 2000 y los censos de población y vivienda 2010 y 2020 de INEGI.

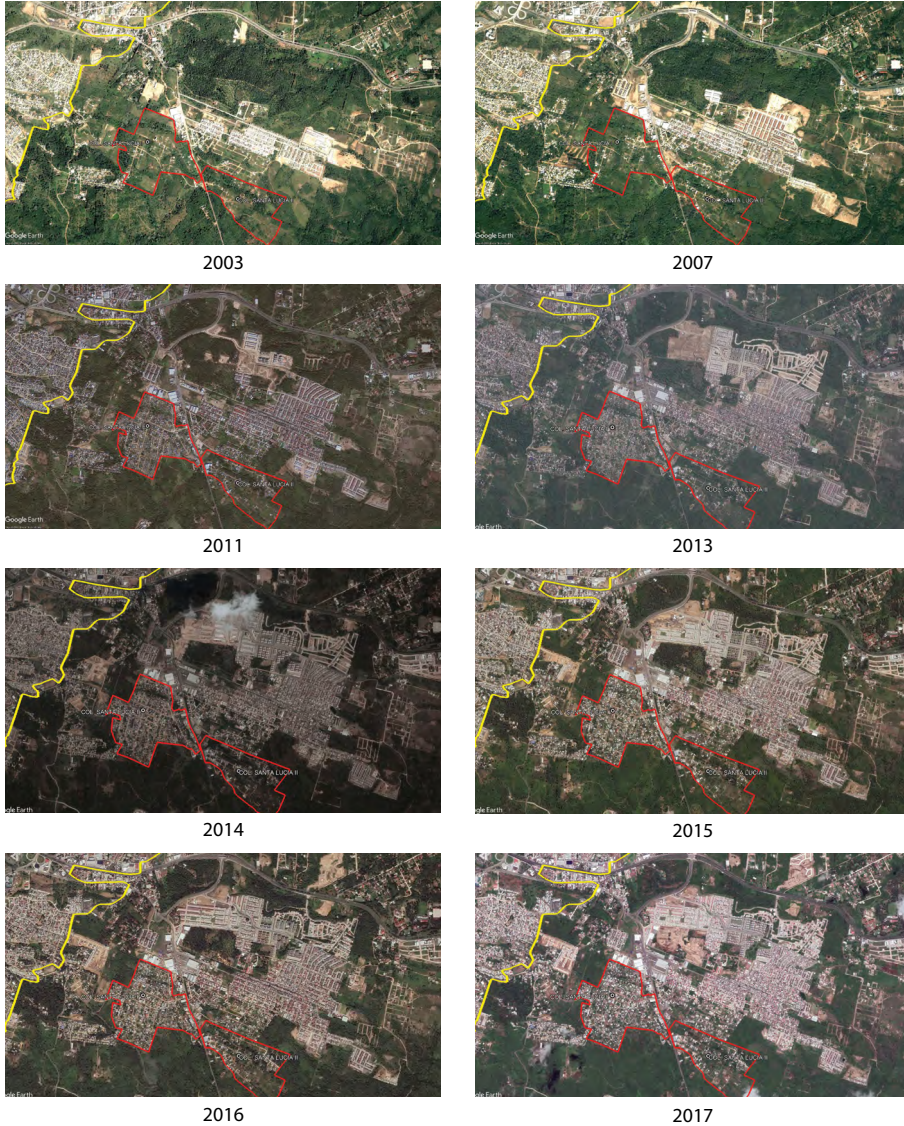
Fuente: INEGI, Marco Geoestadístico (2020).

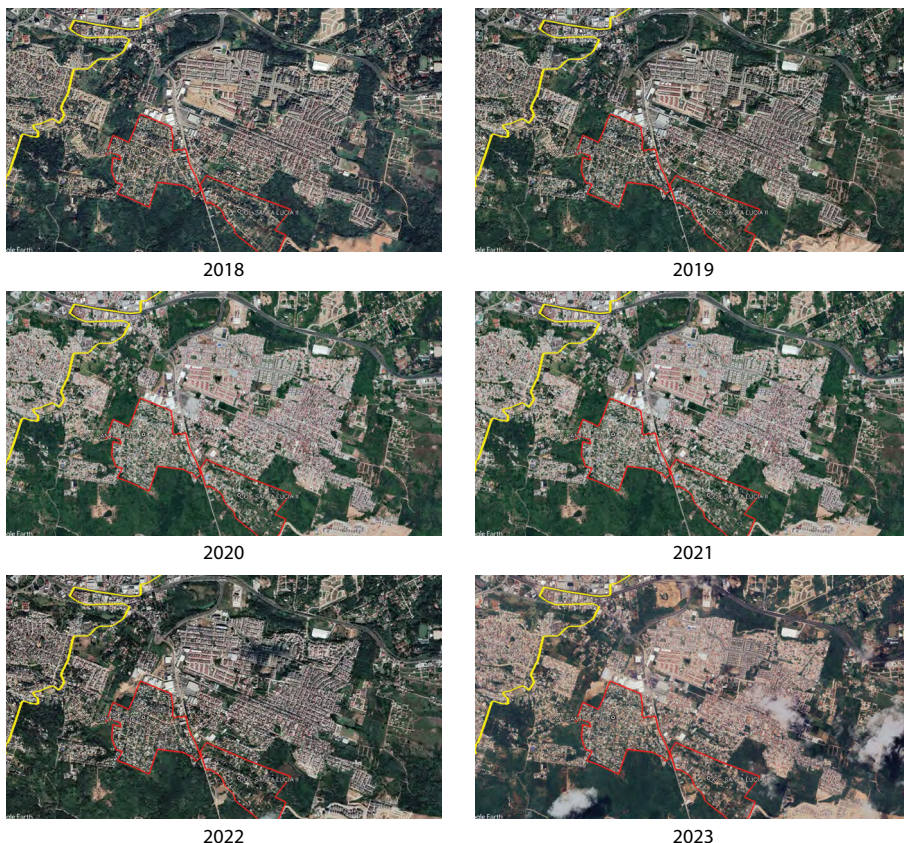
Una de la zonas con mayor crecimiento y que se extiende rápidamente por el territorio es la zona sur-este, en conurbación con el municipio de Emiliano Zapata, mismo que hasta el año 2020 contaba con una tasa de crecimiento del 3.4 % y una población de 85 489 habitantes (INEGI, 2020); es importante aclarar que este último dato representa a todo el municipio y que mucha de su población se encuentra en entornos rurales; además es necesario mencionar que a la fecha, conforma el área hacia donde se están dando las principales tendencias de crecimiento de la zona metropolitana, como lo puede indicar la tasa de crecimiento antes mencionada.

Ahora bien, muchos de los nuevos asentamientos son planeados y se han establecido de manera formal en dicho territorio. Con la presencia del poblado de las Trancas y de la carretera Coatepec-Las Trancas, se empezaron a fincar bodegas y talleres a lo largo de la carretera. Posteriormente, el primer fraccionamiento que se estableció en esta zona fue el fraccionamiento Bugambilias, continuando con los fraccionamientos Cafetales y Jacarandas, para el año 1998, empezaron a aparecer los primeros asentamientos

espontáneos con vivienda autoproducida. En las imágenes se puede observar cómo se dio la expansión urbana en los diferentes años (ver figura 1).

Figura 1. *Crecimiento Urbano de la zona sursureste de la Zona Metropolitana de Xalapa*





Fuente: elaboración propia con imágenes satelitales de Google Earth.

Con el crecimiento de las colonias Santa Lucía I y II, ubicadas al sur del poblado de las Trancas, se empezaron a establecer los asentamientos espontáneos, dando forma a las colonias: Ojo de Agua, Perseverancia, Orquídeas, Esmeralda I, Esmeralda II, Gravilias y Las Maravillas; mismas que hasta la fecha se distinguen por su vivienda autoproducida y además establecidas en zonas sin infraestructura y servicios, sin equipamientos, asentadas en predios con fuertes pendientes de hasta 40 %, las cuales no son aptas para el desarrollo urbano, lo que además origina zonas con propensión a inundaciones.

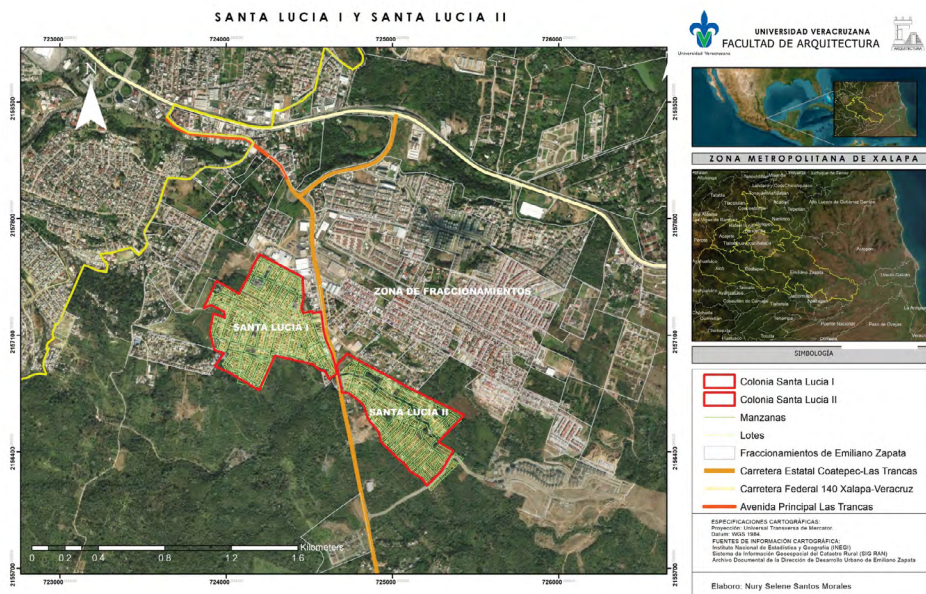
Características urbanas de la zona de estudio: Colonia Santa Lucia I y II

Las colonias Santa Lucia I y Santa Lucia II se localizan en la jurisdicción territorial del Municipio de Emiliano Zapata, Veracruz, anteriormente conocidas como predio Reynoso, ambos núcleos de población han surgido mediante procesos de asentamientos irregulares en parcelas ejidales, los primeros habitantes procedían de localidades rurales, esto dada su cercanía con las localidades de la Estanzuela y el Chico, asimismo, otro aspecto de consolidación de estos núcleos surgió a partir de la proximidad con la localidad de Jacarandas, la cual representó un importante polo de atracción urbana dado al rápido establecimiento de fraccionamientos a partir del año 2000. A través del banco de imágenes proporcionado por Google Earth se identifican en el año 2003 los primeros registros que visibilizan la rápida construcción de fraccionamientos conformados por vivienda de interés social tales como Jacarandas, Bugambilias, Cincuentenario, Cafetales, Cafetos y la Hacienda I, siendo estos los primeros en la zona, simultáneamente se emplazaron los asentamientos irregulares de colonias populares como Perseverancia, Esmeralda y Arboledas. Dadas las rápidas transformaciones del suelo, la población en estas localidades mostró un marcado incremento en el número de habitantes y una mayor ocupación del suelo para uso de vivienda, en función de ampliar la zona urbana más allá de los límites municipales, constituyendo una continuidad física del territorio, transformando la ocupación de tierras rurales en tierras para uso urbano en esta zona periférica.

Los asentamientos informales, también conocidos como áreas de asentamiento precario, son espacios urbanos caracterizados por la ocupación y construcción de viviendas de forma no regulada, sin contar con la autorización pertinente ni adecuada provisión de infraestructura básica, servicios de agua potable y saneamiento, entre otros, esto como resultado de la falta de documentos jurídicos que amparen la posesión de la propiedad que ocupan. Ante ello, la construcción de vivienda suele hacerse de manera improvisada y empírica con materiales como madera, cartón, láminas de zinc etc. Comúnmente la estructura se construye sobre cimientos improvisados, utilizando bloques de concreto, con un número de habitaciones reducidas o una sola habitación que se dispone para diversas actividades que opera a

través de la dinámica de planta libre para cubrir las necesidades de familias de 4 a 5 personas.

Figura 2. Localización de la Colonia Santa Lucía I y II y el contexto urbano



Fuente: INEGI, Archivo documental de la Dirección de Desarrollo Urbano de Emiliano Zapata; 2024

La Secretaría de Desarrollo Agrario, Urbano y Territorial (SEDATU), etiqueta el sitio donde se emplazan las colonias con un Uso de Suelo Intensivo Urbanizable, con Política de Crecimiento Controlado, sin embargo, existe un gran número de lotes carentes de certificados parcelarios, esta falta de claridad sobre la propiedad de la tierra a resultado en conflictos entre diferentes partes interesadas, incluidos propietarios legales, ocupantes informales y autoridades locales.

La colonia Santa Lucía I cuenta con una superficie aproximada de 28 hectáreas y Santa lucía II con 26 hectáreas, de acuerdo con la información del Sistema de Información Geoespacial del Catastro Rural (SIG RAN), ambos asentamientos se encuentran dentro de una zona ejidal correspondiente al Núcleo Agrario 12 denominado Estanzuela. De acuerdo con información documental y técnica elaborada en 1998 la colonia Santa Lucía I estuvo

integrada por las parcelas: 5, 9, 10, 12, 26, 28 y 105, por su parte la colonia Santa Lucía II fue conformada por las parcelas 16, 21, 23, 27 y 28, posteriormente se generó la lotificación de estas parcelas para venta de lotes. En un contexto general, el núcleo 12 correspondiente al ejido Estanzuela fue lotificado en un 60 % para venta de lotes, inicialmente fueron las colonias Santa Lucía I y II y la colonia Esmeralda, le siguieron las colonias Arboledas, Ollintonal, Cafetales, sin embargo, en estas últimas se ha generado un proceso de regularización que ha otorgado a varios habitantes títulos de propiedad, generando certeza jurídica de su propiedad, contrario al caso de Santa Lucía I, II pues desde hace 20 años sus habitantes continúan en este proceso.

Figura 3. Localización del núcleo 12 Ejido la Estanzuela



Fuente: Archivo documental de la Dirección de Desarrollo Urbano de Emiliano Zapata, 2024.

Adicionalmente, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) constituye como colonia Orquídeas, a la colonia Santa Lucía I, sin embargo, a nivel municipal se identifica como colonia Santa Lucía I y II respectivamente. Santa Lucía I está conformada por un aproximado de 1 346 lotes

habitacionales unifamiliares, distribuidos en 70 manzanas, dominando un mayor porcentaje de lotes con una superficie de 160.00 m^2 , Santa Lucia II está constituida por 50 manzanas conformadas por más de 800 lotes unifamiliares, estos es su mayoría cuenta con una dimensión de $8.00 \cdot 20.00$ metros, que en términos normativos se encuentran dentro de la categoría-tipológica de un lote tipo medio conforme al artículo 192 fracción II del Reglamento de la ley número 241 de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Sin embargo, en estas lotificaciones se omiten áreas de equipamiento, y áreas verdes, por lo cual, el 90 % de la superficie está destinada para uso habitacional. Reduciendo con ello las áreas verdes y los equipamientos recreativos, siendo fundamentales pues estos proporcionan espacios para que los habitantes se reúnan, interactúen y participen en actividades sociales y recreativas. La falta de estos espacios disminuye la cohesión social y la calidad de las relaciones comunitarias.

Figura 4. Localización de la Colonia Santa Lucia I y II



Fuente: elaboración propia con información del Archivo documental de la Dirección de Desarrollo Urbano de Emiliano Zapata, 2024.

Es fundamental acotar que en aplicación normativa de la actualización del programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada de Xalapa-Banderilla-Coatepec-Emiliano Zapata-Tlalnahuayocan, Veracruz, la Colonia Santa Lucía I se clasifica en los siguientes usos de suelo: (1). una superficie aproximada de 236 725.035 m² se ubica en un uso de suelo clasificado como Reserva Ecológica Productiva (permitiendo la continuidad de las actividades económicas primarias que en ellas se desarrollen y la ocupación habitacional unifamiliar con densidad muy baja correspondiente al rango menor de 4 viviendas por hectárea); y (2). Reserva Habitacional Corto Plazo con densidad baja, de 5 a 10 viviendas por hectárea -siendo solamente permisible el uso habitacional unifamiliar- en una superficie aproximada de 43 288.560 m², lo que lleva a la conclusión que la vocación natural de ese suelo excede ampliamente la densidad habitacional acotada en el programa de ordenamiento conurbado, implicando de forma simultánea, zonas habitacionales de alta densidades edificatorias que demandan mayor suministro de servicios básicos urbanos (agua, luz, drenaje, saneamiento), favorece la densificación de nuevos núcleos de asentamientos humanos hacia formas más dispersas que hacen un uso extensivo horizontal del territorio.

Estos asentamientos cuentan con dos importantes vías de acceso, la primera es a través del camino antiguo Estanzuela que conecta al oeste con la carretera municipal Ojo de agua-Pacho nuevo, y la segunda ubicada en el lado este, directamente por la carretera estatal: las Trancas-Coatepec, esta vía resulta de gran relevancia pues se trata de la única vialidad y principal acceso a la zona de fraccionamientos, con gran carga vehicular, esto de acuerdo con datos obtenidos del Marco Geoestadístico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y a la Red Nacional de Caminos del Instituto Mexicano de Transporte de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). Sin embargo, a nivel interno, ambas colonias carecen de infraestructura básica, pues las calles y avenidas de estas, no cuentan con pavimentos, esto dificulta la movilidad, el acceso de vehículos de emergencia, así como el acceso de servicios básicos como la recolección de basura y el suministro de agua potable. Estas problemáticas aumentan durante la temporada de lluvias, pues la carencia de alcantarillado y drenaje, sumada a las pendientes de algunas zonas tiende a acumular agua de lluvia

y a fluir rápidamente, esto aumenta el riesgo de inundaciones. Asimismo transporta sedimentos y basura que se acumulan en las zonas más bajas propiciando problemas de salud en sus habitantes.

A continuación, se describe la información físico-ambiental obtenida mediante los polígonos de las colonias, se soportan cartográficamente georreferenciados en formato KMZ por medio de imagen satelital proyectada en Google Earth y archivos en formato shape (shp.), a través de sitios con información oficial geográfica, identificando las siguientes características.

El sitio de emplazamiento del polígono de la colonia Santa Lucía I, tiene un uso de suelo y vegetación predominante de asentamientos humanos y de área no forestal, de acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); sincrónicamente la Secretaría de Desarrollo Agrario, Urbano y Territorial (SE-DATU) etiqueta el sitio donde se emplaza la colonia en Uso de Suelo Intensivo Urbanizable con Política de Crecimiento Controlado. La zona conurbada cuenta con una superficie de interés medioambiental, principalmente el área cercana a la localidad de la Estanzuela y Jacarandas, en un contexto general, los municipios que integran la zona metropolitana de Xalapa mantienen relictos de ecosistemas prioritarios como el Bosque Mesófilo de montaña o Bosque de Niebla, esto basado en estudios establecidos en el trabajo de Williams-Linera (2012, como se citó en Meave, 2007). Atendiendo lo anterior, en el año 2015 mediante la Gaceta oficial se conforma el Área Natural Protegida (ANP) en la categoría de corredor biológico multifuncional, denominada Archipiélago de bosques y selvas de la región capital del estado de Veracruz (ANP-CBMABS) de carácter estatal, se crea a partir de las reservas ecológicas restrictivas que fueron establecidas en el programa de Ordenamiento urbano del área metropolitana Xalapa, Banderilla, Coatepec, Emiliano Zapata y Tlalnahuayocan, decretado en el año de 1998 y actualizado en el 2004 (GOE, 2004). Esta ANP se encuentra distribuida entre los municipios de Banderilla, Coatepec, Emiliano Zapata, Tlalnahuayocan y Xalapa, se compone de siete polígonos fragmentados y dispersos. Las colindancias de cada polígono son variadas, algunos colindan con propiedades agrícolas, algunos otros con ejidos, vías de comunicación, cuerpos de agua y zonas urbanas. Uno de los objetivos del ANP corresponde con facilitar la conectividad Zona de influencia biológica entre ecosistemas.

Características de la vivienda de la zona de estudio

Santa Lucía I y II

La distribución y organización espacial interna de las viviendas en las colonias Santa Lucía I y II, tiende a ser compacta, con divisiones improvisadas, que a menudo cambian con el tiempo según las necesidades y recursos de los residentes. Los materiales predominantes en la construcción de viviendas de la colonia de Santa Lucía I y II son madera, láminas, lonas y cartón; sin embargo, existe un gran porcentaje que utiliza los bloques de concreto en la estructura de los cuartos que componen la vivienda. Aunque se observa una tendencia a la formalización mediante el uso de concreto en paredes y cimientos, la calidad de materiales utilizados puede ser variable, resultando en paredes poco resistentes, vulnerable a ciertos elementos y con algunos otros materiales que suelen degradarse con el tiempo, los techos de algunas viviendas son provisionales, compuestos mayormente por laminas colocadas sobre madera o varillas, sujetas con clavos, esto brinda una cobertura provisional. Otros materiales como lonas o cartón se emplean para cerrar o sujetar puertas y ventanas, también se observa la instalación de marcos de madera o herrería en ellas, mayormente carecen de cerraduras adecuadas.

Figura 5. *Vivienda de la Colonia Santa Lucía I*



Fuente: Google Earth, 2024.

En esta misma zona, existe otro porcentaje de viviendas, mayormente establecidas en la periferia de estas colonias donde se acentúan más las necesidades, se trata de áreas con mayor marginación, habitantes que ocupan terrenos no aptos para la construcción, estableciendo sus viviendas en laderas o áreas inundables. Debido a la naturaleza del predio, los residentes suelen realizar modificaciones constantes, se trata de mejoras con materiales improvisados que se adaptan a sus necesidades, esto es, anexar áreas reducidas para cocinar, bañarse o almacenar algunas pertenencias. Estas viviendas se caracterizan por utilizar madera en toda la estructura de la vivienda, como postes, vigas, algunos marcos de ventanas y puertas, asimismo, láminas de acero galvanizado.

Figura 6. *Vivienda de la colonia Santa Lucia II y camino de acceso*



Fuente: Google Earth, 2024.

Características de la vivienda en los fraccionamientos cercanos

En contraste, la tipología de casa-habitación unifamiliar correspondiente a los fraccionamientos cercanos a la zona de estudio, se trata, en su mayoría, de lotes unifamiliares de tipo interés social con una superficie de 105 metros cuadrados y lotes unifamiliares de tipo medio con superficies de 120 metros cuadrados, la distribución espacial de la vivienda se desarrolla en casi el total del predio (coeficiente de ocupación del suelo conocido técnicamente como huella constructiva), esto aprovechando la superficie del lote, distribuida para distintas actividades y funciones como cochera, jardín, sala-comedor, cocina, baños, área de escaleras y área de servicio, comúnmente en la segunda planta se distribuye en recamaras, dependiendo de la tipología de vivienda establecida por el fraccionador, pueden ser dos, máximo tres recamaras y un baño completo. Se utilizan materiales de construcción estándar, ladrillos, concreto. El sistema constructivo sólido con cimientos diseñados y contruidos para que soporte cargas estructurales con muros de tabique tradicional, recubrimientos de mortero en interiores y exteriores, cadenas, castillos de concreto armado, losa de entrepiso y losa de concreto. Las puertas y ventanas están fabricadas con materiales duraderos, proporcionando seguridad adecuada, adicionalmente con sistemas de seguridad. En un contexto urbano, tiene acceso a servicios básicos como agua potable, electricidad, saneamiento.

Figura 7. *Fraccionamientos cercanos a la zona de estudio*



Fuente: elaboración propia, imagen tomada con dron.

Figura 8. *Contraste de la vivienda de lado izquierdo vivienda de la colonia Santa Lucia I y derecha, zona de fraccionamientos con vialidades constituidas*



Fuente: elaboración propia, imagen tomada con dron.

Figura 9. *Tipología de vivienda, Fraccionamiento Gravileas*



Fuente: Google Earth (2024).

Discusión

La zona periurbana de la zona metropolitana de Xalapa, Veracruz deja ver un paisaje urbano marcado por la desigualdad. Por un lado, se observa un crecimiento exponencial en términos de urbanización, con la expansión de fraccionamientos formales y planificados. Al mismo tiempo, este desarrollo contrasta con la presencia de asentamientos informales, donde las condiciones de vida son considerablemente precarias. Esta dualidad refleja desigualdad en el acceso a la vivienda adecuada y a los servicios básicos, lo que a su vez genera ciclos de pobreza y marginalización en la región.

La falta de claridad sobre la tenencia de la tierra conlleva a un problema central en esta dinámica urbana. Los conflictos entre propietarios legales, ocupantes informales y autoridades locales obstaculizan la regularización de la propiedad y dificultan la implementación de políticas efectivas de planificación urbana.

Así mismo, la ubicación de los asentamientos informales en áreas geográficamente desfavorables plantea preocupaciones ambientales y de seguridad. Las comunidades establecidas en laderas o zonas propensas a inundaciones enfrentan riesgos significativos durante la temporada de lluvias, la falta de infraestructura adecuada, la ausencia de sistemas de drenaje y alcantarillado agravan estos riesgos y contribuyen a la vulnerabilidad de los residentes ante desastres naturales.

Ante estos problemas, se hace evidente la necesidad de crear políticas integrales que aborden las desigualdades en el desarrollo urbano para que con ello mejoren las condiciones de vida en la zona periurbana de Xalapa. Estas políticas deberán incluir medidas para regularizar la tenencia de la tierra, mejorar la infraestructura básica y los servicios públicos y promover un desarrollo urbano más equitativo y sostenible. Además, es crucial la colaboración entre diversos actores, incluidos gobiernos locales, instituciones gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y la propia comunidad, para garantizar un enfoque integral y participativo en la búsqueda de soluciones a estos desafíos.

Reflexiones finales

La transformación de las ciudades se debe básicamente a la mercantilización del territorio en busca de nuevos espacios para la construcción de fraccionamientos, esto va transformando los asentamientos populares o atrayendo más población que no siempre tiene el poder adquisitivo para habitar en una zona regularizada, por lo que se ve obligada a asentarse en sitios que no siempre son los más adecuados, ya sea por la lejanía con la ciudad o por encontrarse en zonas vulnerables. Todo esto va conformando una morfología urbana que resulta bastante complicado homogeneizar y dotar de todos los servicios, infraestructura y equipamientos.

En este sentido, la conformación de asentamientos precarios en las zonas periurbanas tanto de la zona metropolitana de Xalapa como de otras ZM en México, esta es aún la principal forma que tienen los pobres para instalarse y permanecer en las ciudades. Un camino adecuado para que esta población se consolide y conforme una vivienda adecuada en un entorno urbano seguro, resiliente y con todos los servicios, infraestructura y equipamientos básicos, sería el contar con el respaldo de los tres niveles de gobierno, tanto local, estatal y federal, consiguiendo de esta forma los apoyos para lograr superar los problemas de precariedad, segregación y exclusión de la ciudad.

A pesar de que en las leyes está establecido que queda estrictamente prohibido asentarse en terrenos que se encuentran en áreas naturales protegidas, y zonas de preservación ecológica, aún constituidas como ejidos, vemos lamentablemente que esto sigue sucediendo y con ellos la alteración de ecosistemas y la vulnerabilidad el territorio.

Conclusiones

Las colonias Santa Lucía I y II, así como los fraccionamientos cercanos, presentan una serie de desafíos y contrastes significativos en términos de desarrollo urbano, calidad de vida y acceso a servicios básicos, que a continuación se describirán.

En primer lugar, las colonias Santa Lucía I y II son resultado de asentamientos irregulares en parcelas ejidales, lo que ha dado lugar a una ocupación del territorio sin una planificación adecuada aún sin contar con la infraestructura necesaria para satisfacer las necesidades básicas de sus habitantes. Por otra parte, la falta de servicios como pavimentación, alcantarillado, recolección de basura y suministro de agua potable, junto con la ausencia de equipamientos urbanos y áreas verdes, contribuye a condiciones de vida precarias y afecta la calidad de vida de los residentes.

Además, estas colonias se caracterizan por la construcción de viviendas autoproducidas con materiales improvisados, lo que resulta en estructuras vulnerables y poco resistentes a factores ambientales y de seguridad. La falta de certeza jurídica sobre la propiedad de la tierra también genera conflictos y dificulta la implementación de soluciones a largo plazo.

Por otro lado, los fraccionamientos cercanos representan un contraste en términos de calidad de vivienda y acceso a servicios básicos. Estas áreas cuentan con viviendas formales, infraestructura adecuada y servicios públicos disponibles, lo que mejora significativamente las condiciones de vida de los residentes en comparación con las colonias informales.

En este sentido, es evidente la necesidad de intervenciones integrales que aborden los problemas estructurales en las colonias Santa Lucía I y II, incluyendo la regularización de la tenencia de la tierra, la mejora de la infraestructura y la provisión de servicios básicos. Además, es crucial promover la participación comunitaria y la colaboración entre los distintos actores involucrados, incluyendo a los residentes, autoridades locales y organismos gubernamentales para lograr un desarrollo urbano inclusivo y sostenible en la zona periurbana de la zona metropolitana de Xalapa.

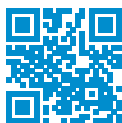
El documento presentado es producto de trabajo de investigación de resultados finales de primer año de estancia posdoctoral CONACYT.

Referencias

Banco Mundial. (2022). *Informe sobre el desarrollo mundial 2022*. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/publication/wdr2022>

- Bazant, J. (2001). *Periferias urbanas. Expansión urbana incontrolada y su impacto en el medio ambiente*. Trillas.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL]. (2022). *Pobreza en México. Resultados de pobreza en México 2022 a nivel nacional y por entidades federativas*. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/paginas/pobrezainicio.aspx>
- Gobierno de México. (2012). *Programa de vivienda digna*. <https://www.gob.mx/fonhapo/acciones-y-programas/programa-vivienda-digna>
- Grupo Banco Mundial. (2023). *Desarrollo urbano*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#1>
- INEGI. (2020). *Principales resultados Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198060.pdf
- Janoschka, M. (2016). Gentrificación, desplazamiento, desposesión: procesos urbanos claves en América Latina. *Revista INVI*, 31(88), 27-71. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582016000300002>
- Mac Donald, J. (2020). Hábitat precario e informal. En Greene M. y Mora R. (Coords.), *Hábitat residencial* (pp.90-110). CEDEUS. https://www.cedeus.cl/wp-content/uploads/2021/05/LIBRO-HR_final_baja.pdf
- Meave, J. A. (2007). Un acto de magia o el milagro de la supervivencia [Reseña del libro *El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*, de Williams-Linera, G]. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (81), 149-151. https://www.researchgate.net/publication/26603884_Resena_de_El_bosque_de_niebla_del_centro_de_Veracruz_ecologia_historia_y_destino_en_tiempos_de_fragmentacion_y_cambio_climatico_de_Williams-Linera_G
- ONU. (2023). *Informe de los objetivos de desarrollo sostenible*. ONU. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf
- ONU-Hábitat. (2016). *La nueva agenda Urbana*. Hábitat. <https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>
- Salinas, L.A. y Pardo, A. M. (2020). Política de vivienda y habitabilidad en la periferia de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Revista de geografía Norte Grande*, (76), 51-69. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022020000200051>
- Ziccardi, A. (2015). *Cómo viven los mexicanos, Análisis regional de las condiciones de habitabilidad de la vivienda. Encuesta nacional sobre las Condiciones de Habitabilidad de la Vivienda*. UNAM. <https://igop.uab.cat/wp-content/uploads/2018/05/Como-viven-los-mexicanos-completo.pdf>

19. Participación de las mujeres en la detección de necesidades en el espacio público



AIDA LÓPEZ CERVANTES*

HAYDEE PÉREZ CASTRO**

JORGE FLORES GONZÁLEZ***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.19>

Resumen

En el espacio público se conjuntan las actividades que dan identidad y pertenencia a los grupos sociales, su vitalidad es el reflejo circunstancial del momento que viven. El objetivo es describir el proceso de incidencia con los grupos de mujeres en cuatro comunidades para poner de manifiesto lo que ellas refieren de las condiciones del espacio público que habitan y cómo impacta en su día a día. Resultado del proceso de trabajo directo en campo, se detectó una indefinición sobre lo que el espacio público puede aportar al mejoramiento de su calidad de vida y como lugar donde pueden ejercer sus derechos. Las mujeres identificaron como carencias del espacio público, aspectos de naturaleza y atribuciones distintas al mismo. Ello dificulta, en los procesos de participación ciudadana para el diseño del espacio público con perspectiva de género, la determinación de los requerimientos físico-espaciales que pueden aportar calidad y sumar valor a sus actividades en el mismo. Se concluye, independientemente de si lo perciben como una necesidad, una problemática, una deuda histórica o incluso un *no lugar*. Es menester

* Doctora en Arquitectura. Profesora-investigadora en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6152-7998>; correo electrónico: aida.lopez@ujat.mx

** Especialista en Experimentación de estrategias pasivas para la vivienda, en modelos a escala y materiales alternativos. Profesora-investigadora en la División Académica de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5199-6173>

*** Doctor en Educación. Profesor-investigador en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7535-6269>

avanzar transversalmente en la construcción de una genuina respuesta físico espacial que atienda las necesidades de las mujeres en el espacio público.

Palabras clave: *perspectiva de género, metodología ciuatl, espacio público, mujeres y habitabilidad.*

Introducción

Este trabajo tiene su origen en los resultados obtenidos de un diagnóstico general sobre el desarrollo urbano del municipio de Centro en el estado de Tabasco. El análisis identificó temas que pudieron agruparse en ocho tópicos que permiten abordar las diferentes problemáticas del desarrollo de los asentamientos, la habitabilidad y las necesidades de los diferentes grupos o colectivos. Uno de los temas fue el de inclusión y derecho a la ciudad. Rubro en el cual pudo observarse la problemática de discriminación y segregación socioespacial con consecuencias como la inseguridad, el deterioro del tejido social y la pérdida de la identidad. En este punto fue necesario ir desagregando los subtemas, en aras de abordarlos de manera particular e incidir de forma efectiva en los grupos específicos, que para este trabajo corresponde a las mujeres y las niñas en el uso del espacio público de su comunidad. Un reto que enfrentó el desarrollo de este trabajo fue la movilización, seguridad y asistencia de las propias mujeres a participar en estos procesos, lo que al mismo tiempo resulta paradójico pues es el objeto de estudio que se defiende en esta investigación.

Desarrollo

¿Por qué espacio público? Para responder se plantean algunas precisiones sobre el constructo de vivienda que durante años se ha realizado, analizado y vuelto a precisar en la Red de Vivienda y Hábitat Sustentable de México. La Red se formó con un grupo de investigadores que consideramos que la vivienda está conformada por el espacio que contiene, las actividades privadas familiares y el espacio donde se conectan lo cotidiano con dichas

actividades. Es decir, la vivienda es, en un concepto amplio, el conjunto de elementos, componentes, condicionantes y determinantes que facilitan el desarrollo de nuestra vida diaria en un continuo de lo privado a lo público. Por ello, cuando abordamos el tema de vivienda, acometemos sobre el tema de habitabilidad y espacio público como parte de los componentes que determinan la calidad de vida y el buen funcionamiento del objeto determinado propiamente como *casa habitación*. En este sentido Heidegger (2016) describe el habitar como el desarrollo de lo cotidiano más allá del hábitáculo que se posee como construcción para el alojamiento, podemos decir ante esas reflexiones que la vivienda misma, como ente construido, le da razón al espacio público, lo describe, lo visibiliza y permite habitarlo, si lo parafraseamos diremos que la vivienda trae en cada caso al espacio público, convirtiéndose y reconociéndose recíprocamente.

Partiendo de ello, este trabajo es uno de los ejes de investigación que se derivan del análisis robusto y policonceptual de la vivienda. Donde la habitabilidad, va más allá de los cánones internacionales indicados por ONU-HÁBITAT y las normas institucionales propiamente (Plan Nacional de Vivienda), concibiéndose como el espacio que nos permite habitar bien, adecuadamente y de forma segura nuestra casa como mencionan Hoyos y Albarrán (2022) “El hombre se habita al interior en un primer momento, es decir, a sí mismo; y posteriormente co-habita con el exterior, es decir, con lo que se ubica espacialmente fuera de él”.

Como se ha mencionado, este trabajo tiene su origen en los resultados obtenidos de un diagnóstico general sobre el desarrollo urbano en el municipio de Centro, Tabasco. El análisis identificó temas que pudieron agruparse en ocho tópicos que permiten abordar las diferentes problemáticas del desarrollo de los asentamientos, la habitabilidad y las necesidades de los diferentes grupos o colectivos. Uno de los temas fue el de inclusión y derecho a la ciudad. Rubro en el cual pudo observarse la problemática de discriminación y segregación socioespacial con consecuencias como a inseguridad, el deterioro del tejido social y la pérdida de la identidad. En este punto fue necesario ir desagregando los subtemas, en aras de poder abordarlos de manera particular e incidir de forma efectiva en los grupos específicos, que para este trabajo corresponde a las mujeres y las niñas en el uso del espacio público de su comunidad. Como dato base se tiene que el índice de ciudades

prósperas (ICP) calificó de manera general para la capital, la accesibilidad con 47.07/100, la condición del espacio abierto con 26.59/100, y la zona metropolitana del Valle de México (ZMV) con 24.37/100, categorizadas como muy débiles, muy por debajo de la media nacional (ONU-Hábitat, 2018), por lo que, con esa información, se emprendió la tarea de investigar sobre esos temas como guía en las comunidades rurales del municipio desde la perspectiva de las mujeres, grupo identificado como vulnerable en el uso del espacio público. En el municipio de Centro, no existe evidencia en la planeación urbana sobre la consideración de los grupos de población como las mujeres, los adultos mayores, las niñas y los niños, las personas con alguna discapacidad, los pueblos indígenas y afromexicanos y los grupos más vulnerables. Estos grupos no han sido atendidos de manera eficiente en la planeación, por ejemplo, hoy en día, no se tiene ni una sola acción en materia de planeación urbana que ponga especial énfasis en las mujeres. Renglón pendiente por los índices de víctimas de violencia de género que se presenta en el espacio público. De acuerdo con estudios realizados, el INEGI reporta que, en términos generales, las mujeres se sienten más inseguras que los hombres en diversos lugares públicos o privados, se tiene que es en el ámbito comunitario donde se ejerce más violencia contra las mujeres de 15 años y más (INEGI, 2021). Manifestando que los lugares de concurrencia común para la vida cotidiana, como los cajeros automáticos, la calle, el parque, el mercado, el transporte público son los lugares donde mayor inseguridad perciben. Con la tendencia del crecimiento de las ciudades, se espera que las cifras de violencia en de género en el espacio público vaya en aumento también. Tal información se corrobora con lo expuesta a través de la Gaceta UNAM con el dato de que el 45.6 % de las mujeres han sido agredidas en el espacio público al menos una vez en su vida en México (Morán, 2023). También, de acuerdo con datos del reporte nacional sobre dinámicas de las relaciones en los hogares (INEGI, 2020), las agresiones que las mujeres sufren en el espacio público son 42 % de tipo sexual, donde la mayoría han ocurrido en el parque o la calle casi en un 65 % y casi el 18 % en el transporte público. Ante cifras y datos como los expuestos se propuso trabajar directamente con los colectivos en cuatro comunidades rurales de los que se presenta la experiencia y sentires expresados por ellas mismas en una serie de talleres, donde compartieron su experiencia en el uso del espacio público de sus comunidades.

En dicho sentido es importante mencionar que, actualmente desde la perspectiva de los estudios de urbanismo y de los estudios de género se ha promulgado la necesidad de proponer y crear desarrollos de espacios urbanos y colectivos que motiven y promuevan un desarrollo sostenible en un sentido realmente transversal, en los que, esencial y determinadamente, se permita a las mujeres el empoderamiento mediante la inclusión proactiva, generadora de ideas desde sus propias necesidades y percepciones. Podemos citar valiosos ejemplos de este tipo de trabajos encaminados a visibilizar y lograr el reconocimiento de las mujeres en el ámbito laboral, como los de García-Retamaro y López-Zafra (2006) quienes refieren la percepción de la poca posibilidad que tienen las mujeres de ocupar puestos de liderazgo en empresas contrarias a los roles asociados al género. Estudios encaminados a visibilizar el rol que han tenido las mujeres en el hogar, en la industria, en el campo de la investigación y en la concepción misma de la construcción de ciudades, a los que se suman los esfuerzos institucionales que lleva a cabo la oficina del alto comisionado de las Naciones Unidas para los derechos humanos (ACNUDH) para el reconocimiento de los derechos humanos con especial énfasis en los asuntos de género en los programas de gobierno alrededor del mundo; o como los de Terrazas et al., (2020) quienes, en su publicación manual para la planificación y el diseño urbanos con perspectiva de género, hacen ver la poca oportunidad que han logrado las mujeres en el ámbito laboral y de construcción de ciudades.

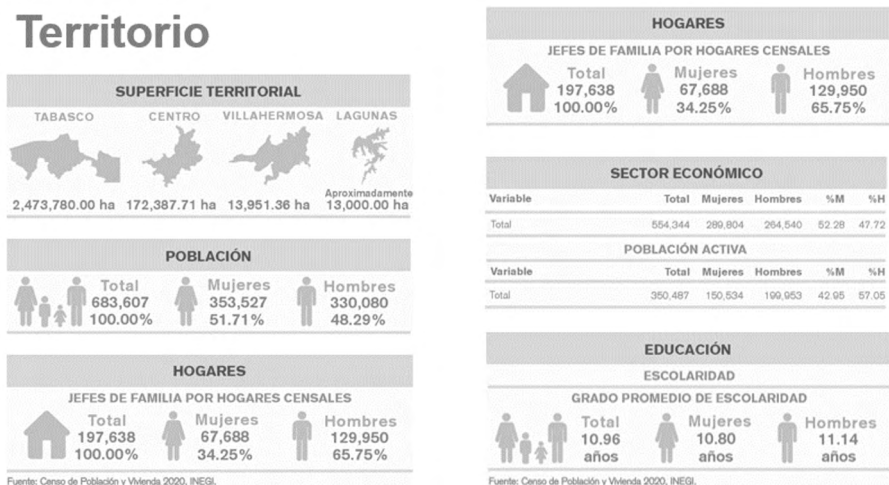
Los estudios, las propuestas, los ensayos son importantes, esclarecedores y altamente sensibles, pero ¿qué tan extendidos han sido?, ¿se han territorializado? O ¿Se han materializado?, ¿han sido transformadores de la realidad y de la propia percepción que los colectivos de mujeres tienen de sí mismas? Por ello es urgente que el estado, las instituciones educativas, la comunidad de investigadores sean generadores de un nuevo escenario paradigmático, mediante acciones permitan la sensibilización, autorreconocimiento de las mujeres, así como de la gestión y la ejecución de los equipamientos de infraestructura colectiva necesaria y adecuada, no solo en el entorno urbano sino igual en el suburbano y rural, que permitan derribar aquellas limitantes de acceso y disfrute del derecho a la ciudad de manera igualitaria y equitativa.

Nuestro objetivo entonces fue acercarnos lo más posible a las colectividades de mujeres de las comunidades rurales para conocer la realidad que viven en sus contextos y en concreto, en relación con los espacios por donde se ven compelidas a transitar, desde los olores con los que tienen que lidiar día a día, el impacto que en ellas pueda tener el contar con buena iluminación, los lugares de esparcimiento donde ellas puedan llegar y disfrutar, criar a sus hijos, realizar sus actividades de cuidado, entre otros ejes de análisis que nos permiten conocer cómo el género permea estos contextos, sus acciones, comportamientos, sus tiempos, espacios y demás.

Contexto

El territorio del municipio de Centro capital del estado de Tabasco, donde se realizó el estudio, tiene una extensión de 172 387.71 hectáreas, se caracteriza por su gran riqueza hídrica lo que al mismo tiempo le confiere un carácter de vulnerabilidad ante eventos hidro meteorológicos (Alcántara et al., 2023). Su población de acuerdo con datos del INEGI (2020) se conforma de 683 607 habitantes de los cuales 353 527 son mujeres es decir el 51.71 %, y 330 080 son hombres que corresponde al 48.29 %. En la estructura familiar se cuentan 197 638 hogares censales de los cuales apenas el 34.25% están conformados por jefas de familia mujeres, lo que representa 67 688 mujeres jefas de familia, y 129 950 hombres jefes de familia, es decir, el 67.75 %. La población económicamente activa corresponde a 350 487 habitantes de las cuales 150 534 son mujeres y 199 553 son hombres, es decir 42.95 % son mujeres y 57.05% son hombres. Otro factor importante que caracteriza la condición social y cultural en el municipio es que, los hombres tienen en promedio mayor grado de escolaridad con 11.14 años cursados y las mujeres 10.8 años cursados (figura 1).

Figura 1. Territorio



Nota: tabla que muestra las características de la conformación poblacional del municipio de Centro.

Fuente: elaboración propia con información de IMPLAN (2023a).

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue identificar las necesidades de las mujeres para su disfrute y derecho del espacio público, así como la detección de su participación en la concepción de este, desde sus propias necesidades. Fue necesario identificar una metodología que permitiera la verdadera incidencia de las mujeres en las decisiones de diseño, intervención y arreglo del espacio público y verificar el cumplimiento del objetivo de desarrollo sostenible 11 de Naciones Unidas (2016) que pretende, entre otros, lograr, desde la planeación, espacios públicos que cumplan con los criterios de sostenibilidad, seguros, inclusivos y den accesibilidad universal. La clave era lograr la participación y robustecer los procesos dando prioridad a las mujeres, así como determinar la transversalidad de los esfuerzos en un territorio desde una óptica de descentralización y transversalidad territorial para observar la apertura a las oportunidades en los cuatro puntos cardinales del territorio, bajo el enfoque de un sistema de planeación urbano-rural y la concordancia con la estrategia nacional de ordenamiento territorial (SEDATU, 2020).

Proceso metodológico

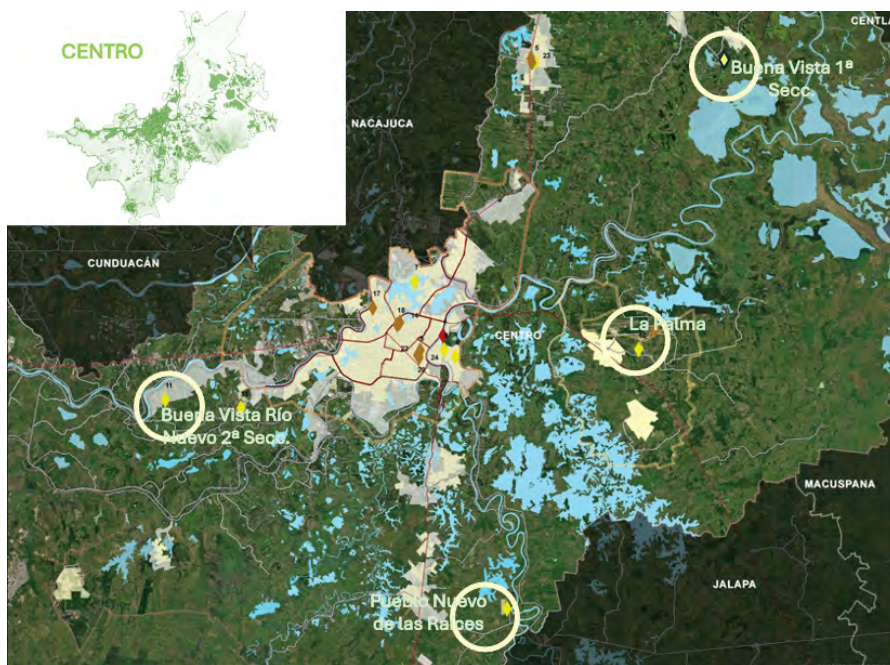
Para el desarrollo de la investigación se propuso la descentralización de las acciones del conglomerado urbano, de tal forma que con apego a los principios y estrategias plasmados en la estrategia nacional de ordenamiento territorial y el constructo de sistema urbano-rural se pudiera llevar a cabo la investigación en asentamientos rurales de las diferentes zonas del municipio de Centro.

El método de investigación fue cualitativo de carácter exploratorio no determinística basada en entrevistas no estructuradas, entrevistas semiestructuradas, encuestas como instrumentos de contrastación y reconocimiento de campo. El desarrollo de la investigación se hizo de manera participativa con el desarrollo de talleres en las comunidades de estudio. Para esta investigación el eje conductor fue la incidencia de los grupos de mujeres para la toma de decisiones del espacio público, a través del descubrimiento guiado de sus propias aspiraciones. Durante su proceso permitió la recolección de datos para conformar los insumos para los talleres de diseño participativo. El muestreo fue no probabilístico con técnicas de grupos de enfoque y mapeo participativo. Este proceso se vio enriquecido desde la determinación de las localidades que serían las elegidas y bajo qué indicadores. Fueron utilizados diagnósticos e información sobre centros integrales, también realizada por el IMPLAN, y se determinaron los radios de influencia y alcance de las posibles localidades sujetas de análisis.

Los asentamientos seleccionados fueron La Palma, que tiene como una de sus principales características la cercanía del aeropuerto internacional de Villahermosa por lo que constituye un polo de atracción para las inversiones y el desarrollo urbano, que puede, en un momento, generar fenómenos como la gentrificación. Otro asentamiento fue el de Buenavista primera sección al norte del conglomerado urbano, que se identifica por estar en una de las zonas indígenas originarias que conservan su cultura tradicional más representativas del municipio. El tercer asentamiento fue Buena Vista Río Nuevo segunda sección, este asentamiento se caracteriza, entre otras cosas, por ser una zona de ocupación progresiva influenciada por el corredor industrial que se desenvuelve entre Villahermosa la capital y la ciudad de Cárdenas que se dedica primordialmente a la industria

petrolera, además este asentamiento se desarrolla a lo largo del Río Viejo, el cual ha presentado en diversos eventos su desbordamiento, impactando en el asentamiento. El cuarto asentamiento donde se llevó a cabo la investigación fue al sur del municipio en el poblado Pueblo Nuevo de las raíces en el cual el desarrollo del asentamiento se ha dado en gran medida bordeando el río de la Sierra (figura 2).

Figura 2. Localidades de estudio



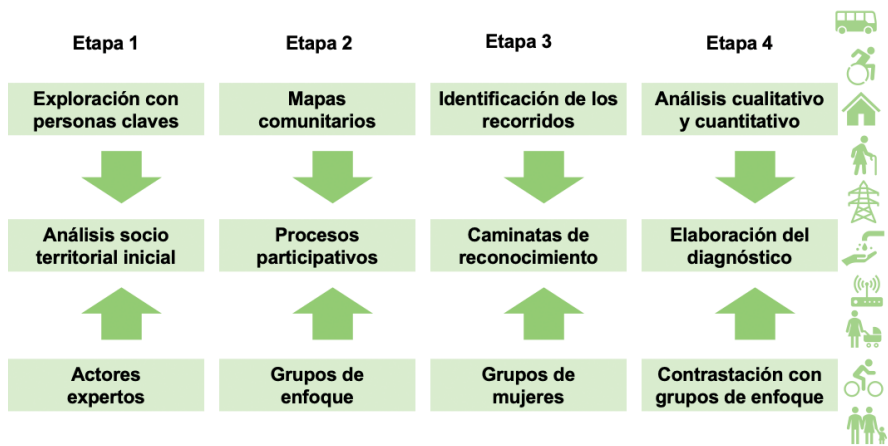
Nota: mapa que muestra la localización de los poblados de estudio.

Fuente: elaboración propia con información de IMPLAN (2023b).

Para el trabajo de campo se evaluaron varias metodologías a fin de encontrar cuál era la más apropiada para el contexto, así como las capacidades de tiempo, economía y recursos humanos del equipo de investigación. Incluso, se trabajó inicialmente con la metodología de ONU-Hábitat (2021), cuya versión en español fue presentada recientemente. Pero conforme se avanzó en el conocimiento, entendimiento y planteamiento de estrategias para poder realizar el trabajo de campo bajo la sistematización de dicha

metodología, hubo la percepción que cada paso requiere de mayor especialización y recursos en el campo, como equipo material, técnico, computacional y espacial. Por ello se continuó con el planteamiento y construcción de una metodología que pudiera ser apropiada por equipo, lo que se logró teniendo como guía la planteada por SEDATU (2020) llamada metodología CIUATL para México, evaluación y transformación del espacio público con perspectiva y necesidades de las mujeres (figura 3).

Figura 3. Etapas metodológicas



Fuente: elaboración propia con base en la metodología CIUATL adaptada (2024).

La primera etapa de la investigación consistió en una muestra no determinística con personas expertas de la localidad. En esta etapa se lleva a cabo el análisis socio territorial previo. Consistió en un mapeo de actores clave y entrevistas con personas que conocen el territorio porque ahí han vivido. Para poder llegar a los actores clave fue necesario apoyarse en la figura administrativa de los delegados de las localidades, quienes son habitantes de las mismas comunidades, para plantearles el proyecto y poder contactar a las mujeres que tuvieran las características buscadas, principalmente que fueran nacidas y arraigadas en el lugar. Esta etapa tuvo como objetivo reconocer el contexto a través de la revisión de datos disponibles y un análisis territorial del espacio a partir de entrevistas exploratorias con personas familiarizadas con el sitio de

estudio o con personas pertenecientes a la comunidad quienes contaron su experiencia habitual en el entorno de su comunidad. Las entrevistas se realizaron en las viviendas y algunas en el propio espacio público (figura 4).

Siguiendo la metodología propuesta y adaptada se llevó a cabo la primera entrevista sobre *exploración con personas claves*, para esta primera etapa exploratoria se aplicaron siete entrevistas por localidad, cada una con 29 reactivos divididos en cuatro categorías que son referentes a:

- la colonia o localidad
- el espacio público
- las personas en el espacio
- las mujeres

Figura 4. *Etapa 1. Actores clave. Grupo de imágenes de las entrevistas previas con actores clave en las cuatro comunidades seleccionadas*



Pueblo Nuevo de las Raíces



Buena Vista 1a. Secc.



La Palma



Buena Vista Río Nuevo 2a. Secc.

Fuente: elaboración propia (2023).

La segunda etapa consistió en la recolección de datos a través de procesos participativos con grupos de enfoque y la construcción de mapas comunitarios. En esta segunda etapa, el objetivo fue recabar información sobre la percepción de las participantes a través del uso de preguntas detonadoras basadas en 11 categorías marcadas en la metodología CIUATL:

- Olores, higiene y sonidos
- Habitabilidad del espacio
- Usos y equipamiento
- Movilidad
- Iluminación
- Espacios para el cuidado
- Diseño universal
- Señalética
- Mobiliario urbano
- Seguridad
- Áreas verdes

Los retos en esta etapa consistieron en encontrar la mejor forma de trabajar con las mujeres de la comunidad y niñas de manera segura. Por ello fue necesario reunir a los grupos de mujeres en espacios adecuados, para lo que se utilizaron las escuelas de la comunidad. Una segunda consideración particular para lograr la comunicación y participación asertiva fue el asignar el trabajo de conducción de los talleres a mujeres jóvenes universitarias prestadoras de servicio social, esto facilitó la apertura y participación de las mujeres y las niñas. En esta etapa se trabajó con ocho grupos de enfoque, para cada comunidad hubo dos momentos, el primero con un grupo de mujeres adultas cuidadoras mayores a 16 años y un segundo grupo conformado por niñas adolescentes, previo informe y consentimiento de sus tutores, estas últimas pertenecientes a la misma escuela donde se realizaron los talleres (figura 5).

En esta fase se generaron los primeros mapas comunitarios, en ellos se reflejan las percepciones y procesos cognitivos que las mujeres tienen de los espacios públicos en su propia comunidad y reconstruyen, a través del recuerdo, cómo son esos espacios. Este proceso sirvió para que ellas ubicaran puntos de atracción, destinos, recorridos, zonas de riesgo del espacio que utilizan cotidianamente. En esta etapa se construyeron ocho mapas, dos de cada localidad, uno de niñas adolescentes y otro correspondiente a la información de las mujeres cuidadoras.

También se aplicó la segunda encuesta denominada *Enfoques para mapas comunitarios*. Esta encuesta se compone de una serie de reactivos que permite a las mujeres y niñas reconocer y visibilizar las formas de cómo se

relacionan cotidianamente en el uso del espacio público. Los mapas generados en esta etapa definieron las rutas para la siguiente etapa de reconocimiento de campo (figura 6).

Figura 5. *Etap 2. Grupos de enfoque y construcción de mapas comunitarios*



Pueblo Nuevo de las Raíces



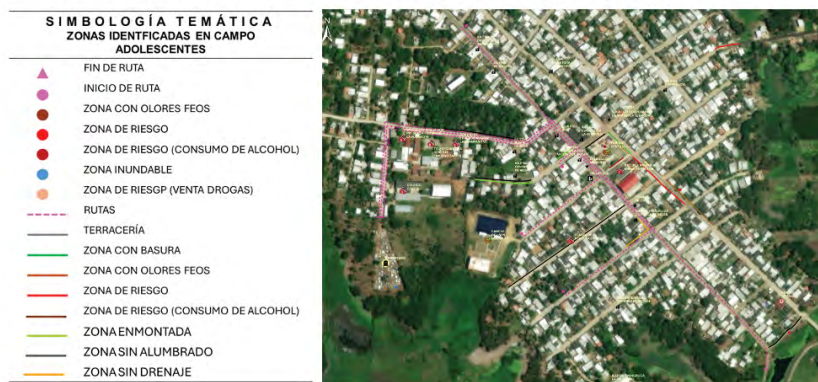
La Palma



Nota: las imágenes muestran a las mujeres y niñas de los cuatro poblados que participaron en esta etapa para la construcción de mapas comunitarios.

Fuente: elaboración propia con información de IMPLAN (2023).

Figura 6. *Etap 2. Mapas comunitarios*



Nota: Ejemplo de uno de los mapas generados por mujeres y niñas en las cuatro comunidades.

Fuente: elaboración propia con información de IMPLAN (2023).

La tercera etapa fue la referente a las caminatas de reconocimiento del polígono o colonia. Como parte de esta etapa, se realizaron caminatas con base en la ubicación de los equipamientos como los de educación, salud, abasto, entre otros, que conforman los puntos de atracción o destino para los recorridos cotidianos de las mujeres. Las rutas seguidas fueron las identificadas en la etapa 2. Se acompañó a las mujeres durante los recorridos y se ratificó lo que ellas plasmaron en los mapas comunitarios y la encuesta de enfoques, cabe destacar que estos recorridos sirven para reconocer e identificar algunos aspectos o características que no han sido visibilizadas y que se complementan entre las visiones compartidas de los grupos de enfoque. La tercera encuesta denominada *reconocimiento del espacio* consiste en 76 reactivos divididos en las 11 categorías ya mencionadas (figura 7).

Figura 7. Etapa 3. Caminatas de reconocimiento



Pueblo Nuevo de las Raíces



Buena Vista 1a. Secc.



La Palma



Buena Vista Río Nuevo 2a. Secc.

Fuente: elaboración propia con información de IMPLAN (2023).

Posterior a esta fase se aplicó la encuesta de infraestructura y percepción en el sitio. El objetivo fue enfocar el diagnóstico del espacio público en el parque principal de la localidad, procurando reconocer la perspectiva propia de las mujeres, con base en la encuesta número 4 denominada *infraestructura y percepción del espacio público* para identificar la situación en la que viven las mujeres en el sitio de estudio.

Finalmente, la etapa cuatro, consistió en trabajo de cubículo y permitió categorizar la información, registrarla en bases de datos, hacer la descripción sistemática cualitativa y cuantitativa desde el objetivo que se plantea el estudio y elaborar el diagnóstico del que se presentan resultados.

Figura 8. *Proceso de trabajo de cubículo*

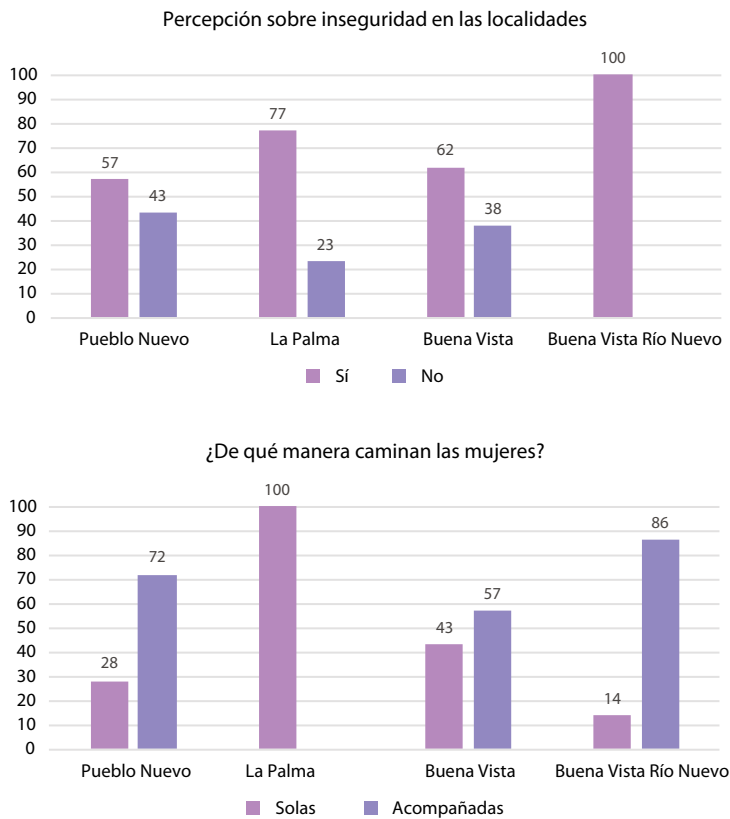


Fuente: elaboración propia (2023).

Resultados

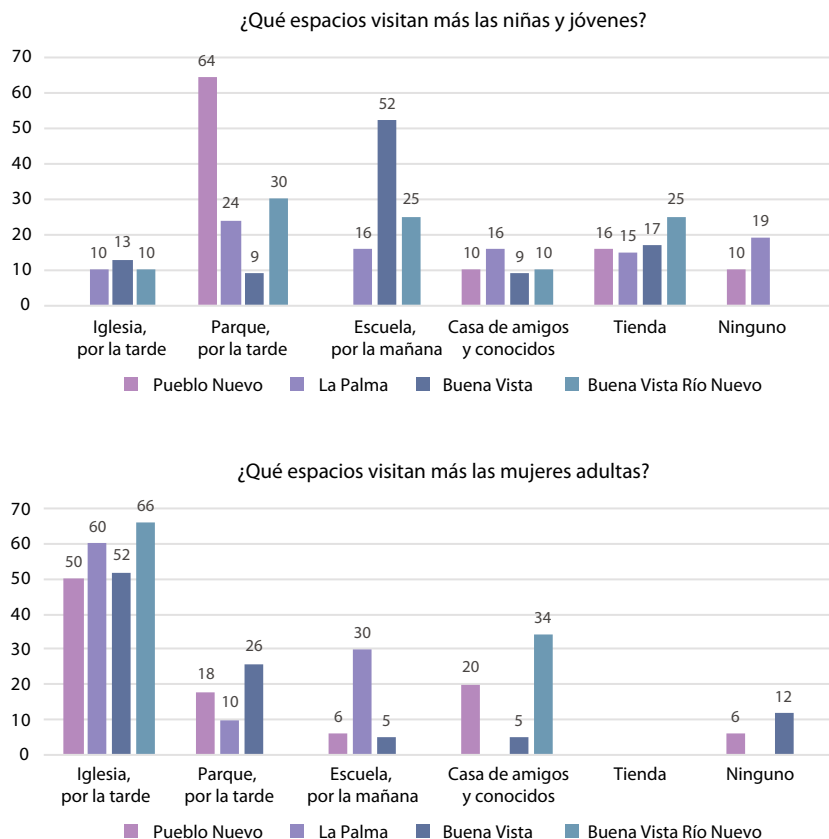
Se presentan los resultados más relevantes por etapa y del proceso propio proceso metodológico. Se destaca de la primera etapa el tema de la inseguridad que perciben y viven las mujeres cotidianamente en el espacio público (figura 9a). Los resultados no son iguales en las cuatro localidades, sin embargo, sí son una constante como puede apreciarse en la gráfica de percepción sobre inseguridad en las localidades, donde de manera global el 74 % del total de mujeres y niñas encuestadas respondieron que sí perciben inseguridad en el uso del espacio público. La consecuencia percibida por el riesgo que enfrentan las mujeres de localidades de estudio se asocia a los resultados de las encuestas en lo referente a caminar acompañadas, puede verse una relación directa entre la inseguridad y el ir acompañadas (figura 9b).

Figura 9. a y b. Resultados del diagnóstico. Percepción de inseguridad y acompañamiento en el desplazamiento por el espacio público



Fuente: elaboración propia (2023).

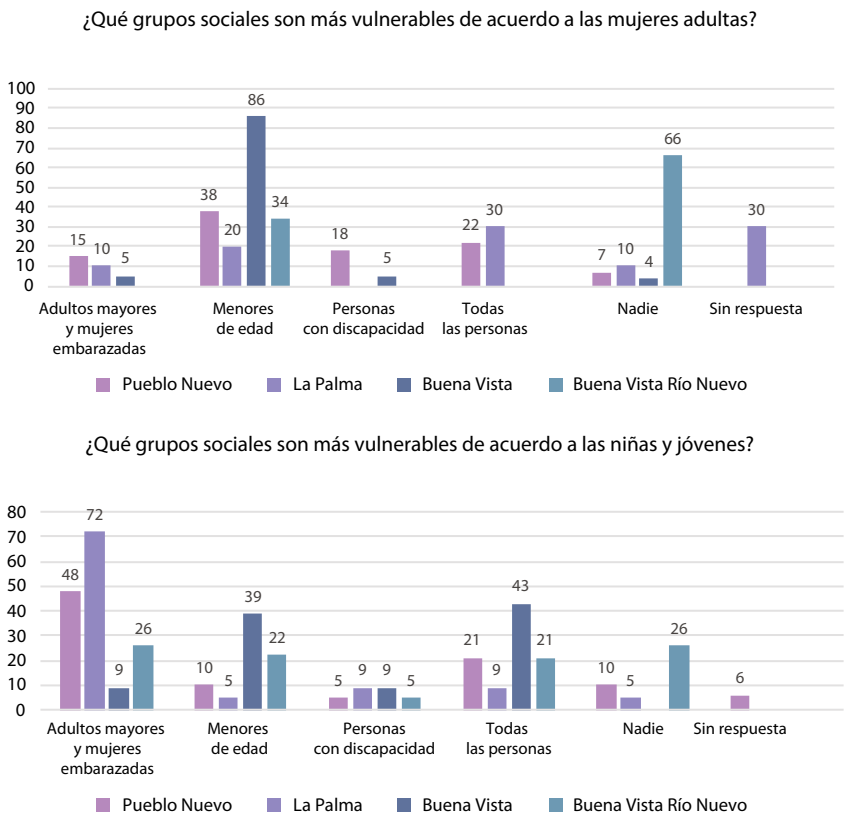
El espacio público juega un papel determinante en las comunidades rurales donde las oportunidades de esparcimiento son limitadas, lo que se corrobora con las respuestas que dan los grupos de niñas Al preguntar en qué lugar disfrutaban más pasar el tiempo, en comparación con las mujeres adultas cuyo lugar de pasatiempo es la iglesia o el templo (figura 10 a y b).

Figura 10. a y b. Resultados del diagnóstico. Lugar donde las mujeres disfrutan pasar el tiempo

Fuente: elaboración propia (2023).

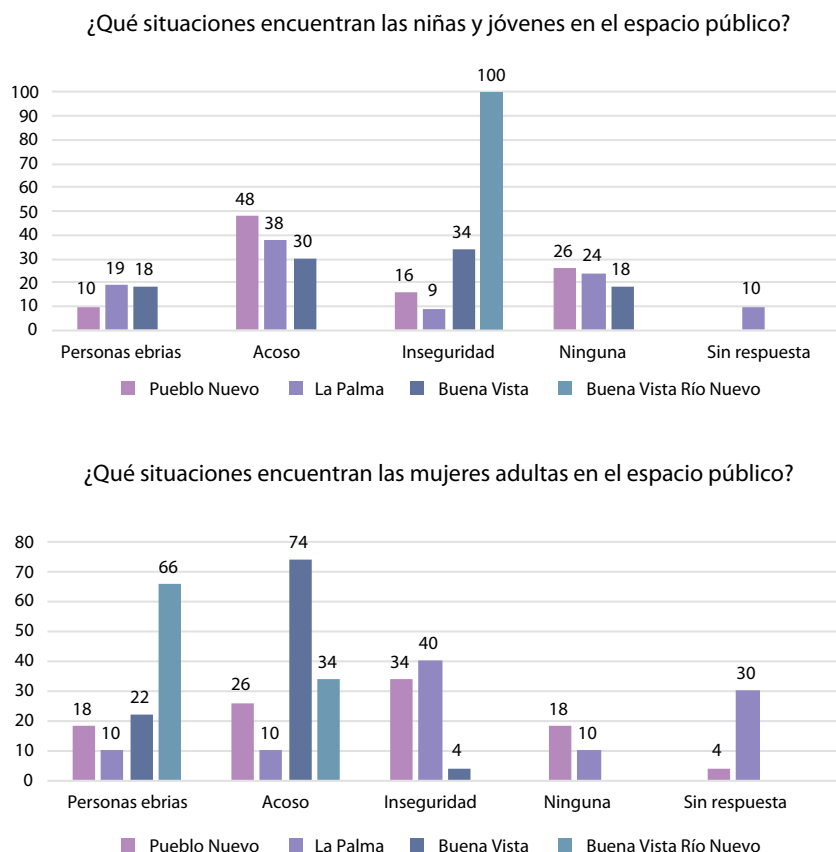
Al preguntar cómo afectaba el estado de los caminos a las actividades diarias de las personas de diversos grupos de edad o que se hallan en diversas situaciones de vulnerabilidad, las mujeres adolescentes observan que los grupos más vulnerables ante estas problemáticas son las personas mayores y las mujeres embarazadas y, en el caso de las adultas, a los grupos menores, marcando como mayormente vulnerados a los menores de edad o directamente a nadie (figura 11 a y b).

Figura 11. a y b. Resultados del diagnóstico. Percepción de los grupos afectados por el estado de la infraestructura para la movilidad



Fuente: elaboración propia (2023).

En cuanto a las situaciones predominantes que afectan su vida en el espacio público, las niñas respondieron de manera diferentes a las mujeres adultas, encontrándose que para las jóvenes los piropos son percibidos como acoso, mientras que las mujeres adultas no lo perciben de esa forma (figura 12 a y b).

Figura 12. a y b. Resultados del diagnóstico. Situaciones se presentan al caminar en la calle

Fuente: elaboración propia (2023).

Con respecto a las situaciones que se presentan al caminar en las calles se identifica una diferencia de percepciones entre los dos grupos de edad, ya que mientras las mujeres adolescentes de las cuatro comunidades destacan notoriamente el acoso, las mujeres adultas lo hacen con lo que ellas conocen como piropos, pero lejos de asociarlos a la primera problemática mencionada, lo hacen a la inseguridad.

De la encuesta sobre infraestructura y servicios los resultados respecto al tema de la condición que presenta el pavimento en las vialidades peatonales

y vehiculares de la comunidad, se les preguntó a mujeres acerca del estado que presentan estas y si les facilitaba caminar usando, con carriola, en silla de ruedas o con muletas e incluso en zapatillas. En las cuatro localidades las mujeres expresaron que los caminos pavimentados no están en buen estado y, que por lo mismo, no es fácil la movilidad a través de ellos. Cabe resaltar que la encuesta incluye preguntas sobre la infraestructura y mobiliario para la movilidad peatonal como es el caso de las personas con visión reducida o ciegas, a lo que las mujeres de las cuatro localidades contestaron evidentemente que no existen las condiciones para tal caso. 85 % de las mujeres mencionaron que las banquetas se encharcan en época de lluvia o que están invadidas, lo que impide moverse con facilidad. El 92 % expresó que se complica moverse cuando se llevan niños, niñas o adultos mayores.

De manera resumida las mujeres expresaron lo siguiente:

- a. Movilidad: las banquetas están en mal estado o se encuentran obstruidas, siendo particularmente difícil la movilidad para personas adultas y mujeres embarazadas.
- b. Inclusión: no hay infraestructura para la seguridad e inclusión, lo cual complica desplazarse en los espacios públicos.
- c. Seguridad: las condiciones del alumbrado público representan un riesgo al transitar en las calles por las noches.
- d. Esparcimiento y cuidado: no se cuenta con espacios de uso específico para que las mujeres tengan esparcimiento o puedan convivir con los hijos o personas adultas mayores o enfermas que requieren cuidados.
- e. Servicios: una constante es la falla de energía eléctrica y dotación de agua potable, ausencia de infraestructura de drenaje.
- f. Transporte: al respecto se obtuvo que, dentro de las cuatro comunidades, las personas se desplazan en taxi o pochimóvil, que es un vehículo de triciclo motorizado de uso extendido en el estado de Tabasco, pero que no ha sido regularizado y presenta altos índices de accidentes, aunado al problema del costo del servicio.
- g. Infraestructura para la movilidad: de acuerdo con las respuestas de las mujeres en las cuatro comunidades, existen vialidades de terracería, las que en temporada de lluvia se encharcan y dificultan la movilidad tanto caminando como en vehículo.

- h. Conectividad: una inquietud en las personas jóvenes es que la cobertura de internet es de baja calidad o inexistente.

Conclusiones

Aquí es importante diferenciar que las mujeres adultas reconocen que hay lugares como el parque o sobre la vialidad principal y lugares enmontados o terrenos baldíos en los que personas gritan piropos a las mujeres, no mencionaron esto como actos de acoso, a diferencia de las jóvenes estudiantes quienes sí utilizan la palabra acoso al identificar zonas de riesgo; lo anterior a pesar de que la Ley General de Acceso a las Mujeres a una vida Libre de Violencia (2024) señala al acoso como los actos individuales o colectivos que transgreden derechos fundamentales de las mujeres y propician su denigración, discriminación, marginación o exclusión en el ámbito público.

¿Pero qué identificaron las mujeres como lugares o aspectos que deben mejorarse o dotarse en el espacio público desde su propia perspectiva?

Respecto a la infraestructura urbana y de servicios, se destacan demandas de mejora en los servicios de agua, drenaje, iluminación, transporte, cobertura del internet, así como en materia de salud y seguridad pública, recordando que “cuando los servicios de agua, saneamiento y gestión de desechos están ausentes o son limitados, la carga recae sobre las mujeres para buscar estos servicios o realizar tareas que requieren mucho tiempo para cubrir las necesidades básicas del hogar” (ONU-Hábitat, s/f). De hecho, esta condición fue frecuente durante el estudio, viéndose limitadas las mujeres en el tiempo de participación por cuestiones ligadas a los trabajos del hogar. Pero hay que sumar a esta condición el hecho de que para cubrir estas necesidades, las mujeres deben alejarse para conseguir los servicios e insumos, lo que muchas veces las coloca en situaciones de mayor riesgo, teniendo que recorrer zonas donde pueden ser más vulnerables, como lo demuestra el estudio. Las principales demandas versan sobre:

- Mejoras en la infraestructura urbana y servicios,
- Mayor vigilancia y patrullajes constantes;
- Iluminación funcional;

- Transporte seguro y en un horario ampliado;
- Espacios de recreación y esparcimiento;
- Talleres o actividades educativas y de entretenimiento.

En el análisis por comunidad, Buena Vista 1a. sección se destacó por ser la comunidad más activa y participativa. Uno de los aspectos que resaltan de la participación de las mujeres en las comunidades de Pueblo Nuevo de las Raíces, La Palma y Buena Vista 2da. Sección es su predisposición a una limitada participación al esperar una compensación a cambio, es decir, hay una participación condicionada por la expectativa de recibir algo a cambio, manifestando que ya han sido sujetas de este tipo de actividades pero no ven beneficio ni cambio alguno, lo que lleva a inferir que los procesos participativos no son suficientes para hacer un verdadero cambio, y que aún de sus manifestaciones explícitas de inconformidad o necesidades, no han operado los cambios en las decisiones y diseño del espacio público.

Hay que reconocer, sin embargo, que a pesar de los trabajos específicos con mujeres se denota la visión heteronormada en algunos aspectos, pues las mejoras del espacio se sugieren para cumplir con roles de género pre-establecidos, pero aún no se ve la construcción de un diseño que satisfaga a las mujeres en una convivencia y uso pleno del espacio público, observándose una manifestación en sus respuestas encaminadas a la protección contra los hombres. Para la última fase cuando se les cuestionó sobre sus demandas, las mujeres no expresaron sus deseos, por lo que la apertura a los temas de género desde la participación de las mujeres en su concepción aún no está siendo transformadora para la habitabilidad y calidad del espacio y la vivienda en un concepto amplio como el manifestado por Heidegger (2016) y planteado por esta investigación, cabe por tanto avanzar transversalmente desde los ámbitos social y académico en la constitución de respuestas físico-espaciales operables en territorios rurales, que atienda las necesidades del ser y no solo del deber ser de las mujeres en el espacio público.

Referencias

- Galindo-Alcántara, A., Ruiz-Acosta, S. C., Morales-Hernández, A., Palomeque-de la Cruz, M. A. y Nuñez-Magaña, T. G., (2023). *Atlas de Riesgos del Municipio de Centro, Tabasco*. Ayuntamiento de Centro.
- García -Retamero, R. y López-Zafra, E. (2006). Congruencia de rol de género y liderazgo: el papel de las atribuciones causales sobre el éxito y el fracaso. *Revista latinoamericana de Psicología*, 38(2), 245-257. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-05342006000200002&lng=en&tlng=en
- Gobierno de México. (s/f). *¿Qué es la perspectiva de género y por qué es necesario implementarla?* <https://www.gob.mx/conavim/articulos/que-es-la-perspectiva-de-genero-y-por-que-es-necesario-implementarla>
- Gobierno del estado de Tabasco. (s/f). *Proyecto del Sistema de Centros Integradores*. https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/planeacion_spf/PUNTO_8_PROYECTO_CENTROS_INTEGRADORES.pdf
- Grupo Banco Mundial. (2020). *Diseñar ciudades con perspectiva de género y que funcionen para todas las personas*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/02/12/designing-gender-inclusive-cities-that-work-for-all>
- Heidegger, M., (2016). Construir, habitar, pensar. *Teoría*, (5-6), 150–162. <https://revistas.uchile.cl/index.php/TRA/article/view/41564>
- Hoyos, E. y Albarrán, V. (2022). Habitabilidad un estudio desde la vivienda social en México como espacio habitado. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (11), 51-61. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i11.192>.
- IMPLAN. (2023a). *Tríptico Centro en números 2023*. IMPLAN. <https://implan.villahermosa.gob.mx/>
- IMPLAN. (2023b). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano 2023*. IMPLAN. <https://implan.villahermosa.gob.mx/inicio/sistema-de-planeacion-municipal/pmdu-centro>
- INEGI. (2020). *Estadísticas a propósito del día internacional de la eliminación de la violencia contra la mujer*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/Violencia2020_Nal.pdf?fbclid=IwAR2hD5mR1ZesgmWv1zCf6Ww1ms_ohgA2ubrA9whsw1jFfMcl-iHKuUyOHbA.
- INEGI. (2021). *Violencia contra las mujeres en México Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares ENDIREH 2021*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/endireh/2021/doc/nacional_resultados.pdf
- Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia de 2024. La presente Ley tiene por objeto otorgar el acceso de las mujeres a una vida libre de violencia. 16 de diciembre de 2024. DOF 16-12-2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAMVLV.pdf>
- Morán, L. (2023). *Acoso callejero ¿Por qué afectar la libertad de las mujeres?* La gaceta UNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/1384/acoso-callejero-por-que-afectar-la-libertad-de-las-mujeres->

- Morán, L. (2023). *Acoso callejero ¿Por qué afectar la libertad de las mujeres?* UNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/1384/acoso-callejero-por-que-afectar-la-libertad-de-las-mujeres-#:~:text=45.6%25%20de%20las%20mujeres%20han,han%20sido%20de%20tipo%20sexual>
- Naciones Unidas. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- ONU-Hábitat. (2016). *Nueva Agenda Urbana*. Hábitat. <https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>
- ONU-Hábitat. (2018). *Índice de las Ciudades Prósperas, CPI, México*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/indice-de-las-ciudades-prosperas-cpi-mexico-2018>
- ONU-Hábitat. (2021). *Her City: Herramientas para la planificación y el diseño participativo del espacio público*. ONU-Hábitat. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/her-city-herramientas-para-la-planificacion-y-el-diseno-participativo-del-espacio-publico>
- ONU-Hábitat. (s/f). *Planificación urbana con equidad de género*. ONU-Hábitat. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/planificacion-urbana-con-equidad-de-genero#:~:text=La%20Nueva%20Agenda%20Urbana%20destaca,discriminaci%C3%B3n%20contra%20mujeres%20y%20ni%C3%B1as>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU]. (2020). *Metodología CIUATL para México, evaluación y transformación del espacio público con perspectiva y necesidades de las mujeres*. Gobierno de México.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU]. (2021). *Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial de la Sedatu 2020 2040*. <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/estrategia-nacional-de-ordenamiento-territorial-de-la-sedatu-2020-2040>
- Terraza, H., Orlando, M., Lakovits, C., Lopes, V. y Kalashyan, A. (2020). *Handbook for Gender-Inclusive Urban Planning and Design*. World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/33197>

Vinculación social universitaria en zonas vulnerables

20. Intervención diagnóstica multidisciplinaria en la colonia Amapolas en Veracruz



MIRIAM REMESS PÉREZ*

MARCO MONTIEL ZACARÍAS**

MAGALY EMILIA CORONA GARCÍA***

VIRGINIA DUARTE CRUZ****

RICARDO FLORES RODRÍGUEZ*****

ELSA GUADALUPE LAGUNES LAGUNES*****

ANTONIO MOLINA NAVARRO*****

BLANCA ELENA FERNÁNDEZ MARTÍNEZ*****

RAMIRO RUFINO SÁNCHEZ PÉREZ*****

MARISOL GUADALUPE TORRES CALDERÓN*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.20>

* Doctora en Arquitectura. Profesora-investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4004-1870>; correo electrónico: mremess@uv.mx

** Doctor en Arquitectura. Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3000-274X>

*** Maestra en Comunicación Política. Profesora en la Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5300-1057>

**** Maestra en Docencia Universitaria. Profesora en la Facultad de Medicina región Veracruz de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7412-87219>

***** Maestro en Educación. Profesor de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9864-4354>

***** Doctora en Educación. Profesora en la Facultad de Ingeniería región Veracruz de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0618-6363>

***** Doctor en Educación. Profesor en la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat región Veracruz de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7949-8371>

***** Maestra en Diseño Arquitectónico y Bioclimatismo. Profesora de la Facultad de Ingeniería región Veracruz de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1362-6814>

***** Estudiante de Arquitectura de la Universidad Veracruzana. México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8492-6252>

***** Maestra en Educación. Colaboradora de la Coordinación regional de Desarrollo Institucional de la vicerrectoría región Veracruz, México.

Resumen

Ante los nuevos paradigmas de la política internacional y su implementación a nivel nacional, la planificación territorial se presenta como una propuesta de organización racional y sistemática. El programa de Mejoramiento Urbano (PMU) y sus políticas públicas buscan identificar intervenciones integrales que mejoren las condiciones de vida de la población, implementando acciones y obras que reduzcan el déficit de infraestructura, equipamiento urbano, espacio público, elementos ambientales, ordenamiento del paisaje, movilidad y conectividad. En este sentido, los derechos humanos fundamentales también fortalecen este tipo de demandas para los equipamientos urbanos en zonas vulnerables. Por lo anterior, la Universidad Veracruzana, la Vicerrectoría región Veracruz, vinculados con el Ayuntamiento de Veracruz a través del Macroproyecto Multidisciplinar para el Desarrollo Social y Comunitario (MMDSC) se propuso la metodología Intervención Acción Participativa (IAP) para elaborar un diagnóstico que permitiera conocer las necesidades, fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del territorio en estudio.

A partir de la definición de los polígonos de atención prioritaria (PAP) establecidos por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), el equipo de docentes y estudiantes obtuvieron información para un análisis del territorio del PAP1 en colonia Amapolas de la ciudad de Veracruz, con el objetivo de complementar el diagnóstico de la SEDATU y aportar en aspectos relevantes para intervenir la zona. Esta contribución se llevó a cabo a través de técnicas de recolección de información como grupos focales, investigación documental y trabajo de campo que incluye encuestas y procesos participativos con actores clave, autoridades municipales, universitarias y habitantes, a fin de fortalecer la toma de decisiones.

Este apartado resume la planificación, ejecución, resultados generales y reflexión de la intervención con el propósito de contribuir a la reducción de la vulnerabilidad, el riesgo y el rezago, así como a la mejora de la calidad de vida.

Palabras clave: *diagnóstico comunitario, calidad de vida, vulnerabilidad, inclusión social, multidisciplinar, derechos humanos.*

Introducción

El programa Territorial Operativo (PTO), es un estudio técnico utilizado por la SEDATU que proporciona el respaldo teórico, legal y técnico para ubicar las necesidades de un territorio y establece propuestas para lograr los objetivos del programa de Mejoramiento Urbano (PMU), en un área del municipio de Veracruz. En este estudio se delimitaron los polígonos de atención prioritaria (PAP), donde se identificó a la colonia Amapolas 1 como una de las más vulnerables. La Universidad Veracruzana colabora con y en las comunidades en beneficio de la población que vive en áreas con alto nivel de marginación y pobreza, a través de una intervención diagnóstica con un enfoque integral, cuyo objetivo es conocer las principales problemáticas que afectan el pleno desarrollo de la calidad de vida de los habitantes con la finalidad de contribuir a reducir el rezago presente en la zona y coadyuvar en reactivar el tejido social mediante acciones en el territorio.

Los resultados principales de este estudio incluyen la sistematización de la información del área de influencia del Ágora Amapolas I, para respaldar las decisiones del Macroproyecto Multidisciplinar de Desarrollo Social y Comunitario. Sin embargo, es importante mencionar que el estudio encontró limitaciones debido a las condiciones de inseguridad presentes en el polígono 1. La metodología (IAP) incluyó delimitación de la zona de estudio, análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), árbol de problemas y de soluciones, la matriz metodológica, análisis documental, grupos focales con actores clave, trabajo de campo y la aplicación de encuestas.

Antecedentes

A raíz de los nuevos paradigmas de la política internacional y su aplicación a nivel nacional, la planeación del territorio es una propuesta de ordenación racional y sistemática. Con ello y con base en la creación del programa de Mejoramiento Urbano, se plantearon políticas públicas con el fin de realizar intervenciones integrales que mejoren la habitabilidad de la población de un programa determinado, partiendo de acciones y obras que reduzcan el

déficit de infraestructura básica, complementaria, equipamiento urbano, espacio público, elementos ambientales, ordenamiento del paisaje, movilidad y conectividad.

La participación de las comunidades involucradas es importante en beneficio de la población que vive en espacios de alta marginación y pobreza.

Lo anterior origina la creación de programas territoriales operativos, que son estudios técnicos significativos que dan sustento teórico, legal y técnico a las necesidades de un territorio determinado y que establecen las propuestas para alcanzar el objetivo del PMU.

El PTO tuvo como objetivo la delimitación de los polígonos de atención prioritaria (PAP) en el municipio de Veracruz de Ignacio de la Llave. Dicha delimitación territorial fue de vital importancia para la aplicación de reglas de operación del PMU, ya que de ellos dependió el recurso a ejercer y que este fuera canalizado de manera correcta en las áreas que más lo necesitan en el municipio.

PAP será entendido como el “conjunto de manzanas con grados medio, alto y muy alto de rezago urbano y social (RUS), con densidades de población mayores a la media local de 50 a 100 habitantes por hectárea (SEDATU, 2019), el cual se representa en el territorio como un polígono irregular circunscrito en una o varias colonias o barrios y este límite define el área donde el PMU actuará mediante proyectos integrales (Torabi et al., 2024).

Una vez conformados los PAP, se procedió a obtener información para realizar análisis integral de las unidades territoriales, que se complementó a partir de un trabajo de gabinete, campo y procesos participativos comunitarios con autoridades municipales, estatales, federales, académicas y con la ciudadanía: esta última colaboró mediante talleres de participación comunitaria, los cuales identificaron las necesidades locales que estuvieron vinculadas con el PMU para la integración del plan de estrategias integrales en los PAP y así poder conformar un banco de proyectos.

Contexto

Siendo el trabajo de profundización del diagnóstico de la SEDATU un esfuerzo multidisciplinario se buscó desde la planeación abonar a una inda-

gación que escalara hacia la interdisciplinariedad. Es decir, donde los talentos involucrados, partiendo de una base puesta en común de nociones, miraran hacia un tejido metodológico abierto al diálogo de las diversas disciplinas. La planeación del Macroproyecto Multidisciplinario de Desarrollo Social y Comunitario en la colonia Amapolas I en Veracruz se llevará a cabo a través de un enfoque participativo y colaborativo, donde se promueva la integración de conocimientos y experiencias de los diferentes actores involucrados en el proyecto. En ese tejido convivieron herramientas del análisis FODA, marco lógico, encuesta y grupos de enfoque.

Recordemos que, como se menciona en la introducción, este proyecto partió de los PAP definidos por SEDATU, y con eso como cartografía, orientados por el mapa digital de México (INEGI), se establecieron los límites de la zona a intervenir, quedando para ello una sección de 65 hectáreas a abarcar, compuesta por 27 calles y 80 manzanas.

También se definió que la metodología de investigación más adecuada para llevar a cabo este proyecto era una combinación de investigación cualitativa y cuantitativa, adaptadas a las características del estudio y a la naturaleza de la zona de investigación, en pos de obtener resultados sólidos, enfatizando al enfoque de la IAP.

Una instancia inicial posibilitó la posterior discusión de datos e ideas esenciales con el fin de establecer un análisis FODA sobre las condiciones y la calidad de vida de los residentes. Este procedimiento de identificación y evaluación de componentes contribuye a dar prioridad a las áreas cruciales. Mediante estas herramientas se logró visibilizar la presencia de vulnerabilidades en la comunidad y amenazas en el entorno, llegando a la conclusión de la existencia de desafíos significativos en la entidad (Soloaga et al., 2023). La población objetivo son los residentes del PAP 1 Las Amapolas, sección 1, el cual tiene un promedio de cuatro entrevistados por manzana.

Por otro lado, es importante comentar que el MPMDSC en este contexto juega un papel importante por la filosofía y objetivos que contiene, de tal manera que aunado a los objetivos del proyecto SEDATU, cobra relevancia por la posibilidad de articular ambos proyectos para conocer las necesidades, problemáticas y saberes de los habitantes del territorio.

Hipótesis y objetivos de la intervención diagnóstica

El proyecto partió de la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las problemáticas sociales, económicas, ambientales, urbanas y culturales que contribuyen al rezago y debilitan el tejido social en la colonia Las Amapolas en el municipio de Veracruz?

Dada la ubicación geográfica de la colonia se reconocen las problemáticas existentes, por lo que a partir de la recolección de la información se pretende comprobar la siguiente hipótesis: en la colonia Las Amapolas, se identifican problemáticas de desempleo, bajos niveles educativos, deterioro ambiental, violencia e inseguridad social relacionados con elementos de adicciones que debilitan el tejido social y rezago socioeconómico.

De esta manera, el objetivo de la investigación fue contribuir al conocimiento de las principales problemáticas sociales económicas ambientales urbanas y culturales para proponer alternativas de solución de cara a disminuir el rezago que se presenta en la zona, así como la reactivación del tejido social a través de acciones en campo.

Aunado al objetivo anterior, un segundo propósito fue sistematizar la información del área de influencia de la colonia Amapolas I, módulo SEDATU, que sirva para conocer con precisión geográfica las problemáticas sociales, económicas, ambientales, urbanas y culturales con la finalidad de sustentar la estructura de un proyecto de intervención a través del Macroproyecto Multidisciplinario de Desarrollo Social y Comunitario propuesto por la Universidad Veracruzana.

Mediante el apoyo de la matriz metodológica se consiguió concebir y estructurar el procedimiento de indagación, garantizando la congruencia entre los elementos fundamentales del proyecto, tales como la hipótesis, el objetivo y las acciones, facilitando así la visualización y comunicación más precisa y sistemática de la propuesta de investigación (Giesecke Sara Lafosse, 2020).

Metodología para la definición y delimitación del polígono de atención prioritaria (PAP1)

En congruencia con los propósitos de la investigación se empleó la metodología para la definición y delimitación de un polígono de atención prioritaria (PAP) a través del cual se identificaron las zonas con altos niveles de rezago social y urbano, utilizando datos oficiales y criterios técnicos. El resultado de este ejercicio fue la determinación de los grados de rezago y el análisis de manera integral, incluyendo el trabajo comunitario y de gabinete.

Durante el proceso se utilizaron, por una parte, fuentes oficiales y gubernamentales para el reconocimiento de los indicadores analizados, y por la otra información recolectada a través de visitas de campo y entrevistas a los integrantes de la comunidad para indagar sobre las necesidades y las percepciones del territorio.

Finalmente, la información recopilada fue sistematizada con el objetivo de estructurar las necesidades detectadas, las cuales fueron clasificadas conforme a diversas dimensiones de análisis. La integración de estas dimensiones permitió identificar su influencia en el rezago social y en el deterioro del tejido social. Estos resultados se exponen en las conclusiones del artículo y constituyen la base para el planteamiento de una propuesta de intervención futura con enfoque integral y contextualizado.

Caracterización de la población de la colonia Amapolas I

La definición y delimitación de los PAP1 se realizó como sigue:

1. Prepolígonos propuestos por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Se elaboraron de manera detallada y minuciosa, tomando en cuenta los diferentes espacios geográficos en los que se requería llevar a cabo acciones pertinentes a su competencia. Para su elaboración, se tomó como base la información brindada por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), el Instituto Nacional de Suelo Urbano (INSUS) y los datos de marginación y rezago social proporcionados por el Consejo Nacional de

Población (CONAPO) y el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Estos prepolígonos fueron cuidadosamente concretados y en una segunda etapa fueron entregados al Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IGg-UNAM) para su posterior revisión y continuidad en el proceso. La colaboración entre estas instituciones ha sido fundamental para garantizar la calidad y pertinencia de los resultados obtenidos.

2. Evaluación diagnóstica en la oficina para la determinación de PAP1 por el equipo IGg-UNAM. Mediante una metodología más detallada, este equipo ha establecido los límites definitivos al integrar y evaluar los siguientes elementos: áreas anteriores de SEDATU; áreas protegidas a nivel estatal y federal; Atlas de riesgo municipal; mapa de peligro de hundimientos, fallas y fracturas en el municipio; riesgo sísmico; riesgo de deslizamientos; expansión urbana; áreas de pobreza; áreas de núcleos agrarios; capas de suelo establecidas en los programas y planes de desarrollo urbano; uso registrado en otros planes de ordenación territorial locales o estatales; superposición de AGEB; y traza del Marco Geoestadístico Nacional de INEGI.

Una vez que se presentaron las capas y variables indicadas, se dieron prioridad a los PAP1 donde había una mayor coincidencia, por lo que el PAP1 contaría con la mayor cantidad de capas recurrentes y los siguientes tendrían la misma elección, pero en orden descendente. De esta manera se obtuvieron los PAP SEDATU-IGg-UNAM. Recorriendo el lugar se ubicaron a los jefes de manzana señalados en el mapa.

Análisis de indicadores socioeconómicos

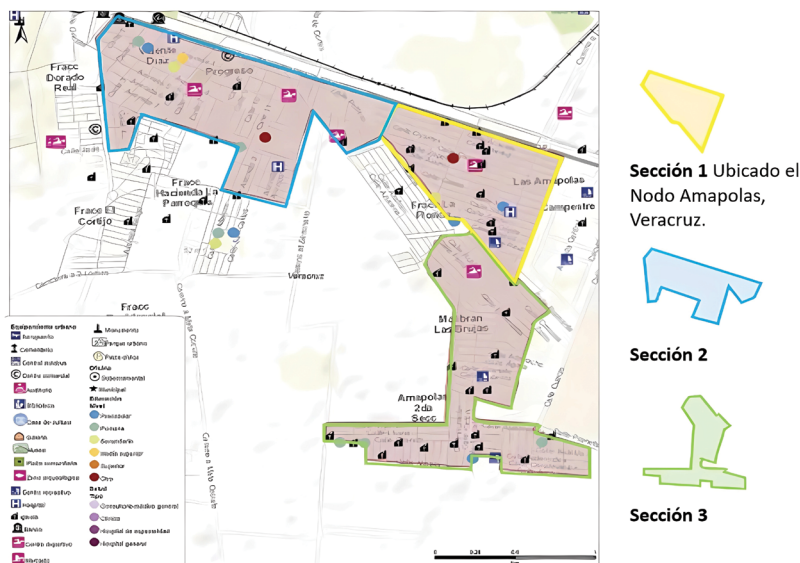
El análisis exhaustivo de los indicadores socioeconómicos en la colonia Amapolas I, en el municipio de Veracruz es fundamental para obtener una visión clara y precisa de la situación de la población. Se llevará a cabo la recopilación y estudio de datos relevantes que permitan entender el nivel

de desarrollo económico, las condiciones de empleo, los ingresos familiares, el acceso a servicios básicos, la educación, la salud, entre otros aspectos socioeconómicos. Este análisis integral nos dará información detallada sobre las fortalezas y debilidades del PAP¹, identificando los principales desafíos y oportunidades para la intervención diagnóstica. Es importante destacar que estos indicadores serán utilizados como base para la identificación de necesidades y problemáticas, así como para la formulación de propuestas y estrategias de desarrollo social y comunitario en la colonia Amapolas (Marmolejo, 2021).

Identificación de necesidades y problemáticas

A través del proceso de evaluación diagnóstica del Macroproyecto Multidisciplinar para el Desarrollo Social y Comunitario en la colonia Amapolas I en el municipio de Veracruz, se ha logrado identificar diferentes necesidades y desafíos que afectan a la comunidad. Entre estas necesidades se incluyen la falta de acceso a servicios básicos como agua potable y electricidad en algunas áreas de la colonia, así como la existencia de viviendas en pésimo estado que necesitan ser reparadas estructuralmente. Además, se ha detectado una falta de áreas verdes y espacios públicos adecuados para el disfrute de los habitantes. Asimismo, se han identificado desafíos relacionados con la movilidad y la conexión, como la insuficiente infraestructura vial y la falta de transporte público. Estos desafíos son de gran importancia para el desarrollo social y comunitario de la colonia Amapolas I, y se pretende implementar intervenciones que los aborden de manera completa y efectiva.

Figura 1. Delimitación del área de estudio en secciones del polígono de atención ubicado en Veracruz



Fuente: adaptado de Mapa digital de México, INEGI (s/f).

Diagnóstico urbano y territorial

Recorrido en campo por el municipio en los PAP definidos, se realizó para corroborar la información y, en dado caso, ajustar los límites a partir de cinco grandes criterios: orden de prioridad para el municipio acorde a la disponibilidad y necesidades o déficit de servicios; antigüedad de las colonias; disponibilidad de predios para la implementación de acciones del PMU; condiciones de movilidad y conectividad vial de las colonias de los PAP; alta densidad de población de las colonias de los PAP.

Ajuste final de los límites definitivos de los PAP en conjunto con SEDATU. Con los ajustes antes mencionados, la SEDATU convocó a mesas de trabajo interinstitucional, en las que participaron personal de SEDATU, UPAIS, INSUS, CONAVI, autoridades municipales-estatales y académicos del IGg-UNAM, con el fin de acordar las últimas versiones de los PAP conforme a las metas y los objetivos del PMU y el PTO.

Delimitación del área de estudio: zona geográfica del PAP 1

El PAP 1 abarca una extensión de 65 hectáreas, compuesta por 27 calles y 80 manzanas. Se ha establecido el límite de intervención utilizando el Mapa Digital de México (INEGI, s/f). Para llevar a cabo este proyecto se ha utilizado una combinación de investigación cualitativa y cuantitativa, adaptando los pasos según las características y naturaleza de la zona de estudio. La segmentación por secciones de un polígono ha permitido un análisis más detallado de cada componente del área de investigación. Como resultado de esta fase inicial del proyecto, se ha demostrado la efectividad de esta metodología antes de abordar otro Plan de Acción Pertinente en la colonia Amapolas I.

Análisis físico del sitio

Características físicas construidas

De un total de 27 calles, el 84 % carece de pavimentación, mientras que solo el 16 % cuenta con este servicio.

Figura 2. Registro del estado actual de las calles del PAP1



Fuente: elaboración propia.

El registro actual de las áreas en mala condición se caracterizan por un notable deterioro de la infraestructura, falta de mantenimiento y un ambiente general de abandono. En estas zonas se observó la presencia de calles sin pavimentar, edificios en mal estado, y una considerable cantidad de residuos sólidos en los espacios públicos. La vegetación, aunque presente, muestra signos de descuido y hay una clara carencia de servicios básicos como el alumbrado público y el saneamiento adecuado. Estas condiciones adversas afectan negativamente la calidad de vida de los residentes y requieren intervenciones urgentes para su mejoramiento.

Las áreas clasificadas en regular condición muestran una situación intermedia. Aquí, la infraestructura está parcialmente mantenida, aunque hay evidencias de desgaste y áreas que requieren reparaciones. Las calles pueden estar pavimentadas, pero con presencia de baches y grietas. Los espacios públicos, aunque no en óptimas condiciones, son utilizables y muestran un cierto grado de cuidado. La vegetación en estas zonas es más abundante y cuidada en comparación con las áreas en mala condición, pero aún se necesita un esfuerzo adicional para alcanzar un estado ideal. La provisión de servicios es irregular, con algunas zonas bien iluminadas y otras no, lo que genera disparidades en la calidad de vida dentro de la misma área.

Por último, las áreas en buena condición destacan por su infraestructura bien mantenida y una atmósfera de orden y limpieza. Las calles están completamente pavimentadas y en buen estado, los edificios muestran un mantenimiento regular, y los espacios públicos son limpios y acogedores. La vegetación es abundante y bien cuidada, contribuyendo a un ambiente agradable y saludable. Además, en estas zonas se observó una adecuada provisión de servicios básicos como iluminación pública eficiente, sistemas de saneamiento funcionales y una recolección de residuos bien organizada. Estos aspectos no solo mejoran la calidad de vida de los residentes, sino que también fomentan un sentido de comunidad y pertenencia.

Por lo tanto, el registro fotográfico y la clasificación de las áreas dentro del polígono del PAP1 revelan una diversidad de condiciones que van desde mala hasta buena. Esta información es crucial para planificar y priorizar intervenciones que promuevan el desarrollo equitativo y sostenible de la zona, asegurando que todas las áreas alcancen un estado óptimo y contribuyan a la mejora de la calidad de vida.

Equipamiento y servicios públicos PAP1

Comercios

El polígono I de la zona del PAP1 cuenta con diversos establecimientos comerciales, destacando negocios minoristas como despensas, tiendas de artículos para el hogar y restaurantes.

Asentamientos irregulares

El polígono I de la zona del PAP1 cuenta con irregularidades tanto en calles como en lotes de viviendas.

Drenaje y alcantarillado

Como se logra observar en las imágenes de la zona, no existe la infraestructura para el alcantarillado de aguas negras y aguas pluviales de manera correcta, por lo que el 100 % del PAP1 está sin drenaje.

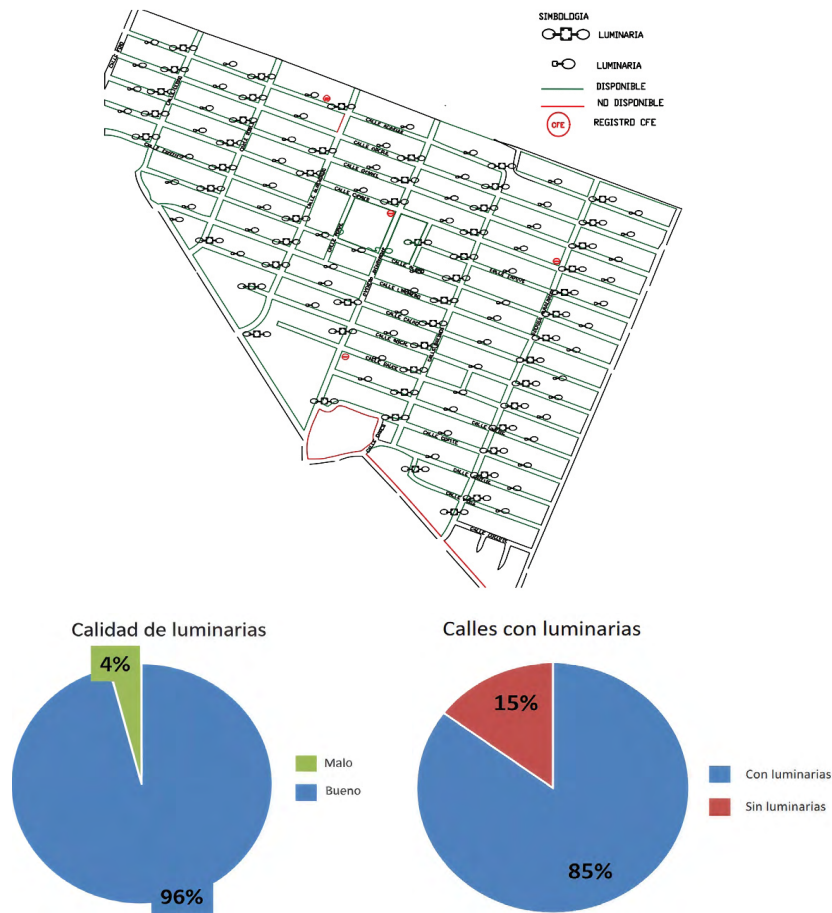
Existe una fuerte problemática en este aspecto derivado que provoca enfermedades en la población, fuertes olores en la zona y un daño ambiental grave hacia el medio ambiente.

En relación al tema del drenaje, como se ha mencionado anteriormente, el área no cuenta con este sistema. Por lo tanto, en términos de evaluación, su calidad sería insatisfactoria debido a la existencia de desagües directos en las calles e incluso un curso de agua residual que actúa como un canal, como se ha mostrado en el mapa adjunto.

Basureros

El manejo de residuos no se encuentra regulado en la zona, lo que provoca que las personas arrojen su basura en cualquier sitio sin restricción alguna, como por ejemplo en terrenos sin edificar.

Figura 3. Registro del estado actual de las luminarias después de realizar un recorrido por la zona



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura anterior, las luminarias representan un factor relevante en la evaluación del espacio urbano. El 85 % de las calles cuenta con este servicio público, mientras que el 15 % carece de él. Con el propósito de evaluar la calidad de las luminarias existentes en el área, se realizaron inspecciones visuales para identificar factores críticos que permiten determinar su eficiencia durante la noche. Del total de calles que disponen de luminarias, se registró que el 96 % presenta condiciones óptimas, mientras que el 4 % muestra deficiencias en su funcionamiento.

Características físicas naturales

Figura 4. Topografía del PAP1



Fuente: elaboración propia.

La región presenta una topografía predominantemente plana, lo que facilita el desarrollo de infraestructuras y proyectos urbanos. El suelo, caracterizado en el PAP1 por la presencia de rocas sedimentarias con asociaciones de rocas areniscas y conglomerados, ofrece condiciones geológicas específicas que deben considerarse en la planificación de construcciones y obras civiles. El clima es cálido durante todo el año, con una estación

lluviosa nublada y una estación seca mayormente despejada, y temperaturas que oscilan entre los 18 °C y los 33 °C, proporcionando un ambiente estable y predecible. La vegetación predominante es la selva baja caducifolia, que aporta una rica biodiversidad y oportunidades para la conservación ecológica. La identificación de las diversas rutas de autobuses, especialmente en la sección 1, muestra una interconexión efectiva del transporte público, lo cual es crucial para la movilidad de los habitantes y la accesibilidad a diferentes partes de la región. Esta combinación de características topográficas, geológicas, climáticas, vegetativas y de transporte público establece una base sólida para el desarrollo sostenible y el mejoramiento de la calidad de vida en la zona.

Evaluación de la infraestructura existente: análisis FODA

Figura 5. *Análisis FODA*

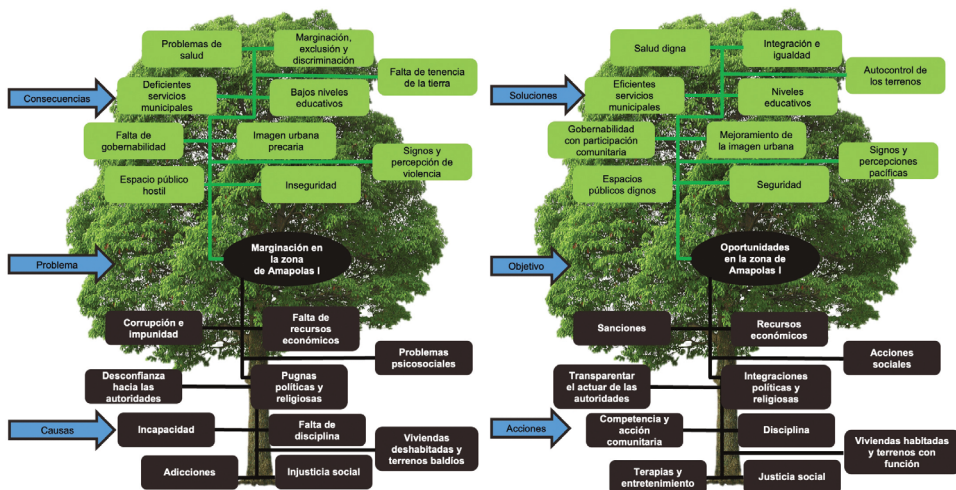


Fuente: elaboración propia.

Con la ejecución de una primera visita sumamente puntual, se observaron distintos aspectos en el área que, a través de una discusión, se recopilaron diversas ideas fundamentales para la elaboración de un análisis

FODA. Dicho análisis previamente expuesto nos brinda una visión de las circunstancias y el nivel de vida de los residentes. De acuerdo con el análisis FODA presentado, se observa una mayor cantidad de aspectos negativos y riesgos en comparación con los aspectos positivos y oportunidades. Esta situación plantea diversas implicaciones para la situación en cuestión. Un predominio de debilidades y amenazas indica que la entidad objeto de análisis se enfrenta a desafíos importantes, esto sugiere la existencia de áreas críticas que requieren atención y mejoras para hacer frente de manera efectiva a las amenazas externas y superar las debilidades internas. Para concluir la evaluación de las oportunidades y amenazas implica una profunda comprensión del entorno externo. Este proceso no solamente implica mirar hacia dentro, sino también hacia fuera, analizando tendencias y otros factores que pueden influir en el desempeño de la zona. Este proceso de identificación y análisis de elementos ayuda a priorizar áreas clave. No todas las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas son iguales, y este análisis ayuda a enfocarse en aquellas que son más relevantes y significativas.

Figura 6. Árbol de problemas y de objetivos



Fuente: elaboración propia.

En el PAP1, se identifican varios aspectos destacados como la presencia de comercios minoristas y módulos deportivos, junto con programas de mejoramiento urbano, representan oportunidades importantes para el desarrollo local y la creación de nuevos empleos. La disponibilidad de propiedades e inmuebles en venta y la coordinación de capacitación para el trabajo en talleres son elementos adicionales que potencian el crecimiento económico y social de la comunidad. Sin embargo, existen debilidades significativas como la falta de mantenimiento en la infraestructura de la colonia, la falta de pavimentación, la precaria imagen urbana, la contaminación de espacios públicos y sensorial, un espacio público hostil, la falta de transporte público, el bajo acceso a internet, la carencia de áreas verdes, la ausencia de banquetas y la falta de iluminación. Entre las amenazas más graves se encuentran la inseguridad, las inundaciones, los asentamientos irregulares, el tráfico y conflicto vehicular, el acoso a mujeres, las viviendas deshabilitadas y terrenos baldíos, las incompatibilidades de uso de suelo, los signos y la percepción de violencia, la falta de centros de salud y los bajos recursos económicos.

Localización de elementos urbanos

Se han identificado todos los elementos que, de alguna manera, ofrecen servicios y/o satisfacen las necesidades de la población en el sector. Estos elementos se han representado en el siguiente mapa con el propósito de visualizar de forma gráfica la manera en que se concentran. Se ha observado que dentro del PAP1 existe una desigualdad social presente, ya que algunas áreas presentan una mayor densidad. Esto influye en la organización y funcionamiento de la zona.

Se pudo constatar que, en este recinto la actividad preponderante es el comercio minorista, lo cual indica que la fuente principal de ingresos para la mayoría de las familias es su trabajo diario para sostenerse. Durante la realización de este análisis para determinar la posición de los elementos dentro del polígono, se elaboró también un registro de las condiciones de la infraestructura de la zona. Se tuvieron en cuenta aspectos como las calles, las aceras, el sistema de drenaje y la iluminación. Estos factores fueron de gran utilidad para evaluar la comodidad y la practicidad de las personas que

transitan, se comunican y dedican parte de su tiempo en las vías públicas. Recorriendo la zona se tomaron evidencias fotográficas las cuales son de ayuda para contemplar una escala de la magnitud de la marginación que está presente en la zona, por lo que es un completo desafío para las personas trasladarse de un lugar a otro.

Figura 7. Identificación de los elementos urbanos dentro del Polígono de Atención Prioritaria 1



Fuente: elaboración propia.

Estudio de la movilidad y conectividad en la zona

En el marco de la intervención diagnóstica del Macroproyecto Multidisciplinar para el Desarrollo Social y Comunitario en la PAP1 en Veracruz, se llevó a cabo el estudio de la movilidad y conectividad en la zona. Este estudio tiene como objetivo principal analizar la infraestructura existente y evaluar su funcionamiento, identificar los principales problemas de movilidad y proponer soluciones que mejoren la accesibilidad y la conectividad en la colonia. Para ello, se ha realizado un mapeo de todos los elementos urbanos relevantes, como calles, avenidas, parques, transporte público y estaciones

de servicio, con el fin de entender cómo se distribuye la movilidad en la zona y cuáles son los principales puntos de congestión o dificultad de acceso. Además, se ha recopilado información sobre los medios de transporte utilizados por la población y se han identificado las principales necesidades y demandas en términos de movilidad.

Diagnóstico participativo

El proceso consta de varias etapas y actividades importantes que se deben llevar a cabo para alcanzar los objetivos deseados. El primer paso es la delimitación de la zona en la cual se llevará a cabo el análisis. Esto implica establecer los límites geográficos y determinar la extensión de la zona de estudio. Una vez que se ha delimitado la zona es necesario establecer las estrategias que se utilizarán para llevar a cabo el proyecto. Estas estrategias pueden incluir la selección de métodos de recolección de datos, la identificación de recursos necesarios y la determinación de los plazos de tiempo.

El siguiente paso es el levantamiento de datos, en esta etapa, los estudiantes son responsables de recopilar la información necesaria para llevar a cabo el proyecto. Esto implica visitas de campo en las cuales se recolectan datos relevantes y se realizan propuestas. Además de las visitas de campo, también se llevan a cabo recorridos en sitio pertinentes. Estos recorridos permiten a los estudiantes familiarizarse con la zona de estudio y obtener información adicional que puede ser relevante para el proyecto. Como parte del proceso, también se realizan reuniones periódicas para discutir los avances del trabajo, estas reuniones se llevan a cabo en forma de exposiciones, donde se presentan sus hallazgos y comparten sus conocimientos con el resto del grupo.

Otra actividad importante es la investigación de gabinete, esto implica realizar una búsqueda exhaustiva de información bibliográfica, documental y digital que sea relevante para el proyecto.

Los estudiantes también deben realizar un vaciado de datos, donde seleccionan y analizan la información obtenida. La aplicación de encuestas es otra técnica utilizada en este proceso. Esta actividad implica diseñar y aplicar encuestas a los sujetos de estudio para recopilar información cuantitativa. Además, se llevan a cabo reuniones con grupos focales para obtener infor-

mación cualitativa adicional. Como parte del proceso de investigación, se definen los aspectos psicosociales a indagar y se diseña una encuesta apropiada para ello. También se llevan a cabo entrevistas estructuradas, donde se recopila información más detallada y específica. Una vez que se ha recopilado toda la información necesaria, se procede al procesamiento de datos. Esto implica registrar los datos obtenidos y analizarlos mediante gráficas y planos.

El objetivo es identificar patrones y tendencias en la información recolectada. Finalmente, se lleva a cabo el procesamiento de los datos obtenidos. Esto implica analizar y sintetizar los resultados finales de la investigación. Se realizan análisis cualitativos y cuantitativos para obtener conclusiones relevantes y significativas.

Capacidades desarrolladas en los estudiantes incluyen habilidades de resolución de problemas, pensamiento crítico, comunicación efectiva, trabajo en equipo, adaptabilidad y creatividad. Además, los estudiantes también adquieren conocimientos en diversas áreas temáticas, como matemáticas, ciencias, humanidades y artes. Estas capacidades y conocimientos les permiten enfrentar exitosamente los desafíos académicos y laborales, así como contribuir de manera significativa a la sociedad, transmitir información al desarrollar habilidades y conocimientos que sean aplicables en diferentes contextos y en la vida cotidiana de los estudiantes.

Se ampliaron considerablemente los marcos de referencia, las formas de pensar y actuar en el entorno social. Además, se desarrollaron nuevas estrategias y herramientas para su aplicación, estas incluyen mapeos detallados de diversa índole, diversidad que se genera cuando las diferencias se juntan, que desde su pragmatismo inherente dedica a dar sentido sociológico a la experiencia concreta (Sennett, 1970), desde mapeos visuales hasta mapeos conceptuales exhaustivos. Asimismo, se utilizaron diagramas complejos para representar de manera clara y concisa diversas relaciones y procesos. Por otro lado, se crearon tablas y gráficas que permitieron visualizar de forma efectiva y precisa toda la información recopilada y analizada. Además, se emplearon presentaciones digitales interactivas y dinámicas, en las que se integraron elementos audiovisuales y enlaces a recursos adicionales. También se elaboraron reportes detallados que sintetizaron de manera exhaustiva todo el conocimiento adquirido y los resultados obtenidos de la investigación realizada. Por último, se crearon mapas conceptuales completos

y detallados que permitieron visualizar de forma clara y organizada los conceptos clave y sus interrelaciones. Todo esto ha contribuido de manera significativa para enriquecer la formación intelectual y promover un mayor entendimiento del entorno social.

Recopilación de opiniones y propuestas de la comunidad

- Viviendas participantes: total 88, 10 son nivel bajo, 58 nivel medio y 20 nivel alto.
- Participación comunitaria: 12 forman parte de un grupo social y comunitario, 76 no.
- Educación necesaria para mejorar su empleo: 33 primeros auxilios, 31 negocios, 20 computación, 19 mecánico, 17 reparaciones eléctricas, 16 administrativo, 15 contabilidad, 14 mecánico electricista.
- Preferencia de actividades: 53 fútbol asociación, 31 acondicionamiento físico, 28 ferias de emprendimiento, 22 danza folklórica, 22 obras de teatro, 19 ferias de libros, 12 conciertos locales.
- Cuidado del medio ambiente: 57 manejo adecuado de basura, 48 campañas de reciclaje, 30 jóvenes emprendedores, 24 campaña de reforestación, 24 taller de huertos, 20 taller de agro biodiversidad.
- Consumo de adicciones: 75 alcohol, 65 marihuana, 52 tabaco, 28 inhalantes, 19 cocaína, 11 fentanilo, 9 heroína, 9 éxtasis, 6 anfetaminas.
- Problemas de salud: 72 diabetes, 55 hipertensión, 28 enfermedades respiratorias, 19 cáncer, 13 neuromusculares, 7 problemas cardiometabólicos.
- Conductas de violencia: 55 violencia doméstica, 44 violencia económica, 42 violencia física, 34 violencia psicológica, 22 violencia escolar, 18 violencia cultural, 18 violencia de género, 15 violencia por orientación sexual, 14 violencia a personas discapacitadas.
- Zonas con mayor peligrosidad: 54 lotes baldíos, 51 calles sin pavimentar, 42 callejones, 41 viviendas abandonadas, 38 atajos, 28 avenida principal, 24 paradas de autobús.
- Personas interesadas en asistir al nodo Amapolas por parte de la UV: 65 sí, 23 no

Resultados

Mediante el apoyo de la matriz metodológica se consiguió concebir y estructurar el procedimiento de indagación, garantizando la congruencia entre los elementos fundamentales del proyecto, tales como la hipótesis, el objetivo y las acciones, facilitando así la visualización y comunicación más precisa y sistemática de la propuesta de investigación (Giesecke Sara Lafosse, 2020).

La metodología para la definición y delimitación del polígono de atención prioritaria (PAP1) permitió identificar las problemáticas socioeconómicas tales como difícil acceso a servicios básicos y de salud; bajo nivel educativo y de ingreso; desempleo; y altos niveles de diferentes tipos de violencia, tales como doméstica, económica, física, psicológica, escolar, cultural, de género, por orientación sexual y a personas con discapacidad. En cuanto a la problemática ambiental se identificaron cuerpos de agua contaminados, drenajes a cielo abierto, basureros en varios puntos de la vía pública, áreas verdes abandonadas y terrenos baldíos sin mantenimiento.

La comunidad evaluada presenta una estructura predominantemente de nivel socioeconómico bajo, lo cual sugiere una base social con ciertas capacidades para el desarrollo, aunque también marcada por desigualdades internas que afectan particularmente a los grupos en situación de vulnerabilidad (nivel bajo: 11.4 %). Esta disparidad se refleja en diversos indicadores sociales clave.

A pesar de que las condiciones económicas generales son medianamente estables, la participación comunitaria es limitada —solo el 13.6 % de la población participa en grupos sociales—, lo que evidencia un déficit de cohesión y capital social. Esta baja participación restringe las posibilidades de organización colectiva para la resolución de problemas comunes y favorece el aislamiento social, especialmente en contextos atravesados por la violencia y el consumo de sustancias.

La demanda de capacitación en áreas técnicas y prácticas —como primeros auxilios, negocios, computación y mecánica— pone de manifiesto una necesidad urgente de desarrollo de habilidades laborales. Esta situación refleja no solo una carencia de oportunidades de empleo, sino también una

disposición favorable hacia el autoempleo o el emprendimiento, respaldada por el interés en ferias y programas dirigidos a jóvenes emprendedores.

En el ámbito cultural y recreativo, actividades como el fútbol, el acondicionamiento físico y las expresiones artísticas —por ejemplo, la danza folclórica y el teatro— se identifican como canales efectivos de integración social, convivencia y expresión cultural. Estas preferencias resultan clave para el diseño de programas orientados a la reconstrucción del tejido comunitario.

El cuidado del medioambiente emerge como un valor en crecimiento, evidenciado por la alta valoración del manejo de residuos y el reciclaje. Esta conciencia ambiental podría estar motivada por necesidades básicas de salubridad y por el deseo de mejorar el entorno físico, especialmente en un contexto caracterizado por lotes baldíos, calles sin pavimentar y viviendas abandonadas.

Sin embargo, el entorno social enfrenta problemáticas graves. El consumo de alcohol, marihuana y tabaco está ampliamente extendido, y también se reporta el uso de sustancias más peligrosas como fentanilo y heroína, lo cual representa una crisis tanto de salud pública como emocional. Esta situación se ve agravada por la presencia significativa de violencia doméstica, económica y física, fenómenos que parecen estar normalizados o insuficientemente abordados.

En cuanto a la salud física, se observan altas tasas de enfermedades crónicas como diabetes e hipertensión, probablemente asociadas con estilos de vida sedentarios, mala alimentación o falta de acceso a servicios de salud adecuados. La combinación de problemas de salud crónica, violencia y adicciones configura un escenario de riesgo psicosocial estructural que impacta directamente en la calidad de vida de la población.

Finalmente, la percepción de inseguridad vinculada a la precariedad de la infraestructura urbana —calles sin pavimentar, lotes baldíos, callejones— revela una relación deteriorada entre el espacio público y la seguridad comunitaria. La falta de mantenimiento y una planificación urbana deficiente contribuyen a la generación de entornos propicios para la delincuencia, el abandono y el deterioro social.

Conclusiones

La comunidad estudiada vive una realidad compleja, aunque cuenta con recursos humanos y sociales potenciales como el interés por aprender, por emprender, por cuidar del ambiente y por participar en actividades culturales, la acción se ve obstaculizada por condiciones estructurales adversas como la violencia, las adicciones, el abandono y deterioro del entorno físico y la escasa organización social.

Como resultado del conocimiento que se sistematizó se considera que la clave para intervenir de manera efectiva será articular programas integrales que estimulen simultáneamente el desarrollo económico local, el fortalecimiento del tejido social, la prevención en salud y adicciones, y la mejora del entorno urbano y del urbano-natural. Todo esto con un enfoque participativo que empodere a la comunidad en la construcción de su propio bienestar y pueda quedar como un proceso animado por la propia comunidad.

El proyecto partió de la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las problemáticas sociales, económicas, ambientales, urbanas y culturales que contribuyen al rezago y debilitan el tejido social en la colonia Las Amapolas en el municipio de Veracruz?

A partir de la recolección y sistematización de información se pudo comprobar la hipótesis original que fue que en la colonia Las Amapolas, se identifican problemáticas de desempleo, bajos niveles educativos, deterioro ambiental, violencia e inseguridad social relacionados con elementos de adicciones que debilitan el tejido social y rezago socioeconómico.

Al tiempo que se considera logrado el objetivo definido al inicio consistente en contribuir al conocimiento de las principales problemáticas sociales, económicas, ambientales, urbanas y culturales para proponer alternativas de solución para disminuir el rezago que se presenta en la zona, así como la reactivación del tejido social a través de acciones en campo. Aunado a este objetivo, el propósito de utilidad esperada fue que la información generada sustente la estructura de una intervención parte del Macroproyecto Multidisciplinario de Desarrollo Social y Comunitario con la Universidad Veracruzana.

El proyecto destacó la relevancia de la colaboración entre diferentes disciplinas para abordar problemas complejos en zonas de alta vulnerabili-

dad. Se confirmó que el enfoque multidisciplinario permite un análisis más robusto que revela las correlaciones, por ejemplo, de las causas. La intervención comunitaria y el trabajo de campo demostraron ser esenciales para comprender las necesidades y problemas locales, mientras que la interacción con la población generó confianza y permitió hallar información valiosa para el diagnóstico y la planificación.

Como parte de los resultados, el análisis FODA mostró un predominio de debilidades y amenazas, lo cual indica desafíos importantes en áreas como infraestructura, seguridad y calidad de vida, principalmente. Estos desafíos requieren soluciones urgentes, que además sean integrales y sostenibles por la propia comunidad. En el futuro la intervención habrá de tomar nota de las condiciones que esta investigación expone y considerar que se sugieren intervenciones dirigidas a solucionar problemas críticos y proporcionar acceso a servicios básicos.

A pesar de los desafíos, se identificaron oportunidades para fortalecer la infraestructura, mejorar la seguridad y fomentar la cohesión social. En el esfuerzo que la Universidad Veracruzana hace y hará en la zona, se recomienda continuar de manera progresiva con la capacitación de la población, especialmente a mujeres emprendedoras y a jóvenes, esta con enfoque sistémico que conecte la oferta de contenidos con la contribución para reducir la vulnerabilidad social y económica, e incidir a favor del desarrollo comunitario. Nociones que habrá que socializar en la comunidad.

Dado el predominio de zonas inseguras, el análisis permite sugerir enfocarse en estrategias que mejoren la seguridad ciudadana y promuevan la cohesión social, por ejemplo la autoorganización comunitaria en esquemas como vecinos vigilantes. Esto también habrá de incluir intervenciones vecinales para iluminar áreas peligrosas y reducir la incidencia de delitos. Además, habrán de revisarse cuáles puntos con condiciones físicas deterioradas han sido ocupados para delinquir y cómo el paisaje precario favorece hechos sociales violentos y que empobrecen la calidad de vida de la comunidad. Dada la importancia de la infraestructura en la calidad de vida, se recomienda insistir a los órganos de gobierno municipal y estatal, en centrar esfuerzos para mejorar calles, drenajes y luminarias, que han sido identificadas como aspectos críticos.

En lo que respecta a las problemáticas ambientales se sugiere implementar programas de sensibilización y educación ambiental para abordar aspectos que también inciden en el paisaje como la gestión de residuos sólidos y la reforestación.

La continuidad del trabajo multidisciplinario y la participación activa de estudiantes y académicos son claves para el éxito futuro del proyecto. Se sugiere involucrar a más disciplinas para abordar problemas de salud, adicciones, violencia e inseguridad. También se recomienda involucrar a más miembros de la comunidad en el codiseño y ejecución de actividades, por ejemplo a través de la investigación acción participativa. Esto como una ruta de inclusión y fomento de la participación de grupos comunitarios, ciudadanos interesados y actores clave en la mejora del entorno.

Agradecimientos

Se agradece la participación de los grupos de estudiantes de los programas educativos de Arquitectura, Ingeniería Civil, Ciencias de la Comunicación, quienes apoyaron con el levantamiento de datos y aplicación de encuestas, en especial a quienes prestaron el Servicio Social con la investigación comunitaria: Ramiro Rufino Sánchez Pérez, Yenifer Aguilar Enríquez, Francisco Moisés Lucho Fiscal, Yonhy Vázquez.

Referencias

- Aco, B. y Rojas, C. J. (Eds.). (2020). *Procesos Participativos: La Participación Ciudadana en los Procesos de Hacer Ciudad*. Universitat de Barcelona.
- CONAPO. (2023). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México*. CONAPO. <https://datos.gob.mx/busca/organization/conapo?page=1>
- Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial 2020-2024. Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación, 9 de abril de 2021. https://www.dof.gob.mx/2021/SEDATU/SEDATU_090421.pdf
- Garza, G. y Schteingart, M. (2010). *Los Grandes Problemas de México: Desarrollo Urbano y Regional*. Colegio de México.
- Giesecke Sara Lafosse, M. P. (2020). Elaboración y pertinencia de la matriz de consistencia cualitativa para las investigaciones en ciencias sociales. *Desde el sur*, 12(2),

- 397-417. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2415-09592020000200397&script=sci_arttext
- INEGI. (s/f). *Mapa Digital* (Versión 6) [Software]. INEGI. <https://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjEzMDEwLGxvbjotOTYyMjA2MzQsejoxMSxsOnQxMT-FzZXJ2aWNpb3M=>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2023). *Sistema de Cuentas Nacionales*. <https://www.inegi.org.mx/app/saic/>
- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de 2016. La presente Ley tiene por objeto fijar las normas básicas e instrumentos de gestión de observancia general, para ordenar el uso del territorio. 28 de noviembre de 2016. DOF 01-04-2024.
- Marmolejo, D. (2021). *El tejido de palma: una reflexión sobre su técnica, vitalidad y nuevos usos. Un estudio con tres familias de artesanos en un poblado mixteco* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000811836/3/0811836.pdf>
- NOM-001-SEDATU 2021. *Espacios públicos en los asentamientos humanos*. Diario Oficial de la Federación.
- ONU-Hábitat. (2016). *La Ciudad que Necesitamos: Hacia un Nuevo Paradigma Urbano*. ONU.
- ONU-Hábitat. (2017). *Nueva Agenda Urbana*. ONU.
- Paisaje transversal. (2019). *Escuchar y Transformar la Ciudad. Urbanismo Colaborativo y Participación Ciudadana*. Libros de la Catarata.
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Veracruz, Veracruz. Acuerdo publicado la Gaceta Oficial del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, 15 de diciembre de 2021.
- Secretaría de Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU]. (2017). *Manual de Calles: Diseño Vial para Ciudades Mexicanas*. Gobierno de México
- SEDATU. 2019. *La Transformación de México Desde sus Ciudades. Programa de Mejoramiento Urbano 2018*. Gobierno de México.
- SEDATU. 2019. *Sustentabilidad Urbana: Modulo 1*. Gobierno de México.
- SEDATU. 2020. *La Transformación de México Desde sus Ciudades. Programa de Mejoramiento Urbano 2019*. Gobierno de México.
- SEDATU. 2021. *La Transformación de México Desde sus Ciudades. Programa de Mejoramiento Urbano 2020*. Gobierno de México.
- Sennett, R. (2019). *Construir y Habitar: Ética para la Ciudad*. Anagrama.
- Soloaga, I., Plassot, T. y Reyes, M. (2023). The rural and the urban in Mexico: a new categorization based on national statistics. En Y. Gaudin y R. Padilla Pérez (Eds.), *New narratives for rural transformation in Latin America and the Caribbean: towards a renewed measurement and classification of rural areas* (pp. 113-152). CEPAL-IFAD. cepal.org
- Torabi, S., Lombardi, P. y Tardivo, G. (2024). Inclusive urban planning for upgrading an informal settlement. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 1-25. <https://doi.org/10.1080/17549175.2024.2328356>

Emprendimiento social

21. B-Pallets, propuesta de negocio social sostenible



MIRIAM REMESS PÉREZ*

ORLANDO RAFAEL AGUILAR FLORES**

LUIS ALBERTO GARCÍA PEÑA***

LENIN MELGAREJO REMESS****

MAUREEN FREYA VARAS SANTAMARÍA*****

MARÍA ESTHER FRAGOSO TERÁN*****

REYNA PARROQUÍN PÉREZ*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.21>

Resumen

El proyecto B-Pallets representa una innovadora propuesta de empresa social, ya que aborda la necesidad creciente de vivienda y equipamiento asequible y sostenible para comunidades desfavorecidas. Esta iniciativa se centra en la reutilización creativa de materiales de desecho de la industria del transporte marítimo, como pallets de madera y poliestireno, para el proyecto y construcción además de la fabricación de mobiliario.

En esencia B-Pallets es una propuesta con un profundo compromiso social debido a que busca trabajar en colaboración con las comunidades

-
- * Doctora en Arquitectura. Coordinadora del UVCA 440 Habitabilidad y Tecnología Sustentable, Profesora en la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4004-1870> ; correo electrónico: mremess@uv.mx
- ** Arquitecto por la Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, Veracruz, México
- *** Doctor en Ciencias Jurídicas, Administrativas y Educación. Profesor de la Facultad de Administración región Veracruz de la Universidad Veracruzana, México
- **** Ingeniero Industrial. Colaborador en la Subdirección de Construcción de la Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz, México.
- ***** Ingeniera Industrial. Actualmente estudia Global Supply Managment en Wayne County Community College en Detroit, Michigan
- ***** Doctora en Gobierno y Administración. Directora de la Facultad de Contaduría de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4900-184X>
- ***** Doctora en Arquitectura. Profesora-investigadora de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000000267164734>

locales e involucrar a los habitantes en todas las distintas etapas del proceso de diseño y construcción. Esta participación activa no solo fomenta un sentido de pertenencia y empoderamiento, sino que también asegura que las soluciones arquitectónicas sean verdaderamente inclusivas y representativas de las necesidades, deseos y aspiraciones de los habitantes.

Además de su impacto social, B-Pallets también tiene positivas aportaciones medioambientales gracias a que adopta un modelo integral de economía circular. Al reutilizar materiales de desecho el proyecto ayuda a reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos, con lo que promueve un modelo de construcción más sostenible y responsable. Esta práctica no solo minimiza el impacto ambiental negativo, sino que también fomenta una mayor conciencia sobre la importancia de la reutilización y el reciclaje en la sociedad actual.

Palabras clave: *negocio social, economía circular, reutilización.*

Introducción

El negocio social que aquí se presenta es resultado de la transformación de pensamiento de un grupo de universitarios, quienes desarrollaron una idea para contribuir en la investigación de espacios habitables sostenibles, y después la presentaron en un concurso internacional de innovación y emprendimiento.

Es necesario que todos los agentes políticos, económicos y sociales trabajen juntos para lograr un sistema universitario más fuerte, que sea capaz de favorecer un ecosistema de emprendimiento que dé una mejor respuesta a los importantes retos de la sociedad, entre ellos la recuperación económica, sin olvidar el importante papel en la promoción social (Guerrero et al., 2016).

El concurso Social Business Creation (SBC) es organizado por la escuela de negocios HEC (Hautes Études Commerciales) de Montreal con el apoyo del premio nobel de la paz 2006, el economista Muhammad Yunus, quien fundó el banco Grameen en 1983, destinado a la concesión de microcréditos a los pobres, fundamentalmente a las mujeres. Este banco presta más de 700 millones de dólares cada año repartidos en pequeños préstamos, y la

gente utiliza este dinero para todo tipo de actividades lucrativas. Yunus desarrolló un nuevo modelo al que le llamó “empresa social”. El modelo busca “aprovechar el espíritu emprendedor y la inteligencia empresarial para crear empresas sostenibles que puedan resolver los problemas más grandes del mundo” (Yunus, 2008, p. 40). Este enfoque se materializa a través de los negocios sociales que, según el autor, tienen el potencial de redimir la promesa fallida de la empresa de libre mercado.

SBC es una competencia de creación, una plataforma de capacitación global que adopta un formato de competencia. SBC enseña a los estudiantes a crear negocios sociales con doble objetivo de impacto social positivo. El objetivo principal del concurso, el cual es auspiciado por la academia y la iniciativa privada, es crear empresas comerciales viables y autosuficientes, que generen crecimiento económico y rentabilidad a medida que producen bienes y servicios para satisfacer las necesidades humanas. La competencia está estructurada como una serie de cursos que brindan experiencias y aprendizaje, y utiliza un enfoque de gamificación para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

La misión de SBC tiene cuatro vertientes:

- Como plantea Yunus (2008), es necesario cambiar la mentalidad de los estudiantes hacia la norma de la rentabilidad y las relaciones sociales positivas, así como los impactos deben ir de la mano y, por lo tanto, los negocios sociales son la forma de hacer negocios.
- Propagar el concepto de negocio social y hacer que los estudiantes se conviertan en embajadores de su promoción.
- Permitir y enseñar a los estudiantes a convertirse en mejores empresarios con un sentido de mayor propósito y utilizar sus conocimientos en aras de realizar contribuciones sociales a través de su negocio.
- Permitir que los estudiantes tengan éxito en su desarrollo empresarial.

El concurso de SBC está abierto a estudiantes de todos los niveles y de todas las disciplinas. Los proyectos que compiten en el concurso SBC se denominan *living labs* (laboratorio viviente). Por definición, un laboratorio viviente es un ecosistema de innovación abierta y centrado en el usuario

para la cocreación durante todo el proceso de exploración, experimentación y evaluación de ideas innovadoras.

La metodología de SBC parte de dar a conocer la pedagogía y logística del concurso para posteriormente definir qué es un negocio social, en qué consiste el desarrollo sostenible, qué es un modelo de negocio para finalizar con la validación empresarial mediante *crowdfunding* (recaudación de fondos) y *crowdsourcing* (voluntarios que aportan información). Lo anterior mediante entrenamiento y tutoría en donde se evalúan tanto los proyectos de empresa social de los estudiantes como su cambio de mentalidad.

Módulo de idea de solución social

Para iniciar la capacitación de este módulo, los equipos deben establecer su mantra social, es decir, tener la capacidad de describir su negocio en máximo 15 palabras, de tal manera que cualquiera pueda comprender rápidamente su solución social y los impactos sociales previstos.

De manera seguida se les solicita su declaración de visión por lo que se les sugiere:

- Reflexionar sobre los impactos sociales previstos, estudiar los objetivos de la ONU para entender el movimiento y relacionar con el objetivo de la empresa. Se les recuerda que “menos es más,” por lo cual se sugiere tener un buen enfoque y asegurarse de poder obtener los resultados previstos.

Módulo de ejecución y ampliación

El método para aproximar a los estudiantes y asesores en la reflexión, en una primera etapa, consiste en definir con precisión cuál es el problema que atiende la propuesta, qué tanto le importa a la sociedad, así cómo evalúa que el equipo tenga clara la raíz del problema.

Por otro lado, se hace una revisión en donde se analizan los impactos y los mecanismos para generar ganancia, además de la consistencia entre el modelo de negocio y la misión social, es decir, el propósito.

El siguiente punto a analizar es el mercado, qué oferta existe con la misma orientación de lo que se propone, cuál es el crecimiento potencial del mercado, la comprensión del equipo sobre la “necesidad vs deseo” del mercado, y los canales para llegar a ese mercado.

Posteriormente se pasa al análisis del panorama de la competencia y la comprensión de la misma, la disponibilidad de soluciones alternativas al problema y se reflexiona si es posible resolver el problema social de otra manera. Es aquí en donde se analiza el segmento del mercado de los productos o servicios ofrecidos, así como conocer qué tan competitivos son y las barreras que se pueden encontrar otros al ofrecer servicios similares.

Enseguida se procede a analizar las ventanas de oportunidades, es decir, la urgencia de resolver el problema, y también el periodo de tiempo durante el cual el equipo puede monetizar su solución social.

En una segunda etapa se evalúan los recursos humanos, qué tanto se ajusta el perfil de los participantes con el objetivo de la idea, las estrategias para adaptar los perfiles a la idea de negocio, la capacidad para identificar la necesidad de cambiar y luego reemplazar a un miembro del equipo mientras se mantiene la motivación y el impulso del resto, estos mecanismos permiten una rápida identificación y análisis de los problemas, así como un rápido aprendizaje consensado. De la misma manera se evalúa la capacidad para reclutar personas con los recursos y capacidades adecuados para implementar la solución.

En esta segunda etapa también se revisan los recursos sociales y de redes, los socios clave y su compromiso con el proyecto, la habilidad para reclutar socios que contribuyan a implementar la idea, el apoyo recibido de las partes interesadas y el compromiso que muestran (por ejemplo, respaldo, referencia, tutoría, etc., que sean significativos para el desarrollo del negocio social).

Se procede a analizar los recursos financieros y físicos, las contribuciones de las partes interesadas recibidas en efectivo y en especie, su compromiso, la calidad de la infraestructura real configurada para el lanzamiento de actividades con fines de lucro y con orientación social. En cuanto a la preparación de productos y servicios, se analiza la calidad mínima viable y la aceptación del producto en el mercado. Se inicia con la preparación para la solución social, la calidad mínima viable de la solución, así como pruebas de aceptación social.

Se continúa con la evaluación de riesgos, con las estrategias para evitar consecuencias sociales no deseadas y desvío de la misión, y la capacidad de enfrentar riesgos empresariales.

Para cerrar esta segunda etapa se observa la capacidad de aprender y adaptarse, las lecciones clave aprendidas de la validación del modelo de negocio durante su campaña de *crowdfunding/crowdsourcing*, la resiliencia frente a influencias negativas y capacidad para afrontar fracasos, y la capacidad para experimentar y tomar impulso.

Para concluir se pasa a una etapa tercera que se enfoca en desarrollar habilidades para contar historias durante la presentación, el profesionalismo y las actitudes positivas, la elocuencia, la capacidad de dar respuestas, lo fluido de la presentación de la idea (bien organizado fácil de seguir, transiciones claras) y el uso de recursos audiovisuales atractivos.

A la par de lo presentado cada miembro del equipo realiza una evaluación personal que implica, en una primera parte, las tareas asignadas en el proyecto y las razones, las dificultades encontradas, la manera de resolverlas y de sortear dificultades internas y externas.

En una segunda etapa se les pide describir los principales aprendizajes del curso en línea, de las conferencias y del trabajo de campo, así como su aplicación. Se les requiere hacer un análisis crítico de la utilidad del conocimiento aprendido en la universidad frente a la realidad y recomendar cómo estas pueden mejorar su capacitación para preparar mejor para la práctica.

En una tercera etapa se les solicita explicar cómo mejora su capacidad para pensar más allá de la situación inmediata y planificar para el futuro (por ejemplo, centrarse en el largo plazo), y cómo mejora su capacidad para generar ideas múltiples y novedosas para encontrar numerosos enfoques en el logro de objetivos. De la misma manera se les pide explicar cómo mejora su capacidad para convertir ideas en planes viables; la capacidad de implementar bien las ideas. Se les pide que expliquen cómo mejora su capacidad para aprovechar habilidades y talentos para lograr objetivos importantes, cómo promueven el optimismo y mantienen una actitud positiva cuando las cosas no van bien. Se les solicita a los estudiantes que expliquen cómo mejora su capacidad para recuperarse rápidamente de la decepción y permanecer persistente ante los reveses. Se les cuestiona cómo mejora su sensibilidad y preocupación por el bienestar de aquellos con quienes trabajan (por ejemplo, si es sensible a los sentimientos

de los demás). De la misma manera se le piden expliquen cómo mejora su capacidad para motivar a otros hacia un sentido de propósito compartido, cómo mejorar su empatía para comprender mejor a sus partes interesadas y responder a sus necesidades mientras sigue avanzando para lograr sus objetivos.

La cuarta parte tiene que ver con las actitudes, con el trabajo independiente, con el trabajo con infraestructura limitada, la habilidad para tomar riesgos, mostrar iniciativa, tomar decisiones rápido y obtener resultados. Se cuestiona al estudiante sobre cómo hace que su trabajo en este proyecto sea emocionante y agradable en lugar de tedioso y agotador (es decir, aumenta su pasión por el proyecto), y cómo se esfuerza para ser el mejor en lo que hace. Todo hasta llegar a preguntar cómo mejorar su orientación hacia impactos sociales holísticos.

Objetivos de Desarrollo Sostenible

En un mundo donde los desafíos ambientales y sociales cobran cada vez más protagonismo, la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en los proyectos empresariales no solo refleja un compromiso con la sostenibilidad, sino que también propician innovaciones y soluciones que benefician tanto a la sociedad como al planeta. La decisión de incluir ODS en el proyecto refuerza la misión de B-Pallets de minimizar el impacto ambiental negativo y maximizar el valor social, y también destaca la relevancia de implementar prácticas empresariales que fomenten una economía circular y colaborativa. B-Pallets, como proyecto educativo innovador, atiende los ODS 12, 13 y 17:

Objetivo 12: producción y consumo responsable

El proyecto B-Pallets se alinea con el objetivo 12 de la agenda 2030 al promover la producción y el consumo responsable a través de la implementación de un modelo de economía circular. Este modelo se centra en la reutilización y reciclaje de materiales; al adoptar esta práctica el proyecto reduce significativamente la cantidad de desechos enviados a los vertederos y minimiza la necesidad de recursos naturales. Además, al prolongar la vida útil de los

materiales existentes se fomenta una gestión más eficiente de los recursos y se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la fabricación de nuevos productos. Esta estrategia no solo tiene un impacto positivo en el medioambiente al reducir la deforestación y la huella de carbono, sino que también genera beneficios económicos al disminuir los costos de producción y mejorar la rentabilidad a largo plazo.

Objetivo 13: acción por el clima

A su vez el proyecto contribuye de manera significativa al objetivo 13 de la Agenda 2030 al abordar los desafíos del cambio climático a través de la adopción de prácticas sostenibles en la cadena de suministro. Al utilizar *pallets* reciclados que son donados, en lugar de *pallets* convencionales fabricados con madera virgen, se reduce la demanda de recursos naturales y se minimiza la presión sobre los ecosistemas forestales. Esto ayuda a conservar la biodiversidad de los ecosistemas dañados y a mitigar el cambio climático, ya que disminuyen las emisiones de carbono asociadas con la deforestación y la producción de nuevos materiales. Además, el proyecto fomenta la conciencia ambiental y promueve la adopción de comportamientos más sostenibles tanto entre los consumidores como entre otras empresas, lo que contribuye a una transición hacia una economía más baja en carbono y resiliente al clima.

Objetivo 17: alianzas para lograr los objetivos

Del mismo modo, este proyecto reconoce la importancia de establecer alianzas estratégicas y colaborativas para lograr un impacto sostenible a largo plazo. En línea con el objetivo 17 de la agenda 2030, el proyecto se basa en la creación y el fortalecimiento de asociaciones con diversos actores, incluidos proveedores de materiales reciclados, socios de distribución, clientes comprometidos y el sector gubernamental. Estas alianzas son fundamentales para ampliar el alcance del proyecto, mejorar la eficiencia operativa y maximizar el impacto social y ambiental. Al colaborar con diversas partes interesadas, el proyecto también fomenta la innovación y el intercambio de conocimientos, lo que permite identificar nuevas oportunidades y abordar desafíos de manera más efectiva. Además, al establecer relaciones sólidas y

basadas en la confianza, el proyecto crea un entorno propicio para el crecimiento y la sostenibilidad a largo plazo, asegurando así el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de manera colaborativa.

Alianzas estratégicas

A lo largo de la historia la colaboración ha sido esencial para abordar complejos desafíos sociales, por ello B-Pallets se concentra en la formación de alianzas estratégicas. El proyecto ha logrado establecer conexiones valiosas con una amplia gama de actores, incluyendo instituciones educativas, entidades gubernamentales locales y estatales, así como entidades federales y empresas privadas, todos unidos por un compromiso compartido con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la mejora del bienestar comunitario. Entre sus colaboradores se encuentran reconocidas universidades como la Universidad Veracruzana y la Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas, que proporcionan recursos académicos y promocionan el proyecto; entidades gubernamentales que facilitan los permisos y gestionan los recursos necesarios; y empresas privadas como APIVER y Hutchison Ports, que apoyan la iniciativa por los beneficios en reducción de costos y mejoramiento de su imagen corporativa. En la tabla siguiente se muestran los principales aliados identificados para contribuir al proyecto.

Tabla 1. *Patrocinadores, contribuciones y beneficios asociados a B-Pallets*

<i>Tipo de patrocinadores</i>	<i>Nombre de la empresa</i>	<i>La contribución</i>	<i>¿Por qué es importante para ellos?</i>
Colaboradores sociales: cualquier persona que nos ayude a dar a conocer o compartir nuestro proyecto, así como nuestro círculo más cercano (incluidas universidades, familiares y amigos).	Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat (FICH); Vicerrectoría de la Universidad Veracruzana (UV); Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), el Gobierno del Estado de Veracruz (Secretaría de Desarrollo Social); Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca, y al menos 14 ayuntamientos del estado de Veracruz como el Ayuntamiento de Cotaxtla.	la Universidad Veracruzana y sus facultades apoyan con las instalaciones (laboratorios, aulas, entrenadores), difusión y promoción hacia nuestro proyecto, así como con el respaldo de la institución. Sin duda el gobierno es uno de los aliados más importantes en los diversos niveles, ya que son quienes realizan las gestiones para conseguir el material ante la aduana y son los principales gestores que garantizarán que los beneficiarios sean las personas que más lo necesitan. Ayuntamiento de Cotaxtla, nos brinda espacio, confianza y apoyo en la construcción de las primeras viviendas utilizando sistemas B-Pallets.	Por un lado, la Universidad Veracruzana cumple con su función social, además que acerca a sus estudiantes a la realidad que se vive en el entorno de las personas vulnerables. Los actores sociales públicos, como el gobierno del estado y los ayuntamientos pueden aumentar su impacto social al atender un problema de relevancia mundial además de que también aumentan su capital político.

<i>Tipo de patrocinadores</i>	<i>Nombre de la empresa</i>	<i>La contribución</i>	<i>¿Por qué es importante para ellos?</i>
Mentores y especialistas: son quienes ofrecen experiencia sin importar si existe remuneración o no. Ayudan a desarrollar el proyecto con certificados, investigaciones y licencias.	Universidad Veracruzana (UV); Colegio de Postgraduados del Puerto de Veracruz (PPV); Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH).	Controlan la prueba de resistencia mecánica de las probetas, lo que proporciona los resultados de la eficacia del sistema de construcción que se está utilizando.	Al darnos la oportunidad de hacer la prueba de especímenes en sus laboratorios ganan reconocimiento a los ojos del país por su experiencia y serán más buscados por otros proyectos para hacer sus pruebas allí. El PPV puede ganar más experiencia y ser parte de un proyecto importante, como B-Pallets, así como otros proyectos sociales que pueden darles más renombre.
Patrocinadores: empresas relacionadas con el sector o personas que pueden ofrecer su apoyo, suministros, permisos, licencias, a cambio de reconocimiento.	Public companies of the Federal Government such as: Administration of Veracruz National System (APIVER) and Hutchison Ports (ICAVE). These are in charge of managing the port area of Veracruz City. Other Federal and State Agencies: The Secretariat of Agriculture and Rural Development (SADER); the Federal Attorney for Environmental Protection (PROFEPA); the Secretariat of Agricultural, Rural and Fisheries Development (SEDARPA); Secretariat of Social Development (SEDESOL); the Revolutionary Confederation of Workers and Peasants (CROC); MY World Mexico, Cattle Union Veracruz Region	Empresas públicas del Gobierno Federal como: Administración del Sistema Nacional Veracruzano (APIVER) y Puertos Hutchison (ICAVE). Estas se encargan de administrar el recinto portuario de la ciudad de Veracruz. Otras Dependencias Federales y Estatales: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER); Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA); Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL); Confederación Revolucionaria de Obreros y Campesinos (CROC); MI Mundo México, Unión Ganadera Región Veracruz.	APIVER e ICARE piensan que es importante involucrarse en proyectos socioambientales debido al aumento de sus alianzas y a la reducción del coste de los materiales antes mencionados. SADER está interesada en mejorar las condiciones de vida de las zonas rurales. La PROFEPA tiene que estar al pendiente de cada proyecto relacionado con el medioambiente o que lo vaya a afectar para que regulen los permisos, y al tener un control les permitirá seguir haciendo un buen trabajo en su protección. SEDARPA, SEDESOL y CROC tienen el mismo interés que nosotros, por lo que con nuestro proyecto les ayudamos a estar más cerca de los sectores vulnerables como lo marcan sus misiones, de esta manera también cumplirán con sus objetivos. Las empresas privadas como APIVER e ICARE ahorran sus costos al desechar materiales y descuidar su después; así mismo, reducen sus emisiones tóxicas a la atmósfera y mejoran su imagen ante la sociedad.

Fuente: elaboración propia.

Metodología para el modelo de negocios

En los últimos tiempos se ha observado que uno de los requerimientos que demanda la sociedad, sin lugar a duda, es que la generación de riqueza que pueda producirse a través de emprendimiento contribuya a la creación

de valor social y no solo valor económico. Y esa realidad se manifiesta en el ámbito educativo (Sánchez et al., 2019).

A continuación, se presenta lo que se ha identificado como el modelo de negocios de B-Pallets y las distintas etapas de las que se conforma.

- **Adquisición y manejo de materiales:** B-Pallets inicia su cadena de valor a través de alianzas estratégicas que cooperan con la donación de materiales reciclados, principalmente *pallets* de madera y poliestireno. Estos materiales se obtienen, almacenan y catalogan meticulosamente en función del tipo de *pallet* donado —ya sea de plástico o, principalmente, de madera— organizándose según las dimensiones y el estado del material. Este cuidadoso proceso de selección asegura la máxima eficiencia y sostenibilidad en el uso de recursos.
- **Diseño y desarrollo de productos:** una vez catalogados en inventario, los *pallets* en buen estado se destinan al desarrollo de espacios habitables, mientras que aquellos con imperfecciones pueden ser desarmados para su reutilización en la construcción de mobiliario, conforme al catálogo de mobiliario que posee B-Pallets. Existe un módulo de vivienda prediseñado que permite la adición de espacios según las necesidades específicas de cada familia, para optimizar así la personalización y funcionalidad de cada hogar.
- **Modelo de participación comunitaria:** B-Pallets adopta un enfoque colaborativo al trabajar de la mano con las comunidades que son los beneficiarios finales. Este modelo asegura que los proyectos no solo satisfagan las necesidades habitacionales, sino que también fomenten el empoderamiento y la cohesión comunitaria.
- **Economía circular y sostenibilidad:** el modelo de economía circular de B-Pallets se distingue del modelo lineal tradicional utilizado en la construcción, que generalmente resulta en mayor contaminación y menor reutilización de materiales. Este enfoque no solo minimiza el impacto ambiental, sino que también promueve prácticas más sostenibles y responsables.
- **Modelo de financiamiento y generación de ingresos:** la construcción de viviendas se realiza con la colaboración del ayuntamiento, que actúa como el cliente principal, ya que proporciona el capital necesario.

Este modelo permite ofrecer el financiamiento de viviendas a un costo accesible para el beneficiario final.

- Crecimiento y escalabilidad: a medida que B-Pallets se desarrolla, existe el potencial de expandir su alcance a otras zonas portuarias que puedan donar material, maximizando la capacidad de asistencia a comunidades en diferentes regiones del país. Este enfoque escalable y flexible asegura que B-Pallets pueda adaptarse a diversas necesidades y contextos.
- Impacto ambiental: la industria de la construcción basada en concreto armado es una de las más contaminantes a nivel mundial, contribuyendo significativamente a las emisiones de carbono y al agotamiento de recursos naturales. Frente a este escenario, B-Pallets ofrece una alternativa no contaminante, al aprovechar materiales reciclados para la creación de viviendas y mobiliario. Con esta innovadora aproximación no solo se reduce la huella de carbono asociada a la construcción tradicional, sino que también promueve un cambio hacia prácticas más sostenibles y responsables con el medio ambiente.

Fundamentación teórica: el modelo de negocios de una empresa

Bien se sabe que tanto en México como en el mundo se buscan soluciones a los problemas de sostenibilidad en todos sus ámbitos, lo que ha llevado al surgimiento de una nueva generación de emprendimiento que busca resolver dichos problemas, aplicando su imaginación para hacer prototipos y crear soluciones que entreguen al usuario final un valor ambiental, social y económico.

Es cada vez más evidente que la búsqueda de sostenibilidad y desarrollo exigen integrar factores económicos, sociales, culturales, políticos y ambientales, por lo que para los emprendedores es importante tener una empresa con enfoque de responsabilidad social, cuyo producto integre todas las características que los clientes del futuro buscan para sentirse satisfechos.

El modelo de negocio empleado por una empresa determina las tácticas para competir o cooperar con otras industrias, lo que permite delimitar sus estrategias para beneficiar a todos los actores participantes (Avendaño, 2023).

Modelo de sostenibilidad empresarial

A partir de ello, se analizó un caso en los que los indicadores que evalúan a un negocio van enfocados directamente hacia la empresa, sus actividades y los mecanismos que favorecen su permanencia con el paso del tiempo, puesto que cerca del 65 % de las empresas desaparecen en los dos primeros años desde su creación. Hacemos referencia a la propuesta metodológica de Portales et al. (2009), en donde sugieren un modelo penta-dimensional que considere los siguientes puntos: (1) dimensión de gestión global, (2) dimensión de competitividad, (3) dimensión de relaciones, (4) dimensión de impactos, y (5) dimensión de transparencia y comunicación.

Dentro de este modelo se presenta un esquema de análisis que parte de identificar las características que una empresa tiene que incorporar en su modelo de negocio para lograr un nivel óptimo de sostenibilidad: una gestión basada en la ética global, la consideración de las relaciones internas y externas, que busca que estas sean benéficas para todos y que generen el menor impacto negativo en la comunidad global (Vallaey, 2008). Al mismo tiempo, el esquema de análisis servirá de brújula en la definición de aquellas dimensiones que servirán para evaluar la sostenibilidad de las empresas mexicanas.

Con el transcurso del tiempo, las nuevas tecnologías y la explosión de las redes sociales han modificado las leyes del mercado de los negocios debido a que los productos y marcas ya no son propiedad de las empresas, sino de los consumidores; en este sentido la presencia digital y la compra virtual han puesto a las empresas en riesgo (Elson, 2021).

Empresas de construcción sostenible

Al partir del esquema propuesto por Portales et al. (2009), la nueva tendencia de las empresas de construcción sostenibles es transformar la forma de pensar del cliente para que opte por soluciones de menor impacto, para crear una propuesta de valor atractiva a través de los siguientes métodos:

- En primer lugar, pueden crear valor mediante la reducción del nivel de consumo de materiales y la contaminación asociada a la rápida industrialización.
- En segundo lugar, las empresas pueden crear valor mediante la operación en mayores niveles de transparencia y capacidad de respuesta, impulsado por la sociedad civil.
- En tercer lugar, también pueden crear valor mediante el desarrollo de nuevas tecnologías avanzadas que sostienen, en gran medida, el potencial de reducir el tamaño de la huella humana en el planeta.
- Por último, pueden crear valor mediante la satisfacción de las necesidades de las personas en la parte inferior de la pirámide de los ingresos mundiales de una manera inclusiva, que facilite la creación de riqueza y su distribución.

Análisis FODA de B-Pallets

El primer paso hacia un negocio exitoso consiste en construir una base sólida que esté integrada por los mejores elementos de que dispone la empresa (Otero y Gache, 2006). Se debe recurrir a una herramienta de planeación y toma de decisiones que ayudará a comprender los factores internos y externos, que influyen en el funcionamiento de una empresa. Desde sus orígenes la matriz FODA ha sido utilizada para realizar un análisis de forma rápida y efectiva, que permita diseñar estrategias de cambio y promoviendo aprendizajes nuevos en organizaciones de distinta índole (Vitale y Travník, 2021). Este análisis consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas.

Para la creación de la empresa se evaluó cada uno de los puntos fuertes y débiles que influyen en el rumbo de B-Pallets, con la finalidad de identificarlos y mejorar la estructura interna de la empresa. A continuación, se presenta el análisis FODA realizado.

Tabla 2. Análisis FODA: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de B-Pallets

Fortalezas	Oportunidades
Innovación y sostenibilidad: B-Pallets introduce un modelo de negocio innovador que aprovecha materiales reciclados para la construcción de viviendas y mobiliario, destacándose en el mercado por su compromiso con la sostenibilidad.	Creciente conciencia ambiental: la creciente demanda por soluciones habitacionales sostenibles representa una oportunidad de mercado significativa para B-Pallets.
Economía circular: el enfoque en la reutilización y reciclaje de materiales promueve una economía circular, lo que minimiza el desperdicio y el impacto ambiental negativo.	Expansión geográfica: la posibilidad de replicar el modelo en otras regiones ofrece un camino claro para el crecimiento y la escalabilidad del proyecto.
Participación comunitaria: la colaboración con las comunidades no solo asegura que los proyectos satisfagan las necesidades locales, sino que también fomenta la inclusión y el empoderamiento comunitario.	Innovación en productos: el desarrollo continuo de nuevos diseños y usos para los <i>pallets</i> reciclados puede abrir nuevos segmentos de mercado.
Alianzas estratégicas: las relaciones establecidas con ayuntamientos y otras organizaciones amplían las posibilidades de financiamiento y apoyo, lo que fortalece el modelo de negocio.	Incentivos y subvenciones gubernamentales: los programas de apoyo a la sostenibilidad y la vivienda social pueden proporcionar recursos financieros adicionales y facilitar proyectos de mayor escala.
Debilidades	Amenazas
Dependencia de donaciones: la dependencia de materiales donados puede limitar la capacidad de expansión rápida o afectar la predictibilidad del suministro.	Cambios en la legislación ambiental: las regulaciones gubernamentales cambiantes pueden afectar la disponibilidad de materiales reciclados o los requisitos para la construcción sostenible.
Limitaciones de los materiales: los desafíos técnicos relacionados con la uniformidad de los materiales reciclados pueden impactar en el diseño y dimensionamiento de proyectos.	Competencia: la aparición de competidores con modelos de negocio similares o tecnologías innovadoras puede reducir la cuota de mercado del equipo.
Necesidad de concienciación: la falta de conciencia o aceptación de la construcción alternativa puede representar un obstáculo para la adopción masiva del modelo.	Crisis económicas: las fluctuaciones económicas pueden impactar en la financiación de proyectos de vivienda y en la capacidad de las comunidades para acceder a soluciones habitacionales.
Gestión de la cadena de suministro: la logística involucrada en la recolección, almacenamiento y procesamiento de los materiales reciclados puede ser compleja o costosa.	

Fuente: elaboración propia.

Canvas social aplicado

Posterior al análisis FODA para el proceso de la competencia, se solicitó a los profesores Paloma Bel Durán y Gustavo Lejarriaga Pérez de las Vacas de la Universidad Complutense, permitieran utilizar un modelo de canvas social que ofrece una visión general del funcionamiento del emprendimiento. Este modelo abarca desde el objetivo y el impacto deseado, hasta la identificación

de problemas y soluciones, incluyendo la propuesta de valor tanto social como al cliente. Además, contempla las alternativas existentes, la ventaja diferencial, los segmentos de clientes y beneficiarios, así como los recursos, socios y actores clave. Completa su estructura con canales de comunicación y distribución, una clara delineación de costos y gastos, métodos de generación de ingresos y la gestión de surplus.

Tabla 3. Canva con modelo de negocio aplicable

Objetivo: Diseñar espacios habitables sustentables al alcance del sector vulnerable de la población.		Impacto: se mejorará la calidad de los espacios habitables de zonas en condiciones de pobreza (cuantificación de beneficiarios con censos) y aprovechamiento de materias primas consideradas desecho (cuantificación de acuerdo con los proyectos construidos).		
Problema: malas condiciones de los espacios habitables de las personas en condiciones de pobreza.	Solución y actividades clave: • Diseño y construcción de espacios habitables. • Diseño y fabricación de mobiliario. • Gestionar reuniones con clientes, aliados y/o beneficiarios. • Actividades logísticas para el traslado de materias primas.	Propuesta de valor social: contribución a la mejora de la calidad de vida de las personas en condiciones de pobreza.	Ventaja diferencial: diseño de espacios habitables a un menor costo que la construcción convencional, enfocado a mejorar las condiciones de las áreas menos atendidas.	Segmentos: Clientes: cualquier intermediario que tenga contacto con nuestros beneficiarios finales:
Alternativas existentes: •Autoconstrucción de espacios habitables sin supervisión y carentes de condiciones óptimas de habitabilidad. •La construcción con materiales convencionales no atiende las condiciones socioculturales y económicas de la población en pobreza, ni el contexto natural en el que habitan	Recursos, socios y actores clave: Recursos físicos: Equipo de cómputo propio, mobiliario de oficina, bodega provisional por proyecto. Recursos intelectuales: base de datos, licencias de programas informáticos, página web y videos publicitarios. Recursos humanos: personal para las distintas áreas de trabajo, asesores. Recursos financieros: donaciones monetarias. Socios y actores clave: • Hutchison Ports ICAVE: Donación de <i>pallets</i>, polines y unicef. • Admón. Portuaria Integral del puerto (APIVER) ASIPONA: Permiso para acceder a las instalaciones y obtener el material donado por ICAVE. • PROFEPA: Supervisor de calidad de los <i>pallets</i>. • Confederación Revolucionaria de Obreros y Campesinos (CROC): traslado de la materia prima donada • Distrito de Desarrollo Rural No. 007 – Veracruz (SADER): coordinador directo con los aliados estratégicos. • My World México: asesoría en agenda 2030 y modelo de negocios. • SEMARNAT: responsable de la gestión ambiental.	Propuesta de valor al cliente: Diseño y construcción de espacios habitables dignos a partir de la reutilización materias primas. "Ofrecemos a nuestros beneficiarios la posibilidad de tener un espacio habitable digno, poder ser parte de su construcción, adquirir nuevos conocimientos y contribuir a mejorar sus condiciones de vida." "No vendemos un producto, sino el motivo por el que lo realizamos"	Canales: • Reuniones con clientes y beneficiarios para llegar a acuerdos. • Asesoría personalizada pre y pos venta de nuestros productos y servicios. • Promoción y seguimiento de proyectos a través de redes sociales y medios de comunicación. • Recomendaciones de nuestros clientes y aliados estratégicos. • <i>Marketing</i> a través de redes sociales.	• Gobierno municipal, estatal y federal. • Instituciones y/o asociaciones públicas y privadas. Beneficiarios: • Personas seleccionadas por nuestros clientes de acuerdo con su alto nivel de vulnerabilidad y pobreza.

Objetivo: Diseñar espacios habitables sustentables al alcance del sector vulnerable de la población.	Impacto: se mejorará la calidad de los espacios habitables de zonas en condiciones de pobreza (cuantificación de beneficiarios con censos) y aprovechamiento de materias primas consideradas desecho (cuantificación de acuerdo con los proyectos construidos).		
Estructura de costos y gastos: • Sueldo del personal de campo y oficina. • Costo directo de la construcción (insumos, mano de obra y herramientas). • Artículos de papelería. • Pagos de servicios de luz, agua, telefonía, internet y renta de oficina. • Combustibles y transporte. • Publicidad y <i>marketing</i>.	<table> <tr> <td> Surplus: Las ganancias se invertirán en: • Mejora del producto. • Investigación y búsqueda de clientes y beneficiarios. • Registro de patentes. • Capacitación personal. </td><td> Ingresos: Se obtendrá ganancias por: • Construcción de proyectos arquitectónicos. • Fabricación de mobiliario. • Diseño arquitectónico. • Donaciones de personas interesadas. • <i>Crowdfunding</i>. </td></tr> </table>	Surplus: Las ganancias se invertirán en: • Mejora del producto. • Investigación y búsqueda de clientes y beneficiarios. • Registro de patentes. • Capacitación personal.	Ingresos: Se obtendrá ganancias por: • Construcción de proyectos arquitectónicos. • Fabricación de mobiliario. • Diseño arquitectónico. • Donaciones de personas interesadas. • <i>Crowdfunding</i>.
Surplus: Las ganancias se invertirán en: • Mejora del producto. • Investigación y búsqueda de clientes y beneficiarios. • Registro de patentes. • Capacitación personal.	Ingresos: Se obtendrá ganancias por: • Construcción de proyectos arquitectónicos. • Fabricación de mobiliario. • Diseño arquitectónico. • Donaciones de personas interesadas. • <i>Crowdfunding</i>.		

Fuente: elaboración propia.

Estados financieros proyectados

Los estados financieros proyectados de B-Pallets ofrecen una visión integral de la planificación financiera estratégica de la empresa para los próximos años. Estas proyecciones no solo son herramientas fundamentales para la toma de decisiones internas, sino que también proporcionan información valiosa para los inversores, socios y otras partes interesadas. A través de las siguientes tablas se detalla el panorama financiero esperado, desde las ventas y activos hasta el financiamiento y los gastos, para brindar una visión completa de la salud financiera y la viabilidad del proyecto.

La tabla 4 ofrece una visión detallada de las ventas proyectadas de B-Pallets durante los próximos cinco años. Se desglosa el número estimado de unidades vendidas por cada producto y servicio ofrecido por la empresa, junto con los respectivos precios de venta y la distribución de los costos asociados. Esta información es crucial para comprender la estrategia de ingresos de B-Pallets y su capacidad para generar ingresos sostenibles a lo largo del tiempo.

La tabla 5 describe los activos esenciales necesarios para el establecimiento y crecimiento de B-Pallets en cada periodo proyectado. Desde las instalaciones físicas y los equipos de transporte hasta la tecnología y los gastos de establecimiento, se detalla cómo la adquisición estratégica de activos aumentaría para satisfacer la creciente capacidad de producción en respuesta a la demanda esperada.

Tabla 4. Proyección de ventas y estructura de costos 2024-2028

			2024	2025	2026	2027	2028
Ventas (totales)			0	3 574 000	4 717 000	7 409 000	12 457 000
Costo de ventas			0.00 %	79.02 %	79.33 %	79.42 %	79.73 %
Estimación de VENTAS							
Precio	% M.B	Productos y servicios	2024	2025	2026	2027	2028
Previsión de ventas en unidades							
360 000.00	16.70 %	Supervisión y construcción	0	4	7	14	22
13 500.00	100.00 %	Diseño arquitectónico	0	4	7	14	22
1 500.00	20.00 %	Muebles	0	20	35	70	110
25 000.00	100.00 %	Diseño arquitectónico privado	0	2	2	3	3
2 000 000.00	20.00 %	Supervisión y construcción de obra privada	0	1	1	1	2
		Número total de ventas	0	31	52	102	159
		Ventas totales	0	3 574 000	4 717 000	7 409 000	12 457 000
		Margen bruto	0	750	975	1 525 000	2 525 000
			0.00 %	20.98 %	20.67 %	20.58 %	20.27 %
		Costo de ventas	0	2 824 000	3 742 000	5 884 000	9 932 000
			0.00 %	79.02 %	79.33 %	79.42 %	79.73 %
Construcción de viviendas							
		Costo de ventas			\$ 300 000.00		83.30 %
		Ingresos e indirectos			\$ 60 000.00		16.70 %
		Precio de ventas			\$ 360 000.00		100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Planificación de inversiones iniciales en activos 2024-2028

	INICIAL	2024	2025	2026	2027	2028	Total
INVERSIONES	49 500	0	70 000	166 000	165 000	220 000	670 500
Inversiones en ACTIVOS	INICIAL	2024	2025	2026	2027	2028	Total
Mobiliario de oficina (sillas y escritorios)	\$ -			\$ 15 000	\$ 5 000	\$ 5 000	\$ 25 000
Equipo de computadora	\$ -					\$ 45 000	\$ 45 000
Camioneta de carga	\$ -		\$ 70 000	\$ 150 000	\$ 155 000	\$ 160 000	\$ 535 000

	<i>INICIAL</i>	<i>2024</i>	<i>2025</i>	<i>2026</i>	<i>2027</i>	<i>2028</i>	<i>Total</i>
INVERSIONES	49 500	0	70 000	166 000	165 000	220 000	670 500
Plotter	\$ -					\$ 10 000	\$ 10 000
Impresoras a color	\$ -				\$ 2 000		\$ 2 000
Pizarra	\$ -			\$ 1 000			\$ 1 000
Proyector	\$ -				\$ 3 000		\$ 3 000
Inversiones totales		\$ -	\$ 70 000	\$ 166 000	\$ 165 000	\$ 220 000	\$ 621 000
Gastos y provisiones INICIALES	INICIAL						
Inventario inicial	\$ -						
Gastos iniciales y provisiones (Otros)	\$ 49 500						
Gastos legales constitución de la empresa.	\$ 35 000						
Patente de sistema constructivo ante el IMPI	\$ 10 000						
Registro de marcas y códigos de barras	\$ 4 500						
Gastos totales de constitución y establecimiento	\$ 49 500						
Inversión Total Planificada	\$ 670 500						

Fuente: elaboración propia.

La tabla 6 destaca las estrategias y opciones de financiamiento consideradas por B-Pallets para adquirir los activos necesarios. Se examinan las contribuciones de los socios y las posibles solicitudes de préstamos a tasas preferenciales, subrayando la importancia de contar con fuentes financieras sólidas para respaldar el crecimiento y desarrollo de la empresa.

Tabla 6. Fuentes de financiación y cobertura de inversiones iniciales

	<i>Inicial</i>	<i>2024</i>	<i>2025</i>	<i>2026</i>	<i>2027</i>	<i>2028</i>	<i>Total</i>
Fondos necesarios	49.5	0	70	166	165	220	670.5
Financiación	49.5	0	70	0	0	0	119.5
Financiación	Inicial	2024	2025	2026	2027	2028	Total
Aportes de los socios	49.5						49.5
Préstamos			70				70
Años	5						

	<i>Inicial</i>	<i>2024</i>	<i>2025</i>	<i>2026</i>	<i>2027</i>	<i>2028</i>	<i>Total</i>
tipo de interés	15.00 %						
Financiamiento total planeado	49.5	0	70	0	0	0	119.5
% cobertura de inversión							17.82 %
					% Recursos propios		41.42 %
					% Préstamos		58.58 %

Fuente: elaboración propia de los autores.

La gestión eficiente de los gastos es fundamental para la viabilidad a largo plazo de B-Pallets. La tabla 7 detalla los gastos recurrentes mensuales, incluidos los costos administrativos, operativos y esenciales, como alquileres, combustible, publicidad y salarios del personal. Estos datos proporcionan una visión clara de la estructura de costos de la empresa y su impacto en la rentabilidad.

Tabla 7. *Estimación de distribución de gastos operativos y administrativos*

			<i>2024</i>	<i>2025</i>	<i>2026</i>	<i>2027</i>	<i>2028</i>
Gastos anuales			49 500	294 672	825 088	1 232 489	1 798 464
Gastos operativos	Mensual	Varia. %	2024	2025	2026	2027	2028
Renta de oficina	7 000	1.03	0	0	89 115	91 789	94 542
Electricidad	2 000	1.012	0	0	24 579	24 874	25 172
Agua	500	1.012	0	0	6 144	6 218	6 293
Internet, teléfono	1 500	1.012	0	0	18 434	18 655	18 879
Transporte y gasolina	7 000	1.012	0	85 008	172 056	261 181	351 539
Objetos de oficina	500	1.012	0	0	6 144	6 218	6 293
Publicidad y marketing	2 000	1.012	0	0	24 579	24 874	25 172
Limpieza y mantenimiento	1 000	1.012	0	0	12 289	12 437	12 586
Gastos de establecimiento (inicial)			49 500				
Gastos totales			49 500	85 008	353 344	446 249	540 480
Gastos de personal			2024	2025	2026	2027	2028
Número de empleados para supervisión			0	1	2	3	4
Número de empleados para diseño			0	1	2	3	4
Número de empleados para marketing			0	0	1	1	1
Salario bruto mensual (promedio)				8 000	9 000	10 000	12 000

	2024	2025	2026	2027	2028
Nómina bruta	0	192 000	432 000	720 000	1 152 000
% costo de la empresa	0	17 664	39 744	66 240	105 984
Gastos personales	0	209 664	471 744	786 240	1 257 984

Fuente: elaboración propia de los autores.

El estado de resultados, presentado en la tabla 8, ofrece una representación detallada de los ingresos y gastos proyectados de B-Pallets a lo largo de cinco años. Se enfatiza la importancia de lograr un aumento progresivo en los ingresos netos para permitir la reinversión y el crecimiento continuo de la empresa, subrayando su capacidad para generar beneficios sostenibles a largo plazo.

Tabla 8. Estado de resultados proyectado 2024-2028

	2024	2025	2026	2027	2028
Ventas totales	0	3 574 000	4 717 000	7 409 000	12 457 000
Costo de ventas	0	2 824 000	3 742 000	5 884 000	9 932 000
Margen bruto	0	750	975	1 525 000	2 525 000
Gastos personales	0	209 664	471 744	786 24	1 257 984
Gastos actuales	49.5	85 008	353 345	446 249	540 481
Ingresos operativos - EBITDA	-49.5	455 328	149 911	292 511	726 535
Amortización - depreciación	0	17.5	56.6	96.35	152.85
B.A.I.I. - EBIT	-49.5	437 828	93 311	196 161	573 685
Gastos financieros (intereses)	0	9 363	7 263	5 163	3 063
Resultado Bruto - BAI	-49.5	428 466	86 049	190 998	570 623
IMPUESTOS (25.0%)	0	107 116	21 512	47.75	142 656
Beneficio neto	-49.5	321 349	64 537	143 249	427 967
% Ventas	0.00 %	8.99 %	1.37 %	1.93 %	3.44 %

Fuente: elaboración propia.

La tabla 9 proporciona una visión de la situación financiera prevista de B-Pallets, presenta el activo, el pasivo y el patrimonio neto esperados. Se destacan aspectos como la amortización y depreciación de activos, así como las obligaciones financieras asumidas. Estos datos son cruciales para evaluar la salud financiera y la capacidad de la empresa para cumplir con sus compromisos financieros.

Tabla 9. Balance general proyectado 2024-2028

Saldos	2024	2025	2026	2027	2028
Activos no corrientes	0	52.5	161.9	230.55	297.7
Inmovilizado	0	70	236	401	621
Amortización	0	17.5	74.1	170.45	323.3
Activos circulantes	0	538824	562959	799287	1450020
Existencias	0	0	0	0	0
Realizables	0	0	0	0	0
Disponible	0	538824	562959	799287	1450020
Activos totales	0	591324	724859	1029837	1747720
Valor neto	0	289214	347297	476221	861391
Capital	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
Reservas	0	289214	347297	476.221	861391
Pérdidas	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5
Pasivos no corrientes	0	70	0	0	0
Deudas financieras	0	70	0	0	0
Total no corriente	0	359214	347297	476221	861391
Pasivo circulante	0	23211	377562	553616	886329
Proveedores	0	23211	377562	553616	886329
Flujo de caja (-)	0	0	0	0	0
Patrimonio neto total + pasivo	0	591324	724859	1029837	1747720

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Las universidades deben fomentar el espíritu emprendedor entre sus alumnos e implementar actividades dentro de los planes de estudio de sus programas educativos que enseñen a emprender, con la finalidad de que al egresar tengan la capacidad de crear empresas con un sentido social que puedan contribuir al desarrollo económico y a la generación de empleo.

La investigación llevada a cabo ha permitido alcanzar un entendimiento profundo acerca del diseño e implementación de espacios habitables sustentables para poblaciones vulnerables, un objetivo que fue claramente delineado desde el inicio de la investigación. El avance alcanzado revela que es posible mejorar significativamente la calidad de vida de las comunidades en condiciones de pobreza mediante el uso innovador de materiales reciclados y prácticas de construcción sostenible, respondiendo así al objetivo principal del proyecto.

Las contribuciones de la escuela de negocios HEC Montreal, a través de la competencia Social Business Creation, fueron cruciales para el desarrollo del proyecto, proporcionaron retroalimentaciones valiosas en cada etapa de la investigación y fomentaron un enfoque colaborativo que integró a estudiantes, docentes, otras universidades e instituciones. Este esfuerzo conjunto no solo permitió el desarrollo de propuestas habitacionales dignas y asequibles para los sectores más vulnerables, sino que también impulsó un enfoque participativo que concientizó sobre la responsabilidad social y ambiental, destacando así la propuesta de valor del proyecto y su impacto en la comunidad. Además, la iniciativa demostró su eficacia en fomentar la inclusión social y mejorar las condiciones de vida, cumpliendo con criterios de habitabilidad y sostenibilidad. En este contexto, las alianzas estratégicas con instituciones académicas, entidades gubernamentales y empresas privadas han sido fundamentales, ya que proporcionaron recursos y conocimientos, así como la legitimidad necesaria para el éxito del proyecto.

En cuanto a las proyecciones futuras, se identifica la necesidad de expandir el proyecto a otras regiones y adaptarlo a diferentes contextos socioeconómicos y culturales, lo que podría involucrar el ajuste de diseños y materiales según las especificaciones locales, y requeriría investigación adicional para optimizar los procesos y técnicas de construcción en variadas condiciones ambientales y geográficas. Además de que a medida que el proyecto avance será crucial implementar un sistema de seguimiento y evaluación para medir el impacto real del proyecto en la calidad de vida de los beneficiarios y en el medioambiente. Por una parte, esto ayudará a demostrar la efectividad del enfoque, y, al mismo tiempo, a ajustar y mejorar continuamente las prácticas para futuras implementaciones.

Del mismo modo, se tiene consciencia de que a medida que el proyecto se constituya formalmente como una empresa, será crucial enfocarse en el seguimiento riguroso de las finanzas a través de los estados financieros proyectados previamente presentados. Este seguimiento es vital para asegurar la viabilidad económica del emprendimiento, especialmente durante sus etapas iniciales, donde los desafíos son más frecuentes. Además, expandir alianzas estratégicas reforzará el soporte y los recursos disponibles, lo que hará posible la construcción de las primeras viviendas. La gestión eficaz no debe limitarse solo al aspecto constructivo, sino también extenderse a la

administración de las operaciones y de los recursos. Este enfoque financiero en conjunto con una planificación estratégica detallada y adaptable a las demandas de proyectos por parte de los clientes directos, será clave para superar los obstáculos iniciales y establecer una base sólida para el éxito continuo del equipo incrementando el número de beneficiarios.

Reconocimiento

Se reconoce la participación de los siguientes estudiantes y profesores en las distintas etapas de la investigación y en las modalidades de servicio social, tesis y concurso:

Programa Educativo de Arquitectura:

Orlando Rafael Aguilar Flores

Jesús Fuentes Arellano

Jocelyn Baxin García

Pedro David Cano Hermida

Luz del Carmen Campos Cano

Pilar Carrillo Fernández

Laura Encarnación Rivera

Valeria Enríquez Aguirre

Arturo González Vergara

Aylín Adriana Ramírez Romero

Javier Reyes Antonio

Pedro Uziel Rosas Morales

Jessica Monserrat Saucedo Cázares

Profesores:

Mtra. Blanca E. Fernández Martínez

Dr. Marco Montiel Zacarías

Dra. Reyna Parroquín Pérez

Dra. Miriam Remess Pérez

Programa Educativo de Ingeniería Civil:

Miguel A. Bolaños Buenrostro.

Aydeé Herrera Sánchez

Ulises Lagunes Solís

Anahid Ronquillo Bautista

Profesores:

Dra. Elsa Lagunes

Dr. Antonio Molina Navarro

Mtro. Jesús M. Santamaría López

Programa Educativo de Ingeniería Industrial

Lenin Melgarejo Remess

Maureen Freya Varas Santamaría

Universidad Complutense

Paloma Bel Durán

Gustavo Lejarriaga Pérez de las Vacas

Referencias

- Avendaño Martínez, F. (2023). *Capitalismo y modelos de negocio en la revolución digital y transformación del mercado de trabajo*. Editorial Dykinson.
- Bel Durán, P., Lejarriaga Pérez de las Vacas, G. y Martín López, S. (2023). Nuevas fórmulas para promover el emprendimiento social universitario: Una aproximación a la Startups de estudiantes. *REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos*, 144. <https://dx.doi.org/10.5209/reve.88654>
- Elson, C. (2021). *Nuevos modelos de negocio. Emprendimiento en la era de la tecnología*. UOC.
- Ermakova, N. (2020). *Project classification on Kickstarter*. Frankfurt School Of Finance and Management.
- Guerrero, M., Urbano, D., Ramos, A., Ruiz-Navarro, J., Neira, I. y Fernández-Laviada, A. (2016). *Observatorio de Emprendimiento Universitario en España. Edición 2015-2016*. Crue Universidades Españolas-RedEmprendia-CISE.
- Otero, D. y Gache, F. L. (2006). Evoluciones dinámicas en el diagrama FODA. *Visión de futuro*, 6(2), 27-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7400009>

- Portales, L., García de la Torre, C., Camacho Ruelas, G. y Arandia Pérez, O. (2009) Modelo de sustentabilidad empresarial penta-dimensional: Aproximación Teórica. *Administración y Organizaciones*, 12(23), 113-129. https://www.researchgate.net/publication/292144399_Modelo_de_sustentabilidad_empresarial_penta-dimensional_Aproximacion_teorica
- Sánchez Espada, J., Martín López, S., Bel Durán, P. y Lejarriaga Pérez de las Vacas, G. (2019) Educación y formación en emprendimiento social: características y creación de valor social sostenible en proyectos de emprendimiento social. *REVEESCO. Revista de Estudios Cooperativos*, 129, 16-38. <http://dx.doi.org/10.5209/REVE.62492>
- Vallaes, F. (2014). La responsabilidad social universitaria: un nuevo modelo universitario contra la mercantilización. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, V(12), 105-117. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=299129977006>
- Vitale, A. y Travnik, A. (2021). Social entrepreneurship and sustainability: a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128230. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128230>
- Yunus, M. (2008). *Crear un mundo sin pobreza: el modelo de los negocios sociales*. Paidós.

22. Cal: un recurso sostenible para la construcción actual



ELENA GUADALUPE NAVARRO MENDOZA*

ADRIÁN IXCOATL CERVANTES SERVÍN**

JUDITH ALEJANDRA VELÁZQUEZ PÉREZ***

PAOLA RECORDÓN RAMÍREZ****

ROSALÍA RUIZ RUIZ*****

HUGO LUIS CHÁVEZ GARCÍA*****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.300.22>

Resumen

La cal ha acompañado a diversas civilizaciones, ha sido esencial en la construcción y, en menor medida, en la alimentación. A pesar del predominio actual del cemento, revalorar la cal resulta fundamental por su bajo costo, su capacidad para responder a múltiples necesidades constructivas y su contribución al confort térmico y la sostenibilidad.

* Doctora en Arquitectura. Docente, constructora y especialista en materiales cerámicos base cal de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6379-814X> ; correo electrónico: elena.navarro@umich.mx

** Doctor en Ingeniería Ambiental. Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-4199>

*** Maestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Profesora-investigadora de la Facultad de Ingeniería Civil Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9342-8580> ; Scopus: 57194777883

**** Ingeniera Civil. Maestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8486-8112>

***** Maestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Profesora en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8828-3380> ; Scopus: 57195346429

***** Doctor en Ciencias. Profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6114-4900> ; Scopus: 57194776293

Este capítulo se basa en la experiencia profesional adquirida como residente de obra y especialista técnico en el uso de la cal, completada con estudios de laboratorio que confirmaron y precisaron conocimientos empíricos sobre su comportamiento en morteros, suelos y adobes estabilizados.

Aunque no puede emplearse estructuralmente debido a su lento fraguado, la cal ofrece una amplia gama de aplicaciones: aplanados, repellados y recubrimientos en muros; estabilización de arcillas para adobes y bloques de tierra; mejora de suelos; y recubrimiento de minerales con propiedades impermeabilizantes y decorativas. Su uso integra tradición y ciencia, favoreciendo construcciones económicas, sostenibles y adaptables a las necesidades actuales.

Palabras clave: *cal, morteros de cal, mejoramiento de arcilla, construcción sustentable.*

Introducción

En el dinámico panorama de la construcción en México, la búsqueda de materiales que sean no solo eficientes y de calidad, sino que también sean sustentables, se ha vuelto constante. En un país donde la arquitectura y la edificación son testimonios vivos de una rica historia cultural, el enfoque hacia la construcción sustentable se ha consolidado como una prioridad urgente.

El sector de la construcción tiene un impacto significativo en el medio ambiente, al generar una parte importante de las emisiones de gases contaminantes y al demandar grandes cantidades de recursos naturales. Los sistemas constructivos contemporáneos, caracterizados por el uso de combustibles fósiles y una alta demanda energética, intensifican los efectos (Esperanza, 2018). Esta realidad ha impulsado la búsqueda de alternativas constructivas que combinen eficiencia y rentabilidad con una menor afectación ambiental.

La necesidad de transformar el paradigma de la construcción se alinea con la visión de las Naciones Unidas, concibe la vivienda como un componente integral del desarrollo sostenible. El informe de asentamientos humanos de esta organización destaca la importancia de considerar el ciclo de

vida completo de las edificaciones, desde la extracción de materiales hasta su eventual reciclaje (ONU-Hábitat, 2018).

En este contexto, la construcción sustentable se ha posicionado como una estrategia necesaria frente a los retos ambientales y sociales actuales. En el marco del derecho a una vivienda digna y decorosa, se realizó un estudio diagnóstico del que surge un modelo de ideas que establece que una vivienda debe ser “alcanzable y constable por todos los individuos sin limitaciones por alguna característica o condición social, o económica, [...] con suficiencia y calidad en sus materiales, diseño y ubicación” (Consejo Nacional de Evaluación Social de la Política de Desarrollo Social, 2018, p. 42). La calidad de los materiales constituye un componente esencial para garantizar que las viviendas cumplan con los estándares de habitabilidad y sostenibilidad.

Para avanzar en la construcción sustentable y garantizar viviendas dignas para todos los mexicanos es fundamental examinar con detalle los materiales empleados en la edificación. La calidad de estos materiales no solo influye en la habitabilidad y durabilidad de las viviendas, sino también determina su impacto ambiental y su aporte a la sustentabilidad del entorno construido.

En este marco, los morteros de cal se presentan como una opción viable que combina calidad, sustentabilidad y accesibilidad. La cal obtenida mediante la calcinación de piedra caliza es un material versátil empleado en la construcción desde hace siglos, cuyo desempeño ha demostrado durabilidad y resistencia a lo largo del tiempo. Además de su longevidad, los morteros de cal ofrecen múltiples beneficios que los hacen adecuados para la construcción de viviendas sustentables en México.

La cal, material milenario

El conocimiento sobre el uso y producción de cal tiene profundas raíces históricas que se remontan a la antigüedad, con registros detallados en los tratados de Marco Vitruvio, arquitecto y escritor romano del siglo I a.C. (Garate, 2002), que en sus escritos, describe detalladamente el proceso de producción de cal, proporcionando una explicación tenencia del proceso en la antigüedad.

Según Vitruvio (2000) el proceso de producción de cal comenzaba con la selección cuidadosa de las piedras, consideradas óptimas para este fin. Estas piedras se sometieron entonces a un proceso de calcinación, durante el cual se elimina el agua y el aire presente en su interior. Una vez calcinadas, las piedras se mojaban con agua, lo que provocaba que la humedad penetrara en sus poros y generara un calor latente en su interior. Este calor, al liberarse y al enfriar las piedras, daba lugar a la formación de cal.

Aunque han transcurrido más de dos mil años desde la descripción de Vitruvio, el principio fundamental del proceso de producción de la cal permanece vigente. Si bien en la actualidad se aplican tecnologías avanzadas y existen normas estrictas de calidad en su fabricación, los procesos básicos de calcinación e hidratación mantienen los principios esenciales descritos en la antigüedad.

El conocimiento sobre la producción de cal, documentado por Vitruvio en la antigua Roma, tuvo un papel relevante en la historia de la construcción mundial. En México, la cal también fue utilizada desde civilizaciones prehispánicas, que desarrollaron sus propios métodos de producción adaptados a los recursos locales. Tras la colonización en el siglo xv, el uso de la cal se consolidó como elemento central en la arquitectura virreinal integrando tanto la tradición europea como las prácticas prehispánicas.

La cal en la construcciones prehispánicas

En las civilizaciones prehispánicas, la cal desempeñó un papel destacado en la construcción de sus estructuras. Su presencia es evidente en los revestimientos y acabados a base de cal que embellecen las edificaciones de la época. Las estructuras mesoamericanas fueron recubiertas con aplanados y acabados elaborados a partir de cal. Estos revestimientos no solo proporcionaban una apariencia estética refinada, sino también tenían una función práctica fundamental (Barba, 2013).

Los revestimientos de cal desempeñaban funciones cruciales en la protección de las estructuras de los muros de las construcciones. Estos revestimientos actuaban como una barrera protectora contra las acciones agresivas de los factores ambientales, desempeñando un papel vital

en la preservación de las edificaciones a lo largo del tiempo (Garate Rojas, 2002).

Los revestimientos a base de cal proporcionaban una capa impermeable que protegía los muros de la infiltración de agua, reduciendo así el riesgo de daños por humedad y erosión. Además, la cal posee propiedades que la hacen resistente al crecimiento de organismos biológicos como hongos y bacterias, lo que contribuía a mantener la integridad estructural de las construcciones. Al ser aplanados de protección, se consideran *de sacrificio*, por lo que es necesario restaurarlos o renovarlos (Garate, 2002).

Otro aspecto relevante del uso de la cal en la construcción era su propiedad alcalina, la cual actuaba como un eficaz repelente de insectos y contribuía a la prevención de enfermedades. Esto provocaba un ambiente desfavorable para la proliferación de insectos y organismos nocivos, lo que ayudaba a mantener las estructuras libres de infestaciones y plagas. Esta propiedad resulta especialmente importante en un entorno donde las enfermedades transmitidas por insectos podrían representar una amenaza seria para la salud de la población (Barba, 2013).

El uso de la cal no se limitaba a aplanados de muros, sino que también incluía la construcción de pisos. Estos se elaboraban sobre una base de preparación o firme, compuesta por piedras pequeñas mezcladas con cal y, en ocasiones, con tierra arcillosa (Barba, 2013). Este sistema generaba superficies durables, resistentes y de fácil limpieza, lo que favorece el mantenimiento de los espacios habitables. Además de su función constructiva, estos pisos contribuyeron a mejorar las condiciones sanitarias y a reducir la propagación de plagas, frecuentes en asentamientos donde los habitantes conviven en suelos de tierra (Barba, 2013).

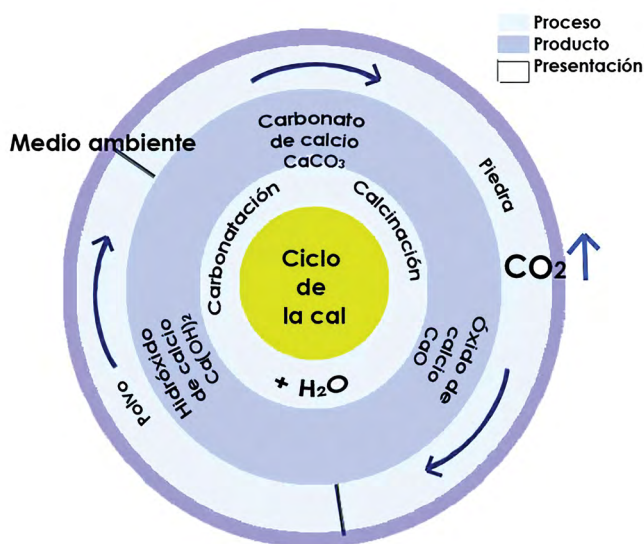
La cal ha sido un material fundamental en la finalización de construcciones, utilizado tanto en acabados decorativos como en la impermeabilización de techos y pisos (Barba y Córdova, 2010). La fórmula tradicional de impermeabilizante a base de cal sigue siendo efectiva en la actualidad, ofreciendo resultados de protección con el agua.

La cal en la actualidad

A lo largo del siglo xx, el cemento Portland se consolidó como el material dominante en la construcción, desplazando gradualmente a la cal en múltiples aplicaciones (Padovnik y Bokan-Bosiljkov, 2021). Este material se caracterizó por su alta resistencia y rigidez (Garate, 2002), cualidades que favorecieron su popularidad en una amplia gama de proyectos constructivos. Sin embargo, esta rigidez puede resultar problemática en estructuras que requieren cierta flexibilidad o capacidad de absorción de movimientos, como ocurre en zonas sísmicas o en edificaciones históricas.

En contraste, la cal ha comenzado a recuperar presencia en la industria de la construcción debido a características vinculadas a la sostenibilidad y a un ciclo de vida menos demandante de recursos. Su producción requiere temperaturas más bajas que las necesarias para el cemento Portland, lo que implica un menor consumo energético y una reducción de su huella ambiental (Al-Jabri et al., 2019). Estas propiedades han impulsado su uso en proyectos de arquitectura bioclimática y en obras que priorizan la eficiencia energética y el bajo impacto ambiental (Guerrero, 2013).

Cal, el material



La producción de cal no ha cambiado por años, consta de la extracción de carbonato de calcio, posteriormente se calcina creándose el óxido de calcio también conocida como cal viva, al hidratarla se convierte en hidróxido de calcio (Navarro et al., 2019), su presentación más común es la presentación de bulto de papel de 25 kg (Navarro et al., 2020). Además se considera que la cal tiene un ciclo. Al hidratarse la cal comienza con el proceso de volver a reabsorber el CO_2 para convertirse de nuevo en carbonato de calcio (Figura 1).

Actualmente la Asociación Nacional de Fabricantes de Cal (ANFACAL) define distintos tipos de cal, los cuales han sido el resultado de desarrollo tecnológico de la producción de esta sustancia (Navarro et al., 2019):

- Cal de construcción,
- Cal química o de alta pureza,
- Cal química de grado alimenticio,
- Cal siderúrgica,
- Cal agrícola.

Tanto la cal de construcción como la cal química ofrecen características ideales para un variedad de usos y aplicaciones en la industria de la construcción. Ambos se presentan en forma de polvo y pueden utilizarse como cementantes en distintos procesos constructivos (Navarro et al., 2023).

La cal es un cementante que al endurecerse comienza a recarbonatarse, iniciando desde la superficie al centro (Garate, 2002); este proceso es lento y permite que las mezclas tengan la oportunidad de acomodarse (Guerreiro, 2013).

Morteros de cal

Los morteros, consisten en una combinación de cementante, agregados como arena y agua. Se emplean comúnmente en la protección de muros y en la unión de elementos constructivos (INIFED, 2015). Su aplicación abarca desde el revestimiento de superficies hasta la fijación de ladrillos, piedras u otros materiales de construcción.

Los agregados en las mezclas son fundamentales para determinar sus propiedades mecánicas, físicas y durabilidad, en los morteros estos representan entre el 60 % y 75 % del volumen de la mezcla (Secretaría de Comunicaciones y Transportes e Instituto Mexicano del Transporte, 2006). Esta proporción es importante ya que los agregados pueden afectar la capacidad de carga, resistencia y permeabilidad.

La forma de los agregados influye significativamente en las características porosas del mortero. En el caso de los que tienen forma angular tienden a generar un menor volumen de microporos en la mezcla (Santos et al., 2018), esto se debe considerar durante el proceso de dosificación de los morteros para asegurar las propiedades óptimas y una mayor durabilidad. Al utilizar agregados livianos en los morteros puede existir la reducción de la conductividad térmica pero al mismo tiempo se puede tener una disminución en las propiedades mecánicas (Longo et al., 2020). Nunca se debe utilizar cal sin agregado, ya que esto puede provocar fisuras (Garate, 2002).

El agua desempeña un papel crucial de mezclas de morteros, su calidad y cantidad deben ser cuidadosamente controladas para garantizar la integridad y durabilidad del producto final. El agua que se utiliza debe estar limpia y libre de partículas que contaminar o debilitar los morteros, ya que un exceso de agua puede provocar la separación de los ingredientes de la mezcla, aumentando la porosidad y disminuyendo la resistencia del mortero (Garate, 2002). Aunado a que una hidratación adecuada permite una mejor adherencia (Salamanca, 2001).

Los morteros deben poseer una combinación equilibrada de propiedades para cumplir con los requisitos de las construcciones, por lo que es fundamental que tengan resistencia mecánica, ser trabajables para su aplicación y tener una mínima retracción durante el secado, ya que el exceso puede provocar grietas y debilitar la estructura (Salamanca, 2001).

Es fundamental tener el conocimiento detallado de los materiales que componen a los morteros, ya que influye significativamente en sus propiedades y rendimiento. Lo que se busca es que los morteros tengan buenas características, sean fácilmente aplicados de manera eficiente y uniforme (Lizarazo y Claisse, 2009).

Aplicaciones de la cal en la construcción sostenible

Recubrimientos, aplanados o revocos

Los revocos, recubrimientos o aplanados de mortero tienen como función principal proporcionar una superficie uniforme y nivelada para recibir acabados finales, al tiempo que absorbe las irregularidades de los elementos que se van a cubrir (figura 2). Además de este propósito estético, el mortero también cumple una función protectora al resguardar los elementos de la construcción contra daños externos y agentes atmosféricos (figura 3). La versatilidad del mortero permite su composición con una variedad de materiales, incluyendo cemento Portland, cal, arcilla y yeso según las necesidades específicas del proyecto y las características requeridas del recubrimiento. Esta combinación de funciones prácticas y estéticas convierte al mortero en un elemento esencial en la construcción, garantizando la integridad y la estética de las estructuras edificadas.

Figura 2. *Cubre las irregularidades*



Fuente: foto de Elena Navarro (2018).

Figura 3. *Perdida de juntas en el muro por falta de aplanado*



Fuente: foto de Elena Navarro (2018).

Los recubrimientos actúan como *aplanado de sacrificio*, ya que es el que está en el exterior, protegiendo la estructura, pero estos son susceptibles al deterioro del tiempo por lo que es necesario restaurar o renovar la estructura (Garate, 2002), esto contribuye a que los edificios puedan tener mayor durabilidad y les da estética.

Los morteros de cal utilizados en recubrimientos presentan características únicas, su lento fraguado y elasticidad contribuyen a prevenir la formación de grietas, mientras su propiedad hidrófuga permite que los muros respiren, de esta forma se evita la acumulación de humedad en el interior de la estructura, además no produce sales que pueden dañarla (Garate, 2002), comúnmente conocido como salitre, que tiene la tendencia de migrar hacia el exterior.

La dosificación de los morteros para los recubrimientos es muy importante, ya que puede dañar los resultados finales y, por lo tanto, acortar la vida útil (Santos et al., 2019).

En la región de Morelia, Michoacán se cuenta con arena volcánica, la cual es basalto, este material es excelente para los morteros con cal sin ningún aditivo. Una dosis recomendada, para los aplanados o recubrimientos que van de 1 a 2.5 centímetros, sería:

Tabla 1. Dosificación de morteros de cal para recubrimiento grueso

Cementante	Agregado	Proporción en volumen	Proporción de obra	
			Bulto 25 kg	Botes de 19 l
Cal de construcción	Arena volcánica	2:5	1	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Dosificación de morteros de cal para recubrimiento fino

Cementante	Agregado	Proporción en volumen	Proporción de obra	
			Bulto 25 kg	Botes de 19 l
Cal de construcción	Arena volcánica cernida	2:4	1	4
Para cerrar el poro de el recubrimiento fino se utilizó cal +agua				

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. *Obra con aplanado de morteros de cal. Morelia, Michoacán*



Fuente: foto de Elena Navarro (comunicación personal, 2023).

Figura 5. *Aplicación de aplanado grueso con morteros de cal. Morelia, Michoacán*



Fuente: foto de Adrián Hernández (comunicación personal, 2024).

Figura 6. *Recubrimiento fino con mortero de cal en estado endurecido*



Fuente: foto de Elena Navarro (comunicación personal, 2024).

Figura 7. *Recubrimiento fino de mortero de cal recién colocado*



Fuente: foto de Adrián Hernández (comunicación personal, 2024)..

Los recubrimientos de cal pueden ser colocados en distintos materiales de construcción que van desde tabique rojo, tabicón, block, adobe, ladrillo mecanizado y piedra, se recomienda aplicarlos con herramientas planas para asegurar que puedan asimilar las irregularidades (Garate, 2002).

Figura 8. Colocación de mortero de cal en muro de mampostería de piedra



Fuente: foto de Elena Navarro (2017).

Figura 9. Colocación de mortero de cal en muro de block



Fuente: foto de Elena Navarro (2017).

Figura 10. Colocación de mortero de cal en muro de abobe



Fuente: foto de Elena Navarro (2017).

Figura 11. Colocación de mortero de cal en muro de tabique mecanizado



Fuente: foto de Elena Navarro (2017).

Juntas

Los morteros de cal, por su características de adherencia, trabajabilidad y flexibilidad, son utilizados también para pegar piezas, es decir, para junteado. Estas juntas sirven como conexión entre las piezas y por la flexibilidad puede absorber y adaptarse a los movimientos que pueden tener los elementos constructivos, esto para no perder la durabilidad y estabilidad de la estructura (Guerrero, 2013).

Al igual que los morteros para recubrimientos, los de juntas deben tener buena dosificación. En morteros con arena volcánica se ha probado la siguiente dosificación:

Tabla 3. *Dosificación de mortero de cal para colocar mampostería*

Cementante	Agregado	Proporción en volumen	Proporción de obra	
			Bulto 25 kg	Botes de 19 l
Cal de construcción	Arena volcánica	2:4	1	4

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. *Pegado de tabique rojo y tabicón*



Fuente: foto de Adrián Hernández (2024).

Figura 13. *Colocación de mampostería con morteros de cal para cisterna*



Fuente: foto de Adrián Hernández (2024).

Estabilización de arcilla

Como parte de la sostenibilidad, el uso de los materiales que se pueden considerar no aptos para la construcción está la arcilla, la cal puede ayudar a mejorar a los suelos que se encuentran en el lugar de construcción que son deformables y plásticos, haciéndolos aptos para su utilización, mejorando su resistencia, reduce la contracción, se tiene mayor trabajabilidad y, el más importante, reduce el índice de plasticidad (Bauzá, 2014).

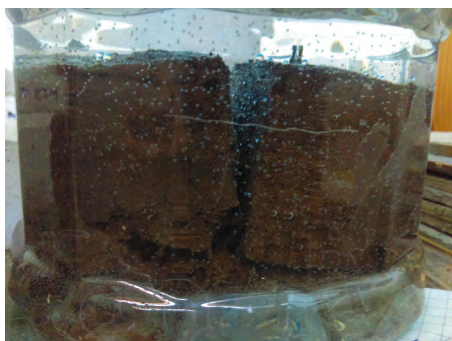
Esta técnica permite la reutilización del terreno en construcción de infraestructura y mejorando terrenos para la construcción (Sampedro, 2014). Por lo que se está revalorando la técnica pero para ello se debe considerar el tipo de arcilla y se recomienda realizar la prueba de Eades y

Grimm para conocer el porcentaje exacto de cal que es necesario para aprovechar su mejoramiento al máximo (Navarro et al., 2022).

Esta técnica también puede ser aprovechada para la creación de BTC (Bloque de tierra comprimida), mejoramiento de adobes y pisos de tierra, ya que con sus características antes mencionadas puede durar más a las inclemencias del tiempo y la humedad.

En las figuras 14 y 15 se puede apreciar el comportamiento de la arcilla proveniente del lago de Zirahuén, Michoacán. Esta arcilla tiende a expandirse hasta disgregarse, mientras que a la que se le colocó cal conserva su forma, por lo que contrarresta la expansión natural de la arcilla y contribuye a mantener la integridad estructural.

Figura 14. *Izquierda cubo de arcilla natural, derecha cubo de arcilla estabilizada con cal sumergidos en agua*



Fuente: foto de Elena Navarro (2019).

Figura 15. *Izquierda cubo de arcilla natural, derecha cubo de arcilla estabilizada con cal después de una semana sumergida en agua*



Fuente: foto de Elena Navarro (2019).

La técnica de utilización implica mezclar el suelo natural con un porcentaje específico de cal, asegurándose previamente de lograr una mezcla homogénea. Posteriormente, se coloca esta mezcla en capas de no más de 30 centímetros de espesor, las cuales son compactadas para asegurar una adecuada estabilidad y resistencia en la construcción, no se debe olvidar hidratar mientras se mezcla y se compacta para obtener mejores resultados.

Figura 16. *Suministro y mezclado de la cal*

Fuente: foto de Elena Navarro (2016).

Figura 17. *Incorporación de humedad*

Fuente: foto de Elena Navarro (2016).

Recubrimiento mineral

También conocido como *pintura a la cal*, es una aplicación de cal que se utiliza para cubrir superficies, se caracteriza por su economía y simplicidad, al requerir solo dos ingredientes. Sin embargo, un inconveniente reportado por los usuarios es que puede dejar residuos de cal en polvo al ser tocado, lo que ha llevado a que no sea tan aceptado en la actualidad. Para evitar este problema, se recomienda utilizar cal de alta pureza o cal química con un grado de pureza del 90% o 95%, ya que al ser más fina tiende a adherirse mejor a la superficie, reduciendo la probabilidad de dejar residuos al tacto.

Para preparar la mezcla es importante verter el agua primero y luego agregar la cal en polvo gradualmente, asegurándose de mezclar hasta que no queden grumos presentes. Además, es posible añadir pigmentos, comúnmente utilizados para el concreto, para darle color al recubrimiento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los colores resultantes serán más colores pasteles que intensos debido a lo blanco de la cal.

Tabla 4. *Recubrimiento mineral*

Cal química o de alta pureza 90 o 95% en polvo	Agua	Pigmento de color
9 kilos 10 litros		Se recomienda colocar menos de 150 gramos

Fuente: elaboración propia.

Al igual que los aplanados, los recubrimientos a base de cal se encuentran expuestos al rigor del medioambiente, lo que inevitablemente conlleva a su deterioro con el tiempo. Sometidos a la acción de la intemperie, la radiación solar, la humedad y otros factores ambientales, estos recubrimientos requieren renovación o reemplazo periódico para mantener su funcionalidad y apariencia óptimas. Es esencial realizar inspecciones regulares y llevar a cabo mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil del recubrimiento y evitar daños mayores en la estructura subyacente

Impermeabilizante base cal

Técnica milenaria, esta implica la mezcla de cal con jabón de pan (también conocido como jabón amarillo o de lavandería), piedra lumbre y agua. El jabón, debido a su efecto de saponificación, contribuye a tapar los poros de la superficie, al igual que la piedra lumbre, mientras que la cal penetra en los pequeños poros, creando una barrera impermeable. Este enfoque, aunque antiguo, ha demostrado ser efectivo para proteger las estructuras de la humedad y la infiltración de agua, contribuyendo así a su durabilidad y conservación a lo largo del tiempo.

Para llevar a cabo este proceso es necesario calentar por separado las hojuelas de jabón y la piedra lumbre hasta que se conviertan en líquido. En una cubeta de 19 litros, se vierte la mezcla de agua con cal sin grumos. Posteriormente, se agrega la piedra lumbre y luego el jabón, sin dejar de mezclar. Es importante verificar que el agua o el ambiente no estén demasiado fríos, ya que el jabón comenzará con su proceso de saponificación. Una vez realizada la mezcla, se revuelve bien y se puede tapar y guardar para su uso posterior.

Tabla 5. Impermeabilizante base cal

Cal de construcción	Agua	Piedra lumbre	Jabón de pan
6.5 kilos	10 litros ¹	500 gramos	1 pieza

Fuente: elaboración propia.

¹ La cantidad de agua para comenzar la mezclas son 10 litros pero se puede colocar hasta que la cubeta de 19 litros esté llena ya con la mezcla.

Para la aplicación de este impermeabilizante se puede emplear una es-coba comercial. Es importante aplicarlo sobre una superficie virgen, es decir, sobre una losa de concreto que no haya tenido ningún otro tipo de impermeabilizante previo, para permitir que la mezcla penetre en todos los poros. Aunque no se ha realizado un estudio formal sobre su durabilidad, usuarios de casas modernas aseguran que no han necesitado dar mantenimiento a su impermeabilizante en 6 años, y que la única pérdida notable es la pérdida del color del blanco de la cal.

Conclusiones

La cal es un excelente material para la construcción ya que ofrece términos de sustentabilidad, incluyendo bajo impacto ambiental durante la producción, es fácil de adquirir y más económico en contraste con el cemento portland. Puede ser utilizada en la autoconstrucción ya que la realización es sencilla, aunque es necesario tener la dosificación correcta para aprovechar todas sus características que le proporcionan a los morteros, tales como trabajabilidad, flexibilidad, excelente adherencia y que es hidrófuga. Además de que en algunas ocasiones se puede completar con baja cantidad de cemento Portland para un endurecimiento más rápido, en el caso que se utilice un agregado como arena de río, este puede ir desde 8 a 12 kilos de cemento por un bulto de 25 kg de cal.

En la estabilización o mejoramiento de arcillas para suelo es una excelente opción para la reutilización del mismo material en las obras, además de poder convertirse en parte de la infraestructura civil, BTC, firmes de tierra y mejoramiento de adobes, proporcionando características como mejoramiento de su resistencia, el aumento de trabajabilidad, reducción de la contracción del suelo evitando fallos en el mismo y reducción en el índice de plasticidad.

Por lo que el uso de la cal en la construcción no solo es parte de nuestra historia y cultura en México, sino también es una opción efectiva para avanzar a un futuro más sustentable en la construcción.

Referencias

- Al-Jabri, K., Shoukry, H., Mokhtar, M. M. y Morsy, M. S. (2019). Thermo-physical, mechanical and microstructural properties of cementless lightweight mortar. *Advances in Cement Research*, 33(2), 1-30.
- Barba, L. (2013). El uso de la cal en el mundo prehispánico mesoamericano. En L. Barba Pingarrón y I. Villaseñor Alonso (Eds.), *La cal, historia, propiedades y usos* (pp. 21-48). UNAM.
- Barba, L. y Córdova, J. (2010). *Materiales y energía en la arquitectura de Teotihuacan*. UNAM.
- Bauzá, J. (2014). Aplicaciones de la cal en la obra civil: La estabilización de suelos arcillosos. En F. Alejandro, V. Flores, F. Blasco y J. Martín (Coords.), *La Cal. Investigación y restauración* (pp. 63-80). Universidad de Sevilla.
- Consejo Nacional de Evaluación Social de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL]. (2018). *Estudio Diagnóstico del Derecho a la Vivienda Digna y Decorosa*. CONEVAL.
- Esperanza, K. (2018, 11 de julio). *Sector constructor genera 50% de emisiones contaminantes*. Centro Urbano. <https://centrourbano.com/2018/07/11/constructor-genera-50-contaminantes/>
- Garate, I. (2002). *Artes de la cal*. Munilla-Lería.
- Guerrero, L. (2013). *La cal y los sistemas constructivos*. En L. Barba Pingarrón y I. Villaseñor Alonso (Eds.), *La Cal. Historia, Propiedades y Usos* (pp. 49-72). UNAM.
- Infraestructura Educativa [INIFED]. (2015). *Normas y Especificaciones para estudios, Proyectos, Construcción e Instalaciones*. SEDATU/CONAVI.
- Lizarazo, J. M. y Claisse, P. (2009). Resistencia a la compresión y reología de cementantes ambientales. *Ingeniería e Investigación*, 29(2), 5-9.
- Longo, F., Lassandro, P., Moshiri, A., Phatak, T., Aiello, M. A. y Krakowiak, K. J. (2020). Lightweight geopolymer-based mortars for the structural and energy retrofit of buildings. *Energy & Buildings*, 225, 110352. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037877882031032X>
- Navarro, E. G., Alonso, E. M. y Arroyo, J. A. (2019). La cal en México. Su historia y su presente. En E. Casanueva (Ed.), *Tercer congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la construcción* (pp. 767-772). UNAM.
- Navarro, E. G., Alonso, E. M., Ayala, L. A. y Sánchez, A. (2022, 4-9 de abril). Cal química para la estabilización de suelos arcillosos [Ponencia]. 20° SIACOT: Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, Trinidad, Cuba.
- Navarro, E. G., Alonso, E. M., Sanchez, A., Bedolla, J. A., Becerra, H., Navarro, A., González, B. y Martínez, W. (2023). Physical and Mechanical Characterization of Lime Pastes and Mortars for Use in Restoration. *Heritage*, 6(3), 2582-2600.
- Navarro, E. G., Bedolla, J., Sánchez, A., Alonso, E., Blancas, V. H., Martínez, W. y Chávez, H. (2020). High Purity Lime as an Ecologic Alternative or Construction Mortars and Pastes. *Key Engineering Materials*, 841, 188-192.
- ONU-Hábitat. (2018). *Vivienda y ODS en México*. Onu-Habitat/ INFONAVIT/ SEDATU.

- Padovnik, A. y Bokan-Bosiljkov, V. (2021). The Influence of Dry Hydrated Limes on the Fresh and Hardened Properties of Architectural Injection Grout. *Materials*, 14(9), 5585.
- Salamanca, R. (2001). La tecnología de los morteros. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, (11), 41-48.
- Sampedro, Á. (2014). Otras aplicaciones de la cal en ingeniería civil. En F. Alejandro, V. Flores, F. Blasco y J. Martín (Coords.), *La cal, investigación, patrimonio y restauración* (pp. 81-90). Universidad de Sevilla.
- Santos, A., Veiga, M. do R., Santos, A., de Brito, J. y Álvarez, J. (2018). Evolution of the microstructure of lime based mortars and influence on the mechanical behaviour: The role of the aggregates. *Construction and Building Materials*, 187(5), 907-922.
- Santos, W., Carrasco E, V., Mantilla J, N., Piancastelli E, M., Magalhães A, G., Silva F, J. y Rezende, M. (2019). Study of the effects of excessive cement of lime in mechanical properties and durability of the mortar coating. *International Journal of Development Research*, 9(9), 29923-29927.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes e Instituto Mexicano del Transporte [IMT]. (2006). *Durabilidad de la infraestructura concreto reforzado. Expuesta a diferentes ambientes urbanos de México*. IMT/SCT.
- Vitruvio, M. (2000). *Los diez libros de Arquitectura*. (J. L. Domingo, Trad.) Alianza Forma.

Sobre los autores

Remess Pérez, Miriam

Arquitecta con Maestría en Administración por la Universidad Veracruzana y Doctora en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México. Es profesora de la facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, en el programa educativo de arquitectura de la Universidad Veracruzana región Veracruz, en donde coordina el cuerpo académico UVCA-440 habitabilidad y tecnología sustentable. Cuenta con diversas publicaciones y ha realizado estancias en Países Bajos, Canadá, Colombia, y Argentina. Ejerce su profesión, y en este ámbito ha desarrollado proyectos y edificaciones de diversos géneros.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4004-1870>

ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Miriam-Remess?ev=hdr_xprf

Academia: <https://uv.mx.academia.edu/MiriamRemessP%C3%A8rez>

Aguilar Flores, Orlando Rafael

Arquitecto por la Universidad Veracruzana. Formó parte del equipo ganador del segundo lugar de la competencia internacional Social Business Creation 2022 y mejor propuesta de economía circular, organizado por la Escuela de Negocios de Montreal, con el proyecto “B-Pallets, un modelo de negocio social”. Como parte de este premio, fue seleccionado para realizar estancias de emprendimiento en la Universidad HEC Montreal y la Universidad de Barcelona. Actualmente se desempeña de manera profesional.

Alonso Guzmán, Elia Mercedes

Interesada en trabajar e investigar los materiales de construcción tradicionales, históricos, patrimoniales, vernáculos, innovadores, alternativos, sustentables y reciclables, no metálicos. Es profesora emérita de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, está adscrita al departamento de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil. Es la responsable del cuerpo académico consolidado CA-UM-147, todos sus colegas son especialistas en las distintas áreas del conocimiento.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8502-4313>

Andrade Narváez, Jorge Iván

Arquitecto por la Universidad Autónoma de México, Maestro en Arquitectura en Estudios Avanzados de Arquitectura por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), U.S.A. Cuenta también con estudios de especialización en el Bouwcentrum International Education (BIE) Rotterdam, Holanda. Es profesor titular C en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X). Ha sido coordinador del programa de posgrado de la División de Ciencias y Artes para el Diseño, coordinador de la licenciatura en Arquitectura, jefe del departamento de Métodos y Sistemas, coordinador del área de investigación La Vivienda Popular y su Entorno y fundador y coordinador actual del taller de Vivienda (TAVI UAM-X). Todas estas actividades fueron realizadas en la UAM-X. Fue profesor invitado al programa de posgrado en Arquitectura en el MIT donde obtuvo con sus estudiantes dos reconocimientos, uno a nivel nacional en Estados Unidos y otro a nivel internacional. Ha impartido también talleres de Diseño Participativo en diferentes universidades a nivel nacional e internacional. Profesionalmente ejerció la coordinación técnica de Proyectos Habitacionales en el Centro Operacional de Vivienda y Poblamiento (COPEVI A.C.) donde coordinó el desarrollo de varios proyectos ya construidos con técnicas de diseño participativo. Publicó el libro *Arquitectura Social* (2017) y el artículo *La otra arquitectura, la otra ciudad y el nuevo territorio* (2023).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2638-9611>

Arreola Sánchez, Mauricio

Investigador por México, comisionado a la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ingeniero Civil de formación. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI), nivel I. Está interesado en la revalorización de residuos con uso potencial en la industria

de la construcción para mejorar la durabilidad y huella ecológica de los materiales de construcción.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4105-5281>

Bojórquez Morales, Gonzalo

Arquitecto por el Tecnológico Nacional de México. Doctor en Arquitectura por la Universidad de Colima. Profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Baja California. Miembro del SNII. Sus líneas de interés de investigación son confort térmico, habitabilidad ambiental, arquitectura bioclimática.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9303-9278>

Borrego Pérez, Jorge Alberto

Arquitecto por la Universidad Autónoma de Chiapas, Maestría en Energías Renovables en la Universidad Politécnica de Chiapas y Doctorado en Ciencias Fisiomatemáticas con orientación en Nanociencias en la Universidad de Guadalajara. Estancia posdoctoral en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. SNII-I e investigador estatal del estado de Michoacán. Su investigación está centrada en el desarrollo de recubrimientos fotocatalíticos nanoestructurados a base de TiO₂.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6302-1958>

Cárdenas Belmonte, Verónica

Arquitecta con Maestría en Diseño de Interiores por la Universidad de Salamanca, España y Maestría en Arquitectura por la Universidad Veracruzana. Ha realizado estancias académicas en España. Es profesora en la facultad de Arquitectura en la Universidad Veracruzana, región Xalapa. Se desarrolla de manera profesional en diseño y construcción de espacios arquitectónicos. En el ámbito gubernamental colaboró en el departamento de proyectos especiales del comité de construcción de espacios educativos.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2823-7408>

Carrillo Fernández, Pilar

Arquitecta egresada de la Universidad Veracruzana (2024). Durante la carrera participó en voluntariados, incursionó en proyectos de impacto social y desarrollo sostenible. Participó en el concurso Social Business Creation 2020 y 2021 en Mon-

treal, Canadá como miembro del equipo B-Pallets. Actualmente ejerce la profesión en el sector privado.

Carrillo Sánchez, Zabdiel Dirceu

Estudiante de la licenciatura en arquitectura por la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Facultad de Arquitectura “5 de mayo”. Colaborador del Cuerpo académico tecnología y sustentabilidad CA-TECS-054-UABJO.

Cerqueda Méndez, Alfredo

Arquitecto con Maestría en Arquitectura por la Universidad Veracruzana. Profesor de tiempo completo en la Facultad de Arquitectura Región Xalapa, Universidad Veracruzana. Colaborador del cuerpo académico arquitectura y urbanismo para el desarrollo. Cuenta con perfil deseable PRODEP. Ha realizado estancia académica en la Universidad de Chiba, Japón

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9220-2382>

Cervantes Servín, Adrián Ixcoatl

Posdoctorante en Ingeniería Ambiental en la UMSNH con experiencia en modelación matemática de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, estimación de caudales ambientales, modelación de la hidrodinámica de ríos, diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales y valoración del impacto ambiental de obras civiles y proyectos productivos incluyendo nuevos materiales para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios municipales.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-4199>

Chávez García, Hugo Luis

Ingeniero Civil, Maestro en Metalurgia y Ciencias de los Materiales, Doctor en Ciencias. Actualmente profesor en la facultad de Ingeniería Civil, UMSNH. Líneas de investigación en pruebas no destructivas como velocidad de pulso ultrasónico, resistividad eléctrica, esclerometría, termografía infrarroja, frecuencia de resonancia, aplicadas en la caracterización de materiales no metálicos. Así como generación de ecuaciones de correlación y modelado del comportamiento mecánico de materiales de construcción.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6114-4900>

Chong Garduño, María Concepción

Arquitecta con Especialidad y Maestría en Diseño industrial y producción por la Universidad Veracruzana y Doctora por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Cuenta con diplomado en Derecho Urbanístico Mexicano, por el Colegio Nacional de Jurisprudencia Urbanística A.C. Es profesora de tiempo completo en la facultad de Arquitectura región Xalapa en la Universidad Veracruzana y miembro del cuerpo académico UV-CA-542 arquitectura y urbanismo para el desarrollo. Perteneció al SNII y perfil PRODEP por tres ocasiones consecutivas, vigente a la fecha.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6091-6155>

Corona García, Magaly Emilia

Licenciada en Comunicación Social por la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco y Maestra en Comunicación Política. Profesora en la facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad Veracruzana. Colabora en la coordinación universitaria para la sustentabilidad (CoSustenta), en ecoalfabetización y comunidad y en gestión integral del riesgo. Fundadora de grupo de trabajo académico comunicación y estudios emergentes, comité regional de impulso a la transdisciplinariedad, red regional de Vinculación, Comisión regional para la Sustentabilidad. Colaboradora de los cuerpos académicos habitabilidad y tecnología sustentable, y periodismo y comunicación política. Participó en el co-diseño del sistema universitario de gestión integral del riesgo, fue coordinadora de protección civil de la Universidad Veracruzana, y también coordinadora de la campaña universidades sostenibles y resilientes convocada por USAID a través de la REDULAC. Es consultora para ONGs internacionales. Facilitadora de procesos grupales y organizacionales de des y re aprendizaje para el bien vivir y la sustentabilidad humana.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5300-1057>

Díaz González, Noel

Técnico académico de tiempo completo, adscrito a la facultad de Ingeniería Civil, tiene Licenciatura en Ingeniería Civil y Maestría en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías terrestres. Su trabajo se centra en el estudio de propiedades físico-mecánicas de materiales de construcción.

Duarte Cruz, Virginia

Pedagoga por la Universidad Veracruzana, Maestra en Docencia Universitaria por la Universidad Iberoamericana, plantel Golfo Centro. Desde el año 2007 se desempeña como coordinadora del departamento de psicopedagogía de la facultad de Medicina de la Región Veracruz en la UV. También, coordinadora regional de desarrollo institucional en la Vicerrectoría de la Región Veracruz. Profesora de tiempo completo de la Universidad Veracruzana. Colaboradora del cuerpo académico UV-CA-505 Calidad, productividad e innovación en la Educación y Coordinadora del Macroproyecto Multidisciplinar para el Desarrollo Social y Comunitario.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7412-8721>

Encarnación Rivera, Laura

Arquitecta egresada de la Universidad Veracruzana (2020). Durante la carrera incursionó en proyectos de impacto social, desarrollo sostenible y atención de zonas vulnerables. Participó en el concurso Social Business Creation 2020 en Montreal, Canadá como miembro estudiantil del equipo B-Pallets y en 2021 como coach del mismo equipo. Actualmente colabora con una constructora del sector privado especializado en obra civil de gobierno y ejerce la profesión con proyectos de diversas categorías.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1620-1395>

Fernández Martínez, Blanca Elena

Arquitecta y Maestra en Diseño Arquitectónico y Bioclimatismo por la Universidad Cristóbal Colón. Se desempeña como profesora de licenciatura y posgrado e imparte materias relacionadas con la arquitectura bioclimática, el diseño asistido por computadora y el urbanismo sustentable. Actualmente, es miembro colaborador del cuerpo académico habitabilidad y tecnología sustentable 440, de la Universidad Veracruzana, y apoya en el área de vinculación y promoción de la Universidad Cristóbal Colón. También ha sido miembro evaluador del consejo académico de CENEVAL (2019-2022). Su labor investigativa se centra en la arquitectura bioclimática y la regeneración urbana, con especial interés en la sostenibilidad y el impacto ambiental de la edificación con la aplicación de nuevas tecnologías. Entre sus publicaciones recientes destacan *Arquitectura socio-ambiental en la regeneración*

urbana integral y Sinergia entre urbanismo y naturaleza, donde aborda estrategias de diseño vinculadas a la naturaleza y al desarrollo sostenible.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1362-6814>

Academia: <https://independent.academia.edu/BlancaFernandez7>

Flores González, Jorge

Arquitecto con Maestría en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México y Doctor en Educación por el Centro de Formación Profesional de Chiapas MAYA. Es profesor investigador en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, integrante del cuerpo académico UJAT-CA-222 arquitectura y ambiente e integrante del SNII, nivel candidato.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7535-6269>

Flores Rodríguez, Ricardo

Sociólogo por la Universidad Veracruzana con Maestría en Educación por la Universidad Pedagógica Veracruzana. Es profesor en la Universidad Veracruzana y coordinador regional de interculturalidad y género por la Universidad Veracruzana Intercultural, además de ser el coordinador regional para la igualdad en la Universidad Veracruzana. Ha participado en el diseño y coordinación de licenciaturas, programas y diplomados. Colaborador del cuerpo académico UVCA-440 habitabilidad y tecnología sustentable y coordinador del Macroproyecto Multidisciplinar para el Desarrollo Social y Comunitario.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9864-4354>

Fragoso Terán, María Esther

Licenciada en Contaduría y Finanzas por la UDLAP. Maestría en Negocios Internacionales y Doctorado en Gobierno y Administración Pública. Es directora de la facultad de Contaduría y Negocios. Ha realizado estancias nacionales e internacionales. Es integrante del cuerpo académico UV-CA-106 entorno económico, educativo y sustentable de las organizaciones. Reconocida a nivel internacional por el HEC Montreal en el área de emprendimiento social.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4900-184X>

García García, Eunice del Carmen

Doctora en Proyectos Arquitectónicos y Maestría en Arquitectura por la UPC, Barcelona, España y es arquitecta por la Universidad Veracruzana. Profesora de asignatura de la facultad de Arquitectura UV. Colaboradora del CA arquitectura y urbanismo para el desarrollo. Miembro del SNII (candidato). Líneas de investigación: proyecto arquitectónico-urbanos sustentable, arquitectura moderna en América Latina.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8224-0259>

García Peña, Luis Alberto

Doctor en Ciencias jurídicas, administrativas y educación por la Universidad de las Naciones, profesor de tiempo completo en la Universidad Veracruzana. Tiene publicaciones de libros electrónicos y artículos en revistas indexadas. Asesor del proyecto B-Pallets en la competencia de Social Business Creation en 2022 logrando el segundo lugar. Actualmente es coordinador del programa Educativo de Logística Internacional y Aduanas de la facultad de Administración región Veracruz.

Gerritsen, Peter Rijnaldus Wilhelmus

Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Wageningen, Países Bajos. Profesor-investigador titular C de la Universidad de Guadalajara. Miembro del SNII México. Líneas de interés de investigación: percepciones, uso y manejo de recursos naturales; desarrollo rural endógeno, globalización y respuestas locales; tenencia y manejo de recursos naturales; urbanización y manejo de recursos naturales; y gobernanza y manejo sustentable del agua.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7542-0171>

Gómez Barranco, Heidy

Arquitecta por la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Maestra en Administración en la Construcción por el Instituto Tecnológico de la Construcción, Doctora en Protección de los patrimonios históricos por la Universidad de Jaén, España. Profesor-investigador de la Facultad de Arquitectura 5 de mayo de la UABJO. Miembro del SNII, nivel I. Líneas de interés de investigación: protección de los patrimonios, conservación y desarrollo sustentable.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7221-1438>

González García, Eddy

Ingeniero Civil y Maestro en Ingeniería por la UNACH, Doctor en Ingeniería Civil en el área de Construcción Sustentable por la UNISON; PTC de la Facultad de Arquitectura de la UNACH, miembro del SNII y perfil deseable PRODEP. Desarrolla la línea de investigación sobre materiales sustentables para la vivienda, donde ha publicado artículos científicos, capítulos de libro y coordinado un libro sobre estudios de vivienda y hábitat en México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7207-7600>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Eddy-Gonzalez-Gracia-2/research>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=y53yxogAAAAJ&hl=es>

Correo electrónico: eddy.gonzalez@unach.mx

González Luna, Luis Alberto

Adscrito a la facultad de Ingeniería Civil; es Ingeniero Civil y Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2085-2504>

González Vásquez, Manuel Ricardo

Arquitecto y MBA. Es profesor de la facultad de Arquitectura de la Universidad de América en Bogotá, Colombia. Ha dirigido trabajos de grado y concursos internacionales. Coordina académicamente el campo disciplinar, el laboratorio y semillero de biomateriales de construcción BCC. Investigador en innovación sostenible de edificaciones, con visión prospectiva y un pensamiento estratégico a futuro, vinculando la academia y el sector real desarrollando como empresario proyectos de diversas escalas y complejidades a nivel nacional.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3414-9976>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Vasquez-19>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=X8SoKvQAAAAJ>

Academia: <https://uamerica.academia.edu/MANUELRICARDOGONZALEZ-VASQUEZ>

Guillén Guillén, César Armando

Doctor en Pensamiento Científico Tecnológico de la Arquitectura con Especialidad en Sustentabilidad. Realiza estudios en materiales y sistemas constructivos para optimizar su desempeño energético, térmico y mecánico. Es colaborador en el Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde aborda temas de vivienda con materiales regionales. En el presente trabajo participa como coautor en la construcción del método de evaluación y análisis de datos obtenidos de las pruebas mecánicas.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2596-6122>

Guzmán Torres, José Alberto

Ingeniero Civil, Maestro en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías Terrestres, Doctor en Ingeniería Física con Posdoctorado en el campo de Inteligencia Artificial aplicado a problemas de infraestructura civil. Es miembro del AULA-CIMNE Morelia, y miembro de la Sociedad Mexicana de Computación científica y sus Aplicaciones (SMCCA). Pertenece al SNI, nivel C, y es investigador estatal honorífico del estado de Michoacán.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-9390>

Hernández Ferreyra, Fabricio Alí

Ingeniero Civil y Maestro en Ciencias de Ingeniería Ambiental por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Forma parte del cuerpo académico Consolidado CAC-UM-147 de materiales sustentables de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ha realizado investigaciones con adiciones de fibras con materiales reciclados a los concretos. Recientemente publicó el artículo *Adición de fibras textiles en la elaboración de concreto con sustitución parcial de grava reciclada de demolición, su efecto en la porosidad capilar y la resistencia mecánica a 90 días* (2024) y es coautor del artículo *Evaluation of Modulus of rupture of concrete with addition of PET fibers and polypropylene* (2022).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4939-5111>

Lagunes Lagunes, Elsa Guadalupe

Ingeniera Civil y Maestra en Construcción con mención honorífica por la Universidad Veracruzana, Doctora en Educación titulada por promedio de excelencia por la Escuela Libre de Ciencias Políticas y Administración Pública de Oriente. Profe-

sora de programa educativo de Ingeniería Civil, integrante del cuerpo académico UV-CA-440 habitabilidad y tecnología sustentable e integrante de la Red de Vivienda y Hábitat Sustentable de México. Dentro de la facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat se desempeñada como coordinadora de la academia de construcción, representante de la unidad de género, equidad e interculturalidad, integrante titular ante el consejo técnico, consejera universitaria. Cuenta con reconocimiento a perfil deseable para profesores de tiempo completo (PRODEP). En el ámbito profesional se desempeñó como jefa de sección de estudios físicos y geográficos y supervisora de obras de dragado marítimo en la superintendencia general de dragado del Golfo, zona sur y como subgerente técnico de proyectos y ecología en la Administración Portuaria Integral de Veracruz.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0618-6363>

López Calvo, Herwing Zeth

Doctor en Ingeniería Civil, con especialidad en Durabilidad en Estructuras de Concretos de Alto desempeño por la Universidad de New Brunswick, Canadá. Maestría en Ingeniería Civil con especialidad en Construcción por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la licenciatura en Arquitectura en la Facultad de Arquitectura 5 de Mayo de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Profesor-Investigador de tiempo completo en la Facultad de Arquitectura 5 de Mayo. Es miembro del cuerpo académico tecnología y sustentabilidad. CA-TECS-054-UABJO.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6058-0981>

López Cervantes, Aida

Arquitecta por la UNAM, Maestra en Arquitectura por la UADY y Doctora en Arquitectura por la UNAM en la línea de tecnología ambiental. Es profesora investigadora en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco en los programas de Licenciatura en Arquitectura y Maestría en Arquitectura y Ambiente. Actualmente es líder del cuerpo académico UJAT-CA-222 Arquitectura y Ambiente. Es integrante del SNII, nivel I.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6152-7998>

Macedo Paredes, José Manuel

Ingeniero en Construcción por el Instituto Tecnológico de la Construcción A.C., con Especialidad en Vivienda de la Universidad Veracruzana y Maestría en

Energías Renovables, Arquitectura y Urbanismo en la Universidad Internacional de Andalucía, España. Es profesor de la facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana Región Xalapa, colabora en la especialidad en vivienda y Doctorado en Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Veracruzana. Ha participado en proyectos de intercambio académico con el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción. En este ámbito ha realizado estancias en Costa Rica, Cuba, Nicaragua, España. Ha participado en diversos proyectos de carácter social y de investigación sobre temas de tecnologías alternativas para la vivienda de interés social y confort térmico. En el ámbito profesional se ha desempeñado como residente de obra en proyectos de ayudas visuales para la navegación aérea en varios aeropuertos del país y en diversos proyectos de vivienda y edificación.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4806-3098>

Martí Capitanachi, Daniel Rolando

Arquitecto y Abogado por la Universidad Veracruzana y Doctor por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Cuenta con un diplomado en Administración Pública por el Instituto de Administración Pública Veracruz. Es profesor de tiempo completo en la facultad de Arquitectura región Xalapa en la Universidad Veracruzana y miembro del cuerpo académico UV-CA-542 arquitectura y urbanismo para el desarrollo. Pertenece al SNII, nivel I desde 2015, y perfil PRODEP por cuatro ocasiones consecutivas, vigente a la fecha.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8610-9469>

Martín del Campo Saray, Francisco José

Arquitecto por la Universidad de Guadalajara. Doctor en Arquitectura por la Universidad de Colima. Posdoctorante de Arquitectura por la Universidad Autónoma de Baja California programa CONHACYT. Profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México. Miembro del SNII. Líneas de interés de investigación: paisaje urbano, espacio Público, arquitectura bioclimática, habitabilidad ambiental y Valuación.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7211-5366>

Martínez Molina, Wilfrido

Ingeniero civil, Maestro en Administración y Doctor en Ingeniería. Es PTC de TC. Pertenecer a un cuerpo académico consolidado reconocido por la SEP, línea de investigación sobre diseño, síntesis y caracterización en materiales de construcción. Ha asesorado estudiantes para obtener títulos de licenciatura y posgrado. Ha sido jefe del laboratorio y jefe del departamento de materiales de la FIC, UMSNH, en donde también ha sido su director. Pertenecer al SNII, nivel I.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3301-4949>

Melgarejo Remess, Lenin

Ingeniero Industrial por la Universidad Veracruzana. Formó parte del equipo ganador del segundo lugar de la competencia internacional Social Business Creation 2022 y mejor propuesta de economía circular, organizado por la Escuela de Negocios de Montreal, con el proyecto “B-Pallets, un modelo de negocio social”. Actualmente labora en la Subdirección de Construcción y Obras Públicas, perteneciente a la Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz.

Melgarejo Remess, Pedro

Licenciado en Arquitectura y Especialista en Administración y Gestión de Proyectos Arquitectónicos y Urbanos por la Universidad Veracruzana. Actualmente se desempeña en el ámbito profesional desarrollando principalmente proyectos y construcciones de diferentes géneros arquitectónicos en las zonas conurbadas de las localidades de Xalapa, Orizaba y Boca del Río en el estado de Veracruz.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2640-8171>

Molina Narváez, Nguyen

Arquitecta, Maestra en Ingeniería (Construcción) y Doctorado en Educación. Es profesora de asignatura y encargada del laboratorio de materiales de la facultad de Arquitectura de la UNACH, colaboradora CA-112-COCOV y del laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables sede UNACH. Trabaja en la línea de investigación de materiales para la construcción. Integrante del padrón de evaluadores acreditados del Instituto de Ciencia y Tecnología e Innovación (ICTI) y es miembro del SEI.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2049-4821>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Nguyen-Molina-Narvaez>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=jgE30v0AAAAJ>

Molina Navarro, Antonio

Ingeniero Civil con Especialidad y Maestría en Construcción por la Universidad Veracruzana, Doctor en Educación por la Escuela Libre de Ciencias Políticas y Administración Pública de Oriente y licenciado en Enseñanza de las Matemáticas por la Universidad Abierta y a Distancia de México. Profesor de tiempo completo de la facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, integrante del cuerpo académico UVCA 440. Especialista en las áreas de análisis y diseño estructural, de instalaciones hidrosanitarias en edificación, las cuales ejerce en el ámbito profesional.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7949-8371>

Mondragón Ornelas, Marco Antonio

Ingeniero Civil con Maestría en Infraestructura del Transporte en la rama de Vías terrestres por parte de la UMSNH. Actualmente es técnico académico de tiempo completo y jefe del Laboratorio de Materiales Ing. Luis Silva Ruelas, además es profesor de asignatura en la facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH. Tiene experiencia en realizar pruebas físico-mecánicas en el área de materiales y asfaltos.

Montiel Zacarías, Marco

Doctor en Arquitectura por la Universidad de Alcalá, España (2017). Fundador del Observatorio Universitario Metropolitano de Veracruz, donde dirige el proyecto de Registro Permanente del Patrimonio Moderno de Veracruz. Es miembro del SNI, nivel I, donde investiga las implicaciones de la técnica en los procesos productivos de la arquitectura a través de la línea de investigación de patrimonio y construcción sustentable.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3000-274X>

Moreno García, Katia Itzel

Estudiante de la licenciatura en arquitectura por la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, facultad de Arquitectura 5 de mayo. Colaboradora del cuerpo académico tecnología y sustentabilidad CA-TECS-054-UABJO.

Muciño Vélez, Alberto

Graduado en Arquitectura en UNAM con diploma al mérito. Doctorado y maestría en Arquitectura, ambos con mención honorífica. Recibió la medalla Alfonso Caso por su doctorado. Investigador titular A del CIAUP. Integrante del programa de Estímulo por Equivalencia de la DGAPA-UNAM y del SNII. Fundador y responsable del laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales (LMSE).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6386-0249>

Navarrete Serás, Marco Antonio

Profesor-investigador tiempo completo, adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil, tiene Licenciatura en Ingeniería Civil, Maestría en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías terrestres y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Actualmente pertenece al SNII, nivel candidato, y cuenta con perfil PRODEP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4582-9387>

Navarro Mendoza, Elena Guadalupe

Arquitecta egresada de la UMSNH, con Especialidad en Restauración de Monumentos, Maestría en Investigación y Restauración y doctoranda en el programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura. Es docente, constructora y especialista en materiales cerámicos base cal con distintas aplicaciones. Está involucrada en la tecnología arquitectónica desde la concepción físico-mecánica de los materiales de construcción con experiencia en pruebas destructivas y no destructivas.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6379-814X>

Neira Sarmiento, Juan Sebastián

Arquitecto, MBA. Es Docente e investigador de la facultad de Arquitectura en la Universidad de América en Bogotá, Colombia. Se desempeña como investigador y docente líder del semillero y laboratorio de biomateriales de construcción en Colombia BCC. Ha sido orientador de proyectos de grado en el programa de arquitectura incentivando la innovación en el desarrollo sostenible de la arquitectura mediante la implementación de nuevas técnicas y materiales de construcción amigables con el medio ambiente. Es socio cofundador del estudio Nerco Arquitectura, empresa de amplia trayectoria en el escenario local.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4467-343X>

Parroquín Pérez, Reyna

Doctora en Arquitectura y Urbanismo por la facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana. Cuenta con Maestría en Administración de la Construcción (Instituto Tecnológico de la Construcción) y la licenciatura en Arquitectura (Universidad Veracruzana). En la actualidad es candidata al SNII. Profesora de licenciatura y posgrado. Su área de investigación es resiliencia y cambio climático en zonas costeras. Miembro y revisor Red Climate Change. Common Ground Research Network. Dictaminador en evaluación de cuerpos académicos (Prodep). Revisora en la convocatoria de ciencia básica y de frontera 2025 (SECIHTI). Miembro de la Red Vivienda y Hábitat Sustentable de México. Publicaciones recientes: *El Paradigma Ecosistémico: La Medición de la Huella de Carbono en la Arquitectura y su Impacto en la Educación* (2024) y *Registro de la participación ciudadana y su actuar ante los embates de fenómenos naturales en la localidad de Casitas, municipio Tecolutla Veracruz* (2023).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6716-4734>

Academia: <https://independent.academia.edu/ReynaParroqu%C3%ADnP%C3%A9rez>

Pérez Castro, Haydee

Profesora investigadora en la división académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Se ha especializado en la experimentación de estrategias pasivas para la vivienda, en modelos a escala y materiales alternativos. Participa en el programa de Licenciatura en Arquitectura y en el de la Maestría en Arquitectura y Ambiente. Es miembro del cuerpo académico UJAT-CA-222 arquitectura y ambiente. Es miembro de la Red de Vivienda y Hábitat Sustentable de México y la Red Internacional de Hábitat y Territorio Sustentable. Además, es integrante del SNII, nivel candidato.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5199-6173>

Recordón Ramírez, Paola

Ingeniera Civil. Maestrante en el posgrado de Ciencias en Ingeniería Ambiental en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Ha participado en diversos foros y congresos dirigidos a materiales, siempre enfocando su investigación en materiales sustentables como bloques de adobe. Apasionada por encontrar un equilibrio entre el desarrollo y la ciencia de la mano con el equilibrio ambiental y un enfoque holístico.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8486-8112>

Rodríguez Sánchez, Luz Cecilia

Doctora en Historia Moderna y Contemporánea por el Instituto de Investigaciones Dr. José Ma. Luis Mora, Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño, con especialidad en Conservación del Patrimonio Cultural y la Licenciatura en Arquitectura por la Universidad Autónoma Metropolitana. Forma parte de SNII y es miembro de la Red Nacional de Vivienda, del Consejo del Centro Histórico de la ciudad de Oaxaca, así como del cuerpo académico de tecnología y sustentabilidad. Es miembro del cuerpo académico *tecnología y sustentabilidad* CA-TECS-054-UABJO.

Rojas Olayo, Yazmin Guadalupe

Ingeniera Civil egresada de la UMSNH. Actualmente es técnica-laboratorista de medio tiempo en el laboratorio de Materiales Ing. Luis Silva Ruelas. Está interesada en estudiar edificaciones históricas, conservación y mantenimiento de las mismas, así como materiales amigables con el medio ambiente. Tiene experiencia en realizar pruebas físico-mecánicas en materiales como adobes y concretos.

Rosales Chávez, Ivonne

Licenciada en Química y Doctora en Ciencia e Ingeniería de Materiales por la UNAM. Acreedora a la medalla Juan Manuel Lozano Mejía por la mejor tesis doctoral por el IFUNAM. Las líneas de investigación en las que actualmente colabora comprenden el estudio de suelos, y residuos de la construcción y demolición. Es miembro de la red de cristalógrafos de la IUCR, del Comité de Normalización en Nanotecnologías y de la ISO.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9422-5208>

Ruiz Ruiz, Rosalía

Profesora de asignatura, adscrita a la facultad de Ingeniería Civil, es Ingeniera Civil y Maestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Miembro del padrón de investigadores de Michoacán. Actualmente es doctorante en el posgrado de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Está interesada en el aprovechamiento de residuos como materiales de construcción y evaluación ambiental mediante análisis de ciclo de vida.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8828-3380>

Ruiz Torres, Raúl Pavel

Profesor de tiempo completo en la FA-UNACH, Doctor en Arquitectura (UCOL-PIDA). Posdoctorado y cátedras por CONAHCYT en la FA-UADY. Miembro del Cuerpo Académico COCOVI, y del laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables Sede UNACH; miembro de la directiva IPBSA-México. Trabajo de investigación relacionado en vivienda y comunidades vulnerables. Actualmente coordina el proyecto nacional de investigación e incidencia 321260 de CONAHCYT del Pronace de Vivienda.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5707-0411>

Sánchez Calvillo, Adrià

Arquitecto técnico, especialista en Restauración, Maestro en Construcción Avanzada y Doctor en Arquitectura. Es investigador posdoctoral en la facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH y también realiza labores de divulgación. Sus líneas de investigación incluyen la arquitectura vernácula y la construcción con tierra, la vulnerabilidad sísmica de viviendas tradicionales, el diseño y caracterización de materiales de construcción de bajo impacto ambiental y el uso de los medios audiovisuales para el estudio del patrimonio cultural.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3653-8000>

Sánchez Pérez, Ramiro Rufino

Estudiante del programa educativo de Arquitectura por la Universidad Veracruzana región Veracruz y colaborador del cuerpo académico habitabilidad y tecnología sostenible UVCA440. Coordinó al grupo de estudiantes de servicio social que participaron en el diagnóstico comunitario realizado en la colonia Amapolas de la

ciudad de Veracruz, investigación institucional que contribuyó al Macroproyecto Multidisciplinar para el Desarrollo Social y Comunitario.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8492-6252>

Santamaría López, Jesús Martín

Ingeniero civil con Maestría en Construcción por la facultad de Ingeniería Región Veracruz de la Universidad Veracruzana. Profesor de tiempo completo y actualmente director de la facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, es integrante del cuerpo académico UV-CA440. Evaluador nacional de calidad educativa para PRODEP y CACEI, A.C. Énfasis en proyectos del Área de Infraestructura y Vivienda e Ingeniería Vial.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2236-8984>

Santos Morales, Nury Selene

Arquitecta y geógrafa por la Universidad Veracruzana, con un diplomado en Análisis de Información Geoespacial por el Centro Geo CONAHCYT, actualmente cursa la Maestría en Arquitectura, con un desempeño laboral como auxiliar de investigador SNI I en el proyecto Binacional con el Instituto de Ecología A.C, asimismo, fue técnica operativa en la actualización del marco Geoestadístico Nacional en INEGI. Posteriormente, participo como proveedora de servicios especializados para la Administración Portuaria Integral de Veracruz.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1594-0639>

Solís Granados, Juan Carlos

Arquitecto, Especialista en Valuación de Inmuebles, Mtro. en Arquitectura y Urbanismo, Doctor en Estudios Regionales. Profesor de la facultad de Arquitectura de la UNACH, colaborador del cuerpo académico componentes y condicionantes de la vivienda. Líneas de investigación: diseño participativo; diseño arquitectónico participativo, desarrollo comunitario y participación ciudadana, inclusión social en el diseño de la vivienda y el hábitat, tecnología de la vivienda y el hábitat y el diseño participativo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2609-3420>

Sosa Contreras, Alan

Arquitecto por la BUAP, con semestre cursado en el máster de ingeniería civil en INSA, Rennes. Maestrante en Tecnologías en Arquitectura de la UNAM. Participó en el curso de inmersión en bioconstrucción y trabajó en C. Sana, desarrollando proyectos de vivienda bioconstruida. Colaboró en el taller de construcción con tierra para maestros albañiles de la UNAM, HOLCIM y Proyecto-CEELA. Impartió el taller de entramados en la feria de la bioconstrucción y la vida sostenible 2023. Ponente en la Red de Vivienda y Hábitat Sustentable de México y en el SIACOT 21.

Tahuiton-Mora, Antonio

Doctor en Arquitectura. Profesor en la Universidad Autónoma de México (UNAM), México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0475-7097>

Google Académico: <https://scholar.google.com/citations?user=ER8ZpnkAAAA-J&hl=es>

Torres Calderón, Marisol Guadalupe

Pedagoga por la Universidad Veracruzana, con Maestría en Educación y especialidad en Gestión Directiva por la Universidad Jean Piaget, colaboradora de la Coordinación Regional de Desarrollo Institucional de la Vicerrectoría Región Veracruz y coordinadora del Macroproyecto Multidisciplinar para el Desarrollo Social y Comunitario.

Varas Santamaria, Maureen Freya

Licenciada en Ingeniería Industrial por la Universidad Veracruzana. Ha participado en proyectos de investigación, desarrollo e innovación, tal es el caso de la competencia internacional Social Business Creation, con los proyectos KotS (2021) y B-Pallets (2022). Actualmente estudia Global Supply Managment en Wayne County Community College en Detroit, Michigan, enfocándose en logística y cadena de suministro con una visión global.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0317-9697>

Velázquez Pérez, Judith Alejandra

Estudiante del programa de Doctorado de la facultad de Ingeniería Civil donde también está adscrita como profesora de asignatura. Es maestra en Ciencias en

Ingeniería Ambiental, se ha especializado en el diseño, síntesis y caracterización en la innovación y restauración en materiales patrimoniales, reciclables y sostenibles para la construcción

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9342-8580>

Winfield Reyes, Fernando Noel

Arquitecto por la Universidad Veracruzana con Maestría en Artes en Diseño Urbano por la Oxford Brookes University en Inglaterra y Doctorado en Arquitectura y Urbanismo por la ETSAM de la Universidad Politécnica de Madrid. Es Profesor de la facultad de Arquitectura en la Universidad Veracruzana Región Xalapa. Entre 2006 y 2010 fue Subdirector de proyectos del comité de Construcción de Espacios Educativos del Estado de Veracruz. Es miembro del SNII, nivel I.

Habitabilidad y tecnología sostenible. Aproximaciones desde la academia a la práctica social, de

Miriam Remess Pérez (coordinadora), fue publicado en noviembre de 2025 por Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V. , se terminó de imprimir en noviembre de 2025, en los talleres de Litográfica Ingramex, S. A. de C. V., Centeno 162-1, Granjas Esmeralda, 09810, Ciudad de México. El tiraje fue de 250 ejemplares impresos y en versión digital para acceso abierto en los formatos PDF, EPUB y HTML.

El presente libro tiene como finalidad dar a conocer experiencias de éxito e investigaciones que abordan algunos de los problemas de los sectores más vulnerables de la población, desde la arquitectura, el urbanismo, la ingeniería, los procesos sociales, la comunicación y la participación comunitaria. El objetivo de todo ello es generar espacios de vida sostenible, con bajo impacto ambiental y costo accesible, que se adapten a las condiciones del entorno medioambiental, económico y sociocultural.

Esta publicación congrega el trabajo de un grupo de universitarios, profesores y estudiantes de distintas disciplinas, tanto de licenciatura como de posgrado, que forman parte de la Red de Vivienda y Hábitat Sustentable de México. Los autores comparten el interés por reducir el rezago y cuidar el medioambiente.

El libro reúne 22 capítulos organizados en cinco grandes ejes: la universidad ante las problemáticas sociales; habitabilidad, tecnología y construcción; arquitectura y urbanismo sostenibles; vinculación social universitaria en zonas vulnerables; y emprendimiento social. Asimismo, se plantean criterios para aprovechar las condiciones naturales del entorno como punto de partida del diseño arquitectónico de espacios habitables. También se incluyen propuestas para usar y aprovechar materiales naturales, reutilizar materiales industrializados e incorporar principios de economía circular, para contribuir a que disminuya el impacto ambiental y económico de la construcción.

A lo largo del libro se refleja la sensibilidad de sus autores, quienes, desde una perspectiva muy humana —y no solo técnica o metodológica— plantean de manera innovadora soluciones efectivas a los retos actuales.



Miriam Remess Pérez es arquitecta con maestría por la Universidad Veracruzana y doctorado por la UNAM, docente en la Universidad Veracruzana desde 1996. Se desempeñó como coordinadora del Programa Educativo de Arquitectura. Sus líneas de investigación son la edificación y ciudad sustentable. Ha realizado estancias en el extranjero y publicado en diversos medios.



Dimensions

RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas
2000922



Dialnet



[DOI.ORG/10.52501/CC.300](https://doi.org/10.52501/CC.300)



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS

HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

www.comunicacion-cientifica.com



9 786072 628830