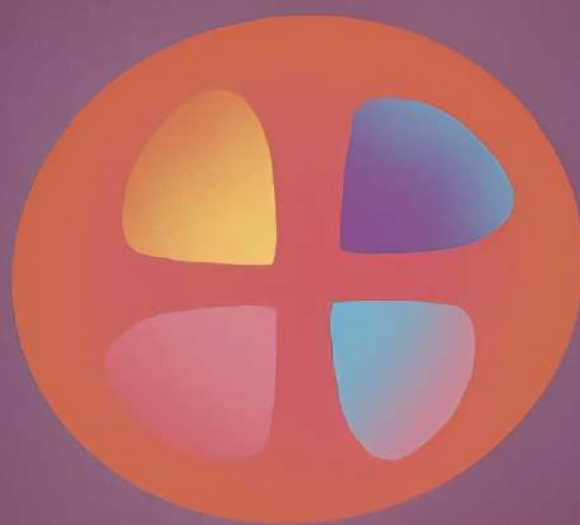


TÉCNICAS Y ESPACIO: INNOVACIONES EMERGENTES EN INVESTIGACIÓN ARQUITECTÓNICA Y URBANA

VICTORIA AMADOR RODRÍGUEZ Y BLANCA INÉS AGUILAR FRÍAS
(COORDINADORAS)



TÉCNICAS Y ESPACIO:
INNOVACIONES EMERGENTES EN INVESTIGACIÓN
ARQUITECTÓNICA Y URBANA

TÉCNICAS Y ESPACIO:
INNOVACIONES EMERGENTES EN INVESTIGACIÓN
ARQUITECTÓNICA Y URBANA

VICTORIA AMADOR RODRÍGUEZ
BLANCA INÉS AGUILAR FRÍAS
COORDINADORAS





**Ediciones
Navarra**

Van Ostade núm. 7, Alfonso XIII, 01460,
México, Ciudad de México.

Primera edición: 2025

Técnicas y espacio: innovaciones emergentes en investigación arquitectónica y urbana

Coordinadores: Victoria Amador Rodríguez, Blanca Inés Aguilar Frías

Cuidado de la edición: Adlaí Navarro García

Diseño de portada: Bernardo Navarro E., sobre ilustración de Karen Pérez Morales.

Diagramación: Rafael Franco Calderón

ISBN: 978-607-26974-4-7

D.R. © Ediciones Navarra

Van Ostade núm. 7, Alfonso XIII,
01460, México, Ciudad de México

www.edicionesnavarra.com

www.facebook.com/edicionesnavarra

www.edicionesnavarra.tumblr.com

@Ed_Navarra

Queda prohibida, sin la autorización escrita del titular de los derechos, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento.

Impreso y hecho en México.

Índice

PRÓLOGO | 7

Blanca Inés Aguilar Frías

DISEÑO DE ESTRUCTURA LIGERAS PARA ESPACIOS URBANOS SUSTENTABLES Y SOSTENIBLES | 9

Carlos César Morales Guzmán, Jesús Martínez Bocardi y Blanca Inés Aguilar Frías

VIVIENDA TRADICIONAL EN LAS COMUNIDADES DE EL CEDRO, ARROYO GRANDE N°. 2 Y CERRO SOLO EN EL MUNICIPIO DE PAPANTLA, VERACRUZ | 27

Blanca Gabriela de Regil Salgado, Edith Gallardo del Ángel y Álvaro Hernández Santiago

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, IMPLICACIONES EN LA ARQUITECTURA | 39

Jesús Martínez Bocardi, Blanca Inés Aguilar Frías y Carlos César Morales Guzmán

LOS CIRCUITOS VIALES COMO DETONANTES DEL CRECIMIENTO DE LA MANCHA URBANA. CASO EL ORO NEGRO EN POZA RICA, VERACRUZ | 49

Jesús Ceballos Vargas y Diego Arturo Torres Hoyos

UBICACIONES ESTRATÉGICAS PARA LA ATENCIÓN A DESASTRES EN EL NORTE DE VERACRUZ | 63

Heidi Lizbeth Monroy Carranza, Jesús Martínez Bocardi y Álvaro Hernández Santiago

PROYECTO DE IMAGEN URBANA DEL EMBARCADERO EN CAZONES, VERACRUZ | 75

Héctor Rivera Torres y Omar David Valentín Peralta

LA REUTILIZACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO INDUSTRIAL EN DESUSO.

CASO DE ESTUDIO POZA RICA, VERACRUZ | 89

Diego Arturo Torres Hoyos, Jesús Ceballos Vargas y Carlos César Morales Guzmán

PROTOTIPO DE VIVIENDA CON BAMBÚ *GUADUA ACULEATA*: SISTEMA CONSTRUCTIVO ALTERNATIVO PARA LA PRODUCCIÓN SOCIAL DE LA VIVIENDA | 101

Álvaro Hernández Santiago, Heidi Monroy Carranza y Jesús Martínez Bocardi

RAÍCES Y RENOVACIÓN: VIVIENDA TRADICIONAL EN LA ZONA METROPOLITANA DE POZA RICA, VERACRUZ, MÉXICO | 123

Blanca Inés Aguilar Frías, Jesús Martínez Bocardi y Carlos César Morales Guzmán

Prólogo

Como una disciplina multidimensional, la arquitectura presenta desafíos actuales que requieren soluciones innovadoras y sustentables. El presente documento está integrado por investigaciones que abordan temas fundamentales que conectan la teoría, la práctica y el impacto social, explorando desde estructuras ligeras hasta el uso de tecnologías de inteligencia artificial y drones, pasando por exploraciones de antropología social, estudio del medio, vivienda tradicional, el desarrollo de la ciudad en la práctica arquitectónica y el nuevo urbanismo. Cada uno de estos enfoques no sólo refleja un compromiso con el desarrollo sustentable, sino también una profunda conexión con las necesidades sociales y ambientales de nuestra comunidad.

En cuanto a estructuras ligeras, se presenta el diseño de estructuras ligeras itinerantes como propuesta que combina innovación estructural y adaptabilidad, desarrollado a través de un prototipo experimental donde para su diseño se empleó *software* especializado.

Respecto de las viviendas construidas con bambú, se proponen soluciones habitacionales resilientes y ambientalmente responsables con el entorno inmediato. Con este análisis de vivienda en comunidades totonacas de Veracruz se plantea un diseño apto para la localidad específica con base en un enfoque de preservación de tradiciones culturales.

En virtud de que se analiza la integración de herramientas de inteligencia artificial (IA) para la práctica arquitectónica, lo que representa un cambio significativo en el diseño y la construcción, este análisis se basa en tecnologías inteligentes que pueden optimizar los procesos creativos y técnicos a la vez que consideran aspectos éticos y profesionales.

Tratándose del análisis de asentamientos humanos, esta investigación destaca la importancia del trazo y la construcción de ejes viales, más allá de tan sólo mirar la infraestructura necesaria para el desarrollo urbano, sino que a su vez observa a través del levantamiento topográfico y el procesamiento de imágenes espectrales la zona susceptible de adecuación por vulnerabilidad, en pro de la planificación urbana.

En cuanto a la prevención y atención a desastres, se aborda la crucial necesidad de contar con datos organizados que faciliten la atención en zonas vulnerables de la ciudad. Se propone estrategias para la localización de equipamiento e infraestructura.

La vinculación universitaria es esencial en el desarrollo de proyectos y en esta ocasión esta colaboración promueve el desarrollo sostenible y la regeneración urbana desde el nodo clave de la cooperación entre la planificación y la gestión del territorio del Ejido Barra de Cazones.

Con la temática del espacio público, se incorpora una presentación que muestra el binomio entre ciudadano y sus lugares de identidad que son esenciales para el equilibrio de la sociedad y la producción de la cultura. Así, también se expone la necesidad social de organizar las áreas de la ciudad a través de un esquema de gestión y participación ciudadana.

Ahora, tratándose de vivienda rural, se presenta un trabajo que incluye un análisis sobre la especie *guadua aculeata* y su potencial para la implantación en viviendas rurales, ya que se ofrece como una alternativa dirigida para la producción de vivienda social.

Finalmente, se trae a la mesa un estudio que centra su quehacer en la vivienda tradicional y donde se analizan las condiciones climáticas locales, la capacidad de adaptación social y ambiental, así como la observación de los materiales y los desafíos que enfrentan estas viviendas en la zona.

Este documento concentra una serie de aportaciones académicas; es un llamado a conocer el valor de las investigaciones llevadas a cabo en la Facultad de Arquitectura Región Poza Rica-Tuxpan de la Universidad Veracruzana. Son el reflejo de involucrar la docencia con la investigación en aras de construir un camino que integre los avances y resultados que con el tiempo se va cerrando.

Blanca Inés Aguilar Frías

Diseño de estructura ligeras para espacios urbanos sustentables y sostenibles

Carlos César Morales Guzmán,* Jesús Martínez Bocardi**
y Blanca Inés Aguilar Frías***

Resumen

La presente investigación se desarrolló para generar una propuesta de cubierta ligera itinerante, orientada al área de la tensegridad, ya que este tipo de estructuras pueden cubrir claros importantes. Por ello se construye una metodología de diseño basada en las teorías de Kenneth Snelson, para realizar un prototipo experimental, el cual podrá determinar los posibles tipos de configuración de un modelado itinerante basada en una cubierta tensada. El resultado será la simulación estructural del modelo final con el *software WinTess*, ya que este programa puede calcular estructuras dinámicas por densidad de fuerza.

Así, esta disertación se centró en el estudio de una tensegridad de sistema abierto, para generar un catálogo de posibles modelados de cubiertas, adecuados con un prisma formado por tensegridad. Con ello generamos ejemplos de aplicación, por lo que se presentan algunos casos académicos que se desarrollaron en los talleres de diseño de la carrera de Arquitectura y el tipo de cubiertas modeladas que pueden generar una propuesta. Primeramente se analizará el sitio y su contexto, la segunda el desarrollo de modelos arquitectónicos que se adapten al contexto climático y urbano de la zona, y así emplear estas superficies que pueden mejorar la calidad de vida y la convivencia social en la mancha urbana de la ciudad.

Palabras clave: estructuras de tensegridad, metodología de diseño, manufactura de cubiertas ligeras.

* Universidad Veracruzana, Profesor-Investigador.

** Universidad Veracruzana, Profesor-Investigador.

*** Universidad Veracruzana, Profesor-Investigador.

Abstract

This research aims at generating a proposal for a traveling light cover for the area of tensegrity. Since this type of structures can cover important spans, a design methodology based on the theories of Architect Kenneth Snelson, in order to make an experimental prototype, which will be able to determine the different types of configurations that a traveling model can have based on a tensioned roof. The end-result will be the structural simulation of the final model using the *WinTess software*. As this program can calculate dynamic structures by force density, so this dissertation is focused upon the study of an open system tensegrity, to generate a catalog of possible roof modeling from a prism formed by tensegrity.

With this we produce application examples in order to present the academic cases developed in the design workshops of the Architecture Department and the type of modeled roofs that can generate a proposal. This we will first describe the site and its context, and secondly, the development of architectural models adapted to the climatic and urban context of the area, to consequently use these surfaces to improve the quality of life and social coexistence of an urban area.

Keywords: tensegrity structures, design methodology, manufacturing of light roofs.

Introducción

En la siguiente investigación se desarrollará un modelo de cubierta ligera generada por una estructura a base de tensegridad y una membrana estructural. Este proyecto se basa en las teorías de Kenneth Snelson, quien fundó una sucesión de premisas que permiten realizar diversos tipos de modelos de los cuales podemos dimensionar una red comprimida a base de tracciones. Apoyándonos en esta apertura de postes y redes de cables atirantados, verificaremos si su ligereza y el peso propio de la construcción puede disminuir el tiempo de edificación en las cubiertas ligeras, para cubrir grandes claros. Por ello dicha propuesta se construirá con materiales reciclados y sostenibles, lo cual favorece la transportabilidad de dichas estructuras. En consecuencia, esta implementación de cambio de material es menos agresiva al medio ambiente en comparación con otros materiales, lo cual mejora el ciclo de uso de los materiales.

Nuestro propósito es el estudio de la forma y su aplicación en el diseño, pero también verificaremos sus propiedades constructivas en la arquitectura, a fin de concluir en una propuesta tecnológica constructiva más sencilla de desarrollar, y verificar las ventajas que conlleva realizar una serie de pasos para entender un sistema de tensegridad: primeramente, entender que es una tensegridad, ya que existe una variedad de formas de realizar un sistema tensado. Sin embargo, para esta disertación realizaremos con base en un modelo de tensegridad simple, conformada solamente de elementos donde su figura se realiza a base de prismas triangulares, cuadrangulares, pentagonales, hexagonales, etcétera. Esto nos condiciona a realizar los modelos de diseño en formas más exactas y que el modelo puede ser un sistema abierto; esto quiere decir que cualquier punto de apoyo de dicho prototipo podrá ser anclado al suelo y no perderá su propiedad en el pretensado, en comparación con los modelos de sistema cerrados que necesitan de un apoyo para anclarse y obtener el pretensado en el sistema.

Por lo que se ha desarrollado una metodología de diseño para construir un sistema de tensegridad que se pueda desarrollar con una sencillez y facilidad para generar sistemas de tensegridad abiertos, la cual puede representar en cualquiera de sus puntos un apoyo de anclaje. Ello lleva a experimentaciones en la forma mediante geometrías a base de prismas de tensegridad simple, por lo que la construcción experimental desempeña un papel especial. En consecuencia, se ha generado un módulo experimental a escala 1:1 para demostrar la capacidad de manufactura y estabilidad constructiva, para someter una propuesta de cubierta de grandes claros o de implementación urbana para áreas sociales o recreativas.

Método

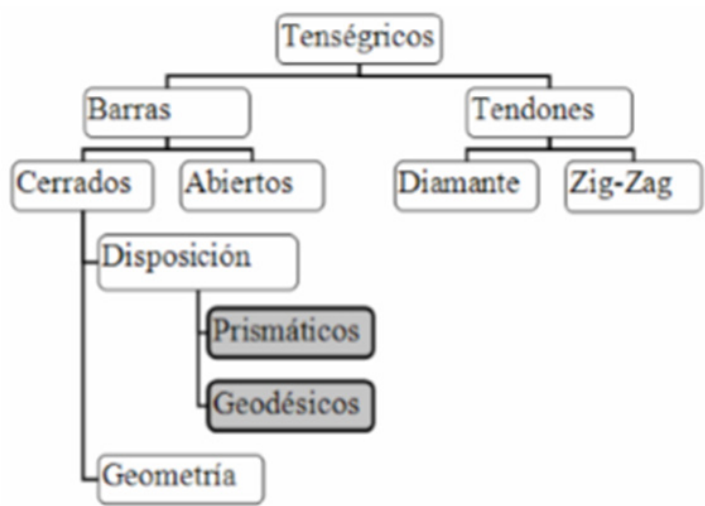
Hipótesis: definición y teoría

Antes de presentar una metodología, definiremos las características de este tipo de sistemas estructurales para que se les pueda considerar su tensegridad:

La palabra tensegridad es un invento: es la contracción de integridad tensional. Tensegridad describe un principio estructural en el que la forma estructural está garantizada por un número finito cerrado, integral, con tensión continua en el sistema y no por las conductas exclusivamente locales de los miembros de compresión discontinua... (Fuller, 1975).

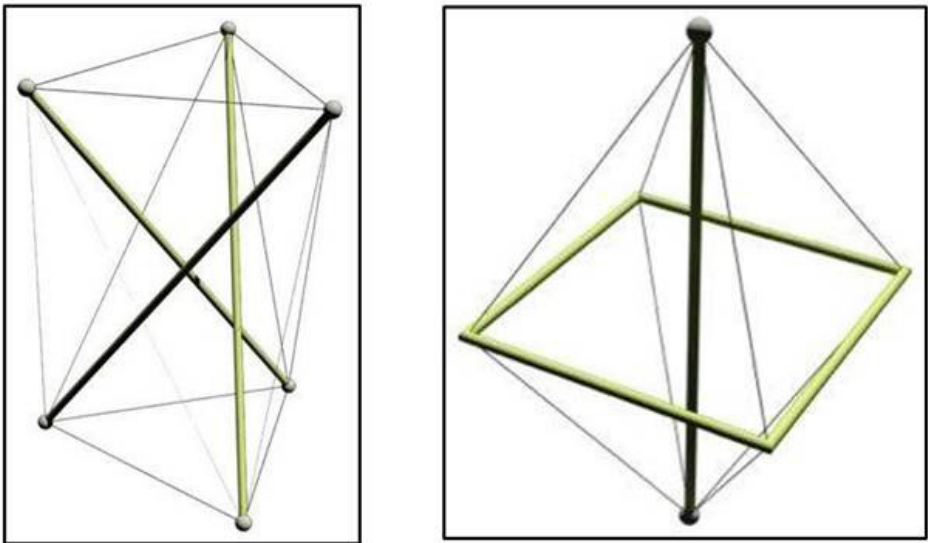
Inicialmente, se verá su primera característica, el equilibrio y su estabilidad, la cual debe ser constante porque el sistema se cimienta en su equilibrio para soportar movimientos externos. Este equilibrio no necesita por sí mismo otra condición de sujeción, pues es independiente de fuerzas externas (incluso de la gravedad) o de anclajes debido a que su estado inicial de pretensado la estabiliza su propia forma. Su segunda característica es que se constituyen en componentes y no elementos: en contraste, al término “elemento” puede ser una barra, un cable, una membrana, un volumen de aire, un ensamble de componentes elementales, etcétera, por lo que un componente puede ser comprimido o traccionado y reparte mejor ese esfuerzo que ejerce en la masa, lo que genera una unidad estable de módulos debido al pretensado inicial (Motro, 2013). Una característica añadida al sistema es la utilización de barras de bambú como un elemento sostenible que puede sustituirse en algún momento por otro elemento de la misma especie de bambú, que también ayuda a reducir el peso de dicho sistema estructural, mejorando la transportabilidad de la propuesta final. Con ello obtendremos una mejora en la estética de la estructura que mejorará la arquitectura de la construcción. Estas descripciones y características nos brindan el componente de diseño para desarrollar el tipo de tensegridad que vamos a diseñar. Por ello se describen los pasos de configuración (figura 1), donde las barras estarán configuradas con un sistema cerrado o abierto y con la posibilidad de tener una disposición primática o geodésica (figuras 2 y 3); en cuanto a los tendones, pueden estar conectados a las barras en posición de diamante o en zig zag para darnos el componente geométrico final. Para nuestro caso, volúmenes prismáticos de base poliédrico se emplean para desarrollar una matemática simple en la geometría final; esto permitirá construir un sistema de tensegridad cerrado (que cualquier componente puede ser un apoyo de anclaje) y no una tensegridad abierta (que necesita de un anclaje para cerrar el sistema). Por ello nos referimos a los sistemas de tensegridad cerrados (Broto, 2006; Bustelo, 2005).

Figura 1. Esquema básico de diseño de una tensegridad



Fuente: Ricardo Ricaño, 2017.

Figuras 2, 3. Configuraciones básicas de la tensegridad



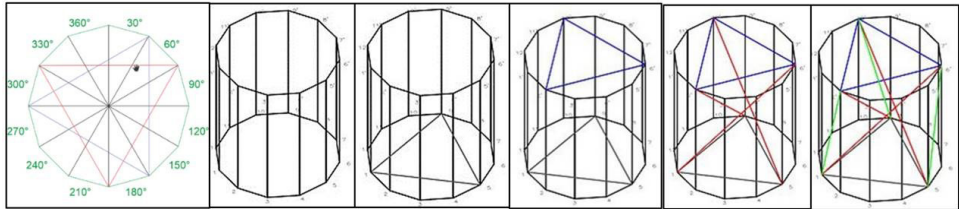
Fuente: Ricardo Ricaño, 2017.

Búsqueda de la forma

Para entender cómo desarrollar la forma de un sistema de tensegridad, desarrollamos modelos geométricos prismáticos, derivados de una tensegridad simple, la cual se genera con caras planas en su parte superior e inferior que permiten que la altura pueda variar —al igual que el tamaño de la cara superior e inferior (figura 4)—, por lo que su configuración es bastante sencilla para realizar las primeras aproximaciones de diseño de este sistema geométrico (figuras 5 a 7). Posteriormente se construye una tensegridad simple de cara triangular en la parte superior e inferior del prisma, y se configuran los tendones en zig zag para generar la tensión en las barras y comprimirlas al grado de que tracciona todo el componente en varias direcciones, para dar estabilidad y autoequilibrio en su propio sistema, por lo que el siguiente paso es una serie de configuraciones de este prisma (figuras 8 a 11). Primeramente sobreponemos los componentes en forma vertical hasta formar una columna tensada en diferentes posiciones —gracias al sistema cerrado que estamos aplicando en los modelos—, la cual tiene la propiedad que cualquier cara puede ser apoyada en una base. En consecuencia, realizamos una configuración geométrica en forma de arco cerrado con los mismos componentes prismáticos tensados, por lo cual notamos que una figura simple y modular puede volverse compleja, pero mejor equilibrada, si se combina adecuadamente con la forma de todos sus componentes.

Se realizaron asimismo modelos donde los tendones o cables son una membrana y la configuración del componente genera aún más estabilidad y equilibrio al sistema y la aplicación podría ser más funcional a los futuros modelos arquitectónicos que se podrían desencadenar, si se toma en cuenta desde un principio el modelado de una membrana dentro de una tensegridad (figuras 12, 13). Estos ejemplos se construyeron con primas cuadrados, hexagonales y decágonos, su característica constructiva fue interesante, ya que se pudo realizar un patronaje para pretensar la geometría final de los modelos (Llorens, 2000; Morales, 2019a).

Figura 4. Geometrías prismáticas básicas para desarrollo de un módulo de tensegridad



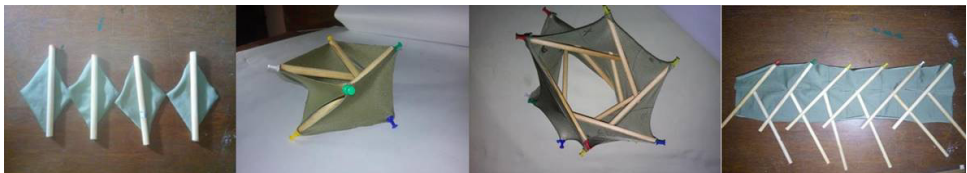
Fuente: Ricardo Ricaño, 2017.

Figuras 5-7. Modelación de un módulo prismático tensado



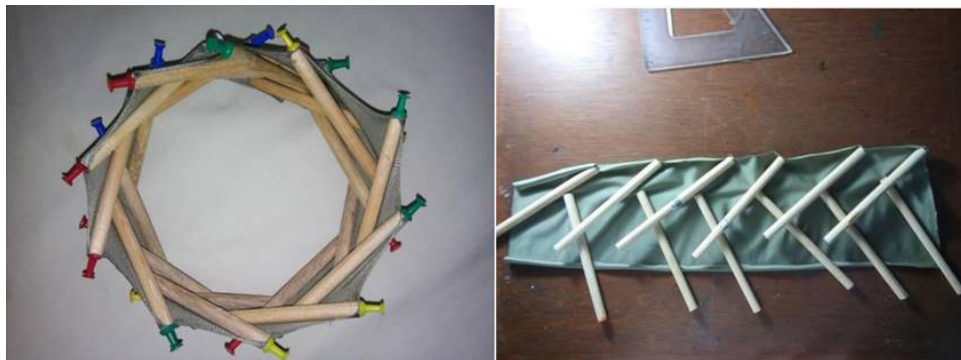
Fuente: Ricardo Ricaño, 2017.

Figuras 8-11. Configuraciones más complejas partiendo del módulo básico prismático



Fuente: Ricardo Ricaño, 2017.

Figura 12 y 13. Desarrollos más complejos



Fuente: Ricardo Ricaño, 2017.

Resultados de la investigación

Construcción de prisma triangular

Para la construcción de este prototipo, se ocupó un material alternativo, en este caso una especie de bambú estructural llamada *angustifolia*. Este material produce un menor impacto en la huella de carbono. En los últimos años en la región ha sido empleado con mucha frecuencia en la comunidad, aunque no sea un material certificado y estandarizado como en Colombia, por lo que lo manejamos con cierto cuidado, para obtener una resistencia adecuada al uso que se le vaya a dar y proteger al usuario final. En la zona varias empresas se dedican a los cultivos de dicho material, y también hacen el tratado de conservación del mismo para su vida útil. Dicho esto y ya realizado el diseño estructural de la propuesta, se conforma el proceso de manufactura de la propuesta final. Éste se construye con barras de bambú angustifolio de 100 cm de perfil, el más comúnmente vendido, mientras que las conexiones de las barras son de acero de cédula 40 con varillas soldadas con pestañas de barras lisas de $\frac{3}{8}$ ”, ahogadas con cemento grout, pues nos da una resistencia de 300 kg/cm^2 en tan sólo tres días de secado rápido, brindando una mayor resistencia a la compresión a nuestra barra de bambú; los tendones o cables son de acero de $\frac{3}{16}$ ” con un carga de ruptura de 3,700 libras, sujetas con tres accesorios de grapa de acero al carbón de $\frac{1}{8}$ ”, para darle mayor resistencia al pretensado del módulo prismático (Guinnar, 2002). El primer paso es el cortar los miembros del bam-

bú a 1.70 m y manufacturar el nodo de conexión que va a ir ahogado dentro del poste nivelado y llenado con cemento grout para darle mayor resistencia a la comprensión por la tracción que van a ejercer los cables en las conexiones. Posteriormente, ya secados los postes del sistema constructivo, se conectan los cables a las barras, dispuestas primeramente en planta para ver cómo será el desarrollo del componente, lo cual se hace para verificar la primera prueba de montaje con los cables sujetos a la cara superior e inferior de un módulo (figuras 14 a 17); esto se realiza para observar que la forma de la tensegridad vaya de acuerdo con las medidas propuestas. En consecuencia, los cables diagonales se unen en los nudos para generar el pretensado del componente (figuras 18-21). El método para pretensar este primer módulo fue hecho con una matraca o tensor de 2" de espesor con una resistencia a tracción de $3,750 \text{ kg/m}^2$ (figuras 22-24) (Morales, 2023).

Figuras 14-17. Construcción de las barras de bambú



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Figuras 18-21. Medición de las conexiones para el prisma



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Figuras 22-24. Armado del módulo primático



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Dentro de los módulos prismáticos de apoyo se fabricaron puntales que sostendrían las cubiertas modulares de la membrana compuestas con un poste levitando en su centro. Se ejecutó el mismo procedimiento de pretensado que el del módulo prismático, pero con una variación que primeramente se pretensó con las matracas y sus conexiones se fueron sustituyendo por cables (figuras 25, 26) (Llorens, 2003, 2011).

Figura 25, 26. Armado del prisma triangular terminado

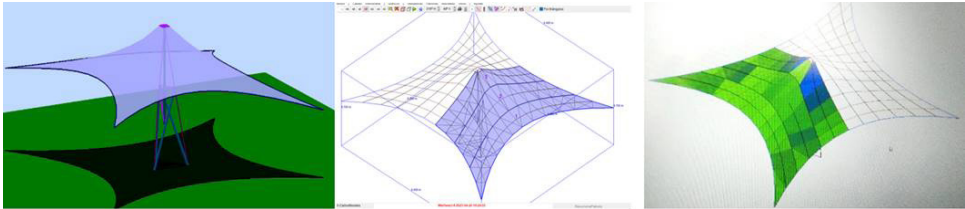


Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Manufactura de la malla

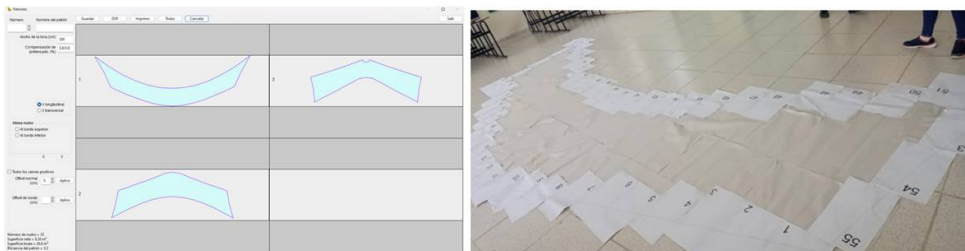
Para concluir el modelo final, se fabrica una cubierta hecha de una membrana de PVC; se escoge una malla de invernadero de 50 por ciento de traslucidez, ya que las mallas de 60, 70 y 95 por ciento excederían el costo de manufactura del módulo. Por ello, se optó por una malla más barata. También, para reducir los gastos, se manufacturó la costura de dicha membrana in situ. Previamente, se realizó una simulación de patronaje para calcular las curvas geodésicas con que contaría la cubierta. En dicho análisis se observa que los gajos tienen un radio de tolerancia menor a 2.5 cm. Esto quiere decir que el diseño del patrón está dentro del umbral de tolerancia (figuras 27-29). Posteriormente, se exportaron con una extensión dxf, para manipular el gajo en AutoCAD. Esto llevó a imprimir los gajos para ver la compatibilidad de conexión de los patrones en papel y ésta diera la forma de la cubierta final (figuras 30, 31).

Figuras 27-29. Desarrollo y diseño del patronaje de la membrana



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Figuras 30, 31. Exportación e impresión del patronaje de la membrana



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Siguiendo con la construcción de la cubierta, se corta la malla en gajos respetando la forma del patronaje. A ésta se le deja una pestaña de tolerancia de 5 cms, que unirá los patrones de la cubierta. Por consiguiente, ya terminado de unir todas la costuras (figuras 32-34), se realizan los accesorios de detalles de conexiones con varillas corrugadas de $\frac{3}{8}$ ” de espesor. Se escoge este material, ya que es muy fácil de adquirir y el modelo no necesita mucha resistencia al tirón por tensión, ya que ésta sólo tiene un arrastre de tensión de 250 kg en los puntos más bajos y en la linternilla de 575 kg de compresión distribuidos en cuatro direcciones (figuras 35-38). Por ello, es suficiente este diseño de uniones para una estructura itinerante. La utilidad de la linternilla central servirá para dos cosas: primero, para darle forma y equilibrio a la cubierta y, segundo, para la succión de viento caliente dentro del espacio.

Tras obtener las dos partes principales de este prototipo, se procede a armar el modelo final con cuatro anclajes de postes reciclados de acero, los cuales se entierran a 60 cms y se compactan al 95 por ciento para que tengan mayor adherencia al suelo. De ahí se coloca un cable de $\frac{5}{16}$ ”, con un tensor de la misma medida para hacer tensión en los extremos y la cubierta pueda mantener la forma final que se puede observar en las figuras 39 a 42. Con estos simples pasos se termina la manufactura de la cubierta itinerante.

Figuras 32-34. Manufactura del patronaje de la malla sombra de invernadero



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Figuras 35-38. Manufactura de los detalles de unión de la cubierta



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Figuras 39-42. Armado de la cubierta con el módulo prismático triangular



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Como ya se ha comentado, esta estructura es itinerante, y su función principal es la transportabilidad, por lo cual puede ser trasladada muy fácilmente. Para instalar en todo tipo de terrenos, el modelo tiene algunas condicionantes que se deben respetar: ésta dependerá donde se plantee izar; si es para lugares no urbanizados dependerá del anclaje; ésta puede ser con mástiles enterrados para sujetar las cuatro direcciones de la cubierta y evitar las volcaduras por el viento. El costo general de esta construcción fue de 12 mil pesos sin ningún anclaje de concreto (zapatas). Con la cimentación agregada, los pozos de anclajes para las cubiertas y la membrana arquitectónica de 95 por ciento, nos da un total de 21 mil pesos, por lo que el modelo es de muy bajo costo (figuras 43, 44). Por la misma forma de la cubierta, y como está dispuesta su linterna en la parte central del prisma tensado, se crea un efecto de succión de aire caliente dentro de la estructura (figura 45), el cual permite una regulación

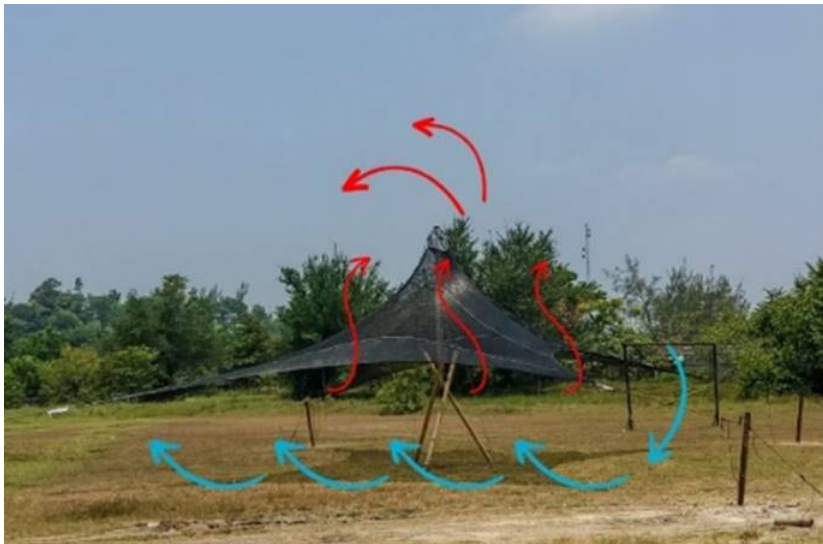
térmica del espacio debajo de la cubierta, que mantiene fresca la zona donde va a estar el usuario final.

Figuras 43, 44. Prototipo final terminado



Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Figura 45. La forma del modelo genera una succión de viento caliente

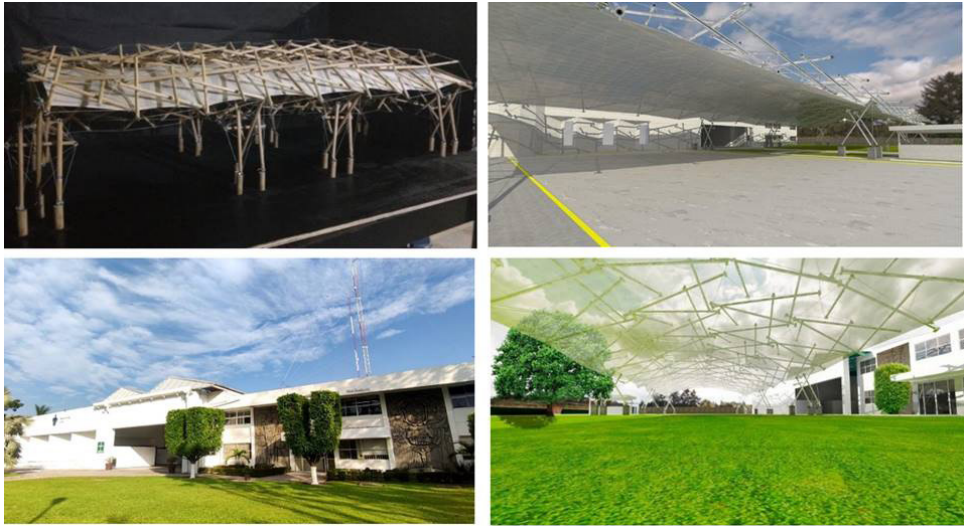


Fuente: fotografías de Carlos César Morales, 2019a.

Conclusiones

En arquitectura hace falta darle mayor difusión y redacción al conocimiento adquirido de este tipo de componentes de tensegridad. Si bien hay muchas propuestas de diseño experimental y de aplicación a estas estructuras temporales, la falta de difusión de una metodología de diseño intuitivo que desarrolle la facilidad de sobreponer rápido su geometría a los proyectos de arquitectura, adolece, en cierta manera, de aplicación, por lo que esta investigación trata de exponer la virtudes de este tipo de geometrías a las que se puede analizar con rigor científico. A nivel global, existe el desarrollo científico de procesos geométricos y constructivos de este tipo de estructuras singulares, como lo es, por ejemplo, la Universidad de Kent, en Reino Unido, con el proyecto novedoso de una forma escultórica que se suma a la creación de lugares únicos: el TensegríTree es, tal como está, una forma y geometría completamente nuevas en la taxonomía de las tensegridades, cuando casi todas las demás estructuras de tensegridad construidas físicamente usan formas preestablecidas, porque este tipo de aplicaciones se pueden realizar, pero aún no en una función arquitectónica. En Latinoamérica pocas facultades de arquitectura trabajan en el desarrollo constructivo de estos componentes autoequilibrantes. Sólo para mencionar algunas, la Universidad de Camagüey, en Cuba, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Universidad Nacional Autónoma de México, son algunas instituciones que realizan modelos geométricos simples como icosaedros y aplicados con materiales alternativos para desarrollarse en la arquitectura, por lo que vale la pena determinar una metodología más eficiente y rápida para diseñar los sistemas de tensegridad. Por tanto, determinada una metodología de diseño en el sistema de tensegridad y dado el comportamiento estructural que podrían tener sus conexiones con los componentes de una estructura pretensada, nuestra disertación configura una propuesta de diseño para posibles aplicaciones dentro de la Universidad Veracruzana (figuras 46-49): una cubierta de usos múltiples en el patio y estacionamiento de la vicerrectoría de la Región Poza Rica-Tuxpan, donde el requerimiento de diseño nos permite salvar un claro grande con este tipo de configuraciones simples, que, al modularse y repetirse, se vuelve una sistema más complejo, pero fácil de incluir en los proyectos de diseño.

Figuras 46-49. Prototipos y propuestas para proyectos arquitectónicos en vicerrectoría



Fuente: Ricardo Ricaño, 2017.

Referencias

- BLANCO BLANCH, Patricia, (2011), Pretensado de columnas tensegrity para el incremento de rigidez axial, tesis de investigación para Máster de Arquitectura. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.
- BROTO, C. (2006). *Cubiertas, innovación y diseño*. Editorial Links.
- BUSTELO LUTZARDO, J. A. (2005), *Equilibrio de tensiones*, Ediciones La Voz de Galicia, A Coruña.
- CHILTON, J. (2000), *Space Grid Structures*, Editorial Architectural Press, Oxford, Boston.
- FULLER, M. (2000), *Compresión de las estructuras en la arquitectura*, Editorial McGraw Hill.
- FULLER, R. B. (1975), *Synergetics*, MacMillan, New York.
- GÓMEZ JAUREGUI, Valentín, (2013), *Tensegridad. Estructuras tensegríticas en ciencia y arte*, Editorial Universidad de Cantabria, Santander.

- KENNER, H. (1976), *Geodesic Math and How to Use It*, University of California Press, Berkeley.
- MCCORMAC, Jack (2000), *Diseño de estructuras de acero, Método LRFD*, Editorial Alfaomega.

Artículos y ponencias

- BURKHARDT, R. W. (1994), *A Practical Guide to Tensegrity Design*, Software Services, Cambridge.
- GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, Mateo (2016), Resistencia a compresión y flexión de un Laminado de Guadua de bajo costo producido en Colombia, Conference, 11th World Bamboo Congress, México.
- LLORENS DURÁN, J. I. (2000), El Pabellón de Venezuela en Expo 2000 Hannover en II Jornadas Latinoamericanas de Arquitectura y Urbanismo 2001, Institut Català de Cooperació Iberoamericana-ICCI, *Col·lecció AmeryCat* N°. 3. Barcelona, pp. 130-137.
- LLORENS, J.; GARCÍA CH., Y PÖPPINGHAUS H. (2003), Tensegrity Structures for Textile Roofs, Textile Composites and Inflatable Structures, Cimne, Barcelona.
- LLORENS DURÁN, J. I. (2011), Los detalles constructivos de las tenso estructuras, IV Simposio Latinoamérica de Tenso Estructuras, Montevideo, 2011. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/15512/PONENCIA_LLORENS.
- MORALES GUZMÁN, Carlos César (2019a), Taller de Diseño Arq: Detalles, Licenciatura en Arquitectura, Universidad Veracruzana.
- MORALES GUZMÁN, Carlos César (2019b), Proceso de diseño de una cubierta con el principio de tensegridad para espacios de esparcimiento, Revista *Procesos Urbanos*, Vol. 6. <https://revistas.cecar.edu.co/index.php/procesos-urbanos/article/view/460>.
- MORALES GUZMÁN, Carlos César, (2023); Diseño y desarrollo de cubiertas ligeras formadas con sistemas de tensegridad, Revista *Modulo Arquitectura*, Vol. 31. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/4425>.
- MOTRO, R., (1996), Structural Morphology of Tensegrity Systems, *International Journal of Space Structures*, Vol. 11, IASS.

Tesis de grado y posgrado

- CORREA, J. C. (2001), Static Analysis of Tensegrity Structures, M.S. thesis, Mech. Eng, University of Florida, Gainesville.
- DÍAZ, Nelsy Johanna (2013), Sistemas tensegrity: diseño de un prototipo de un panel interior divisorio, tesis de Máster en Arquitectura, Universidad Politécnica de Catalunya.
- REYES NIETO, Edgar (2005), Estructuras de postes y cables “Tensegrity”, tesis de Maestría en Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- RICAÑO, Ricardo (2017), Propuesta de una cubierta de tensegridad para vice-rectoría, tesis de licenciatura, dirigido por Dr. Carlos César Morales Guzmán, Universidad Veracruzana.

Páginas web

- WinTess* Software, *Software* de simulación de tenso estructuras, Manual. <https://www.wintess.com/es/apoyo/manual/introduccion/wintess3/>.
- Normas Técnicas Complementarias de Construcción de CDMX (2020). <http://www3.contraloriadf.gob.mx/prontuario/resources/normatividad/69247.pdf>.
- SNELSON, K. (2012), Kenneth Snelson, New York. <http://www.kennethsnelson.net>.
- EUROCODIGO GT 5 (2019), encargado de la Comisión Europea para Estructuras de Membrana; Josep Ignasi Llorens de Duran. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/175230/Euroc%C3%B3digoGT_5_JI-deLlorens.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Vivienda tradicional en las comunidades de El Cedro, Arroyo Grande N° 2 y Cerro Solo en el Municipio de Papantla, Veracruz

Blanca Gabriela de Regil Salgado,* Edith Gallardo del Ángel**
y Álvaro Hernández Santiago***

Resumen

Este artículo forma parte de la investigación de Eficiencia Energética en la vivienda a base de bambú, alineado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, y al Programa ONU-Hábitat en el punto 5. Reducir el impacto ambiental de la vivienda e incrementar su resiliencia, para llegar a la propuesta de una vivienda “adecuada”. Para ello se identifican las características de la vivienda tradicional y vivienda totonaca, mediante un diagnóstico de las condiciones y características de la vivienda actual en la comunidades de El Cedro, Arroyo Grande N° 2 y Cerro Solo en el Municipio de Papantla, Veracruz, cuyos resultados marcarán la pauta para realizar un diseño situado, que culmina en la propuesta de una vivienda que cumpla con las necesidades de los habitantes, elaborada con materiales de la región y eficiente energéticamente.

Palabras clave: eficiencia energética, vivienda tradicional, totonaca, bambú.

Abstract

This article is part of an investigation on Energy Efficiency in bamboo-based housing. In line with the Sustainable Development Goals of 2030 Agenda, and point 5 of the UN-Habitat Program, it curbs the impact on the home environ-

* Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Técnico Académico.

** Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, secretaria de la Facultad.

*** Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Profesor de Tiempo Completo.

ment as it increases its resilience, in order to develop a proposal for a “suitable” home. The features of Traditional and Totonaca housing are therefore discussed, so to prepared a diagnosis of the conditions and characteristics of current housing in the communities of El Cedro, Arroyo Grande N° 2 and Cerro Solo in Papantla, Veracruz, whose results will set the tone for carrying out a situated design, concluding in the proposal of a home, made of materials from the region and energy efficient, that fulfils the inhabitants’ needs.

Keywords: energy efficiency, traditional housing, Totonaca, bamboo.

Introducción

La vivienda en México

Actualmente, en México las políticas nacionales de vivienda se desarrollan conforme al Programa Nacional de Vivienda 2021-2024, alineado a los criterios de vivienda adecuada de la ONU, siendo el de habitabilidad un indicador en rezago, que, si bien mejoró en las últimas décadas, disminuyó de un 33 por ciento en 2008 a 27.5 por ciento en 2018, con variaciones en las condiciones en cada estado de la República Mexicana, aunque es un factor importante para la problemática de vivienda. Otro indicador es la adecuación cultural de las técnicas y materiales utilizados en la construcción, el diseño de la vivienda y su entorno, que sean acordes a las expectativas de cada identidad cultural de cada región y grupo poblacional.

El uso de materiales, tipología y arquitectura vernáculos no sólo cumple una función social y cultural, sino que además puede rendir beneficios adicionalmente como el impulso a la economía local y la reducción del impacto ambiental de la vivienda.

Además, puede propiciar la generación de la identidad de la comunidad y una apropiación de la vivienda. Por ello, más adelante se analiza la vivienda totonaca.

Método

Esta investigación aborda el tema de la vivienda energéticamente eficiente para cumplir las metas de los objetivos de desarrollo sostenible desde el enfoque técnico del profesional de la arquitectura, que mediante la utilización de materia-

les, aporte estrategias para la reducción del consumo energético. Como punto de partida se identifican las características del clima cálido subhúmedo y las condiciones que al ser humano lo hacen recurrir a dispositivos activos para la regulación de la temperatura. Asimismo, como parte de la adecuación cultural, se identifican las características de la vivienda totonaca “tradicional” —utilizada por las comunidades originarias con una visión cosmogónica—, la vivienda mixta —elaborada con materiales de la zona, así como industrializados por los procesos de aculturación que han sufrido las comunidades totonacas—, y la vivienda actual o contemporánea —elaborada con materiales de fácil acceso, sin ninguna consideración ambiental ni respeto al contexto—.

Se llevó a cabo un análisis de sitio del caso de estudio, identificando sus características climáticas, modo de vida, necesidades espaciales de la población de la comunidad de Cerro Solo, mediante una encuesta, instrumento aplicado a setenta viviendas de las comunidades aledañas “El Cedro” y “Arroyo Grande N° 2”, que permitió identificar y analizar la vivienda de estas comunidades, para realizar una propuesta de vivienda de diseño situado que cumpla con las necesidades de la población.

Resultados de la investigación

Un factor determinante es el clima. Para comprender las condiciones que afectan al habitante de la vivienda, estos factores determinarán el grado de confort térmico. De acuerdo con la clasificación de Enriqueta García en *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (García, 2004), el Municipio de Papantla le corresponde tipo Aw1(x') y Aw2(x'), cálido subhúmedo, con una temperatura media anual mayor de 22° C y temperatura del mes más frío mayor de 18° C. La precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm, con lluvias de verano y un porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2 por ciento del total anual.

Identificadas las características del clima, es de suma importancia cómo estas condiciones afectan al ser humano. Para ello definimos el confort humano o confort térmico de acuerdo con la American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), por el punto de equilibrio entre las sensaciones psíquicas y fisiológicas del ser humano y su entorno inmediato, por lo que se considera al confort térmico como un estado mental que involucra variables objetivas y subjetivas entre el cuerpo humano y su contexto.

Comunidad de Cerro Solo, Municipio de Papantla, Veracruz. Caso de estudio/análisis del sitio

La ciudad de Papantla de Olarte se encuentra ubicada al norte del Estado de Veracruz entre los paralelos 20° 09' y 20° 41' de latitud norte; los meridianos 97° 06' y 97° 32' de longitud oeste, a una altitud de entre 10 y 300 m, como se muestra en la figura 1. Ocupa el 2.02 por ciento de la superficie del Estado, cuenta con 454 localidades. De acuerdo con el INEGI, del territorio del Municipio de Papantla, el 57.88 por ciento es zona rural (agricultura), el 1.25 por ciento es zona urbana (1.25 por ciento), 31.52 por ciento es pastizal, y el 8.90 por ciento selva. Alberga una población de 159,910 habitantes en 45,459 hogares censales, según el Censo de Población 2020.

En el municipio, el 51 por ciento de las viviendas tiene techo de materiales ligeros naturales y precarios y el 21 por ciento cuenta con paredes de, con al menos, uno de los siguientes materiales en la construcción de su vivienda: lámina de cartón, carrizo, bambú, palma, barro o bajareque y pisos de tierra.

Figura 1. Macro localización: México, Estado de Veracruz,
Municipio de Papantla de Olarte, Veracruz.



Fuente: www.googleearth.com, 2024.

El acceso a servicios públicos es limitado. Cuatro de cada diez personas carecen de un servicio público: agua entubada, drenaje y energía eléctrica afecta a 30.1, 39.6 y 1.2 por ciento de las viviendas respectivamente (INEGI, 2020).

Para entender el modo de vida de los habitantes del Municipio de Papantla, hay que empezar por identificarla con la cultura totonaca, otoneca o *tutunacu*, originaria de los pueblos mesoamericanos y extendida por el norte del estado

de Veracruz, al norte del de Puebla y la región costera. Esta cultura totonaca rige la mayor parte de los aspectos de sus habitantes, aunque la religión católica es profesada por el 90 por ciento de su población, que practica el sistema de creencias llamado “catolicismo totonaco”, como resultado de la combinación del catolicismo colonial con sus tradiciones prehispánicas (Masferrer, 1980).

Vivienda totonaca

Elio Masferrer en su ensayo “Totonacos, pueblos indígenas del México contemporáneo”, realiza una descripción del origen de su cultura, así como de la casa totonaca tradicional, conformada por un solo cuarto redondo, donde se realizaban las actividades de cocinar, comer y dormir; las familias más prósperas contaban con dos espacios —uno para cocinar y comer— y el segundo para dormir. Construida principalmente de paredes de carrizos, ramas o tabla, con el techo a dos aguas cubierto de zacate o a veces de tejamanil, de madera o de barro cocido formando un tapanco (como lo muestra la figura 2), es utilizado para guardar semillas u otros productos. La vivienda tiene un altar familiar, ante el cual todos los días se santiguan al despertarse y antes de irse a dormir. Gracias a la migración, los totonacos abandonaron esta forma constructiva e iniciaron la construcción de dormitorios de material moderno, si bien, en muchos casos, conservaban la cocina tradicional con leña (Masferrer, 1980).

Figura 2. Vivienda totonaca tradicional con techo de zacate a dos aguas.



Fuente: Elio Masferrer, 1980, p. 35. https://dgeiib.basica.sep.gob.mx/files/fondo-editorial/biblioteca-escolar/semilla-palabras/be_semillas_00133.pdf.

En Papantla entre los diversos tipos de vivienda predomina la “tradicional”, que se define así:

La arquitectura tradicional es el *corpus* de conocimiento empírico de los pueblos originales acerca de técnicas y materiales de construcción, principalmente de uso habitacional, con las siguientes características: es didáctica y homogénea; mantiene una estrecha relación entre sociedad y el objeto arquitectónico; en su ejecución interviene el trabajo colectivo; utiliza los materiales disponibles en su medio natural y no intervienen especialistas para su construcción; la arquitectura tradicional respeta el contexto cultural y el medio ambiente; sus cualidades son de durabilidad y versatilidad y se reproduce a través de conceptos y valores transmitidos de generación a generación (Lárraga, 2014).

Cada región genera un tipo de vivienda conforme a las condiciones climáticas y los recursos naturales a su alrededor. Para hacer frente al medio, en zonas tropicales los sistemas constructivos buscan la ventilación a través de los muros y aberturas, utilizan techos inclinados para propiciar el rápido escurrimiento pluvial, y aleros pronunciados para evitar la erosión de los muros por el escurrimiento del agua y protección del sol:

No obstante, su sencillez, en lo fundamental, la arquitectura tradicional debe su existencia a que satisface —sin prejuzgar su eficiencia, eficacia o nivel de confort— las necesidades de habitabilidad de sus practicantes (Lárraga, 2014).

La vivienda totonaca aún conserva sus materiales tradicionales, como las especies arbóreas locales, troncos rollizos utilizados como horcones y vigas madre, y las especies más delgadas, con las cuales se recubren muros y vigas secundarias, y que presentando propiedades ante la humedad, el comején y la polilla; a su vez los amarres de la estructura son hechos con tiras de fibras naturales procedentes de especies como jonote, bejuco, o corteza de cuerillo (García *et al.*, 2019) Sin embargo, esta arquitectura tradicional va cambiando a través de los años, observándose en la incorporación de otros materiales de construcción, por factores como la migración, el incremento de la población, los procesos de aculturación para propiciar una integración, el acceso a recursos económicos a través de los hijos, el fácil acceso a materiales industrializados, transformando los modelos de vivienda tradicional a mixta, remplazando los materiales naturales por insumos de origen industrial, utilizados en elementos

estructurales, muros, pisos y techo, tales como láminas de cartón, zinc o losas de concreto armado, sustituyendo a las cubiertas de zacate o paja en techos; blocks y concreto armado en lugar de materiales como la madera o el bambú, y el adobe principalmente; y firmes de concreto armado para cubrir pisos que anteriormente eran de piedra o de tierra apisonada, ejemplo que se muestra en la figura 3.

Figura 3. Vivienda mixta y moderna.
Se puede observar los materiales de cada una de las viviendas.



Fuente: María José García, 2019. <https://orcid.org/0000-0003-4193-8938>.

También la vivienda totonaca, denominada “moderna”, incorpora materiales industrializados, pues su estructura es de concreto armado, los muros de *block* o tabique asentados con mortero cemento-cal-arena, y, en algunas ocasiones, los muros son aplanados, las cubiertas pueden ser de láminas galvanizadas, o quienes tiene mayor recurso económico usan losas de concreto armado, lo cual genera un impacto en diferentes aspectos, como una poca adaptación térmica de estos materiales al medio que les rodea; asimismo ciertas prácticas tradicionales se han ido perdiendo de manera gradual y se observa el daño que ha generado al ambiente, debido a su incapacidad para reincorporarse al medio cuando se agota su vida útil; finalmente, todo esto ha impactado en la economía de las familias totonacas, ya que los insumos industrializados tienen un alto costo en el mercado, cuya adquisición implica grandes sacrificios para estas familias en condiciones de pobreza extrema.

Para obtener un diagnóstico y características acerca de las viviendas en las comunidades caso de estudio, se utilizó una metodología de investigación y análisis con enfoque metodológico cuantitativo del tipo comparativo, analítico, evaluativo, a través de la aplicación de una encuesta, utilizada como

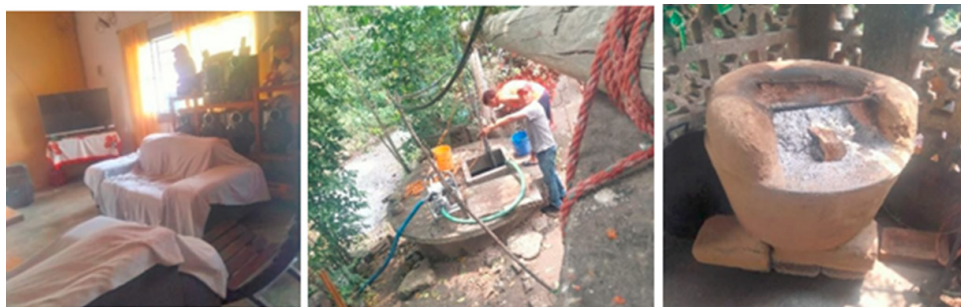
instrumento para la recolección de datos, basado en el cuestionario 2018 del INCEVI, para la Encuesta Nacional Sobre el Consumo Energético en Viviendas Particulares, adecuándolo para obtener información acerca de la aceptación de la vivienda de bambú por los habitantes de las comunidades El Cedro (707 habitantes), Cerro Solo (30 habitantes) y la de Arroyo Grande N° 2 (308 habitantes), sumando 1,045 habitantes; considerando cuatro habitantes por vivienda, de acuerdo al INEGI, se tienen 261 viviendas.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la herramienta <https://www.questionpro.com/es/index.html> y se determinó que se aplicaran 70 cuestionarios, obteniendo los siguientes resultados.

Diagnóstico comunitario de viviendas de la población en la comunidad “Cerro Solo”, “El Cedro”, “Arroyo Grande N° 2”.

Como resultado de la aplicación de setenta cuestionarios, se identificaron en abril de 2024 en las comunidades de “Cerro Solo”, “El Cedro”, “Arroyo Grande N° 2”, las necesidades básicas de los pobladores, y los espacios de las viviendas, la actividad a la que se dedican, datos de utilidad para la propuesta y espacio arquitectónico requerido.

Figura 4. Visita de campo a la comunidad El Cedro, Cerro Solo, Arroyo Grande N°. 2. Modo de vida, cultura, costumbres. Perspectiva interior de sala, patio trasero, brasero en patio, comunidad “El Cedro”, Papantla.



Fotografías: Blanca G. de Regil, Edith Gallardo, Álvaro Hernández.

Servicios, accesibilidad al sitio

El acceso a los servicios públicos es limitado. No cuenta con red sanitaria ni con servicio de agua entubada, por lo que sus habitantes recurren a soluciones como el baño de fosa o letrina. Así, en algunos casos, el consumo cotidiano es por medio de pozos excavados en la tierra distribuidos en la localidad (pozo artesiano).

Por otra parte, se accede a esta comunidad por la carretera Papantla-Totomoxtle, completamente de terracería.

Tipología de vivienda

Como resultado de las visitas de campo e identificación de la tipología de la vivienda en las comunidades El Cedro, Arroyo Grande N°. 2 y Cerro Solo, se identificaron dos tipos de vivienda:

- La casa “mixta” (fig. 5), construida con piso de concreto, muros de bambú rollizo o madera y techo de lámina a dos aguas. Se distingue por seguir un patrón principalmente en la forma de techos inclinados y de planta rectangular.
- La “moderna o contemporánea” (figura 6) de concreto armado de estilo urbano con piso de concreto, muros de *block* o ladrillo y techo de concreto armado o de lámina a dos aguas.

Figura 5. Viviendas “Mixtas” de la comunidad “Cerro Solo” y “El Cedro”.
Perspectiva exterior vivienda mixta, comunidad “El Cedro”, Papantla.



Fotografías: Blanca G. de Regil, Edith Gallardo, Álvaro Hernández.

Figura 6. Vivienda “contemporánea” de la comunidad “Arroyo Grande”.
Perspectiva exterior vivienda contemporánea,
comunidad “Arroyo Grande”, Papantla.



Fotografías: Blanca G. de Regil, Edith Gallardo, Álvaro Hernández.

Conclusiones

Como resultado del análisis del sitio, se interpreta como vivienda tipo una vivienda contemporánea, identificada como la edificada o construida en la actualidad.

Figura 7. Vivienda “contemporánea” hace referencia a la tipología de viviendas existentes en las tres comunidades. Plano arquitectónico de la vivienda contemporánea.



Fuente: elaboración, Blanca G. de Regil, Edith Gallardo, Álvaro Hernández.

Como resultado del diagnóstico comunitario, se identifica una vivienda tipo que llamaremos “Contemporánea”, como se muestra en la figura 7, de la cual parte la propuesta de “Vivienda convencional” conforme a las necesidades espaciales de habitabilidad y adecuación cultural, pero con la propuesta de materiales industrializados, para a continuación realizar una propuesta de “Vivienda evolucionada” en la que, aparte de las características mencionadas, pretende responder a las necesidades de confort ambiental, al incorporar estrategias bioclimáticas que disminuyan la necesidad de utilizar dispositivos activos para la regulación de la temperatura, e incorporar el bambú como material estructural que, además de ser un material con huella cero de carbono y producir oxígeno, reduce el impacto ambiental de la vivienda, contribuyendo a los ODS.

Referencias

- GARCÍA, E. (2004), *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, Instituto de Geografía, UNAM.
- GARCÍA, M. (2018), La vivienda indígena totonaca en el municipio de Huehuetla, Puebla, México: entre la pobreza, la tradición y la modernidad, tesis, Puebla, Colegio de Posgraduados.
- GARCÍA-NAVARRO, M. J. (2019). La vivienda indígena en México: tradición, recursos naturales y pobreza, *Ciencia e innovación*, pp. 203-225.
- INEGI (2024), *INEGI*, <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=30124#collapse-Resumen>.
- LÁRRAGA, R. (2014), *Componentes de sostenibilidad de la vivienda tradicional en el ámbito rural de la Región Huasteca de San Luis Potosí, hacia una arquitectura rural sustentable*, Academia.edu: https://www.academia.edu/37283289/COMPONENTES_DE_SOSTENIBILIDAD_DE_LA_VIVIENDA_TRADICIONAL_EN_EL_%C3%81MBITO_RURAL_DE_LA_REGION_%C3%93N_HUASTECA_DE_SAN_LUIS_POTOS%C3%8D_HACIA_UNA_ARQUITECTURA_RURAL_SUSTENTABLE.
- MASFERRER, E. (1980), *Totonacos. Pueblos indígenas del México contemporáneo*. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.
- MÉXICO, O. H. (2018), *ONU Habitat México*, chrome-extension://efaidnbmn-nnibpcajpcglclefindmkaj/https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitat-mexico/VIVIENDA_Y_ODS.pdf.

Inteligencia artificial, implicaciones en la arquitectura

Jesús Martínez Bocardi,* Blanca Inés Aguilar Frías **
y Carlos César Morales Guzmán***

Resumen

El presente trabajo busca identificar la manera en que la inteligencia artificial (IA) se inserta en el quehacer de la arquitectura, mediante una diversidad de herramientas y aplicaciones que pueden emplearse en cada una de las principales áreas de la disciplina, para obtener resultados más eficientes, y tomando en cuenta aspectos éticos y de pervivencia de la profesión. Se parte de considerar la evolución que han seguido los procesos tecnológicos que han derivado en la etapa de interconexión digital apoyada en sistemas inteligentes de la actualidad; se destacan los diversos ámbitos del quehacer de la arquitectura, así como la manera en que define las propuestas de solución a las necesidades de espacio; y se presenta una relación de las modalidades que presentan las actuales herramientas de IA y sus aplicaciones particulares, así como de la manera en que asisten a los procesos en la arquitectura.

Palabras clave: inteligencia artificial, arquitectura, arquitectura digital, diseño asistido.

Abstract

This paper seeks to identify the way in which artificial intelligence (AI) is used in architecture, through a variety of tools and applications that may be used

* Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Académico de tiempo completo.

** Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Técnico académico de tiempo completo.

*** Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Académico de tiempo completo.

in the main fields of the discipline, so to attain more efficient results, taking into account ethical aspects as well as the survival of the profession. It starts by considering the evolution of the technological processes that have led to the phase of digital interconnection supported by current intelligent systems. The various fields of the architectural work are highlighted, as well as the way in which it defines the proposals to handle space needs, and a list of the modalities presented by the current AI tools and their particular applications, as well as the way in which they assist the processes in architecture.

Keywords: artificial intelligence, architecture, digital architecture, computer-aided design.

Introducción

Las herramientas digitales se han instaurado como un valioso apoyo en cada vez más ámbitos de la arquitectura, debido al actual desarrollo tecnológico. En este sentido, es de especial interés identificar en qué aspectos de la práctica de la arquitectura se está aplicando la inteligencia artificial, así como la manera en que se realiza, puesto que, debido a los avances en estas aplicaciones, permiten incrementar la eficiencia de los resultados. Al mismo tiempo, se pueden utilizar como atajos o enmascarar la falta de capacidades. En tal sentido, cobran especial importancia los aspectos éticos de la utilización de estas herramientas que indudablemente representan ventajas al utilizarse como un medio por el cual el profesionista puede potenciar su desempeño, sin llegar a convertirse en un atajo en la búsqueda de soluciones.

Desarrollo

Las revoluciones tecnológicas

Se han presentado tres revoluciones tecnológicas en la historia, cada una de las cuales ha representado un parteaguas tanto en el entorno productivo como en la dinámica social. Actualmente nos encontramos en la cuarta revolución tecnológica, la cual se caracteriza por el crecimiento de la interconexión digital.

La Primera Revolución Industrial inicia en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XVIII y se prolongó hasta mediados del siglo XIX, propagándose por gran parte de Europa y llegando hasta el norte de América; se originó debido

al desarrollo de la máquina de vapor, la que, empleando el carbón como fuente de energía, detonó el crecimiento de la industria, los transportes y la economía, iniciando así la era industrial.

La Segunda Revolución Industrial transcurrió desde la segunda mitad del siglo XIX hasta inicios del siglo XX; la producción industrial se incrementa en gran medida, mediante el uso del petróleo como fuente de energía, así como en el empleo más extendido de la energía eléctrica.

Ya en el siglo XX se presenta la Tercera Revolución Industrial, que tuvo su mayor desarrollo durante su segunda mitad, distinguiéndose por un gran avance en las tecnologías de la comunicación y en el uso de internet. Finalmente, la Cuarta Revolución Industrial, a inicios del siglo XXI, se caracteriza por un acelerado avance tecnológico en que la búsqueda de la automatización y la fusión de tecnologías se destacan para traspasar los límites entre el entorno físico, biológico y digital. Fundamentada en la digitalización de los procesos productivos (económicos, administrativos, sociales) y su interacción con sistemas de IA, la Cuarta Revolución Industrial busca su perfeccionamiento, basándose en una mayor adaptación a los requerimientos de los procesos productivos y una mayor eficiencia de recursos.

Figura 1. Revoluciones tecnológicas. Se muestra una línea de tiempo de las revoluciones tecnológicas y su característica principal.



Fuente: <https://e4-0.ipn.mx/industria-4-0/>

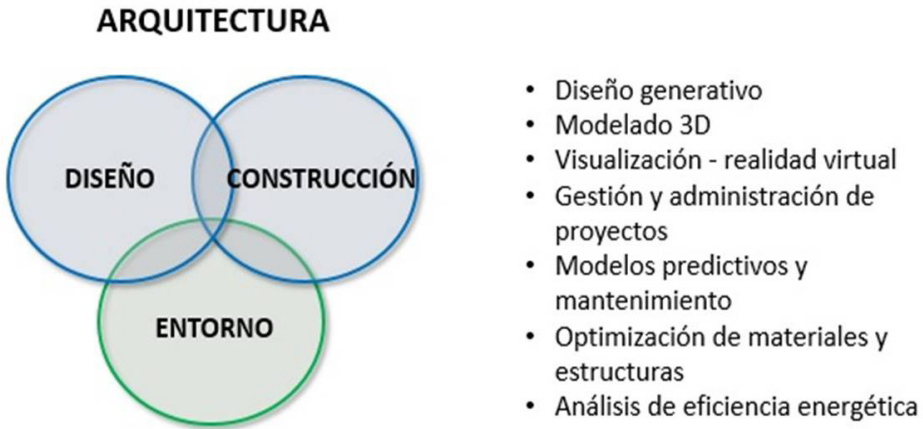
El ámbito de la arquitectura

Diversas concepciones de lo que es la arquitectura la perciben como una extensión del arte, que consideran, en mayor medida, las implicaciones técnico-constructivas, y las que consideran que forma parte de ambos campos, el técnico y el artístico, donde el debate se concentra en la proporción en que cada uno de éstos participan. En su forma más concreta, la arquitectura se define como el arte y la técnica de proyectar, diseñar y construir edificios, y para lograr este cometido se apoya en una serie de sistemas, metodologías y conceptos.

La propuesta arquitectónica responde a una necesidad o problemática existente, por lo que es necesario identificarla, obtener la información pertinente relacionada con ésta, así como precisar debidamente su contexto (Ching, 2002). En tal sentido, la arquitectura se compone de tres áreas principales: el diseño, la construcción, y el entorno, por lo cual, partiendo de un proceso metodológico y creativo, se materializa una propuesta que obedece a la necesidad, adecuándose debidamente al entorno. Considera, además, que el carácter esencial de la arquitectura es su cualidad material, ya que se traduce en objetos físicos construidos que ocupan un espacio, lo cual le otorga su carácter de realidad (Suárez, 2002). De esta manera, se va conformando el ámbito en que se desenvuelve la arquitectura.

Respecto del ámbito de cada obra en particular, algunos consideran a la arquitectura y al urbanismo como dimensiones separadas, pero éste es un enfoque poco acertado. La obra arquitectónica no existe independiente de su entorno. Desde los aspectos funcionales hasta el reconocimiento del usuario como parte de una comunidad, cuanto más se considere la dimensión social de la arquitectura, mayor posibilidad de consecución de los objetivos de los proyectos. Para adecuar correctamente sus propuestas a los distintos ámbitos con que se relacionan —así como para optimizar resultados en sus diferentes áreas—, la arquitectura se auxilia de diversos recursos y herramientas, entre las que se encuentran las impulsadas por sistemas de inteligencia artificial.

Figura 2. Principales áreas de la arquitectura y aspectos en los que puede emplearse la IA.
Se muestran las áreas de la arquitectura y los aspectos de impacto.



Fuente: elaboración, Jesús Martínez, Blanca Aguilar, Carlos C. Morales.

La inteligencia artificial como recurso

El empleo de herramientas tecnológicas ha representado un punto de inflexión en cada área de la actividad humana en que se aplican, tanto en los aspectos prácticos y de ejecución como en la etapa educativa y formativa. En la actualidad algunas herramientas usan la IA que se pueden aplicar en diversos ámbitos, como el educativo, el laboral, o inclusive de entretenimiento. Un aspecto importante es el uso responsable de estas herramientas, como parte de los medios para lograr mejores resultados, y no como atajos a la consecución de objetivos por parte del ejecutante, sobre todo en situaciones en las que el propósito es lograr un aprendizaje.

Un objetivo de la IA es ayudar en las actividades cotidianas, sobre todo aquellas que implican procesos repetitivos, de elevado cálculo matemático, donde se ponga en riesgo la salud o la vida (Martínez, 2019). Igualmente hay que considerar que la aplicación de herramientas de IA representa beneficios

respecto de la agilización de procesos, y disminución de tiempos y costos; sin embargo, su aplicación generalizada puede llevar al desplazamiento del ser humano en la actividad productiva o creativa, pero, por otro lado, demanda el empleo de personal capacitado en estas nuevas tecnologías, si se quiere tener un nivel actualizado y competitivo (Rosales, 2018). Algunas de las principales herramientas con inteligencia artificial que se emplean actualmente para una diversidad de enfoques son los siguientes:

Chat GPT. Es una herramienta de lenguaje impulsado por IA desarrollado por Open AI. Está diseñado para mantener conversaciones en lenguaje común o natural, responder preguntas, asistir con tareas, y brindar soporte en una gran variedad de temas. Es uno de los modelos de la serie GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) y se basa en técnicas avanzadas de aprendizaje profundo. *Chat GPT* se utiliza en múltiples aplicaciones como asistentes virtuales, sistemas de soporte al usuario, plataformas educativas, y herramientas de productividad personal.

Midjourney. Es una herramienta impulsada por IA que permite generar imágenes a partir de descripciones textuales, conocida como *text-to-image*. Los usuarios pueden escribir descripciones detalladas llamadas *prompts*, y *Midjourney* interpreta estas descripciones para crear imágenes visualmente impresionantes que se pueden usar en una variedad de aplicaciones, desde arte conceptual y diseño hasta *marketing* y entretenimiento. Se utiliza en una diversidad de áreas, como el arte y el diseño creativo, la generación de prototipos y de *concept art*, el *marketing* y el contenido en redes sociales, y la incubación de experimentos visuales.

LookX AI. Es una herramienta avanzada de inteligencia artificial diseñada para facilitar el diseño y la visualización arquitectónica. Esta plataforma permite que los usuarios puedan transformar bocetos y descripciones textuales en modelos 3D detallados y *renders* de alta calidad, ideal para arquitectos, diseñadores de interiores y otros profesionales creativos. Entre sus funcionalidades, *LookX AI* cuenta con un *Inspiration Generator* para crear imágenes basadas en etiquetas o referencias, además de módulos para el renderizado en tiempo real, ajustes estilísticos personalizados y la capacidad de entrenar modelos de IA para adaptarse a estilos específicos.

Krea.AI. Es una plataforma de inteligencia artificial orientada a la generación y mejora de elementos visuales, incluyendo imágenes y videos. Con una interfaz fácil de usar y capacidades de renderizado en tiempo real, permite a los usuarios transformar bocetos o descripciones en imágenes detalladas. Además

de crear imágenes a partir de descripciones textuales, *Krea.AI* incluye opciones para mejorar la resolución de imágenes y generar efectos visuales personalizados. Entre sus características más destacadas, *Krea.AI* permite adaptar el estilo de los modelos según las preferencias de los usuarios, lo que facilita la adaptación a estilos artísticos únicos.

Runway. Es una plataforma de IA enfocada en potenciar la creatividad digital, especialmente en el ámbito de la producción audiovisual. La herramienta permite crear y editar contenido visual mediante modelos avanzados de IA que incluyen la generación de video a partir de descripciones textuales e imágenes. Sus innovaciones incluyen los modelos Gen-1 y Gen-2, que permiten modificar y crear videos aplicando estilos visuales específicos, y el Gen-3 Alpha, el cual optimiza la generación de videos con alta fidelidad y control de movimientos, ayudando a los creadores a obtener rápidamente resultados profesionales.

Herramientas de inteligencia artificial para arquitectura

En arquitectura, varias herramientas impulsadas por IA ayudan a mejorar el diseño, la visualización, la planificación y el proceso de construcción. Estas herramientas potencian la creatividad y la eficiencia, permitiendo tomar decisiones más informadas en cada fase del proyecto arquitectónico. De igual manera, en la etapa formativa del arquitecto, se debe considerar un enfoque educativo que permita conocer y utilizar estos instrumentos sin demeritar la importancia de generar las soluciones personales, a la vez que fomente la formación de un pensamiento crítico independiente (Williamson, 2023). A continuación, se mencionan algunas de las más destacadas empleadas en los diferentes quehaceres del arquitecto.

Diseño generativo

Autodesk Revit + Generative Design que utiliza IA para explorar múltiples opciones de diseño basadas en restricciones y preferencias, generan variaciones rápidas y optimizadas de planos arquitectónicos. A su vez, *Rhino + Grasshopper* es una herramienta de diseño paramétrico que permite integrar IA para optimizar el rendimiento estructural y energético de los edificios.

Modelado 3D y renderizado

Para visualizaciones rápidas de conceptos arquitectónicos, *Midjourney* y *DALL-E* permiten generar imágenes conceptuales a partir de descripciones textua-

les, ayudando a ilustrar ideas iniciales. *Enscape* y *Twinmotion* son herramientas de renderizado en tiempo real que permiten visualizar proyectos en 3D con ayuda de IA para mejorar la iluminación y las texturas.

Simulación y análisis de eficiencia energética

Autodesk Insight es una herramienta para análisis energético que usa IA para evaluar el rendimiento energético de los edificios y proponer mejoras. *ClimateStudio* es un *plugin* de simulación de energía y luz diurna para *Rhino*, que permite mejorar la eficiencia energética en el diseño.

Generación y optimización de espacios

SpaceMaker, herramienta de Autodesk que ayuda a diseñar el espacio urbano, utiliza IA para optimizar la planificación, la ventilación y la iluminación por luz solar en áreas urbanas. *TestFit* usa IA para generar múltiples opciones de diseño de planes de sitio, optimizando aspectos como la ocupación, el flujo de tráfico y el uso del espacio.

Gestión de proyectos y construcción

Buildots emplea IA y cámaras portátiles para analizar el proceso de la obra en tiempo real, comparándolo con el modelo 3D planificado. *OpenSpace* utiliza, por su parte, visión artificial para documentar el progreso de la construcción, a fin de producir reportes automáticos y mejorar la colaboración entre equipos.

Modelos de predicción y mantenimiento

Cityzenith usa IA para crear *Digital Twins* o gemelos digitales que permiten monitorear y optimizar el rendimiento de edificios y ciudades a lo largo del tiempo. Por su parte, *Azure Digital Twins* de Microsoft es una plataforma para crear modelos digitales de edificios y ciudades, que hacen simulaciones y predicciones de mantenimiento.

Diseño y visualización inmersiva con realidad aumentada y virtual

HoloBuilder y *Fologram* son plataformas de RA y RV mediante las cuales arquitectos e ingenieros pueden visualizar y experimentar con diseños en el entorno físico, ayudando a detectar errores o mejoras en la fase temprana del diseño.

Optimización de estructuras y materiales

Arup + IA usa algoritmos de IA para optimizar el diseño estructural, minimizando el uso de materiales y asegurando la estabilidad estructural. *Digital Bluefoam* permite crear modelos arquitectónicos optimizados en poco tiempo y según diferentes parámetros, como el entorno, el presupuesto, y el tipo de materiales.

Conclusión

Los cambios tecnológicos han tenido importantes repercusiones más allá del sector productivo, influyendo la forma en que nos comunicamos y relacionamos como sociedad. Actualmente la inteligencia artificial se puede emplear en diversos aspectos de la arquitectura, como las áreas de diseño, de construcción, y de análisis del entorno; mediante una diversidad de herramientas y aplicaciones que potencian los resultados, ofreciendo una mayor variedad de soluciones con mayor eficiencia y en menor tiempo respecto de los métodos anteriores.

En este sentido, el surgimiento de herramientas aplicadas en cada vez más aspectos del quehacer de la arquitectura, demanda una constante actualización del profesionista, pero también hace evidente otro importante aspecto: la adecuación del proceso formativo de los futuros arquitectos. En la actualidad, el arquitecto debe estar capacitado en el uso de las herramientas de IA para desempeñarse de manera eficaz y eficiente en la práctica de la profesión. Sin embargo, ante esta diversidad de aplicaciones, el uso de la IA debe enfocarse en, a la par de buscar el logro de los objetivos, mantener una perspectiva responsable y ética, de manera que sea el profesional quien, mediante el uso de estas herramientas, pueda potenciar su desempeño para generar las propuestas, y no que el instrumento se utilice como un atajo, y se prescinda totalmente de la intervención del arquitecto para dejar que las aplicaciones realicen el trabajo.

Referencias

- CHING, Francis D. K. (2002), *Arquitectura. Forma, espacio y orden*. Gustavo Gili. México.
- MARTÍNEZ, Y.S. (2019), La inteligencia artificial en la transformación de procesos universitarios. *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, N°. 2, octubre. <https://www.ties.unam.mx/>.

- ROSALES CRISTALINAS, Gabriela (2018), *Inteligencia artificial: problemática o beneficio para las naciones*, Instituto de Investigaciones Estratégicas de la Armada de México, DO 15/18. https://cesnav.uninav.edu.mx/cesnav/ININVESTAM/docs/docs_opinion/do_15-18.pdf.
- SUÁREZ, Javier (2002), *Acerca de la esencia de la Arquitectura*. Utopía y Praxis Latinoamericana, Vol. 7, N°. 16, marzo, pp. 93-100.
- WILLIAMSON, Ben (2023), En clase, la IA debe quedarse en su sitio, *El Correo de la UNESCO*, N°. 4, octubre-diciembre, pp. 6-8.
- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (2009-2013), *Industria 4.0*. Gobierno de México. <https://e4-0.ipn.mx/industria-4-0/>.

Los circuitos viales como detonantes del crecimiento de la mancha urbana. Caso El Oro Negro en Poza Rica, Veracruz

Jesús Ceballos Vargas* y Diego Arturo Torres Hoyos**

Resumen

En este artículo se presentará un análisis de la creación de asentamientos humanos a partir del trazo y construcción de ejes viales en Oro Negro, Poza Rica, Veracruz. Para su investigación se utilizó un RPA para realizar un levantamiento topográfico de una parte de la zona de estudio, a fin de obtener imágenes que luego fueron procesadas en un *software* de fotogrametría. Asimismo, se utilizaron imágenes espectrales que, mediante otro *software*, obtuvieron mapas DEM de sombras y pendientes mediante los cuales se pudo determinar la factibilidad del uso de suelo habitacional en un sitio específico, así como de las zonas susceptibles a deslizamiento, ya que por la topografía de la zona de estudio se puede descartar que sea zona inundable.

Palabras clave: desarrollo, movilidad urbana, infraestructura, vialidades, servicios.

Abstract

This article is an analysis of the construction of human settlements stemming from the layout and construction of road axes at the Black Gold district in Poza Rica, Veracruz. To carry out this investigation, a RPA was used to perform a topographic survey of a section of the study area. Images that were processed with a photogrammetry software. Likewise, spectral images were used. On the other hand, the DEM, shadow and slope maps were obtained by assorted soft-

* Profesor de tiempo completo en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana en Poza Rica.

** Profesor de tiempo completo en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana en Poza Rica.

ware, in order to determine the feasibility of residential land use in a specific site, as well as the areas susceptible to landslides, since due to the topography of the study area it can be ruled out in advance that it is a flood zone.

Keywords: development, urban mobility, infrastructure, roads, services.

Introducción

El proyecto Oro Negro tiene por objetivo comunicar el extremo oriente con el poniente de la ciudad de Poza Rica, con un trazo de aproximadamente 9 kilómetros, el cual contaría con tres entronques: dos en los extremos y sólo uno intermedio de manera indirecta con la Avenida 20 de Noviembre, eje importante que cruza la urbe de oriente a poniente, aunque tan sólo al interior de la mancha urbana. El trazo de este eje vial obedeció a políticas en materia de desarrollo urbano por parte de las autoridades municipales y de la empresa paraestatal PEMEX a través del “Programa de Apoyo a la Comunidad y Medio Ambiente” (PACMA), proyecto llevado a cabo por dos empresas contratistas de esta paraestatal en 2011.

Metodología

Se realizó una investigación de dos tipos: una documental, basada en datos encontrados en tipos bibliográficos, hemerográficos y sitios de comunicación electrónica, y otra, física, donde se realizó el levantamiento del único entronque existente hacia el interior de la mancha urbana. Este levantamiento se llevó a cabo mediante fotogrametría y RPA's, dando cuenta que este trazo y construcción de esta otra vialidad generó problemas con asentamientos humanos irregulares. También se recurrió a imágenes satelitales para el análisis territorial en la zona del trazo de este eje vial.

Antecedentes

A lo largo de estos últimos veinte años, la zona urbana de Poza Rica ha sufrido cambios significativos. Uno de los más importantes se suscitó a raíz de la inundación ocurrida en octubre de 1999, cuando fueron devastadas las colonias Lázaro Cárdenas, Independencia, Las Granjas, Palma Sola, Ignacio de la Llave, situación que afectó también a localidades de municipios vecinos como Los

Miguelés en Cázones, Juan Rosas en Tecolutla, El Zozocolco en la Sierra de Papantla, entre otras.

Este acontecimiento atrajo el interés de los gobiernos Federal y Estatal. Ambos participaron con los programas de SEDESOL y los de la Secretaría de Desarrollo Social a cargo del licenciado Porfirio Serrano Amador. Las acciones fueron la construcción de los fraccionamientos Arroyo del Maíz y Arroyo del Mollejón, donde se construyeron cientos de pies de casa para igual número de personas afectadas por dicha inundación. Con estos fraccionamientos de tipo popular se creó una vialidad para acceder a ellos, como la continuación de la Avenida Papantla (ilustraciones 1, 2 y 3), que de origen era el antiguo camino real entre el vecino Municipio de Papantla (por eso su nombre) y la comunidad de Poza de Cuero (actualmente ubicada a la altura de la Avenida Independencia) localidad que pertenecía al vecino Municipio de Coatzintla. Si bien la Avenida Papantla es sólo un eje de penetración, sobre ésta se puede ver que para 2002, al ya existir este trazo, fueron surgiendo fraccionamientos como Mangos 1 y Mangos 2. Para 2006 se suma a esta expansión urbana la Colonia Santa Fe, y para finales de 2015 el fraccionamiento Kaná.

Figura 1. Situación del eje vial Avenida Papantla en 2002, donde sólo se identifican los fraccionamientos Mangos 1 y 2.



Fuente: elaboración, Jesús Ceballos, Diego Torres, en base a imágenes de *Google Earth*.

Figura 2. Situación del eje vial Avenida Papantla en 2006, donde se identifica el surgimiento de la Colonia Santa Fe.



Fuente: elaboración, Jesús Ceballos, Diego Torres, en base a imágenes de *Google Earth*.

Figura 3. Situación del eje vial Avenida Papantla en 2015, donde se identifica el surgimiento del Fraccionamiento Kaná.



Fuente: elaboración, Jesús Ceballos, Diego Torres, en base a imágenes de *Google Earth*.

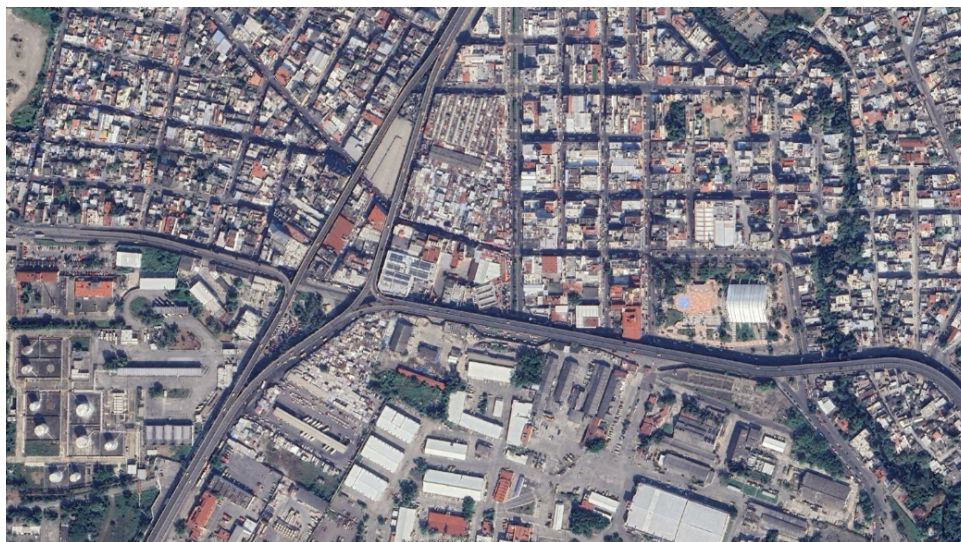
De manera paralela, en estos mismos años la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) implementó un programa muy ambicioso denominado “Aceite terciario del golfo”, el cual consistió en la búsqueda, mediante trabajos de perforación, de productos de hidrocarburos que pudiesen ser extraídos de pozos ya existentes o de otros nuevos. Este programa de trabajo trajo consigo beneficios a los municipios de Poza Rica y la región, ya que hacia éstos se destinó el Programa de Apoyo a la Comunidad y Medio Ambiente (PACMA). De este programa se derivaron muchos programas sectoriales, como los apoyos a la educación, a la salud, al medio ambiente, dentro de los cuales uno de ellos fue el de robustecer las redes de vialidad. En el caso particular de Poza Rica, de este programa se desprendió un proyecto muy importante como el distribuidor vial (ilustraciones 4 y 5), obra llevada a cabo por la constructora SIGMA y Constructora Industrial Monclova mediante la Licitación Núm. LO-018T4L010-T7-2011, publicada en el *Diario Oficial de la Federación*, DOF 01/12/2011.

Figura 4. Situación del Bulevar Lázaro Cárdenas en la Zona Centro en 2009, donde se identifica dicho bulevar aún sin la construcción del distribuidor vial.



Fuente: *Google Earth* en 2009.

Figura 5. Situación del Bulevar Lázaro Cárdenas en la Zona Centro en 2015, donde se identifica dicho bulevar ya con la construcción del distribuidor vial.



Fuente: *Google Earth* en 2015.

El otro gran proyecto fue el libramiento Oro Negro, el cual tendría una longitud de 9 Kilómetros y tres entronques: en la carretera a Santa Águeda, en la Avenida 20 de Noviembre y en la carretera Poza Rica-Cazones a la altura del fraccionamiento Lomas Residencial. Esta obra se realizó durante cerca de dos años, llegando en algunos tramos a un progreso donde solamente faltaría colocar la carpeta asfáltica. Cabe señalar que dentro de la obra se hizo el hallazgo de una zona arqueológica reconocida por el INAH.

Figura 6. Trazo del Eje Vial Oro Negro.



Fuente: elaboración, Jesús Ceballos, Diego Torres, en base a imágenes de *Google Earth*.

Sobre de este proyecto se realizó el análisis del sitio mediante la utilización de un proceso de fotogrametría, merced al cual, a partir del recorrido aéreo de un dron, se dividió el tramo en ocho secciones, de las cuales se tomaron aproximadamente trescientas imágenes, luego procesadas mediante el *software* de procesamiento de imágenes georreferenciadas *Pix4Dmapper*, el cual a través de diversos procesos obtiene desde nubes de puntos y mallas de triángulos hasta los mosaicos (Ortomosaico, Modelo de Elevación Digital (DEM) y el Modelo Digital del Terreno (DTM).

Figura 7. Levantamiento fotogramétrico por medio de dron y visita de campo al entronque 20 de Noviembre.



Figura 8. Ortomosaico del entronque 20 de Noviembre.

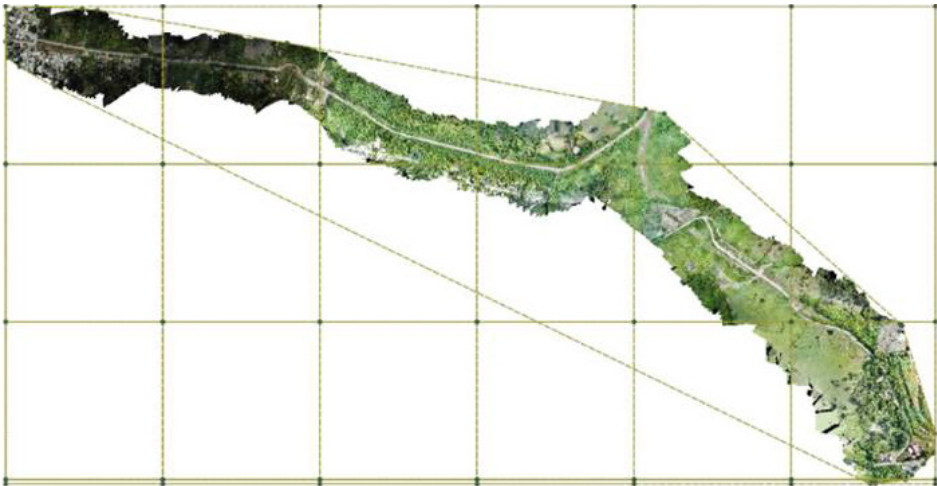


Figura 9. Imagen DEM del entronque 20 de Noviembre.

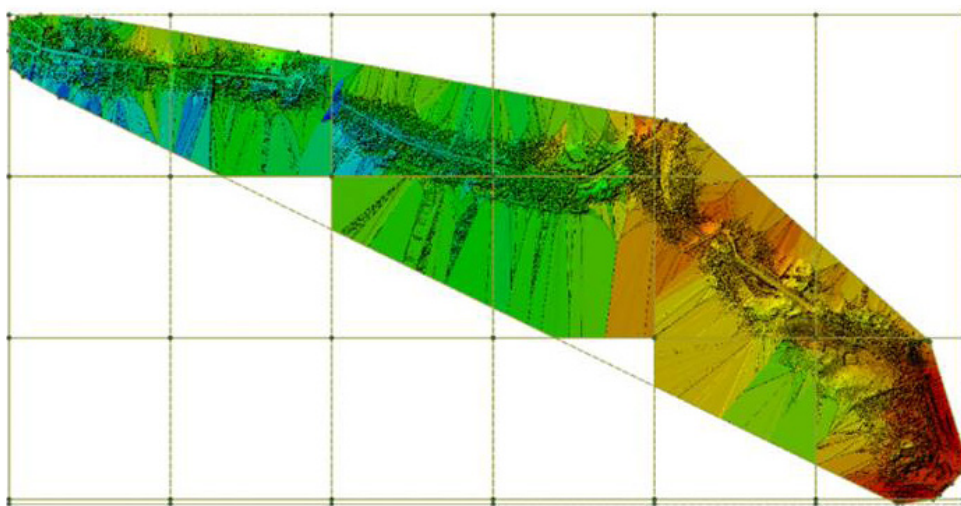
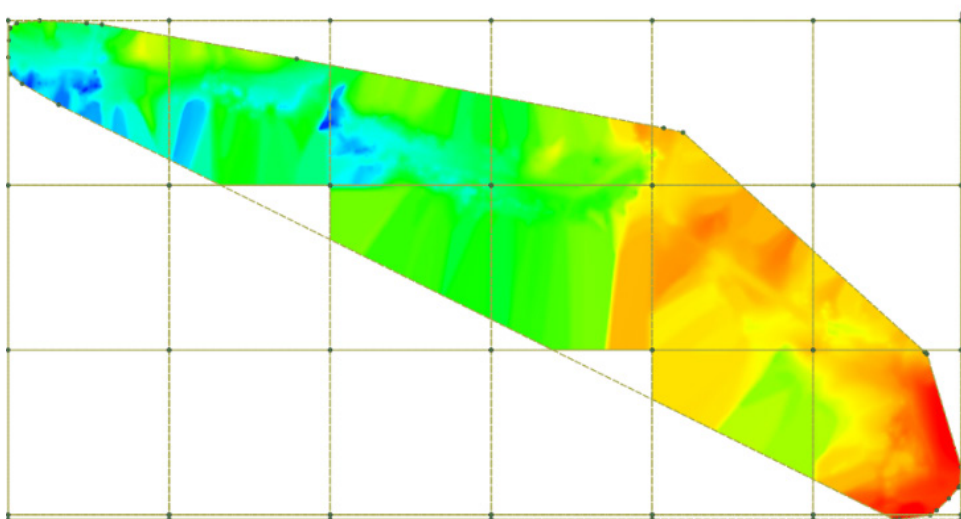


Figura 10. Imagen DTM del entronque 20 de Noviembre.



Por su extensión, en el tramo ya específico del Circuito Vial de Oro Negro se utilizaron las imágenes satelitales obtenidas del sitio USGS: imágenes espectrales obtenidas de los satélites Centinel, cuya precisión es de hasta 30 metros con una cantidad que fluctúa entre las 7 y las 8 bandas; así, en algunos procesos, se utilizaron de tres a cuatros bandas hasta obtener la “imagen real”. Estas imágenes abarcan áreas de territorio de cientos de kilómetros, donde se realizó el “corte de ráster por máscara”, tomando como base el polígono del Municipio de Poza Rica, a fin de obtener las elevaciones del territorio de la ciudad, así como la representación de pendientes, para compararlas con los requerimientos normativos que demuestren la factibilidad o no de la utilización de la zona con el uso de habitación. Dentro de este proceso, y de manera similar al anterior, de la imagen espectral se obtiene la Imagen DEM del Municipio de Poza Rica, y, a partir de éste, con los datos georreferenciados se obtienen los mapas de sombras, de elevaciones y, posteriormente, el de pendientes, de donde, ya en otro proceso, se obtiene el índice de deslizamiento de lugares específicos.

Figura 10. Imagen DEM del Municipio de Poza Rica, Veracruz.

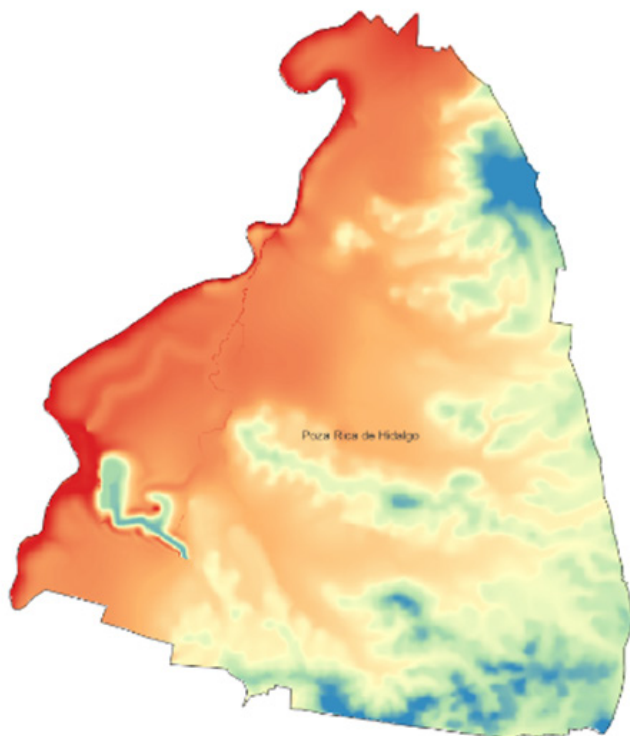
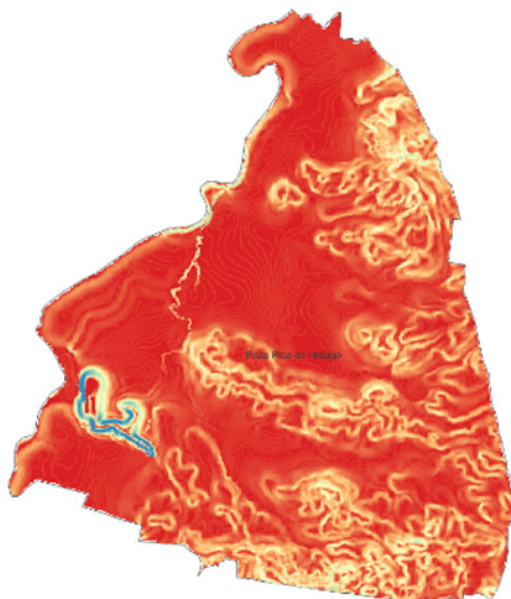


Figura 11. Mapa de sombras del Municipio de Poza Rica, Veracruz.



Figura 12. Mapa de pendientes del municipio de Poza Rica, Veracruz.



Problemática

La diferencia de un caso al tanto es que en el primero (Arroyo del Maíz), debido a que el proyecto en sí fue pensado para vivienda emergente, fueron introducidos los servicios de agua potable, drenaje, banquetas, guarniciones y pavimento; por tanto, los asentamientos humanos se fueron integrando en torno a la Avenida Papantla que ya contaba con dichos servicios.

En aquellos asentamientos que fueron surgiendo a lo largo del trazo de Oro Negro se identificaron las siguientes problemáticas:

- Ocupación de espacios con valor ambiental.
- Ocupación de áreas de riesgo por deslizamiento.
- Ocupación de áreas sin factibilidad de suministro de servicios públicos.
- Subutilización de suelo por presencia de vacíos en zonas no consolidadas.
- Fragmentación urbana.
- Especulación inmobiliaria.
- Sistemas de movilidad urbana deficiente.

Conclusiones

Con base en el resultado de todo este proceso, se identifica que, por sus características topográficas y con base en el recorrido realizado, la zona donde se realizó el trazo y la construcción del Circuito Vial Oro negro, el tipo de suelo no cuenta con las condiciones óptimas para uso habitacional, debido a las pendientes generadas a partir de los cortes realizados al terreno al momento de trazar y construir el citado circuito, que presenta ciertas características con riesgo de deslizamientos; asimismo, por la naturaleza del proyecto, éste se encuentra alejado de la mancha urbana trayendo consigo problemas para la dotación de los servicios básicos, como las redes de agua potable, alcantarillado y alumbrado; además, por su lejanía, presenta problemas de movilidad al no existir líneas de transporte urbano establecidas.

Recomendaciones

- Limitar la expansión urbana controlando la incorporación de nuevo suelo al desarrollo.
- Impulsar en la medida que sea posible la densificación del espacio urbano.

- Fortalecer las redes del espacio urbano común, parques y áreas verdes y deportivas.
- La creación de un sistema de movilidad urbana digna y segura.
- Fortalecer los servicios urbanos de calidad empleando sistemas sostenibles (biotecnologías).

Referencias

- DOMÍNGUEZ, A. (1996), Procedimientos digitales de imágenes, *Perfiles Educativos* N°. 72, Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación, D.F. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13207206>.
- PÉREZ, H.; BENÍTEZ, E.; DÍAZ, M. (2017), Sistema de georreferenciado de imágenes con drones Ra Ximhai. Universidad Autónoma de México, El Fuerte, México, vol. 13, pp. 65-77. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46154070004>.
- PETRÓLEOS MEXICANOS (2012), Programa de Apoyo a la Comunidad y Medio Ambiente (PACMA), *Memoria documental*, Gerencia de Responsabilidad y Desarrollo Social https://www.pemex.com/etica_y_transparencia/transparencia/Documents/2018-mdylb/1_MD_GRDS_PACMA.pdf.
- REYES, O.; MEJÍA, M.; USECHE, J. (2019). Técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el procesamiento de imágenes y su aplicación en el análisis de pavimentos. *Revista EIA*, vol. 16, núm. 31, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia, pp. 189-207. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1215>.
- ROA, J.; ULRICH, K. (2008), Modelos de Elevación Digital (MED) a partir de sistemas satelitales. Una introducción y análisis comparativo en la Cordillera de Mérida-Venezuela, *Revista Geográfica Venezolana*, vol. 49, Universidad de los Andes, Mérida, pp. 11-42. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347730375002>.

Ubicaciones estratégicas para la atención a desastres en el norte de Veracruz

Heidi Lizbeth Monroy Carranza,* Jesús Martínez Bocardi**
y Álvaro Hernández Santiago***

Resumen

En la atención a desastres a zonas vulnerables en las costas, es necesario contar con datos que, de manera ordenada, permitan la consulta comparada de la información urbana a nivel municipal y de localidad, de forma que si en los criterios de localización de equipamiento e infraestructura para la atención a desastres se pudieran considerar estrategias más efectivas de prevención y evacuación —así como una participación considerando las percepciones de la población acerca de su territorio—, se obtendrían pautas para ubicaciones o reubicaciones de infraestructura y de equipamientos urbanos a escala regional, esto es, el norte de Veracruz. De esta manera, se articula una estrategia consistente en tableros de información urbana local a escala municipal, así como un mapeo comunitario y las líneas para talleres de actualización de información.

Palabras clave: estrategia, tablero con datos urbanos, mapeo comunitario.

* Universidad Veracruzana. Facultad de Arquitectura. Región Poza Rica-Tuxpan. Profesor de Tiempo Completo.

** Universidad Veracruzana. Facultad de Arquitectura. Región Poza Rica-Tuxpan. Profesor de Tiempo Completo.

*** Universidad Veracruzana. Facultad de Arquitectura. Región Poza Rica-Tuxpan. Profesor de Tiempo Completo.

Abstract

To attend to disasters in vulnerable coastal areas, the orderly recollection of data is necessary to allow a comparative consultation of urban information at municipal and local levels, which could assist in better decide the criteria for locating urban equipment and infrastructure for disaster response, as well as consider a more effective prevention and evacuation strategies to address the population's perceptions about their territory, create guidelines for locations or relocations of infrastructure and urban facilities on a regional scale, in the northern Veracruz, Mexico. In this way, a strategy is created consisting of local urban information boards at the municipal level, as well as community mapping and lines for information updating workshops.

Keywords: strategy, urban data dashboard, community mapping.

Introducción

La atención a los efectos del cambio climático implica el seguimiento a fenómenos que, para las zonas costeras del Golfo de México, están adquiriendo relevancia por su impacto como por su frecuencia, de manera que, en la percepción ciudadana, estos resultados son adversos a causa de lluvias cada vez más frecuentes y que, pese a su pronóstico, provocan inundaciones urbanas, así como caos vial y daños a la infraestructura y al espacio público (López, 2024). Por otra parte, la percepción urbana que se advierte en las publicaciones de diarios locales, enfatiza una visión catastrófica de los fenómenos hidrometeorológicos como lluvias, tormentas, granizadas, lo cual preocupa por dos aspectos.

El primero se relaciona con el seguimiento meteorológico de estos fenómenos que dan cuenta de más alertas y avisos en plataformas y redes sociales. Sin embargo, las notas periodísticas se centran en los impactos y dan cuenta del resultado caótico de los efectos climatológicos pese a su seguimiento y pronóstico (Luna, 2024). Si bien se ha reconocido que los desastres no son enteramente naturales, sino que derivan de los efectos en los espacios construidos dentro de la esfera urbana, pareciera destacarse que, en el ámbito arquitectónico, las soluciones técnicas están desvinculadas del ámbito público que se ubica en la escala urbana, donde la falta de saneamiento pluvial pareciera explicar la impresión de un aumento de inundaciones en las zonas metropolitanas del norte del Estado de Veracruz.

El segundo aspecto tiene que ver con la percepción acerca del cambio climático, pues, más allá de los efectos urbanos, se trata de entender los ciclos estacionales con las implicaciones que conllevan fenómenos de gran escala, como El Niño¹ y La Niña,² patrones meteorológicos que impactan en la frecuencia de lluvias y, por ende, en los ciclos de siembras y cosechas.

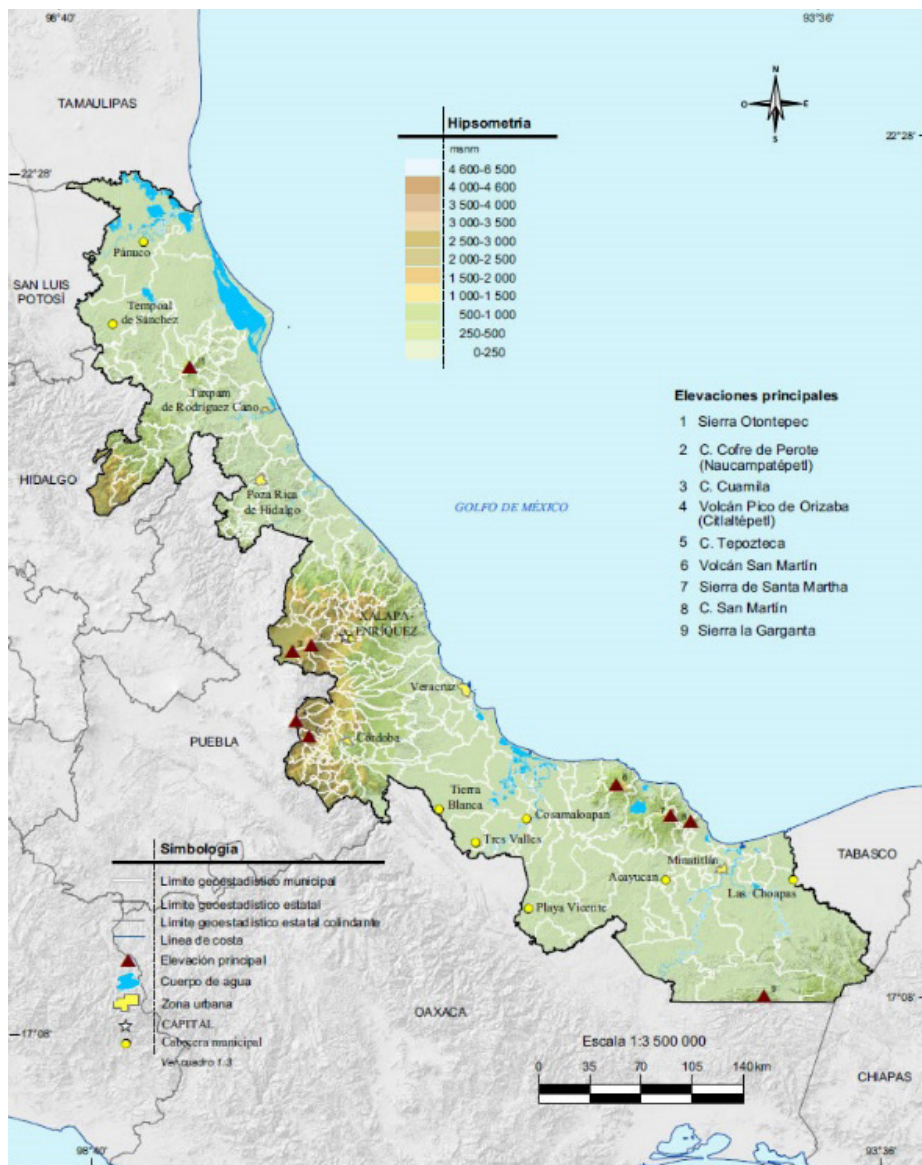
La Organización Meteorológica Mundial³ emitió un comunicado el 3 de junio de 2024, acerca del 60 por ciento de probabilidades de que La Niña se desarrollara entre los meses de junio y agosto de este año, por lo que entre las previsiones que se dieron a conocer desde febrero de 2023 por parte de la Comisión Nacional del Agua, estaba el atender las franjas litorales para evitar posesiones, construcción o desarrollo de siembras o pastoreo en zonas que se “habrían ganado al mar” en los últimos años, por lo que se conminaba a las asociaciones productivas agropecuarias, para evitar pérdidas, el estar preparados durante la transición hacia La Niña.

-
- 1 El Niño: este fenómeno climático intermitente fue denominado por pescadores sudamericanos en el siglo XVII al notar agua más cálida cerca de la costa en días cercanos a la Navidad, de ahí la referencia al “Niño Jesús”; si los vientos alisios se debilitan, menos agua se mueve hacia el oeste y las aguas del océano Pacífico tienden a calentarse más de lo habitual (Fountain, 2023).
 - 2 La Niña: al ser un fenómeno contrario al del “Niño”, se le denominó la “Niña”. Sucede en promedio cada dos o siete años, el océano Pacífico se mantiene frío y se asocia a un posible aumento de huracanes en el Atlántico Norte por presentar menos variación en velocidad y dirección del viento (Fountain, 2023).
 - 3 Portavoz del sistema de las Naciones Unidas relacionado con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.

Carta 1. Características físicas del Estado de Veracruz.

Se observa en el emplazamiento el litoral costero y la proximidad hacia los valles y sistemas de lomeríos próximos al Golfo de México.

Mapa de Orografía del Estado de Veracruz INEGI-INAED (2018).



Fuente: INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000, serie III.
INEGI. Carta Topográfica Escala 1:50 000.
INEGI. Modelo Digital de Elevación, versión 2.0, noviembre 2012.

Con estos referentes es importante mencionar que el emplazamiento del Estado de Veracruz frente al Golfo de México reviste importancia, al enmarcarse dentro del fenómeno de La Niña, pues si bien podría augurarse una buena temporada agrícola, las lluvias continuarían hasta inicios de 2025, y su exceso pudiera traer consigo erosión en suelos y arrastres (Ugalde citado por Castro, 2024).

De esta manera, la exposición del litoral veracruzano a los posibles embates denota vulnerabilidad en materia urbana, que llama a prepararse ante los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos. Las inundaciones urbanas y costeras representan un riesgo latente y probable; ante ello se pone la atención por emprender acciones que desde la arquitectura y el urbanismo puedan ser viables en materia de prevención y operación. Técnicamente, se aplican herramientas de localización de infraestructura y equipamiento urbano mediante SIG's para efectos de diagnóstico y análisis. No obstante, la mera localización no ha bastado para esbozar estrategias preventivas eficientes.

Por ello se plantea el siguiente supuesto, donde se considera que el criterio de localización de equipamiento e infraestructura para la atención a desastres, aunado a una estrategia de participación activa con la población, pudiera conducir a estrategias más efectivas de prevención y evacuación territorial, especialmente en el litoral veracruzano.

Procedimiento

Para emprender el desarrollo de este planteamiento, se realizó una pesquisa partiendo de los conceptos alusivos a ubicaciones estratégicas para atención a desastres, arrojando como resultado tendencias relacionadas con localización de lugares para la atención de víctimas de desastres naturales en líneas costeras (ai-api.dimensions.ai, 2024), de manera que en 3,797 publicaciones que se consideraron relevantes para la búsqueda, algunos aspectos clave se centraron en los siguientes ejes:

- Responsabilidades de los gobiernos que enfatizan su presencia en la administración pública, seguridad y gobernanza territorial, dando la referencia de un caso de Indonesia (Sukmo, 2023).
- Participación comunitaria para incrementar la resiliencia a los desastres, refiriendo la iniciativa Michizukuri de Japón (Nidam, 2023).
- Gestión de riesgos aplicado en la concientización comunitaria para el caso de Arabia Saudita (Alyami, 2020).

Con estos ejes se establecieron pautas para generar lineamientos de trabajo, pues para efectos de colaboración académica,⁴ se ha propuesto un enfoque articulado para emprender diagnósticos urbanos en esta materia.

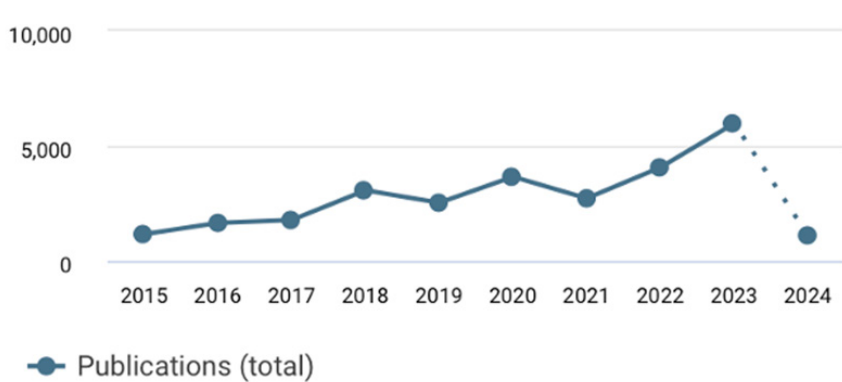
Analítica

En razón de la analítica consultada en agosto de 2024, al momento de consultar los enfoques de investigaciones relacionadas con respuestas a desastres, se exploró la relación de la inteligencia artificial vinculada tanto a la base de datos *Dimensions* como a la consulta con *Chat GPT*,⁵ generandose así una consulta más delimitada que tuvo como resultado una métrica que indica la tendencia de crecimiento en el interés por producir investigaciones relacionadas con respuestas a la atención a desastres, de manera que —considerando 7,569 fuentes que abordan temáticas desde la sociedad humana, 2,389 desde la historia, legados y arqueología, 2,339 trabajos desde la ciencia política, 2,206 que consideran leyes y estudios legales, así como 2,011 fuentes relacionadas con estudios históricos— puede observarse que la tendencia podría, desde esta perspectiva, cobrar importancia en razón de que los desastres no solamente se miran desde las ópticas preventivas conforme a criterios cuantitativos, sino que se reconoce la necesidad de tomar en cuenta a las capas y niveles sociales para articular su seguimiento y atención.

4 Los autores del presente artículo desde sus campos de estudio aportan enfoques para crear un grupo de colaboración que aborde temáticas en torno al espacio, territorio y desarrollo.

5 Cabe aclarar que, en la pesquisa conceptual, se hizo uso instrumental de la IA pero únicamente para criterio de delimitar búsquedas, no para determinar orientaciones o generación automatizada de guiones o pautas metodológicas de la propuesta.

Figura 1. Consulta de trabajos de investigación relacionados con la ubicación estratégica de lugares para atender a víctimas de desastres naturales en líneas costeras.



Fuente: consulta métrica en la base de datos *Dimensions*, agosto de 2024.

A este respecto, el abordaje está considerando los aspectos alusivos a la capacidad de respuesta gubernamental (Pinuji, 2023), la participación comunitaria y local —enfazando la resiliencia a los desastres (Nidam, 2023)— y la prevención de riesgos en la gestión costera mediante la preparación comunitaria (Alyami, 2020). Con la lectura de estos artículos, se procedió al análisis de las aportaciones para, así, esbozar la propuesta analítica que se espera que sea de utilidad, no sólo para efectos de investigación sino como referente para aplicar, a modo de ejercicio analítico, en las experiencias educativas del Programa Arquitectura que se relacionan con las herramientas de análisis-metodología-en los espacios urbanos, regionales y metropolitanos-urbanismo —contando con la incorporación de las percepciones comunitarias-participación social—.

Enfoques de las fuentes

De este modo, si se considera el criterio de localización de equipamiento e infraestructura para la atención a desastres, podrían esbozarse estrategias más efectivas de prevención y evacuación con un criterio de participación activa con la población. La respuesta a este planteamiento esboza una estrategia que articula tres aspectos primordiales:

- Tableros de información urbana local.

- Mapeo comunitario.
- Talleres de actualización de información.

A este respecto, se plantea una propuesta de procedimiento para enlazar el trabajo de campo y la herramienta analítica.

Capacidad de la respuesta gubernamental

Desde la experiencia de Indonesia, en el análisis de Sukmo (2023),⁶ se confirma la obligación del gobierno de garantizar la seguridad durante un desastre en apego a su marco normativo y regulaciones de apoyo. Sin embargo, se reconoce la importancia del gobierno local en la fase reconstructiva que se aduce a la etapa posterior del desastre; esto es, en el caso de pérdidas o destrucción, las regulaciones locales resultan ser muy importantes para garantizar la protección de derechos de la población afectada.

Participación comunitaria y local

En la comprensión del papel e impacto de las comunidades locales de Nidam (2023), se entrevistaron a ocho tomadores de decisiones, quienes han sido figuras clave en los casos analizados,⁷ donde se encontró que, a pesar de las implementaciones de gestión de desastres por parte del gobierno central, las respuestas fueron lentas y dejaron de lado las prioridades locales, de manera que los esfuerzos se fueron obstaculizando por falta de coordinación entre instituciones y organizaciones de ayuda; sin embargo, se detectó que las formas de recuperación novedosas surgieron desde abajo —esto es, desde la comunidad misma— generando prácticas de reconstrucción a largo plazo que se caracterizaron por fomentar la vitalidad de la comunidad afectada.

Prevención de riesgos y gestión costera

En el examen de la ocurrencia histórica de desastres en Arabia Saudita de Alyami (2020), se compiló la identificación de información alusiva en cuanto a la

6 Analizando el tsunami de Aceh en 2004, el deslave de lodo en Sidoarjo en 2006 y la inundación permanente en Kabupaten Demak de 1997.

7 Gran Terremoto y Tsunami del este de Japón en 2011.

eficacia de acuerdos, políticas y planes de gestión de desastres, para emprender una clasificación de grupos y subgrupos de desastres desde la clasificación del CRED (Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres de la Universidad de Lovaina), donde, para el subgrupo de desastres meteorológicos, se ubican las tormentas, y para el subgrupo de desastres hidrológicos, las inundaciones y los movimientos de masas por humedad.

Resultado

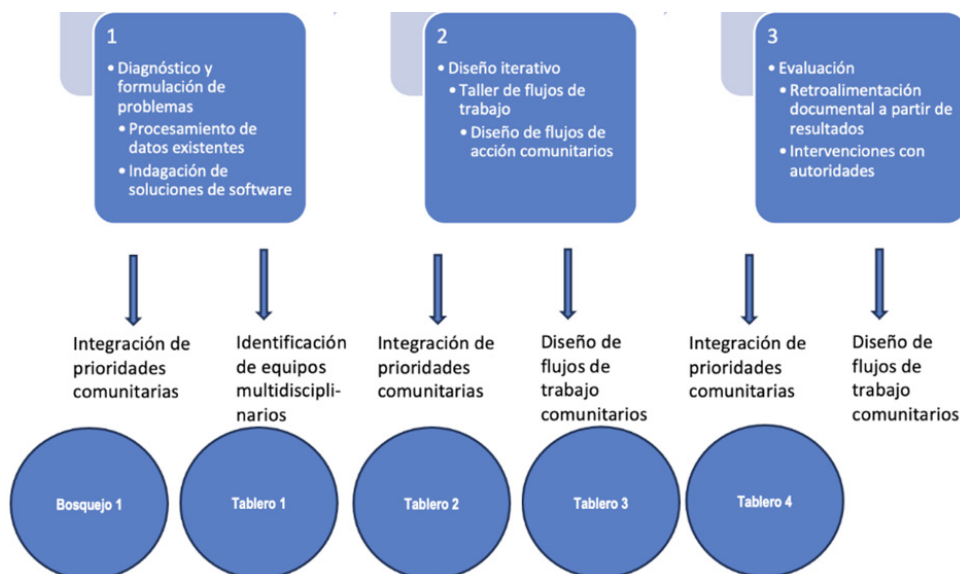
Considerando la inclusión de datos prácticos, se ha tomado como un referente instrumental la co-creación de tableros de datos urbanos (Nidam *et al.*, 2024), donde la compilación conjunta de información pudiera contribuir en la integración de estrategias, guías y seguimiento en la implementación institucional donde las escalas locales y regionales puedan ser observadas a modo de ventana, como una herramienta que coadyuve en el cambio social a escala local.

Por ello se ha fundamentado un guion metodológico para la generación de un tablero informativo que pudiera concentrar información por etapas de algún municipio de estudio en la zona norte de Veracruz, considerando que la escala pudiera ser aplicable a manera de ejercicio, se plantea como un punto inicial que pudiera retroalimentar las fases analíticas de las metodologías de diagnóstico a escala urbana y municipal.

Propuesta metodológica: tablero de datos urbanos (*dashboard*)

En tres fases se propone integrar la evolución del tablero urbano (*dashboard*) en cuatro modalidades. Para empezar, en la fase 1, caracterizada por el diagnóstico e identificación de problemas, se pretende incorporar tanto el estudio de la localidad desde el análisis de gabinete completado con una eventual visita de campo —en caso de ser posible—, dando lugar así, tanto al bosquejo como al tablero 1; por otra parte, en la fase 2, se trabajaría directamente con las comunidades en interacción mediante técnicas de mapeo participativo, dando como resultado el tablero 2 con la identificación de prioridades emanadas desde los mismos participantes, y el tablero 3 con el análisis de los flujos de trabajo comunitario, identificando dinámicas locales de los actores participantes y sus distancias de la infraestructura y equipamientos urbanos existentes. Como puede observarse, no bastaría la localización en SIG, sino el complemento de los flujos de los usuarios en derredor.

Figura 1. Propuesta metodológica.
Propuesta metodológica a partir de Nidam *et al.*, 2024.



De ahí, en la tercera fase, se integrarían los resultados a partir del seguimiento de indicadores para generar un tablero 4, que habrá de servir al seguimiento en una retroalimentación documental a fin de esbozar el diseño de flujo de trabajo comunitario para futuras intervenciones con autoridades.

Conclusiones

Por ello se propone un procedimiento de trabajo cuya herramienta puede ser desarrollada por estudiantes de la Facultad de Arquitectura, sin importar el semestre de estudio, siempre y cuando esté presente la guía metodológica tutelada por parte de los profesores, pues constituye una rica experiencia al momento de compilar información de gabinete, la cual, desde el primer semestre, desde la experiencia educativa de metodología básica, posibilita la captura de información mediante pasos tutelados en la guía de integración de información.

Se apostaría por un enriquecimiento en las conclusiones y en la redacción de reportes e informes conforme el estudiante cuente con un bagaje más amplio de conocimientos. Sin embargo, la actividad de la investigación se

plantea como una práctica lateral que puede retroalimentar en experiencias educativas de taller y teóricas al plantear una reflexión intensa que interactúe directamente con la aplicación en el campo de los pasos y procesos del registro cartográfico conceptual.

Los alcances para esta dinámica de trabajo plantean posturas a favor donde se muestra de manera efectiva la incorporación de los representantes de la sociedad. Sin embargo, esto queda supeditado a la capacidad de convocatoria de la autoridad, donde pudiera convocar a la parte más representativa y no sólo a conocidos o miembros de un sector restringido, sino que, en efecto, se encontraran representantes de las zonas afectables.

Recomendaciones

Para la implementación de este ejercicio participativo, puede integrarse un grupo de trabajo colaborativo con estudiantes interesados en desarrollar una investigación con la aplicación de mapeo y cartografía participativa en campo, para lo cual el contacto con las autoridades municipales es crucial para la determinación del cronograma de trabajo. Así, pues, con interacciones sabatinas, se recomendaría un caso por semestre para ir generando una base comparada y una cartografía participativa de estos tableros de información urbana avalada por los flujos y la información generada en campo.

Referencias

- ALYAMI, A.; DULONG, C. L.; YOUNIS, M. Z., y MANSOOR, S. (2024), Disasters Preparedness in the Kingdom of Saudi Arabia: Exploring and Evaluating the Policy, Legislative Organizational Arrangements Particularly During the Hajj Period, *European Journal of Environment and Public Health*, 10 (2), pp. 67-80. <https://doi.org/10.29333/ejeph/8424>.
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN (2012), *Ley General de Protección Civil*, última reforma publicada el 21 de diciembre de 2023.
- CASTRO, H. (2024), Efectos de La Niña en la agricultura de Veracruz: sequías y lluvias. Consecuencias de La Niña en la agricultura de Veracruz. Nota acerca de las declaraciones de Francisco Javier Ugalde Acosta, investigador del Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, *Imagen de Veracruz*, México.
- Dimensions* (2024), recuperado de dimensions.ai.

- FOUNTAIN, H. (2023), Los fenómenos de El Niño y La Niña, explicados, *The New York Times en Español*, 11 de julio de 2023. <https://www.nytimes.com/es/2023/07/11/espanol/fenomenos-nino-nina-explicacion.html>.
- Gestión del riesgo de la EIRD (sf), *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres*, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). <https://eird.unisdr.org>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA E INSTITUTO NACIONAL PARA EL FEDERALISMO Y EL DESARROLLO MUNICIPAL (2018), Mapa de Orografía del Estado de Veracruz, México. A partir del modelo digital de elevación, información topográfica digital escala 1:250,000 y carta topográfica escala 1:50,000. <https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-veracruz/relieve-veracruz.html>.
- LÓPEZ, L. (2024), Lluvias dejaron estragos en municipios del norte de Veracruz. 17 de septiembre de 2024. Corresponsalía desde Poza Rica, Ver., *Pregoneros*. Periodismo de la zona norte de Veracruz.
- LUNA ORTEGA, L. (2024), Para el miércoles incrementarán lluvias en zona norte de Veracruz, 2 de septiembre de 2024, *Agencia de Noticias RTV*.
- NIDAM, Y.; GIBSON, R.; HOUSTON-READ, R.; PICARD, M., Y GAVIN, V. (2024), *Practicing Data Inclusion: Co-Creation of an Urban Data Dashboard*, Urban Analytics and City Science, Vol. 0 (0), pp. 1-19.
- PINUJI, S.; DE CRIES, W. T.; RINESKI, W., Y WANHYUNI (2023), Is Obliterated Land Still Land? Tenure Security and Climate Change in Indonesia, *Journal of Climate Change and Land Use* 9 (1), pp. 45-62. <https://doi.org/10.31292/bhumi.v9i1.619>.
- SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DE VERACRUZ (2022), Cartografía de supervisiones escolares de educación primaria estatal (DGEPE). Ubicación de Oficinas de Supervisión Escolar. Veracruz, México. Datos del mapa de Google, INEGI 2024. <https://www.sev.gob.mx/educacion-basica/primaria-estatal/destacadas/cartografia-de-supervisiones-escolares/>.

Proyecto de Imagen Urbana del Embarcadero en Cazes, Veracruz

Héctor Rivera Torres* y Omar David Valentín Peralta**

Resumen

La Universidad Veracruzana es identificada como un nodo relevante que ofrece cooperación técnica a diversos agentes sociales que se localizan dentro de la zona metropolitana. La Dirección General de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano aporta apoyo técnico a los actores sociales, mientras que la Dirección de Desarrollo Metropolitano de Poza Rica constituye para los observatorios ciudadanos un espacio de referencia donde se realiza una orientación técnica en asuntos de índole metropolitano. En el Ejido Barra de Cazes, Municipio de Cazes de Herrera, la población ha desarrollado su vida cotidiana con el paso del tiempo, sin considerar la importancia de la zona dentro del municipio. Los inmuebles fueron rebasados en su función original, aparte de que han sufrido deterioro. Carecen de servicios zonas donde habitan trabajadores que realizan actividades de turismo, así como la pesca, actividad esencial en el ingreso familiar. Se requiere, por ende, de una investigación y acciones de regeneración e imagen urbana, que permitan desarrollar estrategias que fomenten y generen atracción de visitantes locales, nacionales e internacionales, que promuevan y fortalezcan las actividades turísticas, gastronómicas, deportivas y de recreación y artesanías. El apoyo político resulta relevante para legitimar proyectos o agendas metropolitanas.

Palabras clave: desarrollo urbano, investigación, regeneración, imagen urbana, fortalezcan.

* Universidad Veracruzana, Profesor de Tiempo Completo.

** Universidad Veracruzana, alumno FARPT.

Abstract

The Universidad Veracruzana is a relevant center that offers technical cooperation to several social agents located within the metropolitan area. The General Directorate of Territorial Planning and Urban Development provides technical support to social actors. The Metropolitan Development Directorate of Poza Rica constitutes a reference space for citizen observatories, where technical guidance is provided on metropolitan matters. In the Ejido Barra de Czones, Municipality of Czones de Herrera, the population has lived their daily life, without considering the importance of the area within the Municipality. There, buildings exceeded in their original function, and they have suffered deterioration. There are also areas without services, where working people carry out tourism activities, as well as fishing, an essential activity for the family income. Research and urban regeneration and image, allows the development of strategies to attract local, national and international visitors, promote and strengthen tourism, gastronomy, sports, recreation and crafts activities. Political support is key to legitimize metropolitan projects or agendas.

Keywords: urban development, research, regeneration, urban imagen, strengthen.

Antecedentes

Czones de Herrera se encuentra ubicado en el estado de Veracruz, al oriente de la República Mexicana, en las regiones del Totonacapan y la Huasteca, conocido como el municipio donde se amalgaman las dos culturas, ya que el Río Czones lo divide en dos; también marca el límite entre las regiones Huasteca y Totonaca. La zona de intervención se encuentra ubicada dentro del Ejido de Barra de Czones, donde destaca el paisaje ribereño que cruza en los alrededores de su localidad. Tiene un bajo índice de turismo.

El Ayuntamiento de Czones solicitó a la vicerrectoría de la zona Poza Rica-Tuxpan, apoyo para realizar la intervención de un proyecto de regeneración e imagen urbana.

Figura 1. Ubicación de la superficie de intervención e investigación del proyecto. Localización satelital del Proyecto de Regeneración e Imagen Urbana.



Fuente: Informe ER IUECV, 2022.

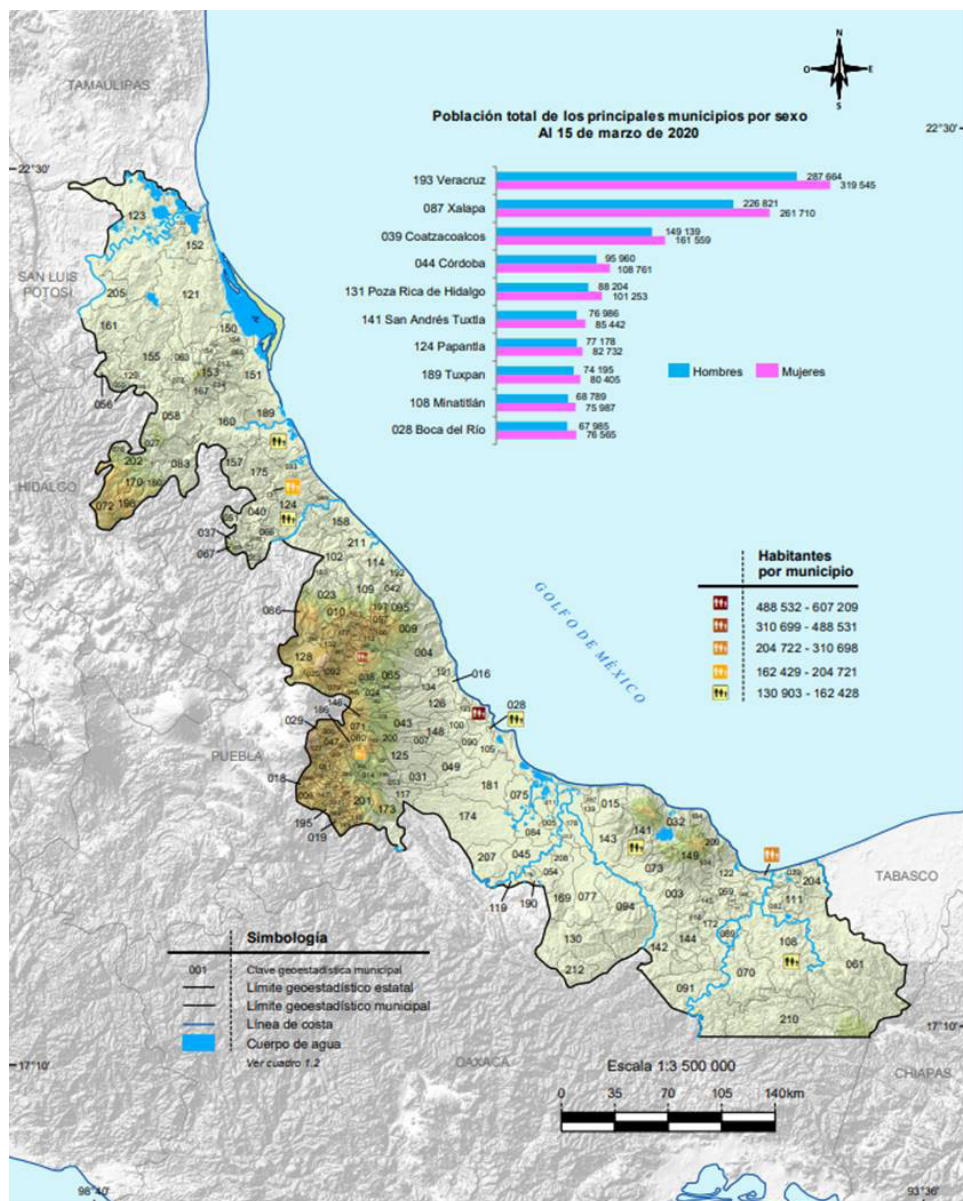
Resultados de la Investigación

Marco contextual y medio físico natural

Localización

El municipio se encuentra al sureste de la región Huasteca. Su suelo es en general regular, al norte del Estado de Veracruz limita con Tuxpan, al este con el Golfo de México, al sur con Papantla y al oeste con Tihuatlán. Su distancia aproximada por carretera a la capital del estado es de 321 kilómetros; y tiene una superficie de 273.12 Km², cifra que representa un 0.38 por ciento del total del Estado. Cuenta con 212 municipios.

Figura 2. Las divisiones incorporadas en los mapas corresponden al marco geoestadístico del INEGI.



Fuentes: Mapa. INEGI, Marco Geoestadístico, Censo de Población y Vivienda 2020; Gráfica. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020, www.inegi.org.mx (30 de junio de 2021).

Principales ecosistemas

Hidrografía: se encuentra regado por el Río Cazones, que nace en la Sierra de Huachinango y desemboca en el Golfo de México, formando la Barra de Cazones.

Edafología: su suelo es de tipo rego sol, que se caracteriza por no presentar capas distintas, con parecido a la roca que le dio origen, con tonalidades claras, es susceptible a la erosión.

Clima y precipitación pluvial: su clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, humedad mayor de “45 por ciento”.

Flora: los ecosistemas que coexisten en el municipio son el de selva alta perennifolia con especies, como el ojite, chicozapote, cedro, chaca, orejón, uvero, ceiba, higuerón, jobo, anona, coyol, palma, espinos y nopal.

Fauna: en el municipio se desarrolla una fauna compuesta por poblaciones de mamíferos silvestres, como conejos, mapaches, tlacuaches, tejones, armadillo y coyotes.

Agricultura, ganadería y pesca: el desarrollo de las actividades primarias del municipio están soportadas en su mayoría por la dependencia de la disponibilidad de recursos que la federación y el Estado le aportan a través de programas de promoción de las actividades productivas agropecuarias, de ganaderías y de apoyo a la pesca.

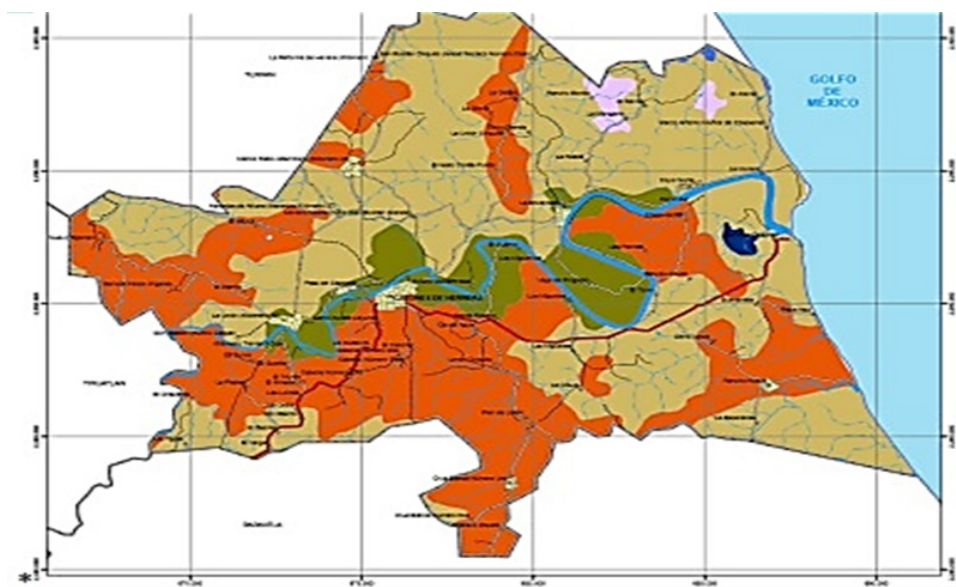
Figura 3. Principales ecosistemas en el municipio.



Fuente: Informe de ER IUECV, 2022.

La información básica ubica geográficamente los fenómenos socioeconómicos expresados en los datos estadísticos. El contorno estatal de los mapas se conforma por el Marco Geoestadístico del Censo de Población y Vivienda 2020, por lo que los datos de superficie y porcentajes pueden variar.

Figura 4. Mapa de clasificación del medio físico natural del Municipio de Cazones de Herrera, Veracruz.



Fuente: Mapa de distribución del medio físico natural, del Programa Metropolitano de Poza Rica 2022.

Necesidades técnicas de los actores

La Universidad Veracruzana es un nodo que ofrece cooperación técnica a diversos agentes sociales dentro de la zona metropolitana. Por otra parte, el sector privado es concebido con capacidades técnicas para proporcionar apoyo a otros actores; de manera individual a empresas, o a grupos organizados como la CCEZNV; acompañado por la Dirección General de Ordenamiento Territorial y Desarrollo urbano, aporta apoyo técnico a los actores sociales. A su vez, el apoyo político resulta relevante para legitimar proyectos o agendas metropolitanas.

Planteamiento del problema urbano

En el Ejido Barra de Cazes, Municipio de Cazes de Herrera, con el paso del tiempo la población ha desarrollado su vida cotidiana sin considerar la importancia de la zona dentro del municipio. Rebasados en su función original, sus inmuebles han sufrido deterioro constante. Las zonas donde habitan los trabajadores que viven del turismo y la pesca, carecen de servicios. De hecho, el parque principal del ejido carece de mobiliario urbano, áreas de verdes, de explanadas para eventos culturales. Esto marca la necesidad de un estudio de apoyo para regenerar los espacios necesarios en el parque y embarcadero, localizado en Barra de Cazes, para fortalecer las actividades destinadas a la recreación familiar, la convivencia social, el fomento a la cultura, la meditación, el disfrute de una variedad de alimentos, así como la pesca deportiva.

Figura 5. Fundamentación de la planeación del proyecto.



Fuente: Programa Metropolitano de Poza Rica, 2019-2024.

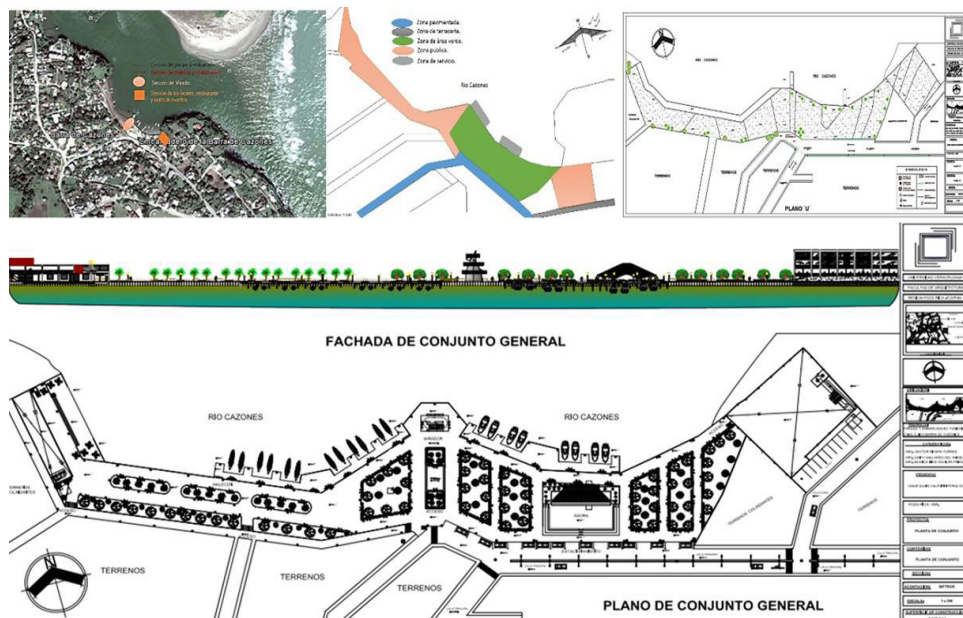
Las actividades de atracción de visitantes requieren de un estudio de regeneración e imagen urbana que les permita desarrollar estrategias que atraigan visitantes locales, nacionales e internacionales, que promuevan y fortalezcan las actividades turísticas, gastronómicas, deportivas y de recreación, y artesanías.

Figura 7. Imagen del estado de conservación del embarcadero y plaza de la superficie a intervenir.



Fuente: Informe de ER IUECV, 2022.

Figura 8. Aplicación metodológica para el planteamiento de solución del proyecto: Regeneración e Imagen Urbana del Embarcadero en Cazes, Veracruz.



Análisis del proyecto

ÁREAS POR SECCIÓN.

SECCIÓN 1- S1 PARQUE EMBARCADERO TURISTICO	3,308.15 m ²
SECCIÓN 2- S2 MALECÓN Y LOCALES TURISTICOS	3,258.80 m ²
SECCIÓN 3- S3 MIRADOR	883.21 m ²
SECCIÓN 4- S4 LOCALES ARTESANIAS, RESTAURANTE Y SALON DE EVENTOS	1,367.64 m ²
PROYECTO TOTAL	8,817.80 m²

Fuente: elaboración, Héctor Rivera, Omar Peralta, 2022.

Conclusiones

El Proyecto de Regeneración e Imagen Urbana en el parque y embarcadero turístico en esta localidad, se define como el mejoramiento para el desarrollo social, económico y cultural del Ejido de Barra de Czones, Czones de Herrera, y pretende que impacte social y económicamente en el lugar, esperando un crecimiento importante y una derrama económica turística nacional e internacional, a través de la Regeneración e Imagen Urbana del parque y embarcadero turístico, complementado con la generación de nuevos empleos durante su construcción y posterior uso. El proyecto de investigación cumple con la mejora de la infraestructura propia del lugar, considerando el respeto al medio ambiente sustentable, y a la diversidad cultural y de género.

Figura 8. Proyecto de Regeneración e Imagen Urbana del Embarcadero y Plaza Recreativa.



Fuente: Informe de ER IUECV, 2022. Proyecto: Regeneración e Imagen Urbana del Embarcadero en Czones, Veracruz. Ágora Turístico.

Figura 9. Proyecto de Regeneración e Imagen Urbana del Embarcadero, Plaza y Centro Artesanal y Recreativo.



Fuente: Informe de ER IUECV, 2022. Proyecto: Regeneración e Imagen Urbana del Embarcadero en Cazes, Veracruz. Ágora Turístico.

Recomendaciones

El presente documento responde a las necesidades de una población afectada durante mucho tiempo por el abandono institucional y un crecimiento sin restricciones reglamentarias. La necesidad de aprovechar espacios, por medio de una regeneración urbana, responde a la creación del estudio de imagen urbana en “El parque y embarcadero turístico”, un proyecto de cuatro etapas cuyos objetivos son la reorganización espacial del partido arquitectónico resultante de la investigación, así como la restauración de zonas existentes brindando espacios de recreación y esparcimiento social, teniendo como bases diversas leyes federales y estatales que apoyan y/o justifican su realización. Lo anterior se deriva de un estudio del sitio, el cual demuestra que los lugares que actualmente operan no cuentan con los suficientes servicios para dar abasto a las necesidades actuales de la población y de los visitantes ajenos al municipio.

El Proyecto de Regeneración e Imagen Urbana del Parque y Embarcadero Turístico de Barra de Czones está compuesto por cuatro secciones:

I. Embarcadero turístico integrado a un parque público con un ágora para eventos culturales, artísticos y usos múltiples.

II. Embarcadero para pescadores integrado a un malecón turístico y un edificio de locales y baños públicos.

III. Mirador.

IV. Edificio cultural.

Es importante mencionar que se tomaron en cuenta la normatividad vigente propia del tema y las leyes federales que fundamentan y apoyan la realización de este proyecto, así como el Reglamento de Construcción del Distrito Federal y del Estado de Veracruz.

Referencias

ALFRESCO. PMU_WEB_04.pdf. recuperado de sedatu.gob.mx.

ABOITIZ SARO, Fernando (2011). Norma técnica complementaria para el proyecto arquitectónico. México, *Gaceta Oficial del Distrito Federal*.

ED 2016-2022 (sf), Plan Estatal de Desarrollo. https://www.oaxaca.gob.mx/:https://www.finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan_Estatal_de_Developmento_2016-2022.pdf.

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). Censo de Población y Vivienda 2020. www.inegi.org.mx.
- LEYES Y REGLAMENTOS. SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL (veracruz.gob.mx).
- MARZO, J. L. (2017), Definiendo la independencia del producto artístico. De la transición a la actualidad, Aliaga, J. V., y C. Navarrete (eds.), *Producción artística en tiempos de precariado cultural*, Tierradenadie, pp. 41-65.
- NEUFERT, E. (1973), *Arte de proyectar en arquitectura*. [//efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/).
- Reglamento de la Ley que Regula las Construcciones Públicas y Privadas del Estado.pdf (veracruz.gob.mx).
- Reglamento de Construcciones para el Estado de Veracruz (programa.gob.mx).
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Acuerdo 68995 Archivo.pdf (inforeglamentos.com.mx).
- SEDESOL. (1999), Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, tomo V, Recreación y Deporte. <https://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/tomo5.pdf>.
- SEDESOL. (sf), Sistema Normativo de Equipamiento Urbano. Recreación y Deporte, tomo V. Sistema de Equipamiento Urbano. weebly.com.

La reutilización del espacio público industrial en desuso. Caso de estudio Poza Rica, Veracruz

Diego Arturo Torres Hoyos,* Jesús Ceballos Vargas**
y Carlos César Morales Guzmán***

Resumen

Al ser propiedad colectiva y moral, el espacio público es un binomio indisoluble entre los ciudadanos y sus lugares causales de su identidad. Por tanto, estos sitios son esenciales para el equilibrio de la sociedad y una evidencia más de los conceptos de apego e identidad y su repercusión dentro de los grupos sociales. El fenómeno que genera se integra al desarrollo de las áreas urbanas en lo específico y a la ciudad en lo general, en virtud de que interactúan con su funcionamiento como espacios públicos y parte del patrimonio tangible.

La finalidad del presente trabajo es exponer la necesidad social de esgrimir el derecho para defender y apropiarse de las áreas industriales en desuso diseminadas en la ciudad por las diversas vías legislativas y proponer un esquema de gestión y participación ciudadana para convertir el uso del suelo en espacios públicos para el mejoramiento social y ambiental.

Palabras clave: reutilización, apropiación, espacio, desuso, identidad.

Abstract

Public space, being collective and moral property, is an inseparable bond between citizens and the places that trigger their identity. Therefore, these sites are essential for society's stability and further evidence of the concepts of at-

* Universidad Veracruzana, académico.

** Universidad Veracruzana, académico.

*** Universidad Veracruzana, académico.

tachment and identity and of their impact within social groups. The phenomenon it produces is integrated into the development of urban areas in particular and the city in general by the fact that they interact with its function as public spaces and part of the tangible heritage.

The purpose of this work is to show the social need to wield the right to defend and take over the disused industrial areas scattered throughout the city through the various legislative means and to propose a scheme of management and citizen participation to convert the use of existing land into public spaces for social and environmental improvement.

Keywords: reuse, appropriation, space, disuse, identity.

Introducción

La infraestructura industrial de propiedad privada y pública se ha convertido en un activo de las ciudades y es menester preservar algunas obras que contienen un alto valor cultural, histórico y social. Estas edificaciones e instalaciones son el tipo de patrimonio más reciente. Según el International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage:

... el patrimonio industrial es el conjunto de restos de la cultura industrial que poseen un valor histórico, tecnológico, arquitectónico o científico consisten en edificios y maquinaria, talleres, molinos y fábricas, minas y sitios para procesar y refinar, almacenes y depósitos, lugares donde se genera, se transmite y se usa energía, medios de transporte y toda su obra material.

Así, también, las instalaciones industriales se complementan con lugares donde se desarrollan actividades sociales relacionadas, como la educación, la religión y la habitación. En la segunda mitad del siglo xx se evidencia con mayor fuerza el desuso de la infraestructura industrial por el cierre y cancelación del funcionamiento de instalaciones fabriles de todo tipo. De hecho, en algunas ciudades mineras de la época colonial estas edificaciones se encontraban en el centro urbano de las ciudades, denominados “cascos urbanos”, que posteriormente, a mediados del siglo xx, se convirtieron en centros históricos y pueblos mágicos por su modelo urbano concentrado y compacto.

En virtud de que el origen de Poza Rica es netamente industrial (de hecho, fue tipificado como campo petrolero en 1925), producto de la explotación del

petróleo, las instalaciones y edificaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y sus filiales, diseminadas en el municipio y la región, corresponden al patrimonio industrial no decretado, pero evidente y tangible. En ese sentido, el presente trabajo expone la necesidad de la reutilización de estos espacios para el mejoramiento del desarrollo urbano y cumplir con las premisas sustentables de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 correspondientes al Objetivo 11, Ciudades Sostenibles, el cual reza así: “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. Al respecto, la infraestructura industrial de Poza Rica, construida entre los años treinta y cincuenta del siglo pasado, puede enmarcarse en los requerimientos del objetivo anterior en virtud de ostentar valores descritos, ocupar un espacio que ha generado, en algunos casos, apropiación por la comunidad para diversificar su uso, y la jerarquía que presenta al enclavarse en la ciudad con un relevante porcentaje de uso del suelo. Cañizares, Del Pozo y López afirman:

En el contexto de una gobernanza que busca nuevas formas de orientar las estrategias de revitalización de ciudades y barrios desindustrializados con criterios de sostenibilidad, no se puede soslayar la actuación sobre el patrimonio industrial como recurso y factor potencial de resiliencia (2020: 323).

Método

Planteamiento de la propuesta

La recuperación de los espacios industriales ha generado una preocupación constante en las ciudades industriales diseminadas en el mundo. En el transcurso de los años han experimentado un proceso de deterioro en las instalaciones y la imagen urbana, así como contaminación y abandono por la contracción de las inversiones y de las políticas públicas y privadas, lo que ha provocado cambios en el uso del suelo cuando se desmantela la instalación y se usa para otro rubro, y por problemas sociales debido a invasiones y al caos en el orden urbano, producto del aislamiento de estas instalaciones, situaciones que han producido una problemática urbana.

Poza Rica no ha sido ajena a este proceso de deterioro del suelo urbano, pues este problema se ha focalizado principalmente en su actual zona industrial y en algunos terrenos de aproximadamente una hectárea, donde se encuentran pozos petroleros en actividad. En estos espacios básicamente se manifiestan los siguientes problemas:

- La reducción de la inversión de la empresa Petróleos Mexicanos (PEMEX) ha generado la subutilización de las áreas industriales, lo que ha provocado el abandono, el desgaste de los materiales de las edificaciones y la falta de mantenimiento de las mismas.
- Algunas áreas han sido desmanteladas para reutilizar las piezas como refacciones en otras regiones petroleras, dejando espacios baldíos y superficies provistas de maleza que deterioran la imagen urbana y son proclives a las invasiones de “paracaidistas”.
- Asimismo, la problemática se observa en las instalaciones y edificaciones que desarrollan labores de servicio para la empresa PEMEX localizadas en áreas aledañas conurbadas con la ciudad de Poza Rica.
- Otra causa es la proliferación de espacios dentro de las colonias denominadas “cuadros de pozos petroleros” que, en algunos casos, han funcionado como lugares recreativos para el deporte en su parte central, y el perímetro se ha utilizado para andadores para caminatas, pero, en otros sitios, estas instalaciones han afectado el orden urbano al obstaculizar la traza urbana de la ciudad o no están delimitados en su superficie, lo que ha provocado invasiones, o PEMEX ha aprovechado la figura de la especulación para realizar acciones de compra venta que han generado un mal funcionamiento de los servicios al incrementar el gasto sanitario e hidráulico de captación de aguas residuales y de suministro de agua potable, por citar algunos.

En virtud de lo anterior, al perder certidumbre sus actividades la infraestructura industrial debilita la estructura urbana de la ciudad al no haber alternativas de solución de la empresa para con el futuro de estas instalaciones. Asimismo, se han generado puntos de conflicto que van en contra del funcionamiento urbano, lo que compromete el desarrollo económico por la migración de personas a otros lugares que ocasiona el fenómeno que la ciudad pierda el consumo e inversiones de estos grupos de trabajadores.

Uno de los fenómenos más elocuentes del impacto territorial de la desindustrialización y del traslado de la industria hacia espacios periurbanos por efecto de la mutación del sistema productivo que acabamos de señalar es, precisamente, la aparición de espacios industriales abandonados, cuya proliferación puso en alerta a los responsables públicos locales donde la magnitud del fenómeno fue mayor. Al principio no supieron cómo atajar con acierto un problema que iba en aumento y presentaba múltiples aristas: degradación medioambiental y física del espacio urbano, contaminación de suelos, especulación, destrucción

de la actividad económica, desempleo y tensión social. Era evidente para todos que las viejas fábricas y los terrenos industriales abandonados constituían un factor desestructurante que desvalorizaba la imagen y reducía el atractivo de las zonas afectadas (Del Toro, 2002: 216).

Por tanto, es menester proponer programas de reutilización de estos espacios industriales abandonados basados en un diagnóstico para conocer la localización, el estado de las edificaciones, el tipo de y material de la estructura, sus dimensiones de terreno ocupado y una primera visión o percepción del reúso o preservación por motivos culturales, históricos, identitarios o significativos. En el contexto de una gobernanza que busca nuevas formas de orientar las estrategias de revitalización de ciudades y barrios desindustrializados con criterios de sostenibilidad, no se puede soslayar la actuación sobre el patrimonio industrial como recurso y factor potencial de resiliencia.

En cambio, se debe proporcionar la información sobre cómo se abordó el tema, la recopilación de información y la evaluación de los datos de la investigación, describir el paso a paso del abordaje de la investigación, e incluir referencias de trabajos anteriores que informen sobre los que apoyen la presente investigación.

Objetivo general

¿Será una necesidad primordial recuperar —y, en algunos casos decretarlos como patrimonio industrial— los espacios industriales abandonados y en desuso con el fin de modificar su funcionalidad anterior dado su valor histórico e identitario para beneficio de la ciudad y su comunidad?

Para esto sería necesaria una estrategia de intervención para recuperar las instalaciones industriales propiedad de PEMEX y de edificaciones en desuso de empresas del ámbito industrial que le proporcionaron servicio a la empresa diseminados en Poza Rica y en la zona metropolitana, con la finalidad de incorporarlos a la movilidad urbana y a la continuidad de la traza urbana.

Objetivos particulares

- Indagar información sobre antecedentes de la formación de ciudades industriales.
- Describir el proceso de formación y desarrollo de Poza Rica desde sus orígenes como campo petrolero hasta ciudad municipio.

- Diagnosticar la infraestructura industrial de PEMEX y filiales diseminada, en la ciudad y determinar su relación con el patrimonio industrial.
- Clasificar el estado y tipo de construcción de las instalaciones y edificaciones industriales para determinar el modelo de reutilización para su preservación o modificación.
- Verificar en específico el porcentaje de espacios públicos en la ciudad para modificar algunos espacios industriales en miras a incrementarlo.
- Realizar un diagnóstico basado en la localización y el dimensionamiento de las instalaciones para efectos de su preservación en pos de acrecentar la identidad respecto del origen de la ciudad, la cultura del trabajo y el conocimiento de la diversidad de culturas producto de los diferentes lugares de origen de los pobladores de la ciudad que formaron la idiosincrasia y el comportamiento social de las generaciones actuales.

Hipótesis

La falta de una planeación a futuro sobre ordenamiento urbano y los programas de reutilización de instalaciones y edificaciones de PEMEX y filiales, mediante propuestas de diseño urbano arquitectónico conceptualizadas con base en la estructura del espacio público, propiciará el abandono y deterioro, ya evidente en algunos casos, de esta infraestructura que provocará especulaciones en la tenencia de la tierra para la compra venta de estas superficies, el cambio de uso del suelo de manera discrecional y mercantilista, la afectación de la imagen urbana al interior de las construcciones y en el contexto que las rodea, áreas susceptibles a la invasión para diferentes actividades, proliferación del comercio informal, desastres producto de residuos de hidrocarburos retenidos en el subsuelo, contaminación atmosférica y un alto porcentaje de lugares baldíos o “no lugares”.¹

El no manifestarse y, por ende, no actuar de las autoridades de los tres niveles de gobierno, por la empresa aludida, y por la ciudadanía, mediante la participación presionante, sobre todo de la población joven, para apropiarse de estos espacios mediante acciones vinculadas a la reutilización, el mejoramiento, la preservación y el decreto del patrimonio de tipo industrial bajo bases legislativas, ocasionarán diversos escenarios negativos, como la obstrucción

1 El “no-lugar” es un término acuñado por el antropólogo francés, Marc Augé, para describir aquellos lugares de transitoriedad que no tienen suficiente importancia para ser considerados como “lugares”.

del desarrollo económico, ya que, al no haber una alternativa de solución, el lugar se inmoviliza y se pierde la oportunidad de incrementar la economía y transformar la actividad en una más redituable, como el turismo, o instaurar la segregación social o la gentrificación,² producto de la construcción de equipamiento privado que no fomenta la inclusión social y provoca la desaparición de espacios industriales históricos necesarios para la identidad del habitante con su ciudad, entre otros.

Tabla 1. Estructura hipotética

Construcción de la hipótesis			
Planteamiento de la hipótesis	Objeto-problema	Variable independiente	Variable dependiente
Mientras no se planea a futuro el ordenamiento urbano y los programas de reutilización de instalaciones y edificaciones de PEMEX en desuso.	Reutilización del espacio en desuso de las instalaciones y edificaciones industriales de PEMEX.	Incremento del porcentaje de espacios públicos con inclusión social.	Reutilización del espacio industrial. Mejoramiento de la imagen urbana.
Se ocasionarán diversos escenarios negativos, como la obstrucción del desarrollo económico, la segregación social y la desaparición de espacios industriales históricos necesarios para la identidad.		La preservación del patrimonio industrial.	Decreto de la infraestructura industrial.

Nota: Elaboración propia, diciembre 2024.

Marco teórico

El concepto de referencia universal correspondiente al fundamento de la investigación es el espacio público, La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (2020) establece que la denominación de espacio público se define como las “áreas, espacios abiertos o predios de los asentamientos humanos destinados al uso, disfrute o aprovechamiento colectivo, de acceso generalizado y libre tránsito”. Kevin Lynch, ingeniero y ur-

2 Proceso de rehabilitación urbanística y social de una zona urbana deprimida o deteriorada, que provoca un desplazamiento paulatino de los vecinos empobrecidos del barrio por otros de un nivel social y económico más alto.

banista estadounidense fallecido en 1984, establecía cinco imágenes prioritarias para entender una ciudad: sendas o calles, barrios o colonias, bordes o límites, hitos o remates visuales y nodos o emplazamientos. Una ciudad es funcional cuando el habitante puede interpretarla por sus imágenes básicas. De la misma forma, dentro del marco teórico, es necesario comprender la identidad de los espacios significativos culturales, sociales e históricos en congruencia con la teoría de la percepción, ya que se requiere contrastar la imagen que generan los espacios industriales en desuso con el comportamiento de los lugareños. Existen en diversas áreas urbanas de Poza Rica espacios de forma rectangular entre media y una hectárea, donde se ubican los aproximadamente 500 pozos petroleros que forman parte del imaginario colectivo del habitante, y la convivencia ha generado puntos de referencia de orientación en la ciudad lugar y han sido elementos de acercamiento social producto del incipiente uso que se les ha dado.

Carmona nos indica:

Lo anterior, con la finalidad de establecer la importancia de la percepción en los procesos de diseño del espacio público en medida de entender que el usuario no sólo percibe los componentes formales del espacio público, sino que los conoce, aprehende, valora y actúa en consecuencia (2015: 27).

Aunado al encuadre anterior, es importante incorporar a la investigación lo referente a la sensación psicológica del habitante, que se conoce como “apego al lugar o apropiación del espacio”. Esta conducta del ser humano es una especie de poder o empoderamiento que se utiliza en las acciones de participación ciudadana para manifestarse contra políticas que afectan los espacios identitarios de los pobladores. “En este sentido, consideramos que el fortalecimiento y la vertebración del tejido social —a partir de la apropiación del espacio— es una premisa indispensable para la sostenibilidad” (Pol, 2002 citado por Moranta *et al.*, 2005: 294). Como se puede observar, esta reflexión es coherente con el Objetivo 11 de los ODS, correspondiente a Ciudades Sostenibles, que establece como característica la inclusión social y la resiliencia que pueden instituir estos espacios.

Resultados de la investigación

Propuesta metodológica

En virtud de que la investigación es descriptiva, la metodología propuesta es secuencial y continua, puesto que se estructura bajo un proceso contextual. El

ejercicio es coherente con el desarrollo permanente de las ciudades y en las sostenibles el orden es adecuado para mantener una armonía entre desarrollo y, eso sí, las medidas que se tomen deben apuntar al equilibrio entre desarrollo y satisfacción de sus habitantes.

A continuación, se presentan las fases para la construcción del ejercicio metodológico.

- Argumentar sobre el patrón urbano que conformó las ciudades mineras y que dio origen a la formación de las ciudades industriales.
- Investigar sobre los diferentes esquemas de intervención urbana sobre la renovación y regeneración urbana.
- Fundamentar la investigación mediante el estudio del marco legal vigente sobre mejoramiento ambiental, incremento del espacio público y la inclusión de la participación de la ciudadanía que ampara la propuesta.
- Mostrar el origen y la evolución de la industria petrolera que formó la ciudad de Poza Rica.
- Elaborar el diagnóstico de ubicación de las áreas industriales intra y extraurbanas.
- Clasificar el tipo de intervención urbana de acuerdo con la versatilidad de los espacios donde se localizan las edificaciones y su forma y funcionalidad.
- Implementar un ejercicio de contrastación de la investigación con las características de la ciudad sostenible mediante los principios del objetivo 11 de los ODS.
 - Acceso a recursos públicos básicos.
 - Acciones de renovación urbana.
 - Reducción de emisiones de CO₂.
 - Favorecer el comercio formal.
 - Triple fórmula: reducir, reutilizar y reciclar.

Es importante inferir que las instalaciones industriales, como las mineras, las zonas industriales específicas o especializadas, o ciertos espacios litorales, pueden continuar siendo un activo significativo en las ciudades de tipo industrial, como las petroleras en el caso de Poza Rica. Estos residuos industriales deben ser reutilizados y aplicados a nuevos usos que los rescaten del abandono y se les asigne un nuevo valor en los ámbitos urbanístico, cultural, económico y social.

Cabe destacar que el trabajo es congruente con las características que establece el Objetivo 11 de los ODS al encuadrarlo en las características que marca

la descripción de esta finalidad, “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”.

- Al respecto del concepto de inclusión, el objetivo de la investigación cumple al preservar o modificar los espacios en desuso, con la integración de la infraestructura industrial con las actividades sociales y culturales de la comunidad.
- En relación a la seguridad, la rehabilitación de las áreas industriales en desuso transformará lugares que, por su abandono, fracturaron y generaron delincuencia y contaminación al tejido urbano en zonas seguras que mejorarán la imagen urbana y la convivencia.

Conclusiones

Es importante inferir que instalaciones industriales, como las mineras, las zonas industriales específicas o especializadas, o ciertos espacios litorales, pueden continuar siendo un activo significativo en las ciudades industriales, como las petroleras (Poza Rica). Estos residuos industriales deben ser reutilizados y aplicarlos a nuevos usos que los rescaten del abandono y se les asigne un nuevo valor en los ámbitos urbanístico, cultural, económico y social.

Recomendaciones

En correspondencia con la resiliencia, la carga de percepción e identidad que ocasionan las instalaciones industriales, al estar aisladas y sin el uso para las que fueron creadas, impulsarán a la ciudadanía a participar en acciones de gestión ante las autoridades para apropiarse de estos espacios producto resilientes. Cañizares, Del Pozo y López indican:

... los elementos de patrimonio industrial, una vez perdida su función, que ha permitido conectar la acción urbana/local, como expresión de resiliencia territorial, toda vez que ésta tiene un fuerte componente de sostenibilidad, de respuesta basada en los recursos disponibles y al alcance de la sociedad que debe gestionarlos a través de los agentes públicos y sociales (2020: 323).

En consecuencia, la reutilización del patrimonio industrial es congruente con el sello de una ciudad sostenible, ya que mejora la calidad de vida y se identifica con su población, originando esto un binomio indisoluble en el desarrollo de

una ciudad. Luego, en una ciudad, su extensión, número de habitantes, densidad y estética de sus edificaciones, el ancho y longitud de sus calles, no son lo más importante, ni la hace mejor que otras sino su funcionamiento.

Por consiguiente, las ciudades mundiales no son las más ricas ni las más grandes ni las más pobladas, sino las que poseen el mayor grado de conectividad y flexibilidad, aquéllas capaces de articular y generar los diversos flujos globales y de atraer y multiplicar el capital extranjero (Amendola, 2000; Sassen, 2003, citado por Morente *et al.*, 2005).

Referencias

- Agenda 2030, Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo N°. 11, Ciudades Sostenibles, Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo.
- CAÑIZARES, M.; DEL POZO, P.; LÓPEZ, G. (2020), El patrimonio industrial en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la resiliencia territorial: de la teoría a la práctica, *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 40 (2), pp. 323, 344. <http://dx.doi.org/10.5209/AGUC.72977>
- CARMONA. K. (2016), El espacio público como elemento urbano-arquitectónico generador de inclusión social: su diseño a través de la percepción, tesis de maestría, Universidad Veracruzana. <http://cdigital.uv.mx/handle/1944/49447>.
- DEL POZO, P. (2002), Patrimonio industrial y cultura del territorio, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (34), pp. 213-227. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/437>.
- HUANCHI, R.; NILBER, J.; PALZA, Luis (2012), Parque industrial: un proyecto de regeneración urbana, tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Repositorio Institucional Digital. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2934>.
- MORENO, M. (2014), *Transformación industrial, vivienda para obreros y obsolescencia urbana en el Centro Histórico de San Luis Potosí*, Facultad del Hábitat y Programa Multidisciplinario en Ciencias Ambientales, UASLP.
- MORENTE, F. (2018), De la acumulación a la apropiación: una reflexión acerca del espacio público en la ciudad contemporánea, *Urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana* (Brazilian Journal of Urban Management), set./dez., 10 (3), pp. 650-662.

- MORANTA, V.; POL, T.; URRUTIA, E. (2005), La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares, *Anuario de Psicología*, 36 (3), pp. 281-297.
- ROMERA, M. (2017), Regeneración urbana en zonas industriales. Análisis y propuestas en el caso de Málaga, tesis doctoral, Universidad de Málaga, Publicaciones y Divulgación Científica. <http://orcid.org/0000-0002-0844-6862>

Prototipo de vivienda con bambú *Guadua aculeata*: sistema constructivo alternativo para la producción social de la vivienda

Álvaro Hernández Santiago,* Heidi Monroy Carranza**
y Jesús Martínez Bocardi***

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de una investigación acerca de la especie *Guadua aculeata*, así como la construcción de un prototipo de vivienda rural, cuyo sistema constructivo representa una alternativa para la producción social de la vivienda, entendida como un sistema de autoconstrucción dirigida.

La metodología contempló dos fases. La primera parte de la selección del material, la determinación del contenido de humedad por fase lunar según los procedimientos de Montoya *et al.* (2006), preservado con sales de boro, y su evaluación por penetración y retención en kg/m³ EAB, merced a los procedimientos de ICONTEC (2006), MAVDT (2010), NTC (5301), Posada Giraldo (2015) y Pérez Cruz (2018); secado mediante la medición del contenido de humedad por gravimetría conforme a los procedimientos de Montoya (2006), ISO 22157-1 (2004), numeral 6, y la norma DIN 52 183, los esfuerzos mecánicos en el sistema de uniones, según la norma colombiana NSR-10 capítulo G-12. Se utilizaron algunas especificaciones de la norma ASTM D176 y las normas establecidas por el INECOL (2017). En la segunda fase el proceso constructivo de la vivienda parte del acopio del material, su limpieza, preparación y selección, su acondicionamiento, los cortes para el acoplamiento, la producción de esterilla y reglilla, como derivados para el recubrimiento de muros, trabajos preliminares,

* Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura, PTC.

** Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura, PTC.

*** Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura, PTC.

sistema estructural, prefabricación de armaduras, cubierta, entrepiso, muros y acabados. Se concluye que los resultados obtenidos de las experimentaciones permiten obtener modelos de predicción de apoyo al productor y determinar el potencial de la especie para su incorporación a un sistema constructivo con bambú.

Palabras clave: *Guadua aculeata*, sistema constructivo, hábitat.

Abstract

The results of basic research on the *Guadua aculeata* species and the building of a rural housing prototype are presented. The construction system offers an alternative for social housing production as a guided self-construction system. The methodology consists of two phases. The first phase involves material selection and determination of moisture content based on lunar phases, following the procedures of Montoya *et al* (2006). Preservation is performed using boron salts, with evaluation through penetration and retention in kg/m³ EAB, following the procedures of ICONTEC (2006), MAVDT (2010), NTC (5301), Posada Giraldo (2015), and Pérez Cruz (2018). Drying is conducted by measuring moisture content through gravimetry, adhering to the procedures of Montoya (2006), ISO 22157-1 (2004) section 6, and the DIN 52 183 standard. Mechanical stress testing of the joint system follows the Colombian NSR-10 standard, chapter G-12, with some specifications from ASTM D176 and standards established by INECOL (2017).

The second phase focuses on the housing construction process, beginning with material collection, cleaning, preparation, and selection, conditioning, cutting for assembly, production of woven bamboo mats and slats as derivatives for wall cladding, preliminary works, structural system, tools and equipment, prefabrication of reinforcements, placement, roofing, mezzanine, walls, and finishes. It is concluded that the results obtained from the experiments enable the development of predictive models to support producers and determine the potential of the species for incorporation into a bamboo-based construction system.

Keywords: *Guadua aculeata*, construction system, habitat.

Introducción

En México el bambú de la especie *Guadua aculeata* (tarro), ha sido utilizado como material de construcción desde tiempos prehispánicos. Investigaciones arqueológicas demuestran su empleo en actividades cotidianas, en la construcción de viviendas, en forma rolliza y en reglillas con el sistema de bajareque (INFONAVIT, 1999). En general, los bambúes arrojan grandes beneficios ambientales: productor de oxígeno, biomasa, retenedor de CO₂, y regenerador de suelos por su rápido crecimiento útil en la reforestación y para detener la erosión de suelos de márgenes de ríos y arroyos.

La *Guadua aculeata* es un material sustentable con ventajas sobre otros materiales naturales, pues reemplaza con éxito a la madera y demás materiales convencionales; su resistencia y menor energía en su obtención lo hacen el material de menor valor por su eco-coste (Morán Ubidia, sf). Con características como: 20 cm de diámetro, 18 m de longitud utilizable, entrenudos desde 23 hasta 60 cm, espesores de pared de 3 cm en la parte baja y 7 mm en la parte alta, rápido crecimiento y propiedades mecánicas importantes; las propiedades mecánicas identificadas lo hacen un material apto para la construcción (Ordóñez Candelaria y Bárcenas Pazos, 2014; Ordóñez, 2012) y Zaragoza, Hernández, 2012). Comparado con otros materiales, tiene ventajas de resistencia mecánica.

Aunque el uso estructural de la *Guadua aculeata* se realiza de manera pragmática, el desconocimiento de las condiciones previas al uso del material genera incertidumbre, los riesgos imprevisibles y los daños por el tiempo no pueden ser controlados. La sección cónica, la variabilidad de las secciones, las deformaciones en el eje central longitudinal, dificulta el proceso de ensamblaje de los elementos de la estructura y no permite la estandarización del proceso de construcción.

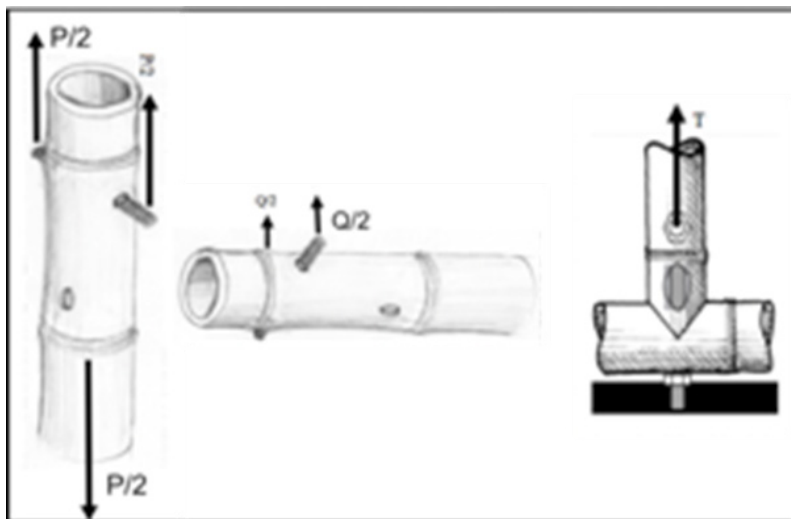
La primera fase del sistema constructivo integra la investigación básica de la *Guadua aculeata*, como, por ejemplo, la generación del conocimiento necesario sobre el material, la definición o identificación de las condiciones adecuadas para ser usado como material estructural. Los sistemas de unión con pernos tienen ventajas estructurales comparados con las uniones artesanales, las cuales dificultan el proceso y prolongan el tiempo de construcción. Los antecedentes para el estudio del sistema de uniones están establecidos en Normas Técnicas NTC Colombianas (2010).

La segunda fase del sistema constructivo corresponde a la aplicación de los conocimientos generados de la investigación básica en la construcción de

un prototipo de vivienda rural, que integra los procedimientos constructivos a partir de la cimentación, los anclajes, la fijación, el relleno de entrenudos con mortero, la prefabricación del sistema estructural, del sistema de uniones a diferentes esfuerzos mecánicos con pernos de $\frac{3}{8}$ plg y $\frac{1}{2}$ plg, con mortero y sin mortero, y del sistema estructural de entrepiso, la estructura de cubierta, muros y acabados.

Se presentan los resultados de las experimentaciones realizadas de la investigación básica de la *Guadua aculeata*, con la determinación del contenido de humedad al momento del corte por fase lunar, así como de la determinación de la retención de las sales de boro EAB/m³ por el método de la Azometina H y espectrofotometría, la determinación de la penetración de la solución preservante por el método de colorimetría, la determinación de la velocidad de secado con la medición de la variable contenido de humedad, además de los ensayos de tipos de unión, a tensión paralela a la fibra “P”, tensión perpendicular a la fibra “Q” y compresión perpendicular a la fibra “T”, figura 1, rellenos con mortero en el entrenudo y sin relleno, con pernos de $\frac{3}{8}$ plg y $\frac{1}{2}$ plg, de las especies *Guadua aculeata* y *Guadua angustifolia*. En cuanto a los resultados de la segunda fase tenemos la construcción del prototipo de vivienda rural — desde la extracción de los tallos hasta los acabados interiores—, mientras que tallos utilizados para las experimentaciones de la investigación se colectaron en guaduales de crecimiento natural, la selección, corte y madurez bajo los lineamientos establecidos Morán Ubidia (sf), Cruz Ríos (2013) y Londoño (2005). Los de *G. angustifolia* de plantaciones en el Municipio de Hueytamalco, Puebla, y la *Guadua aculeata* del Centro Experimental Las Margaritas del INIFAP. El material de ensayo se utilizó en condición seca (CH < 19%), Normas Técnicas Colombianas (2010), Morán Ubidia (sf), Montoya Arango y Jiménez Arias (6 de enero de 2006), NTC 5301, preservado con sales de boro y, al final, Peña, Burgos, González, y Valero (julio de 2009).

Figura 1. Uniones empernadas “P”, “G” y “T”.



Fuente: Norma Colombiana NSR 10, Capítulo G12, estructuras de Gradua p. G127.

Para este estudio el concepto de sistema constructivo se ha concebido como un conjunto de elementos, técnicas y procedimientos para la construcción de viviendas con *Guadua aculeata*, que, integrados, brindan orden y sentido funcional. Las experiencias en la construcción del prototipo de la vivienda rural permiten establecer los procedimientos constructivos (técnicas) en todas sus etapas, contrastar el cumplimiento de las necesidades funcionales del sistema, las cualidades de los materiales, su producción, vulnerabilidad y la eficiencia del diseño del proceso constructivo.

La prefabricación del sistema estructural —diseñado con elementos que atendieron a exigencias funcionales estructurales con una geometría racional modulada— redujo el tiempo de los procesos constructivos por facilidad del montaje y reducción de mano de obra especializada.

Metodología

Selección y corte

Comprende la generación del conocimiento necesario sobre el material para ser usado como material estructural. Todas las muestras fueron extraídas en

tres graduales distintos, identificadas de manera inequívoca como “recias” o “maduras”, según criterio de observación de Morán Ubidia, (sf) y Cruz Ríos (2013). Los tallos se cortaron en el sitio durante cada fase lunar. Se realizaron dos cortes en dos periodos lunares: se cortaron dos rodajas de 5 cm de altura de las partes baja, media y alta de seis tallos extraídos, con un metro de separación entre corte y corte; 36 muestras por fase lunar, con un total de 360 muestras en los dos periodos. Se midió el Chi (contenido de humedad inicial) a cada muestra por el método gravimétrico (Montoya, 2006). Se pesaron para obtener su peso inicial (PI); posteriormente, se secaron a temperatura ambiente bajo sombra, se introdujeron al horno de secado durante 48 horas a temperatura $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, obteniendo su peso anhidro (0 % CH). Con los valores obtenidos, se determinó el Chi en porcentaje.

La preservación

Se utilizó el método de inmersión-difusión, una solución química hidrosoluble, a base de sales de boro como tratamiento para prevenir o contrarrestar la acción de alguno o varios tipos de organismos que destruyen o afectan la integridad de la *guadua*. Las proporciones corresponden a MAVDT (2010), ICONTEC (2006) y NTC (5301). Es incolora e inodora, de baja toxicidad para los mamíferos, efectiva y económica, siempre que no esté expuesta a altas humedades y se encuentre protegida por los rayos del sol (Turner, 2008; Peña y González, 2009). El diseño experimental fue de tres niveles de altura en el tallo (baja, media y alta); tres niveles de concentración de la solución preservadora (4, 5 y 6 por ciento); y tres periodos (4, 5, y 6 días) con tres repeticiones por nivel; en total, tuvimos 81 muestras de 1.5 m de longitud, de las cuales se obtuvieron las rodajas de 5 cm de altura, 81 muestras para la penetración, 81 para retención, 81 para la densidad y 81 para CH. Una vez preservadas, se colocaron a intemperie para secarlas por medios naturales, hasta bajar el CH a menos del 19 por ciento. La evaluación de la penetración de la solución preservante con sales de boro fue con el método de Erdoiza y Echenique (1980), con indicadores de la retención de EAB alcanzada en el material preservado: un rojo brillante puede contener $\geq 1.28\text{ kg/m}^3$, el rojo marrón a amarillo marrón puede contener $\cong 0.96\text{ kg/m}^3$, y el amarillo $\cong 0.32\text{ kg/m}^3$ (FAO, 1986). Para determinar la retención de las SB en kg/m^3 EAB, se aplicó un método cuantitativo, espectrofotométrico para boro (B) mediante la formación de un complejo coloreado con Azometina H de acuerdo con lo descrito por Pérez Cruz (2018) y Ponce (2010).

Proceso de secado

La experimentación se realizó en dos épocas, de lluvias y secas, y dos ambientes geográficos, y en todas las experimentaciones las muestras se seleccionaron por el mismo procedimiento. En las muestras con una longitud de 6 m y diámetros diversos, se realizaron cortes transversales en rodajas de 5 cm de altura en las partes baja y alta de cada tallo en diferentes periodos, establecidos de acuerdo a la norma ISO 22157-1 (2004), numeral 6, y la norma DIN 52 183 (Montoya Arango y Giménez Arias, 2006). Se midió el contenido de humedad por el método gravimétrico registrando los valores obtenidos hasta lograr reducir hasta menos del 18 por ciento para ser usado como material estructural (GOCDMX, NTC, 2017).

Sistema de uniones

Se prepararon muestras con la calidad establecida en las normas, longitud de un entrenudo más 20 cm de cada extremo. Los ensayos fueron realizados según los procedimientos de la norma colombiana, título G, NSR-10, capítulo G12: distancia al nudo 50 mm, con distancias mínimas del perno al extremo y dimensiones de arandelas, complementándose con la norma ASTM D1761: la distancia entre las reacciones es 300 mm, superando los tres diámetros en la mayoría de los ensayos. La velocidad de carga es de 0.9 mm/min, en una máquina universal de pruebas. Se realizaron 144 ensayos, 108 con *Guadua aculeata* y 36 con *Guadua angustifolia* con una tensión paralela a la fibra “P”, una tensión perpendicular a la fibra “Q” y una compresión perpendicular a la fibra “T”; 72 ensayos tipo “P” “Q” y “T” con mortero y sin mortero con *G. aculeata* con perno de $\frac{3}{8}$ ”, colocados a 5 cm del nudo, 18 con mortero con perno de $\frac{1}{2}$ ”, 18 sin mortero con perno de $\frac{1}{2}$ ”, además de 36 ensayos con *G. angustifolia* tipo “P” “Q” y “T” con y sin mortero con perno de $\frac{1}{2}$ ” colocados a 5 cm del nudo.

Sistema constructivo

La construcción del prototipo representa la parte final de la investigación e integra los resultados de las experimentaciones de la investigación básica y los resultados del proceso constructivo en sus diferentes etapas. La producción del material, selección y corte, con la metodología generada producto de las

experimentaciones realizadas, con las condiciones de madurez, según Morán Ubidia (sf) y Cruz Ríos (2013). El preservado se realizó por el método de difusión-inmersión con sales de boro al 6 por ciento y durante seis días, derivado de las experimentaciones realizadas y la NTC (5301) (Peña, 2009). El secado bajo sombra y a la intemperie se realizó una vez que fueron extraídos de la pileta de preservación; colocados verticalmente para el escurrimiento del exceso de preservante, se rotaban cada ocho días, se pesaban y medía el CH en periodos de tiempo establecidos (Montoya, 2006).

La prefabricación de armaduras, con uniones a tensión paralela a la fibra y tensión perpendicular a la fibra, derivadas de las experimentaciones en el sistema de uniones, el trazo y armado en el sitio con sistemas geométricos básicos, las uniones con pernos de $\frac{3}{8}$ plg y $\frac{1}{2}$ plg, con mortero y sin mortero. La construcción del sistema estructural inicia con el izado y colocación de las armaduras en cada eje estructural, colocación de postes, vigas longitudinales entre armaduras, riostras diagonales entre postes y entre armaduras, elementos de unión entre armaduras en la cubierta, las uniones se estabilizan dependiendo del esfuerzo actuante, con pernos y rellenos de mortero. La construcción del entrepiso, cubierta y muros, así como el anclaje con los procedimientos establecidos en MAVDT (2010). La producción de reglilla y esterilla fue determinada por las experimentaciones, posteriormente preservadas y secadas, según Turner (2008), Peña y González (2009) y Montoya (2006).

Resultados de la investigación

Selección y corte

Los contenidos de humedad inicial obtenidos por fase lunar presentaron una gran variabilidad en los dos periodos analizados, lluvias y secas. La diferencia entre los promedios de cuarto menguante es de 46.3 por ciento, en luna nueva es de 6.9 por ciento, en cuarto creciente es de 23 por ciento, en luna llena es de 25.2 por ciento. El segundo registro de cuarto menguantes fue de 5.6 por ciento. En la época de lluvias el menor contenido de humedad se obtuvo en el cuarto menguante y luna llena, en la época de secas en luna llena y cuarto creciente (tabla 1).

Tabla 1. Resumen de resultados promedio de contenido de humedad inicial de muestras de *Guadua aculeata* de la región de Hueytamalco, Puebla, por fase lunar, periodos 2017-2018

Ubicación	Periodo	Clave	Cuarto menguante	Luna nueva	Cuarto creciente	Luna llena	Cuarto menguante
Guadual 2	Mayo-junio 2017	1	116.5	90.5	108.2	105.8	94.6
		2	89.2	159.9	110.6	102.0	108.5
		3	103.3	121.4	97.6	102.1	109.3
		4	91.8	83.9	95.3	90.6	112.9
Guadual1		5	101.8	101.5	100.3	87.5	94.8
		6	78.8	92.2	110.6	93.7	115.6
Promedio			96.9	108.2	103.8	96.9	106.0
Palmatita	Febrero-marzo 2018	1	117.2	128.3	61.8	55.1	102.1
		2	185.7	159.4	79.2	92.0	144.6
		3	130.0	78.1	67.5	83.6	90.4
		4	127.1	112.8	67.2	78.1	84.0
		5	134.9	104.5	102.1	63.8	86.6
		6	164.7	108.0	105.8	57.5	94.1
Promedio			143.3	115.2	80.6	71.7	100.3

Fuente: elaboración, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

Evaluación de la preservación

En general, se observa que la penetración fue en todo el espesor de las muestras. La parte interna del tallo se tornó a un color rojo brillante, lo que indica que existe una mayor concentración de sales de boro, sobre todo en las muestras de la parte baja de los tallos. Se puede explicar porque en la parte interna de la pared de los tallos, hay una menor cantidad de fibras. Esta cantidad aumenta hacia al exterior del tallo. En varias muestras se observa un color café rojizo, en otras se observa en la parte próxima a la externa un color café amarillento. En resumen, del total de las 81 muestras, se identificaron siete muestras que representan el 9 por ciento, alcanzaron penetración irregular café amarillento PTIA, con un estimado de 0.20 por ciento EAB, las once que representan el 14 por ciento, con penetración total regular PTR rojo brillante, con un estimado

de 0.30 por ciento EAB y las 63 que representan el 77 por ciento con penetración total irregular PTI café rojizo con un estimado de 0.25 por ciento EAB, por encima de lo que establece la FAO (1986). La retención de las SB es equivalente a la absorción neta que se expresa en kg/m^3 .

Los resultados promedio obtenidos se presentan en la tabla 2 separados por niveles: altura del tallo, concentración de la solución preservadora y periodos de inmersión. Se consideran dos resultados: el primero con un g de material analizado EAB y el segundo el mismo material escalado al volumen del material tratado con la incorporación de la densidad básica (DB), EAB. Por periodos de inmersión el mayor promedio obtenido de retención de SB fue a los seis días con 3.01 kg/m^3 , a los cuatro días con 2.88 kg/m^3 y, finalmente, a los cinco días con 2.24 kg/m^3 . Los resultados obtenidos son superiores a lo que establece la FAO (1986).

Tabla 2. Retención en las muestras de sales de boro en kg/m^3 EAB, en las partes del tallo (baja, media y alta), concentraciones de sales de boro en la solución preservadora (4, 5 y 6 por ciento), y tres periodos de inmersión (4, 5 y 6 días), *Guadua aculeata* de la región de Hueytamalco, Puebla

Parte del tallo	Concentración de la solución	Inmersión	EAB*	Concentración de B	B	Densidad básica (DB)	EAB**
	(% de SB)	Días	kg/m^3	mg/kg	kg/kg	kg/m^3	kg/m^3
Baja	4	4	2.20	2200	0.0022	522	1.15
		5	1.00	1000	0.0010	490	0.49
		6	5.10	5105	0.0051	509	2.60
	5	4	2.03	2030	0.0020	510	1.04
		5	1.40	1400	0.0014	478	0.67
		6	1.10	1104	0.0011	509	0.56
	6	4	4.24	4241	0.0042	546	2.32
		5	3.21	3210	0.0032	564	1.81
		6	1.08	1080	0.0011	544	0.59

Parte del tallo	Concentración de la solución	Inmersión	EAB*	Concentración de B	B	Densidad básica (DB)	EAB**
	(% de SB)	Días	kg/m ³	mg/kg	kg/kg	kg/m ³	kg/m ³
Media	4	4	1.31	1310	0.0013	558	0.73
		5	2.01	2010	0.0020	600	1.21
		6	2.02	2015	0.0020	611	1.23
	5	4	6.52	4410	0.0044	583	2.57
		5	4.41	3300	0.0033	618	2.04
		6	6.63	6636	0.0066	528	3.51
	6	4	1.70	1701	0.0017	598	1.02
		5	1.12	1120	0.0011	589	0.66
		6	2.21	2212	0.0022	591	1.31
Alta	4	4	2.10	2100	0.0021	594	1.25
		5	1.46	1460	0.0015	657	0.96
		6	3.15	3150	0.0032	589	1.86
	5	4	3.30	3300	0.0033	607	2.00
		5	4.56	4565	0.0046	644	2.94
		6	4.67	4670	0.0047	589	2.75
	6	4	2.28	2250	0.0023	689	1.55
		5	1.00	1005	0.0010	610	0.61
		6	1.10	1105	0.0011	616	0.68

Nota: EAB* cálculos obtenidos por Cruz Pérez (2018), EAB** cálculos obtenidos por Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

Con relación a la altura del tallo los resultados promedio son contrarios al supuesto de “mayor densidad menor retención”. Así pues, tenemos que a mayor concentración de SB, mayor retención, y con mayor tiempo de inmersión, mayor retención.

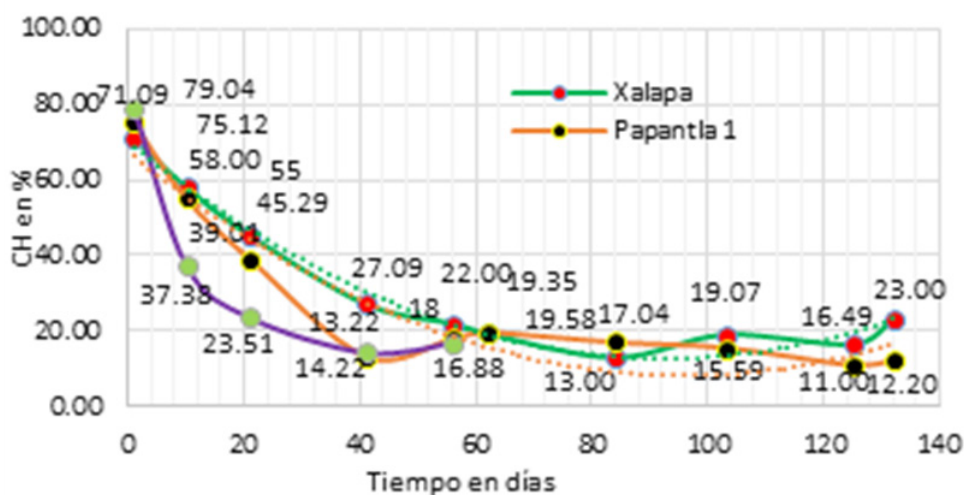
El secado por medios naturales a intemperie

Las experimentaciones realizadas en Xalapa arrojaron el tiempo de secado para el periodo de octubre de 2016 a febrero de 2017; el promedio de contenido de humedad obtenido en la primera medición fue de 71.1 por ciento, a los 21 días de 45.3 por ciento, a los 42 días de 27.1 por ciento, a los 62 días de 19.3 por

ciento, a los 103 días de 19.1 por ciento, y a los 125 días fue de 16.5 por ciento de CH. En Papantla, en el periodo de septiembre de 2016 a enero de 2017, en la primera medición se obtuvieron un CH en promedio de 75.1 por ciento, a los 21 días de 39 por ciento, a los 40 días de 13.2 por ciento, a los 64 días de 19.6 por ciento, a los 84 días de 17.1 por ciento, a los 105 días de 15.6 por ciento y a los 132 días de 12.2 por ciento. En contraste, durante el secado en el periodo de marzo a mayo, en Papantla el Chi fue de 71 por ciento y en 56 días alcanzó un CH de 16.88 por ciento. Con estos resultados se nota claramente el efecto de la temperatura y la humedad sobre el secado al aire libre, puesto que, entre septiembre y febrero, es más frecuente la precipitación pluvial y más baja la temperatura, mientras que entre marzo y mayo es escasa, con mayor número de días no nublados y empieza a elevarse la temperatura.

En la figura 2 se presenta un modelo de predicción para calcular el CH al 19 por ciento establecido en GOCDMX, NTC (2017); en Xalapa se identifica a los 64 días, en Papantla en el mismo periodo a los 56 días y en el periodo de marzo a mayo a los 28 días.

Figura 2. Comparación entre los tres procesos de secado de tallos de *Guadua aculeata* de la región de Hueytamalco, Xalapa (octubre 2016-febrero 2017) y Papantla (septiembre 2016-febrero 2017 y marzo-mayo 2017).

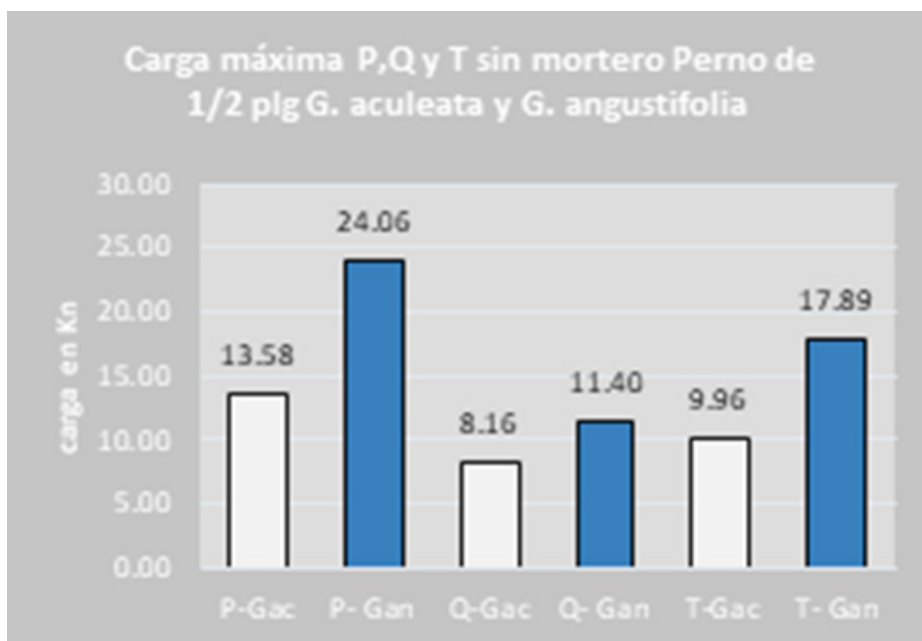


Fuente: elaboración, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

Sistema de uniones

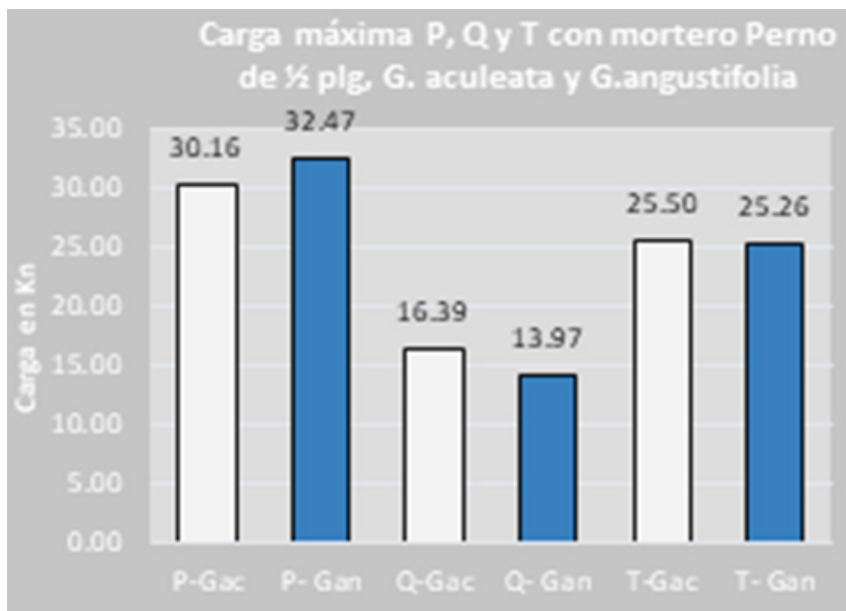
Los resultados en el sistema de uniones con *G. Angustifolia* sin mortero y perno de $\frac{1}{2}$ " registran un incremento respecto de las uniones con *G. aculeata* con las mismas características; 77 por ciento para tensión paralela (P), 79.6 por ciento para compresión perpendicular (T) y 39.6 por ciento para tensión perpendicular a la fibra (Q). Las cargas máximas registradas en uniones tipo "P", "Q" y "T" sin mortero y perno de $\frac{1}{2}$ " en *G. aculeata*, comparadas con la *G. angustifolia*, denotan una diferencia importante, relacionada con el incremento del diámetro y el espesor de pared de 4 por ciento, 10 por ciento y 12 por ciento para el diámetro y 37 por ciento, 33 por ciento y 38 por ciento (figura 3). Con mortero y perno de $\frac{1}{2}$ " el incremento para tensión paralela (P) es de 7.6 por ciento, en compresión perpendicular (T) la *G. aculeata* supera ligeramente a la *G. angustifolia*, en tensión perpendicular (Q) las uniones con *G. aculeata* superan a las con *G. angustifolia* en 17.3 por ciento (figura 4).

Figura 3. Resultados uniones "P", "Q" y "T" *Guadua aculeata* y *Guadua angustifolia*, perno de $\frac{1}{2}$ ", sin mortero, carga máxima.



Fuente: elaboración, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

Figura 4. Resultados uniones “P”, “Q” y “T” *Guadua aculeata* y *Guadua angustifolia*, perno de 1/2”, con mortero, carga máxima.



Fuente: elaboración, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

Con mortero y perno de 1/2” el incremento para tensión paralela (P) es de 7.6 por ciento, en compresión perpendicular (T) la *G. aculeata* supera ligeramente a la *G. angustifolia*, y en tensión perpendicular (Q) las uniones con *G. aculeata* superan a las con *G. angustifolia* en 17.3 por ciento (figura 4).

Construcción del prototipo

En sus diferentes etapas los resultados de la construcción del prototipo formulan procedimientos y técnicas constructivas para integrarlas al sistema constructivo. Los elementos que integran el sistema constructivo abarcan desde la producción del material, los trabajos preliminares, la prefabricación de elementos estructurales, las armaduras, vigas compuestas, cuerdas inferiores y superiores de la armadura, construcción del prototipo, así como armado de elementos prefabricados, construcción de cubierta, entrepiso, muros y evaluación del proceso constructivo.

Corte y selección

Se extrajeron 450 tallos de 6 m de longitud de diámetros diferentes, 200 para el sistema estructural y 250 para la producción de esterilla y reglilla (figura 5).

Figura 5. Extracción de tallos, corte, selección, clasificación y transportación a sitio para acondicionamiento.



Fuente: fotografías, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

La preservación de los tallos se realizó con el procedimiento de sales de boro por inmersión-difusión. El secado fue bajo sombra por las altas temperaturas y humedad relativa presentadas en el sitio. El proceso de secado requiere un control y medición del contenido de humedad. Se tomaron mediciones a algunas muestras durante el proceso de secado de manera aleatoria, conforme a los procedimientos de la metodología empleada por Montoya (2006) (figura 6).

Figura 6. Proceso de secado bajo sombra de tallos rollizos, esterilla y reglilla.



Fuente: fotografía, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

Los derivados de los tallos de la parte media, esterilla y reglilla, se obtuvieron de manera artesanal con herramientas manuales para muros, entrepiso y plafón de la cubierta. Fueron preservados y secados. El sistema estructural fue anclado a la cimentación con varillas de $\frac{3}{8}$ " y pernos de $\frac{3}{8}$ plg y $\frac{1}{2}$ plg con los entrenudos rellenos con mortero. El sistema de cimentación funciona a la inversa que el sistema tradicional constructivo por su bajo peso (1.8 kg/ml); tiene que estar anclado ante ráfagas de viento imprevistos. Los muros divisorios se anclaron a la trabe de liga, a la cadena de desplante y al piso, según los desempeños de cada elemento (figura 7).

Figura 7. Proceso constructivo de cimentación, armados y tipos de anclaje.



Fuente: fotografías, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

El análisis estructural determinó el uso de vigas compuestas y riostras. El procedimiento constructivo partió de la técnica para la selección del material, sin deformaciones del eje central longitudinal, diámetro, conicidad, calidad. Las uniones se realizaron con varilla roscada de $\frac{3}{8}$ plg con tuercas y arandelas, gracias a las experimentaciones. La configuración del sistema estructural está compuesta por armaduras porticadas moduladas, cuyas dimensiones y proporciones se originaron de la subdivisión del cuadrado, logrando uniformidad en los ángulos; las uniones a boca de pescado y pico de flauta, colocadas en plano seriado, facilitan la coordinación de los elementos estructurales, como postes y vigas, y la modulación de elementos de cerramiento, muros perimetrales, interiores y acabados. Respecto del procedimiento constructivo de las armaduras porticadas, una vez seleccionado el material, se aplicaron amarres provisionales con cuerda y alambre recocado, cortes a boca de pescado y pico de flauta, perforando el diafragma para introducir la varilla roscada (figura 8).

Figura 8. Armadura, uniones y elementos componentes.
Tipos de cortes utilizados en las uniones.



Fuente: fotografías, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

La construcción se realiza en cuatro etapas: en la primera se construye el sistema estructural, integrando la colocación de armaduras, postes verticales, diagonales, y elementos rigidizantes, riostras longitudinales y diagonales, largueros de cubierta, estructura del tapanco, fijación de esterilla y relleno de entrenudos con mortero en uniones ensayadas (figura 9).

Figura 9. Rigidización de las armaduras y colocación de riostras longitudinales.



Fuente: fotografías, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

Las uniones en el sistema estructural fueron a tensión paralela a la fibra, tensión perpendicular a la fibra y compresión perpendicular a la fibra, unidas con pernos de $\frac{3}{8}$ plg y $\frac{1}{2}$ plg, rellenos de mortero (figura 10).

Figura 10. Uniones al poste vertical con cuerdas inferiores, riostras longitudinales y cuerdas superiores.



Fuente: fotografías, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

La segunda etapa contempló el armado de muros, e incluye los muros perimetrales, los interiores y el llenado de entrenudos con mortero. La tercera fase contempló acabados en muros, interiores y exteriores, la colocación de reglilla y esterilla, de la malla gallinero, los aplanados con mortero y la aplicación de pintura en interiores de cocina, la colocación de esterilla, de malla gallinero y los aplanados con mortero, en plafón de cubierta, la colocación de esterilla en la parte baja de la estructura (figura 11).

Figura 11. Estructura de muros, recubrimiento con esterilla y aplanado.



Fuente: fotografías, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

La cuarta fase contempló la carpintería, incluye la construcción de puertas y ventanas con reglilla, colocación de reglilla en muros interiores (figura 12).

Figura 12. Acabados de muros interiores, reglilla con barniz.



Fuente: fotografías, Álvaro Hernández, Heidi Monroy, Jesús Martínez.

Conclusiones

El corte en época de lluvias en fase lunar menguante presenta menores contenidos de humedad inicial a lo largo del tallo, mientras que en época de secas la fase lunar llena y creciente presenta menores contenidos de humedad. La evaluación de la penetración de las sales de boro presentó en la mayor parte de las muestras resultados similares a los encontrados por Morales Pinzón (2006). Una presencia casi total, observando una zona con penetración o presencia alta, donde el color rojo presentó una tonalidad mayor, y corresponde a la parte interna del tallo. Lo anterior se explica porque en la pared interior del bambú existe una mayor porosidad y menor densidad, a la vez que hacia el exterior del bambú disminuye la porosidad y aumenta la densidad, lo que hace difícil la penetración del preservante. El mismo efecto se presentó en la parte baja del tallo, donde se obtuvieron mayores penetraciones. Con respecto de la media y alta, la parte baja con una baja densidad permite mayor penetración del preservante. En las muestras se identificaron mayores densidades en la media y alta respectivamente.

Los resultados obtenidos en la retención de las sales de boro son superiores a los establecidos por la FAO (1986). Se encuentran entre los niveles aceptables de preservación 1.5 y 2.0 kg EAB/m³ y cumplen con los valores mínimos para que actúe como preservante (1 a 4 kg/m³, según Posada Giraldo (2015)). La re-

tención durante cuatro o cinco días son diferentes a los sugeridos por Montoya Arango (2008) (4 kg/m^3 EAB, como retención mínima). El sistema de uniones en ambas especies con perno con y sin mortero presenta alternativas de uso para esfuerzos mecánicos importantes. El tipo de unión con y sin mortero que resiste más carga máxima es la “P” tensión paralela a la fibra; le sigue la “T” compresión perpendicular a la fibra y, finalmente, la “Q” tensión perpendicular a la fibra.

En la *G. aculeata*, rellenar los entrenudos con mortero casi duplica la resistencia a diferentes esfuerzos mecánicos. Las propiedades mecánicas del sistema de uniones en ambas especies presentan excelentes condiciones para ser utilizado en sistemas constructivos para la vivienda. Los resultados de la investigación ofrecen una tecnología con *Guadua aculeata*, a través de un trabajo sistemático, participativo y de organización, que reduce los costos de la obra, cubre las necesidades espaciales, y detona el cambio de una realidad social.

El sistema constructivo promueve la prefabricación de elementos estructurales disminuyendo considerablemente el tiempo de ejecución de la obra. Por su facilidad de aprendizaje, permite adoptarlo como un sistema de autoconstrucción. La industrialización es posible en elementos portantes, como muros de carga, divisorios, puertas, ventanas, muebles, pisos, y recubrimientos de muros. Utilizar el sistema constructivo con bambú *Guadua aculeata* siempre tendrá un costo menor que con materiales tradicionales. Es importante utilizar un sistema mixto, que involucre materiales tradicionales.

Construir con *G. aculeata* es una alternativa que produce beneficios ecológicos, económicos y sociales. La propuesta formal y espacial es una expresión de aspectos tradicionales, culturales e históricos de la vivienda tradicional totonaca. Así, se rescatan los materiales tradicionales y la sabiduría de los sistemas constructivos ancestrales, que al mismo tiempo representa el concepto de vivienda “evolucionada” de Moya Rubio (1982). El sistema estructural es un reflejo de la forma natural de trabajo de la *aculeata*, a tensión y compresión, cerchas, cuyo origen son las tijeras en la solución de la cubierta de la vivienda tradicional. La geometría responde a cuestiones culturales de funcionamiento y fuerzas físicas. El rescate del bajareque con materiales mixtos busca la durabilidad y menor mantenimiento. La similitud con la vivienda tradicional actual evoca los valores e identidad que han permanecido a través del tiempo, de modo que se conjuga la modernización, las tradiciones, la disponibilidad de los recursos naturales y la organización espacial. El crecimiento progresivo de la vivienda, a través de la modulación y prefabricación, conduce a la

racionalización de los sistemas constructivos con procedimientos sencillos y fáciles que se pueden utilizar en la autoconstrucción y disminución de los costos, con la participación de la mano de obra solidaria o a mano vuelta. El prototipo construido es un modelo de solución que puede transformar el contexto circundante y representar una alternativa para la producción social de la vivienda.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Laboratorio de Pruebas de Productos Maderables de la Red Ambiente y Sustentabilidad del Instituto de Ecología de Xalapa, Veracruz, lugar donde se realizaron los ensayos mecánicos. Al Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Experimental Las Margaritas en Hueytamalco, Puebla, por haber proporcionado las muestras para toda la investigación.

Referencias

- CRUZ RÍOS, H. (2013), *Bambú Guadua, Guadua aculeata*, Estudio, Bamboo Premier, México.
- CRUZ, L. P. (2018), Determinación del ácido bórico y bórax, usado como preservante en la *Guadua aculeata*, tesis, Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Poza Rica, Veracruz.
- ERDOIZA, J., Y ECHENIQUE, R. (1980), *Preservación de madera de pino con sales de boro*, Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos, Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz.
- FAO (1986), *Wood Preservation Manual*, Rome, Italy.
- GOCDMX, NTC (2017), Gobierno de la Ciudad de México. Normas técnicas complementarias. Obtenido de Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. <http://www.smie.org.mx/informacion-tecnica/normas-tecnicas-complementarias.ntc=ntc-madera>
- INFONAVIT, C. P. (1999). http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/el+instituto/biblioteca/biblioteca_digital_infonavit, 13 de agosto de 2015,
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC) (26 de 03 de 2008), Norma Técnica Colombiana NTC 5300, Bogotá, Colombia.

- ISO 22157-1 (2004), International Organization for Standardization (junio de 2004), *Bamboo: Determination of Physical and Mechanical Properties, Part 1: Requirements*, Geneva, Switzerland.
- LONDOÑO, X. (2005), Aspectos generales de los bambúes latinoamericanos, Congreso Mexicano del Bambú, I, Xalapa, Veracruz, p. 3.
- MONTOYA ARANGO, J. A., y JIMÉNEZ ARIAS, E. (6 de enero de 2006), Determinación de la curva de secado al aire libre, mediante modelación matemática y experimental de la *Guadua Angustifolia Kunth*, *Scientia et Technica*, Año XII, N° 30, mayo de 2006 UTP, pp. 415- 419.
- MORÁN UBIDIA, J. A. (sf), *Preservación del bambú en América Latina, mediante métodos tradicionales*, vol. 1, Red Internacional de Bambú y Ratán INBAR, Guayaquil, Ecuador.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5301 (3 de agosto de 2007), *Preservación y secado del culmo de Guadua angustifolia Kunth*, Bogotá, Colombia.
- Norma Técnica Colombiana NTC (2010), Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*, *NSR-10. 156*, Colombia.
- ORDOÑEZ CANDELARIA, V. R., y BÁRCENAS PAZOS, M. G. (2014), Propiedades Físicas y mecánicas de tres especies de guaduas mexicanas, *Maderas y Bosques*, 20 (2-III-125), pp. 112-127.
- ORDOÑEZ., M. E. (2012), *Investigación para el diseño y construcción con bambú*, Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz.
- PEÑA V., L.; BURGOS, A; GONZÁLEZ F., A. Y WILL VALERO, S. (julio de 2009), Efecto de la preservación con mezclas de bórax-ácido bórico y urea formaldehído sobre las propiedades físico-mecánicas y el ataque de insectos en *Guadua angustifolia*, *Revista Forestal Venezolana*, pp. 135-144
- POSADA, GIRALDO, R. E. (2015), Desarrollo de métodos alternativos de valoración de la calidad de la preservación, empleando sales de boro en la *Guadua angustifolia Kunth*, tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Pereira, Colombia.
- TURNER, A. A. (2008), Penetration Depth of Borates In Historic Wooden Structures in Virginia City, Montana. Tesis, Faculties of the University of Pennsylvania, h p://repository.upenn.edu/hp_theses/115, Pennsylvania.
- ZARAGOZA, HERNÁNDEZ, I. (2012). *Anatomía y propiedades físico-mecánicas del culmo de bambú (Guadua aculeata Rupr.) de la región nororiental del Estado de Puebla*. Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales, Texcoco, Edo. de México.

Raíces y renovación: vivienda tradicional en la Zona Metropolitana de Poza Rica, Veracruz, México

Blanca Inés Aguilar Frías,* Jesús Martínez Bocardi**
y Carlos César Morales Guzmán***

Resumen

El objeto de estudio es la vivienda tradicional en la Zona Metropolitana de Poza Rica, Veracruz, México. En ella se encuentran localidades principales como la ciudad homónima, que a la vez se identifica como municipio central, así como cabeceras municipales, comunidades y localidades. Entre las localidades donde se analizaron ejemplos de vivienda tradicional están la comunidad de San Miguel Mecatepec, en Tihuatlán, El Chote, en Papantla, y la Colonia Independencia de Poza Rica, siendo esta última, y la denominada Casa Verde, las que se muestran en esta ocasión.

Se observa que las construcciones fueron adaptadas al clima extremo local, de modo que se forjaron aleros para cubrir las paredes de la radiación solar, techos altos con fuertes cerchas que formaban las pendientes a dos o cuatro aguas para el rápido escurrimiento del agua pluvial, y otras áreas características de la vivienda regional, como el bracero o fogón, el andador o el huerto.

La finalidad es mostrar la tipología de la vivienda de esta región para preservarla por su sistema tradicional de construcción y cualidades bioclimáticas, a través de la aplicación de la metodología Kanban que enfatiza el pasado como “Hecho”, el presente como “Haciendo”, el futuro como “Por hacer”. Se emplea para estructurar la información recopilada, organizada y faltante del presente

* Universidad Veracruzana.

** Universidad Veracruzana.

*** Universidad Veracruzana.

proyecto. Resulta relevante la capacidad de adaptación ambiental y social a los nuevos espacios y materiales regionales que se verifican en la utilización de cada área de la vivienda dentro de lo sustentable, como son el ámbito social, económico y ambiental, que puede o no resultar en la transformación y pérdida de la vivienda tradicional regional.

Palabras clave: vivienda, construcción tradicional, identidad arquitectónica, urbanismo, urbe.

Abstract

The object of study is traditional housing in the Metropolitan Area of Poza Rica, Veracruz, Mexico. It encompasses localities such as the city of the same name, which is also identified as a central municipality, as well as municipal capitals, communities and localities. Some of these, wherein examples of traditional housing were analyzed, is the community of San Miguel Mecatepec in Tihuatlán, the town of El Chote, in Papantla, and the Independencia neighborhood of Poza Rica, the latter and the so-called Casa Verde being shown on this occasion.

It is observed that the buildings were adapted to the local extreme climate, where eaves cover the walls from solar radiation; high roofs with strong trusses form gables for the rapid runoff of rainwater; and other areas characteristic of regional housing, such as the *bracero* or hearth, the walkway or the garden. The purpose is to show this region's housing typology in order to preserve its traditional construction system and bioclimatic qualities. This is done through the application of the Kanban methodology that emphasizes the past as "Done", the present as "In progress", and the future as "To be done".

This is used to structure the collected, organized, and missing information of this project. The capacity for environmental and social adaptation to new regional spaces and materials is relevant. This is verified in the use of each area of the home in accordance to its sustainability, including the social, economic, and environmental aspects, which may or may not result in the transformation and loss of traditional regional housing.

Keywords: housing, traditional construction, architectural identity, urban planning.

Introducción

Una parte del objeto de estudio es la localidad de San Miguel Mecatepec, perteneciente al Municipio de Tihuatlán, Veracruz, ubicada a 20 km, en dirección sur de la cabecera municipal, a una altitud de 51 msnm, y al oeste de la ciudad de Poza Rica. Según datos de 2020, la población del ejido era de 2,241 habitantes, mientras que la de la localidad era de 1,320 habitantes, en una extensión de 7 km², lo cual representa una densidad poblacional de 188.57 habitantes por kilómetro cuadrado, distribuidas en 342 viviendas. Del total de habitantes del ejido, 1,092 son hombres y 1,149 son mujeres, siendo 28 años la media de su edad. De acuerdo con la información proporcionada por la investigadora Rebeca Inclán Rubio en la revista *Arqueología Mexicana* (2023), desde el siglo XIX se asentaron migrantes de todo el mundo; por ejemplo, al norte del Estado, pobladores franceses se establecieron en Misantla e italianos en Gutiérrez Zamora. Es de gran interés que la presente investigación cumpla los aspectos de análisis arquitectónico, social, bioclimático y muy probablemente deje un diagnóstico que sirva como línea de investigación acerca del rescate de técnicas constructivas ancestrales adaptativas y de materiales regionales.

La consolidación en 2024 del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS por sus siglas en inglés, *International Council on Monuments and Sites*), siendo parte importante de este afianzamiento el Comité Internacional de Arquitectura Vernácula (CIAV), estableció acuerdos internacionales que definen la arquitectura vernácula con la categoría de patrimonio. En el tiempo se fue construyendo el término “sostenibilidad”, siendo determinante para el ambientalismo moderno de la declaración de Estocolmo de 1972 y, especialmente, en 1988, cuando se aplica dicho concepto a la arquitectura. Para esto debieron precederle los proyectos Hábitat I y II, que tratan de los asentamientos humanos y de vivienda adecuada para todos, que desde cualquier punto de vista es un reto. Para la arquitectura se debe encontrar un punto para considerar la conservación del patrimonio cultural de la vivienda tradicional.

Método

El patrimonio edificado se considera en la Carta del Patrimonio Vernáculo Construido de ICOMOS (1999). Se cuenta con una línea de acción sobre la investigación y documentación, con base en la relevancia del análisis de la

forma y organización documentada que se encuentra en un archivo de acceso público. Precisamente en ella se dan las consideraciones generales sobre lo vernáculo:

- Un modo de construir emanado de la propia comunidad.
- Un carácter local o regional reconocible y ligado al territorio.
- Un estilo, una forma y una apariencia coherentes, así como el uso de tipos arquitectónicos tradicionalmente establecidos.
- Una sabiduría tradicional en el diseño y en la construcción transmitida de manera informal.
- Una respuesta directa a los requerimientos funcionales, sociales y ambientales.
- La aplicación de sistemas, oficios y técnicas tradicionales de construcción.

Se destaca que la comunidad desempeña un amplio papel en la consideración de la protección de este patrimonio vernáculo, así como el gobierno y las autoridades deben reconocer el derecho de preservación de la vida tradicional y brindar protección, reconocimiento y financiamiento para su preservación.

¿Qué se entiende por vivienda tradicional?

El patrimonio vernáculo construido fue ratificado en la XII Asamblea General en México, en octubre de 1999. Ahí se declaró que el Patrimonio Tradicional es el característico y atractivo resultado de la sociedad, es utilitario y posee interés y belleza, constituye un modo natural y tradicional en que las comunidades han producido su hábitat, conservándose edificaciones intactas o adaptándose a las circunstancias, tiempo y nuevos materiales, que incluyen cambios necesarios y adaptaciones que son la respuesta de una sociedad que se va construyendo o al ambiente. La vulnerabilidad de estas edificaciones se debe a la homogenización de la cultura y a la globalización socioeconómica, presentando serios problemas de obsolescencia, equilibrio interno y composición. Como proyecto prioritario de análisis, la vivienda tradicional o vernácula se entiende como aquella donde la autoconstrucción es primordial, el uso de material local se vuelve condicionante y los acabados son identitarios de la región. A esto se suma la aplicación empírica de técnicas de iluminación y ventilación o los sistemas de climatización para el acondicionamiento de los espacios interiores y exteriores. La incorporación de espacios tan íntimos como el fogón o hogar, son parte de la cosmogonía de la vivienda, donde la posición frontal

de la olla de café ante los utensilios y el gesto banal de articular la despensa en el trastero, se registran como funcionalidades sustantivas de eficiencia y efectividad de la habitabilidad. De forma que conservar el patrimonio vernáculo es considerado un soporte a la sociedad y un derecho de reproducción social de las comunidades legal, administrativa y financieramente, para legarlo a las siguientes generaciones.

La presente investigación forma parte de la vinculación social entre la academia y los municipios de la Zona Metropolitana de Poza Rica (ZMPR), donde se pone de manifiesto el objetivo del análisis de las edificaciones fincadas en este territorio y que actualmente son testigo del proceso de apropiación del sitio y del contexto local a través de la ideología, el diseño, la producción y el uso de los mismos en sus diversas localidades. Se ha hecho evidente la pérdida del patrimonio edificado, especialmente en cuanto a vivienda tradicional se trata, lo cual es un problema generalizado causado por la necesidad de espacios que se adapten a los servicios introducidos a las comunidades, la necesidad de espacios para las nuevas generaciones de usuarios, así como por la adopción de materiales modernos introducidos con técnicas de construcción diferentes.

Uno de los problemas sociales que han contribuido a la sustitución de vivienda tradicional por vivienda moderna es la migración de las nuevas generaciones, ya que éstas abandonan la localidad debido al cambio de los roles de trabajo generado, mientras que las anteriores eran productoras de alimentos y, de ahí, obtenían los recursos necesarios para su vida diaria. Con el paso del tiempo esto cambió y se perdió tras la introducción de la industria petrolera y su dinámica producción a lo largo del tiempo, la llegada de empresas de servicios, las nuevas formas de producción, así como por el poco interés en la preservación del patrimonio edificado y la baja inversión en conservación, pese a que la educación sobre el valor cultural y patrimonial de la zona puede llegar a ser una fuente generadora de empleo.

La regeneración del espacio construido, el enfoque sustentable en el reúso de edificaciones, y lo referente a la consideración de vernáculo, abarcan el modo de construir, el carácter reconocido local y regionalmente, la coherencia de estilo, forma y apariencia, la transmisión informal del conocimiento sobre diseño y construcción tradicional, como respuesta a la funcionalidad social y ambiental, el sistema de oficio y técnicas tradicionales de construcción. La vivienda es reconocida como el espacio arquitectónico habitado por una o varias personas, que puede o no destinarse con espacios específicos a actividades determinadas, como cocinar, dormir, trabajar, asearse y descansar. En otras pa-

labras: es un espacio donde se pretende satisfacer necesidades humanas básicas a la vez que brindar comodidad y seguridad.

En la vivienda se establecen relaciones familiares y comunitarias. En síntesis, es fundamental para el bienestar del ser humano, pues proporciona un lugar seguro y cómodo donde interactuar social y culturalmente, creando relaciones familiares y comunitarias, por lo cual es clave en la vida de las personas.

Precisamente, en los últimos años, se observa la tendencia a revalorizar las edificaciones con sus matices muy particulares. Sin embargo, el patrimonio edificado, tratándose de vivienda vernácula o tradicional, resulta de la evolución de la vivienda. Adoptan elementos estéticos y simbólicos del contexto sociocultural donde se desarrolla, como, por ejemplo, en las sociedades antiguas de Mesopotamia y Egipto, en las que las viviendas de los obreros eran organizadas en bloques continuos logrando con ello la posibilidad de integración social de un todo, y departir social y cultural en lo cotidiano (Aguilar, 2023).

Ubicación de la zona de estudio

Tratándose de la regionalización de la zona en observación dentro del Estado de Veracruz, se nota en la figura 1 la ubicación de la Zona Metropolitana de Poza Rica (ZMPR) y los municipios que los conforman: Cazonas, Coatzintla, Papantla, Poza Rica y Tihuatlán. A la zona se accede desde la Ciudad de México por la Carretera Federal 130 o la Autopista 132 México-Tuxpan, y desde Tampico o el Puerto de Veracruz por la Carretera Federal 180 o la Autopista 180D. Ésta es un área de gran riqueza cultural, reconocida internacionalmente por la zona arqueológica de El Tajín, y la producción de vainilla. El desarrollo de las comunidades locales se ha visto influido a través del tiempo por épocas de recepción de migrantes, lo cual ha dejado su impronta en la organización social, económica y cultural.

Figura 1. Ubicación de la Zona Metropolitana de Poza Rica y su municipio central.



Fuente: Blanca Inés Aguilar Frías con base en Portal de Información Geoespacial (CONABIO, 2024), noviembre de 2024, y Programa Metropolitano de Poza Rica, 2020. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.

En el siglo pasado, con la fragmentación de los terrenos en la época del reparto agrario y, posteriormente, con la explotación petrolera, se observó un mayor movimiento en la redistribución de ese bien. En ese periodo, se presentó una alta tasa de migración nacional e internacional a la región de la actual Zona Metropolitana de Poza Rica; así, se tiene que grupos, principalmente de franceses, españoles, italianos y libaneses se establecieron en territorio veracruzano, en menor medida que la migración ocurrida en Suramérica, propiciando un legado de adaptación de su estilo de vida y cultura en la región.

El elemento arquitectónico se destaca. De acuerdo con Skerritt (2008), el grupo de franceses es el de mayor presencia después del de los españoles, tal como se observa en la división por cantones y el censo de Veracruz en 1871 (figura 2).

Figura 2. Cantones y censo de Veracruz en 1871.
Figura con ubicación de cantones en el Estado de Veracruz
junto con la cantidad de mexicanos y extranjeros en 1871.



Fuente: Blázquez (Comp.), 1986, tomo II, pp. 1144.

Comprender y analizar las características, importancia, retos y perspectivas de la vivienda tradicional en la Zona Metropolitana de Poza (ZMPR) es el principal objeto de esta investigación, lo que se pretende mediante la búsqueda de información documental histórica, sobre materiales utilizados, el diseño arquitectónico y la distribución de los espacios.

Para comprender el valor patrimonial y sustentable de su aporte en la cultura y cosmogonía de la población, estas viviendas representan una parte fundamental de la historia. Estas edificaciones forman parte fundamental de la historia e identidad de una comunidad, al ser el reflejo de su pasado y tradiciones. Preservarlas es esencial para mantener viva la historia y evitar la pérdida de un patrimonio invaluable. Además, suelen estar construidas con materiales locales y técnicas tradicionales, lo cual contribuye a la sostenibilidad y eficiencia energética. Estudiarlas y difundir su importancia permite fomentar su valoración y buscar soluciones para su conservación y restauración en un mundo en constante cambio.

Características arquitectónicas de la vivienda tradicional en la ZMPR

La vivienda tradicional caracteriza a las edificaciones que, con materiales y técnicas constructivas propias de una región cultural, perpetúan el estilo arquitectónico para reflejar su adecuación progresiva en el tiempo justo al entorno. En cuanto a la cosmogonía mesoamericana, incluye la cosmovisión de la vivienda como ente de carácter social. Así, la vivienda totonaca suele estar representada en una planta rectangular con techo de palma o zacate. En la comunidad de El Chote, en el Municipio de Papantla, es común encontrar pequeñas fábricas de ladrillo rojo recocido, material consumido frecuentemente en la construcción de vivienda. Este pequeño prisma, desde su empleo, cuando sólo era secado al sol y luego con la cocción, ha experimentado realmente pocos cambios a lo largo de su historia, al ser un material atemporal, versátil y de destacadas propiedades estructurales.

En México, su empleo suele dar carácter e identidad cultural, y en la Zona Metropolitana de Poza Rica, donde prevalecen los asentamientos humanos tradicionales, es común encontrar construcciones elaboradas de manera tradicional con este sencillo y simple elemento estructural, donde las familias aún lo consideran como sinónimo de perdurabilidad.

A continuación se presenta la localización donde se ubican las viviendas analizadas. Iniciaremos con la vivienda tradicional de la Colonia Independencia de Poza Rica. Ésta es una edificación con piso de tierra compactada con un firme de concreto en la parte superior; las paredes son de alma de barro revestidas con una mezcla de tierra, guano y zacate, con un acabado pulido de cal, y un bello techo elaborado a cuatro aguas con estructura de cerchas soportadas por horcones de madera dura, los cuales reciben la carga de los largueros, y están rematados con teja de barro tradicional; la pronunciada inclinación del techo garantiza la fluidez y rápido desalojo del agua de lluvia. Las ventanas suelen presentarse pequeñas y, con ello, contribuir a mantener la frescura en verano y calor en invierno, además de crear un ambiente acogedor y rústico.

En la figura 3 se aprecia una vivienda tradicional en Poza Rica, donde solían estar construidas con paredes gruesas, lo que les proporcionaba una gran resistencia y aislamiento térmico.

Figura 3. Vivienda tradicional en Poza Rica, Veracruz.
Estado actual de una unidad de vivienda tradicional
en la Colonia Independencia de Poza Rica, y su modelado 3D.



Estado actual, noviembre 2024



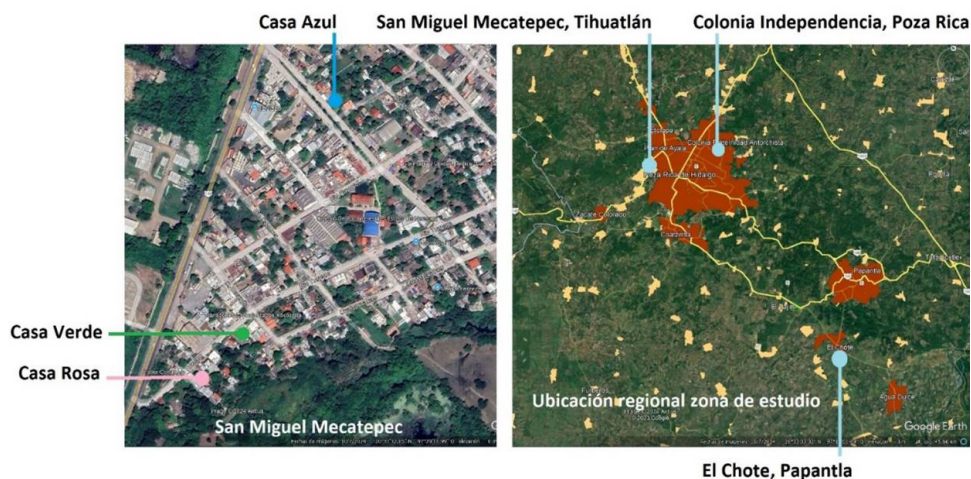
Modelado 3D

Fuente: izquierda, *Google Maps*; derecha, elaboración de Blanca Inés Aguilar Frías, noviembre de 2024.

Vivienda tradicional en San Miguel Mecatepec, Municipio de Tihuatlán

Como se declara en el *Diario Oficial de la Federación* (sf), a la localidad se le asignó un área de 39 hectáreas a 70 jefes de familia, en las cuales en 2020 habitaban 2,241 personas, de las cuales 1,092 eran hombres y 1,149 mujeres, en 342 viviendas en un polígono de 7 km² de un total de 682 de todo el Ejido de San Miguel Mecatepec, de las cuales aún se conservan algunas. De éstas, se observaron tres casas ubicadas en las vialidades principales de la comunidad. En la figura 4 se muestra su ubicación; en la observación se determinaron las características arquitectónicas que presentan, así como materiales y sistema constructivo.

Figura 4. Ubicación regional y local de viviendas tradicionales en San Miguel Mecatepec y su ubicación regional. Se muestra la ubicación regional de las unidades de vivienda observadas en la comunidad de San Miguel Mecatepec, Tihuatlán.



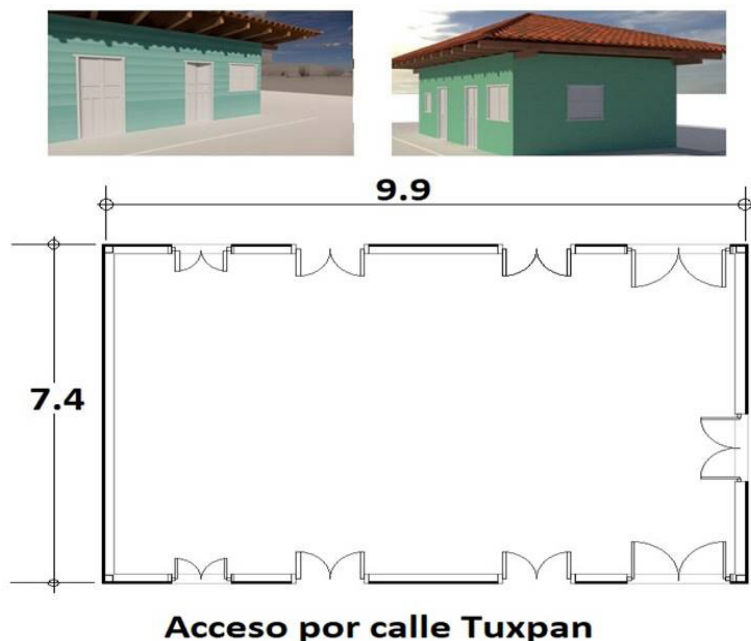
Fuente: Blanca Inés Aguilar Frías en base al Portal de Información Geoespacial (CONABIO, 2024), noviembre de 2024. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.

Factores arquitectónicos y gestión solar: Casa Verde

Una de las casas analizadas es la identificada con color verde, ubicada sobre la Calle Río Tuxpan, casi esquina con Río Tecolutla, en San Miguel Mecatepec. Se destaca que esta unidad fue sustituida por una vivienda moderna en 2021. Esta unidad mostraba las características de la vivienda tradicional de Jicaltepec, Veracruz, especialmente del tipo de vivienda básica con agregado en la parte posterior, así como presenta influencia francesa.

Se trata de una planta arquitectónica rectangular de 10 por 7.4 m aproximadamente, con una altura de pared de 2.80 m, la ubicación de la planta arquitectónica se encontraba al límite de la banqueta de la calle Río Tuxpan, como se observa en la figura 5.

Figura 5. Casa tradicional color verde en San Miguel Mecatepec, Tihuatlán. Modelado 3D de la Casa Verde ubicada en la localidad de San Miguel Mecatepec en el Municipio de Tihuatlán. Blanca Inés Aguilar Frías, septiembre de 2023.

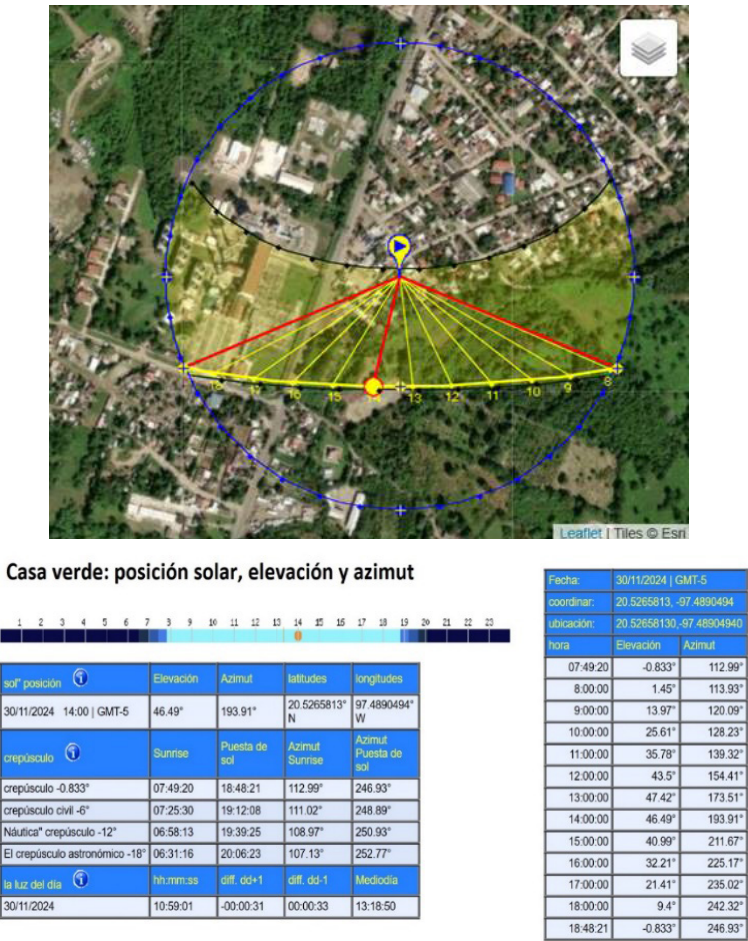


En la parte posterior presenta un pasillo conector con el patio exterior del terreno. El interior no presenta división de espacios, pues es una planta íntegramente libre. El acceso a la vivienda se realiza por el centro de la habitación, lo cual se observa en las fachadas, lo que permite la ventilación cruzada. Las ventanas son pequeñas respecto de las puertas de acceso. El techo es a cuatro aguas con teja de barro, y su estructura portante es de madera maciza con soportes de horcones en las esquinas inmersos en las paredes, las cuales a mitad de la altura inicial son de tabique rojo recocido de la región, y la mitad que alcanza la estructura del tejado es de madera de tablón macizo. Lamentablemente, esta edificación ha sido demolida para dar paso a una vivienda moderna.

Con la ubicación de la vivienda se pueden obtener datos para su análisis bioclimático que inicia con la gráfica solar presentada en la figura 6, donde se desglosa la posición solar, la elevación y el azimut para, con ello, pasar al análisis de recepción de energía solar por medio de las gráficas de solares mostradas

en la figura 7, con las cuales destacamos la incidencia de la luz fuera y dentro de la edificación, optimizando el espacio con uso directo de este bien, y justificando los elementos como tejados o parasoles, pasillos o corredores cubiertos, patios centrales o laterales abiertos, y más. Al momento de analizar la trayectoria solar, se nota la influencia y gestión de la luz en cada habitación, lo cual es crucial para la ambientación agradable y funcional.

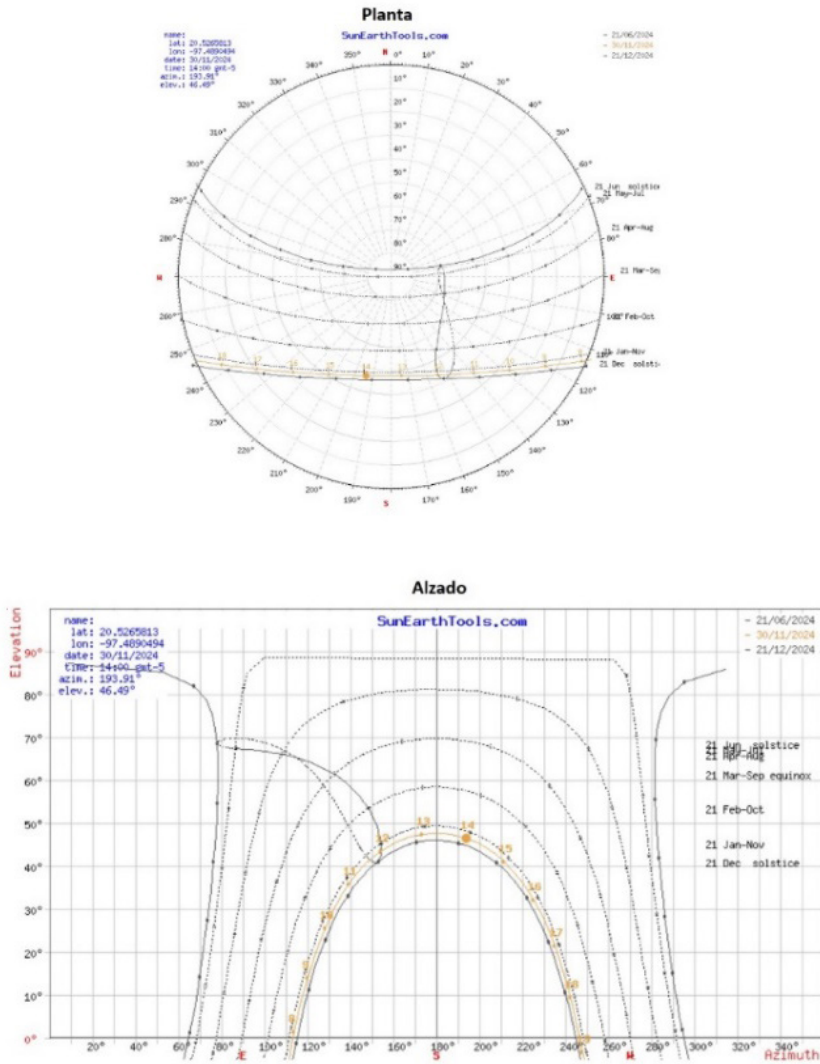
Figura 6. Incidencia de rayos solares en Casa Verde ubicada en la localidad de San Miguel Mecatepec en el Municipio de Tihuatlán.
Blanca Inés Aguilar Frías, 30 de noviembre de 2024



Fuente: SunEarthTools.com.
https://www.suneearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#txtSun_8.

Figura 7. Gráfica solar en planta y alzado de Casa Verde ubicada en la localidad de San Miguel Mecatepec en el Municipio de Tihuatlán.
Blanca Inés Aguilar Frías, 30 de noviembre de 2024

Diagramas de recorrido solar



Fuente: SunEarthTools.com.

https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#txtSun_8.

Propuesta de preservación y revitalización a la vivienda tradicional, como la educación, la protección legal y el fomento de la conciencia cultural

Como se ha visto, la vivienda tradicional refleja la identidad cultural e histórica de la comunidad y su preservación no es tan sólo por proteger el patrimonio arquitectónico, sino también el de fomentar el sentido de pertenencia y la continuidad de las tradiciones. Es importante establecer un marco legal que reconozca y proteja las viviendas tradicionales de la ZMPR y del norte del Estado de Veracruz, que incluya su identificación y catalogación para con ello implementar leyes que impidan la demolición o alteración de estos edificios sin la debida autorización, a la vez que cuente con incentivos económicos para motivar a los propietarios a mantener sus viviendas en buen estado, como subsidios, deducciones fiscales o acceso a fondos para la restauración. Por último, la puesta en marcha de un programa de rescate financiado, desprendido de un catálogo de edificaciones de vivienda tradicional en la ZMPR agrupadas por su valor en ubicación, estado de conservación, monto de la inversión, valor histórico, y utilidad futura.

Conclusiones

Es imperativo que la conservación de la vivienda tradicional en la ZMPR trascienda de sólo la protección de estructuras arquitectónicas, puesto que representa una oportunidad para salvar la identidad cultural y la historia de la región, la cual es testigo de un pasado local, nacional e internacional, al ser donde se generó la riqueza en la etapa moderna de México a través del petróleo, logrando ser parte de la cohesión social en el sentido de pertenencia regional.

La implementación de estrategias de conservación puede incluir marcos legales y programas de sensibilización, con lo cual se podrían preservar las edificaciones, fortalecer la identidad social con un trabajo de fomento cultural, y participación social, pretendiéndose la revitalización, primero sectorial, y pasar después a la activación económica regional. Este último punto puede ser el motor para el desarrollo económico local, al atraer turismo cultural y promover la economía creativa, al integrarse la historia y las tradiciones locales en la vida contemporánea, ganando la política regenerativa de espacios privados con vista a detonar espacios de servicio turísticos, gastronómicos, de traslado, de hospedaje y más.

Referencias

- AGUILAR FRÍAS, B. I.; Martínez, J. (2023), Educación ambiental en la arquitectura, en Calixto Flores, Raúl-Silva Mar, María de los Ángeles, *Educación ambiental, agua y cambio climático: nuevos escenarios*, Universidad Pedagógica Nacional y Universidad Veracruzana, pp. 461-484.
- BLÁZQUEZ DOMÍNGUEZ, Carmen (Compa.) (1986), *Estado de Veracruz: informes de sus gobernadores, 1826-1986*, Gobierno del Estado de Veracruz, Xalapa, tomo II, p. 1144.
- DOF (1982), Decreto que por causa de utilidad se expropia una superficie de 22-91-58 Has., a favor del gobierno del Estado en el Ejido de San Miguel Mecatepec y sus Anexos Plan de Manantial y Totolapan, perteneciente al Municipio de Tihuatlán, Ver. (Reg.-20131), https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4740100yfecha=09/06/1982#gsc.tab=0.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ (2018-2024), Colección Veracruz siglo XXI, <https://www.sev.gob.mx/v1/publicaciones/coleccion-veracruz-siglo-xxi/>.
- INCLÁN RUBIO, Rebeca (2023), La colonización italiana en México. Relatos e historias de México. *Arqueología Mexicana*. <https://relatosehistorias.mx/nuestras-historias/la-colonizacion-italiana-en-mexico>
- INEGI (sf), Mapa de distribución de climas en el estado de Veracruz, *Cuéntame de México*, <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=meye=30>.
- INEGI (sf), Mapa Digital de México de INEGI, <https://gaia.inegi.org.mx/md-m6/?v=bGF0OjIzLjMyMDA4LGxvbjotMTAxLjUwMDAwLHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>.
- PÉREZ MONTEROSAS, Mario (2018), Las migraciones en el norte de Veracruz, México. Redes, rutas y ruralidades. *Sí Somos Americanos*, 18 (2), pp. 34-52, https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-09482018000200034.
- PROCURADURÍA AGRARIA (sf), Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Solares Urbanos (Procede), Gobierno de México, <https://www.pa.gob.mx/publica/pa070113.htm>
- PROGRAMA METROPOLITANO DE POZA RICA (2020), [http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/wp-content/uploads/sites/12/2022/04/Zona-Metropolitana-de-Poza-Rica-DGDUyOT-Presentaci por cientoC3 por cientoB3n1.pdf](http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/wp-content/uploads/sites/12/2022/04/Zona-Metropolitana-de-Poza-Rica-DGDUyOT-Presentaci%20por%20cientoC3%20por%20cientoB3n1.pdf).

- SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE (2008), Programa de certificaciones sustentables, <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/tramites-servicios/auditoria-autoregulacion-ambiental/edificaciones-sustentables/programa-certificacion-edificaciones-sustentables.pdf>.
- SKERRIT, D., y DÍAZ, B. G. (2008), Franceses en el estado de Veracruz. Pérez Siller, J., y Skerrit, D. (eds.), *México-Francia: memoria de una sensibilidad común, siglos XIX-XX*, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, tomo III-IV. doi:10.4000/books.cemca.1654.
- SKERRITT GARDNER, David Alan (sf), Extranjeros en Veracruz: siglos XIX y XX. *Atlas del patrimonio cultural de Veracruz*, Gobierno del Estado, Secretaría de Educación, Colección Veracruz siglo XXI, https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/colec_veracruzsigloXXI/AtlasPatrimonioCultural/07EXTRANJEROS.pdf.
- MAPCARTA (2024), Mapa de San Miguel Mecatepec Tihuatlán, <https://mapcarta.com/es/N3876421779/Mapa>
- ICOMOS (2024), <https://www.icomos.org/en>.
- ICOMOS (1999), *Carta del patrimonio vernáculo construido*, https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/vernacular_sp.pdf.

Técnicas y espacio: innovaciones emergentes en investigación arquitectónica y urbana
se terminó de diseñar y editar en los talleres de
Ediciones Navarra, Van Ostade #7,
Col. Alfonso XIII, Ciudad de México, CP 01460,
en el mes de mayo de 2025.

Como una disciplina multidimensional, la arquitectura presenta desafíos actuales que requieren soluciones innovadoras y sustentables. El presente libro está integrado por investigaciones que abordan temas fundamentales que conectan la teoría, la práctica y el impacto social, explorando desde estructuras ligeras hasta el uso de tecnologías de inteligencia artificial y drones, pasando por exploraciones de antropología social, estudio del medio, vivienda tradicional, el desarrollo de la ciudad en la práctica arquitectónica y el nuevo urbanismo. Cada uno de estos enfoques no sólo refleja un compromiso con el desarrollo sustentable, sino que también una profunda conexión con las necesidades sociales y ambientales de nuestra comunidad.

