

Artículo de Investigación

Construcción de viviendas de interés social desde la perspectiva de los materiales sostenibles en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca

Influence of Construction of social housing from the perspective of sustainable materials in Cuilapam de Guerrero, Oaxaca

Autor:

Luis Ángel, Rojas-Pérez
Tecnológico Nacional de México-Campus Oaxaca
Oaxaca-Mexico
luisrojas10.larp@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-0938-7685>

Jaime, Ruiz-Ríos
Tecnológico Nacional de México-Campus Oaxaca
Oaxaca-Mexico
jaime_rr_11@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4015-2098>

Autor de Correspondencia: Jaime Ruiz Rios, jaime_11_rr@hotmail.com

Reception: 25-October-2024 **Acceptance:** 22-November-2024 **Published:** 12-December-2024

Como citar este artículo

Rojas Pérez, L. Ángel, & Ruiz Ríos, J. (2024). Construcción de viviendas de interés social desde la perspectiva de los materiales sostenibles en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca. Sapiens International Multidisciplinary Journal, 1(3), 198-213. <https://doi.org/10.71068/9px99j13>

Resumen

Esta investigación analiza el uso de materiales sostenibles en la construcción de viviendas de interés social en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, con énfasis en la eficiencia energética, la reducción del impacto ambiental y el fortalecimiento de la identidad cultural. La investigación plantea que la incorporación de materiales locales, como el adobe, y el uso de energías renovables en la construcción pueden mejorar la calidad de vida de las comunidades, al tiempo que disminuyen la huella de carbono del sector. A través de la evaluación de materiales como el adobe, bambú, piedra, madera y concreto reciclado, el estudio identifica que el adobe sobresale en sostenibilidad gracias a su origen local, su bajo impacto ambiental, su capacidad de aislamiento térmico y su durabilidad. Además, se elaboraron presupuestos de construcción para comparar costos y viabilidad de materiales sostenibles frente a los tradicionales, demostrando que es posible alcanzar un equilibrio entre sustentabilidad y costo. El proyecto destaca también el valor social y cultural del adobe, un material tradicional que contribuye a preservar el patrimonio arquitectónico y fomentar la economía local. Sin embargo, se identifican desafíos, como la necesidad de mano de obra especializada y de tratamientos que mejoren su resistencia a la humedad, los cuales pueden abordarse con capacitación comunitaria.

Palabras clave: materiales sostenibles; eficiencia energética; desarrollo sostenible; vivienda.

Abstract

This research project analyzes the use of sustainable materials in the construction of social housing in Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, with emphasis on energy efficiency, reducing environmental impact and strengthening cultural identity. The research suggests that the incorporation of local materials, such as adobe, and the use of renewable energy in construction can improve the quality of life of communities, while reducing the carbon footprint of the sector. Through the evaluation of materials such as adobe, bamboo, stone, wood and recycled concrete, the study identifies that adobe excels in sustainability thanks to its local origin, its low environmental impact, its thermal insulation capacity and its durability. Additionally, construction budgets were prepared to compare costs and feasibility of sustainable materials versus traditional ones, demonstrating that it is possible to achieve a balance between sustainability and cost. The project also highlights the social and cultural value of adobe, a traditional material that contributes to preserving architectural heritage and promoting the local economy. However, challenges are identified, such as the need for specialized labor and treatments that improve its resistance to humidity, which can be addressed with community training.

Keywords: sustainable materials; energy efficiency; sustainable development; constructions.

1. INTRODUCCIÓN

La vivienda como una de las necesidades básicas del ser humano, es parte de la contribución del desarrollo social y a la vez de la economía del país (Acosta, 2009, p. 15), pero sin duda la industria de la construcción es una de las principales responsables del daño ambiental, generando grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero, consumo excesivo de recursos y desechos, donde la construcción a base de concreto y sus derivados, son el principal contaminante. A pesar de los avances en materiales sostenibles y energías renovables, su adopción en la construcción sigue siendo limitada debido a la falta de incentivos, el desconocimiento de los daños al ambiente; por ello, es imperativo que todos aquellos actores involucrados en los procesos de construcción de obras civiles desarrollen la conciencia ética, desde un fundamento de cuidar el planeta mediante la reducción del impacto que se le causa al ambiente por construcciones y edificaciones (Vélez, 2019, p. 87).

El presente estudio se plantea como objetivo el analizar y evaluar los materiales de construcción sostenibles con eficacia y reducción de impacto ambiental, desde sus ventajas y desventajas de la implementación de energías renovables en las construcciones. Además, se busca que con estas prácticas se mejore la eficiencia energética e incremente la calidad de vida de las comunidades locales, tomando en cuenta ejemplos de éxito de construcciones sostenibles.

Una de las problemáticas principales radica en que, aunque la construcción sostenible es viable y ofrece muchos beneficios económicos y para el ambiente, las barreras para su adopción masiva siguen siendo unas limitaciones, como la falta de políticas claras que benefician a los constructores, costos iniciales elevados, permisos para la construcción exorbitantes y un desconocimiento generalizado. Esta investigación busca superar dichos obstáculos, proponiendo soluciones prácticas que demuestran cómo los materiales sostenibles y las energías renovables pueden reducir el impacto ambiental, mejorar la vida de las personas y disminuir los costos de construcción.

Hernández (2008, p. 309), plantea que los materiales, cualquiera que sea su fuente y origen, a lo largo de toda la vida útil del mismo, en cierto porcentaje generará un contaminante y a la vez afectará e impactará al ambiente, en menor o mayor grado dependiendo de su proceso, en cambio para Díaz (2018) la mitigación de dichos efectos nocivos mediante prácticas sustentables, adoptadas en las construcciones de los diferentes niveles será clave para contribuir hacia un mundo de la construcción sostenible.

El desarrollo sustentable no solo implica una satisfacción humana de las necesidades básicas, si no que el cumplimiento de estas satisfacciones en el consumismo, busca que los recursos no se vean afectados en las futuras generaciones. Factores cruciales como el crecimiento de la población, la demanda de energía, el cambio climático, la escasez de recursos, especialmente de agua, y la gestión de residuos son determinantes para el diseño y ejecución en la industria de la construcción (CMIC, 2023).

La construcción sostenible es una respuesta importante a los desafíos actuales que enfrenta la sociedad en términos de desarrollo urbano y rural, protección del medio ambiente y equidad social. Este proyecto de investigación tiene como objetivo explorar en detalle qué es la construcción sostenible y cómo se implementa, con el fin de analizar cómo afecta al cambio climático, la optimización de los recursos naturales y la mejora de la calidad de vida en las

comunidades semi-urbanas. En un mundo donde el crecimiento urbano rápido y descontrolado ha causado una gran presión sobre los ecosistemas y los recursos naturales, es crucial entender cómo las prácticas y tecnologías de construcción sostenible pueden ofrecer soluciones duraderas y viables. Este estudio utilizó un enfoque interdisciplinario que considerará aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, con el objetivo de identificar las mejores prácticas y estrategias para promover la adopción generalizada de la construcción sostenible en futuros proyectos semi-urbanos y urbanos. Esto ayudará a construir comunidades más resilientes, inclusivas y responsables con el medio ambiente.

Para Bedoya (2011), la reutilización de residuos cobra un tema de relevancia, ya que estos obtenidos de las construcciones y sus demoliciones pueden ser utilizados para la construcción de nuevos materiales, en su ensayo crítico sobre las construcciones sostenibles plantea que el análisis de Ciclo de Vida de la Gestión Integral de Residuos Sólidos reduciría el impacto a los ecosistemas y permitiría la regeneración del suelo y por ende la obtención de nuevos materiales.

2. DESARROLLO

Vélez (2019, p. 93), plantea que en la actualidad es necesario aprovechar adecuadamente la tecnología, emplearla bajo los códigos éticos sociales, que nos lleven a un desarrollo sostenible, donde la responsabilidad ambiental, sea tarea de todos, ya que somos parte de una sociedad y debemos colaborar. Lo anterior debido al deterioro ambiental de nuestro planeta, por lo que todas las personas involucradas en alguna etapa de la construcción deben de tomar las medidas pertinentes de protección al medio ambiente y además contribuir con su recuperación. Ante esto, la construcción sostenible debe ser vista como una gran sinfonía donde el medio ambiente, las personas y la economía están en perfecta armonía, integrando un mundo más saludable y feliz para todos, ahora y en el futuro (Bedoya, 2011).

La construcción, como actividad económica, tiene un impacto ambiental significativo, Flores (2021) subraya la importancia de considerar la sostenibilidad desde la fase de diseño, priorizando materiales naturales y ecológicos, y fomentando la investigación y desarrollo de técnicas constructivas tradicionales y locales, con respeto a la identidad cultural y ambiental de cada zona. Rodríguez, Angumba y Romo (2023) señalan que "la construcción es una de las actividades que más residuos genera, contaminación, energía, agua y cambios ambientales" (p. 2), destacando que el sector residencial y de oficinas representa el 40% de la energía consumida, el 30% de las emisiones de CO₂, el 50% de los residuos de materias primas y el 20% del agua potable. Es por esto que en las construcciones de interés social se busca cada vez añadir más prácticas y materiales considerados más sostenibles, como el bambú, adobe, la madera reciclada y la roca local, y se trabaja en la medida de lo posible en las nuevas orientaciones que permitan medir el nivel de sostenibilidad en una construcción, promoviendo diseñar edificaciones eco sostenibles y la reutilización de los materiales en la creación de viviendas que sean respetuosas con el medio ambiente.

Oaxaca, un estado rico en patrimonio cultural y biodiversidad, se enfrenta a desafíos únicos en el camino hacia la construcción sostenible. La arquitectura tradicional, profundamente arraigada en las prácticas culturales y adaptada al entorno local, ha demostrado ser sostenible a lo largo del tiempo. Como señalan Hastings y Guerrero (2020), "La vivienda tradicional istmeña, su materialidad, sus dimensiones, su orientación y estructura están adaptados al ecosistema local, al clima cálido, a la elevada humedad, a las temporadas de lluvias torrenciales y a los fuertes sismos".

Sin embargo, la influencia de materiales industrializados, la pérdida de conocimientos ancestrales y los desastres naturales, como los sismos de 1985, 2017, 2019, han planteado obstáculos para la continuidad de estas prácticas sostenibles en el estado. Ante esta situación, Vera, Caballero y Juárez. (2022, p. 136) resaltan la importancia de “promover un plan con estrategias que promuevan una reconstrucción integral y sostenible del hábitat dañado”, enfatizando la necesidad de enfoques que integren la participación comunitaria y el uso de materiales y técnicas de construcción arraigadas en la tradición.

La construcción sostenible en Oaxaca no se trata sólo de preservar el pasado, sino también de innovar para el futuro, con seguridad para sus habitantes. El adobe, un material de construcción tradicional, es objeto de investigaciones para mejorar su eficiencia y durabilidad. García, Martínez y López (2021) señalan que “todas estas aportaciones tienen como meta conseguir que este sistema constructivo sea más eficiente y duradero que el actual”, ilustrando cómo la combinación de saberes populares con innovaciones modernas puede impulsar la sostenibilidad en la región.

Para Oktay, Hoskara y Hoskara (2007, p. 27), existe una estrecha relación entre sostenibilidad y vivienda, cuya esencia es bidireccional y complementaria, la incorporación de principios de sostenibilidad en el desarrollo, mantenimiento y renovación de viviendas no sólo supone una contribución significativa a la economía, la cultura y la sociedad, si no que coadyuba con el cumplimiento de los objetivos generales de sostenibilidad, como también proporcionará importantes avances en la calidad, durabilidad y rentabilidad.

Además de los desafíos técnicos y culturales, el contexto socioeconómico y la planificación gubernamental del estado juegan un papel crucial, el contexto de la construcción sostenible en Oaxaca es complejo y multifacético. Requiere un equilibrio delicado entre la preservación de la rica herencia arquitectónica y la adopción de innovaciones que mejoren la eficiencia y la resiliencia. La participación comunitaria, la planificación gubernamental y la investigación continua son fundamentales para lograr un futuro sostenible para la construcción en Oaxaca, donde la tradición y la innovación coexistan en armonía.

3. METODOLOGÍA

Este proyecto, se enfoca en analizar la factibilidad de implementar prácticas de construcción sostenible que disminuyan el impacto ambiental, optimicen el uso de energía y mejoren la calidad de vida, a través del uso de materiales sustentables y energías renovables. El uso de materiales sostenibles y energías renovables en la construcción de edificios mejorará significativamente la eficiencia energética y contribuirá a la calidad de vida de las comunidades, compuesto por materiales de construcción sostenibles y técnicas utilizadas en construcciones en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, el estudio se centra en evaluar materiales locales (como adobe, bambú, piedra, madera) y sus características en términos de sostenibilidad. Además, se consideran estudios de casos o informes sobre prácticas de construcción sostenible en la región para complementar la investigación.

Esta investigación se centra en evaluar materiales de construcción sostenibles mediante un estudio observacional, prospectivo, longitudinal y monogrupal, analizando su origen, impacto ambiental, eficiencia energética y durabilidad para determinar su viabilidad en la región de Cuilapan de Guerrero. Al ser observacional, se basa en la recopilación y análisis de datos sobre materiales de construcción sostenible sin intervenir ni manipular las variables; simplemente se observarán y documentará propiedades como el origen, impacto ambiental, eficiencia

energética y durabilidad de los materiales. el estudio es monogrupal porque se centra exclusivamente en un grupo específico: los materiales sostenibles seleccionados (adobe, bambú, piedra, madera), sin hacer comparaciones con materiales convencionales. Este enfoque permite un análisis profundo de las características y beneficios de los materiales sostenibles en un contexto local, proyectando su posible impacto en construcciones futuras.

Con base en la propuesta de medición de la sostenibilidad que hace Oktay y Hoskara (2009, citado en Larraga, *et. al.* 2014, p.130), en la que se incluyen técnicas cualitativas y cuantitativas, entre las que destacan dentro de este proceso de clasificación se llevó a cabo mediante la observación directa y la consulta a proveedores y expertos locales, quienes proporcionaron detalles sobre las propiedades, costos y procedencia de los materiales, así como el uso de un criterio de selección y medición mediante la técnica de escalamiento 1-5. A cada material se le asignaron niveles del 1 al 5 en cinco criterios específicos: origen de los materiales, impacto ambiental, eficiencia energética, durabilidad y resistencia, y costo. La información recopilada fue organizada en una matriz preliminar para visualizar y analizar las características de cada material en los criterios mencionados.

Para realizar comparaciones generales, se calcularon promedios ponderados de los niveles en cada criterio para cada material, permitiendo establecer un ranking de los materiales que destacaron por su sostenibilidad y viabilidad económica. Este análisis estadístico proporcionó una base sólida para determinar cuáles materiales son óptimos en términos de eficiencia energética, durabilidad y costo, ayudando a tomar decisiones informadas en el contexto de construcción sostenible en Cuilapam de Guerrero.

Descripción de instrumentos

Para este proyecto de investigación, he utilizado escalas estimativas como instrumento de recolección de información para evaluar varios criterios relacionados con los materiales de construcción sostenibles. Las escalas permiten cuantificar las características de cada material en diferentes dimensiones, desde su origen hasta su costo, proporcionando un enfoque sistemático para comparar su idoneidad y sostenibilidad. A continuación, se describe cada una de las escalas empleadas y su aplicación:

1. Origen de los materiales: Esta escala mide el nivel de localización de los materiales, desde importados hasta 100% locales. Se utiliza para evaluar el impacto en la economía local y los costos de transporte, ya que los materiales locales suelen ser más económicos y favorecen el desarrollo económico de la región.
2. Impacto ambiental: Clasifica el impacto ambiental asociado con la extracción y producción de los materiales, desde alto hasta muy bajo. Este criterio es importante porque materiales con menor impacto ambiental tienden a requerir menos procesos industriales, lo que resulta en menores costos y contribuye a la sostenibilidad del proyecto.
3. Eficiencia energética: Evalúa la capacidad de los materiales para proporcionar aislamiento térmico y conservar energía, un aspecto clave para reducir el consumo energético en calefacción y refrigeración, lo cual se traduce en ahorros a largo plazo.
4. Durabilidad y resistencia: Considera la vida útil de los materiales y su resistencia a factores como la humedad y los sismos. Materiales duraderos y resistentes requieren menos mantenimiento y reemplazo, lo que implica menores costos en el tiempo.

5. Costo de los materiales: Estima el costo inicial y de mantenimiento de los materiales, desde muy alto hasta muy bajo. Este criterio es fundamental para la viabilidad económica del proyecto, ya que materiales más asequibles y de bajo mantenimiento resultan en menor inversión.

Para la recolección de datos en este estudio, se emplearon escalas estimativas que permitieron evaluar diversos criterios de sostenibilidad en materiales de construcción. Primero, se seleccionaron materiales disponibles y de uso común en la región de Cuilapan de Guerrero, como el adobe, madera, bambú, piedra, concreto reciclado y ladrillo. A cada material se le asignaron niveles del 1 al 5 en cinco criterios específicos: origen de los materiales, impacto ambiental, eficiencia energética, durabilidad y resistencia, y costo. Este proceso de clasificación se llevó a cabo mediante la observación directa y la consulta a proveedores y expertos locales, quienes proporcionaron detalles sobre las propiedades, costos y procedencia de los materiales. La información recopilada fue organizada en una matriz preliminar para visualizar y analizar las características de cada material en los criterios mencionados.

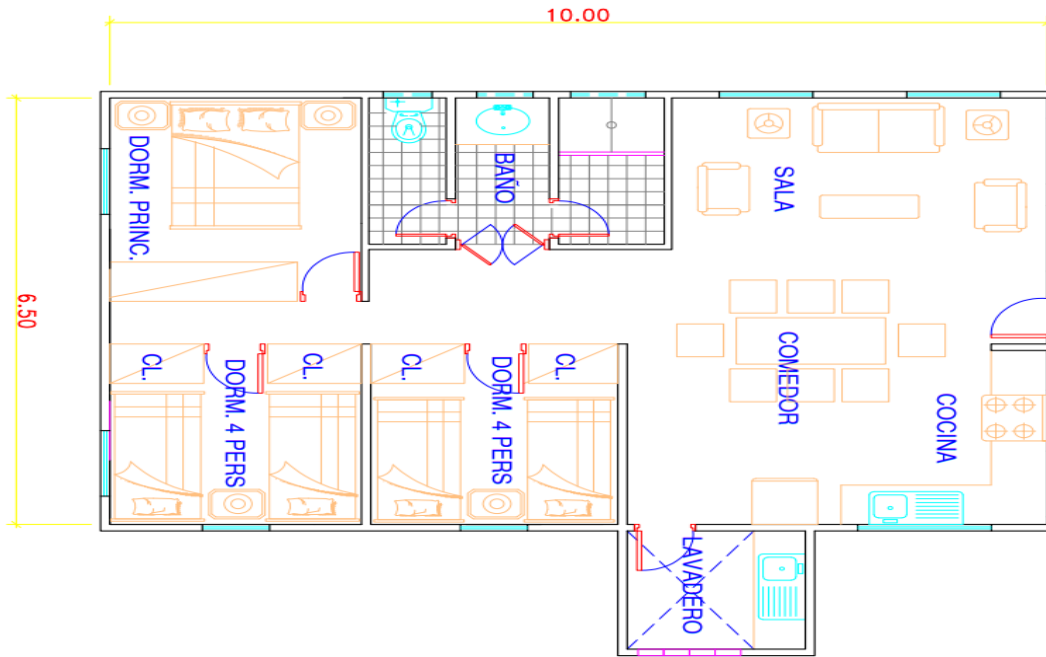
4. RESULTADOS

Los resultados de la investigación revelaron que el adobe es el material de construcción más sostenible para Cuilapam de Guerrero, obteniendo la puntuación más alta en todos los criterios evaluados. Su origen local, bajo impacto ambiental, excelente eficiencia energética y durabilidad lo convierten en una opción ideal para la construcción de viviendas sostenibles en la región. Brito (2021, p.77), asegura que el adobe es una de las técnicas que en las comunidades se está perdiendo, por lo u es necesario conservarla. Por otro lado, el ladrillo obtuvo la puntuación más baja, principalmente debido a su mayor impacto ambiental y costo.

La Figura 1 muestra el plano de la vivienda de interés social considerada en esta investigación, la cual cuenta con una superficie de 65 m² y se compone de dos recámaras, un baño, una sala-comedor, una cocina y un área de lavado.

Figura 1

Plano de vivienda de interés social.



Nota: Elaboración propia

Para los presupuestos, se elaboraron tres escenarios: bajo, medio y alto. El escenario bajo se basó en el uso mayoritario de adobe y materiales reciclados, resultando en el costo total mínimo de los tres. El escenario medio incorporó una combinación de adobe, madera y piedra, ofreciendo un equilibrio entre sostenibilidad y confort. Por último, el escenario alto prioriza materiales de alta calidad y acabados, como madera de alta densidad y piedra natural, lo que resultó en el costo total más elevado.

En el análisis de los resultados obtenidos, se observa una clara variación en los costos de construcción de una vivienda de interés social en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, según los materiales utilizados. Para una mejor comprensión, se elaboraron cuatro presupuestos (Tabla 1, 2, 3 y 4) que contemplan diferentes combinaciones de materiales, priorizando la sustentabilidad en tres de ellos. Los presupuestos presentados en las Tablas 1, 2, 3 y 4 se basan en la construcción de la vivienda que se muestra en la Figura 1.

El presupuesto más económico (Tabla 1) asciende a \$280,500 y se basa en el uso de adobe y concreto reciclado. Estos materiales, además de su bajo costo, ofrecen un alto grado de sustentabilidad, minimizando el impacto ambiental de la construcción. Sin embargo, es crucial considerar que la mano de obra especializada para la construcción con adobe podría influir en el costo final.

Tabla 1

Presupuesto casa habitación utilizando adobe y concreto reciclado.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Cimentación (Concreto reciclado)	m ³	6	2,500	15,000
Muros (Adobe)	m ²	60	600	36,000

Castillo (Concreto reciclado)	m ³	3	2,800	8,400
Viga (Concreto reciclado)	m ³	4	3,000	12,000
Losa (Concreto reciclado)	m ²	70	1,200	84,000
Techumbre (Lámina galvanizada)	m ²	70	350	24,500
Puerta principal (Madera reciclada)	pza	1	3,500	3,500
Puertas interiores (Madera reciclada)	pza	3	2,500	7,500
Ventanas (Aluminio)	m ²	8	2,200	17,600
Instalación eléctrica	punto	30	500	15,000
Instalación sanitaria	punto	15	800	12,000
Acabados (Yeso, pintura)	m ²	150	300	45,000
Total	---	---		280,500

Nota: Elaboración propia

En un rango de precio medio (Tabla 2), con un costo total de \$380,500, se presenta la opción que combina adobe, madera y piedra. Esta alternativa busca un equilibrio entre costo, sustentabilidad y estética. La madera, aunque más costosa que el adobe, brinda mayor versatilidad en el diseño, mientras que la piedra aporta un elemento estético característico de la región.

Tabla 2

Presupuesto casa habitación utilizando adobe, madera y piedra

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Cimentación (Concreto)	m ³	6	3,800	22,800
Muros (Adobe)	m ²	40	600	24,000
Muros (Madera)	m ²	20	1,500	30,000
Castillo (Concreto)	m ³	3	3,200	9,600
Viga (Madera)	m ³	4	4,000	16,000
Losa (Concreto)	m ²	70	1,500	105,000
Techumbre (Teja)	m ²	70	550	38,500
Puerta principal (Madera)	pza	1	5,500	5,500
Puertas interiores (Madera)	pza	3	3,500	10,500

Ventanas (Madera)	m ²	8	3,200	25,600
Instalación eléctrica	punto	30	600	18,000
Instalación sanitaria	punto	15	1,000	15,000
Acabados (Yeso, pintura)	m ²	150	400	60,000
Total	---	---		380,500

Nota: Elaboración propia

El presupuesto más alto (Tabla 3) alcanza los \$607,700 y se centra en la durabilidad y la estética mediante el uso de madera de alta densidad y piedra natural. Si bien estos materiales ofrecen un acabado de alta calidad y resistencia, su impacto ambiental es mayor en comparación con las opciones que incorporan adobe y concreto reciclado.

Tabla 3

Presupuesto casa habitación utilizando madera de alta densidad y piedra natural

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Cimentación (Concreto armado)	m ³	6	4200	25200
Muros (Piedra natural)	m ²	30	\$2,800	\$84,000
Muros (Madera de alta densidad)	m ²	30	\$3,000	\$90,000
Castillo (Concreto armado)	m ³	3	\$4,500	\$13,500
Viga (Madera de alta densidad)	m ³	4	5500	22000
Losa (Concreto armado)	m ²	70	\$2,000	\$140,000
Techumbre (Teja de alta calidad)	m ²	70	\$800	\$56,000
Puerta principal (Madera fina)	pza	1	8000	8000
Puertas interiores (Madera fina)	pza	3	\$5,000	\$15,000
Ventanas (Madera fina)	m ²	8	\$5,000	\$40,000
Instalación eléctrica	punto	30	700	21000
Instalación sanitaria	punto	15	\$1,200	\$18,000
Acabados (Yeso, pintura)	m ²	150	\$500	\$75,000
Total	---	---		\$607,700

Nota: Elaboración propia

Finalmente, se elaboró un presupuesto con materiales tradicionales (Tabla 4) para tener un punto de comparación. Con un costo de \$346,500, se ubica en un rango intermedio. Si bien el costo inicial puede ser competitivo, es fundamental considerar que la sustentabilidad, a largo

plazo, puede generar ahorros en energía y mantenimiento, además de contribuir a la preservación del medio ambiente.

Tabla 4

Presupuesto de casa habitación utilizando materiales tradicionales.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Cimentación				
Excavación	m ³	8	\$500	\$4,000
Concreto armado (f'c=200 kg/cm ²)	m ³	6	\$4,000	\$24,000
Acero de refuerzo	kg	500	\$30	\$15,000
Muros				
Ladrillo rojo recocido	millar	4	\$8,000	\$32,000
Mortero (cemento-arena)	m ³	3	\$1,500	\$4,500
Castillos y Dalas				
Concreto armado (f'c=200 kg/cm ²)	m ³	3	\$4,000	\$12,000
Acero de refuerzo	kg	300	\$30	\$9,000
Losa de entepiso				
Concreto armado (f'c=200 kg/cm ²)	m ³	7	\$4,000	\$28,000
Acero de refuerzo	kg	700	\$30	\$21,000
Cimbra de madera	m ²	70	\$200	\$14,000
Techumbre				
Estructura de madera	m ³	3	\$5,000	\$15,000
Teja de barro	millar	5	\$6,000	\$30,000
Carpintería				
Puerta principal (madera)	pza	1	\$6,000	\$6,000
Puertas interiores (madera)	pza	3	\$3,000	\$9,000
Ventanas (aluminio)	m ²	8	\$2,500	\$20,000
Instalaciones				

Instalación eléctrica	punto	30	\$600	\$18,000
Instalación sanitaria (hidráulica y sanitaria)	punto	15	\$1,000	\$15,000
Acabados				
Aplanados (yeso)	m ²	150	\$200	\$30,000
Pintura vinílica	m ²	150	\$100	\$15,000
Pisos cerámicos	m ²	70	\$300	\$21,000
Azulejo en baño	m ²	10	\$400	\$4,000
Total				\$346,500

Nota: Elaboración propia

En conclusión, la elección de los materiales de construcción impacta directamente en el costo y la sustentabilidad de la vivienda. El uso de materiales como el adobe y el concreto reciclado se presenta como una alternativa viable y con menor impacto ambiental para la construcción de viviendas de interés social en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca. Sin embargo, la decisión final dependerá de las necesidades, prioridades y disponibilidad de recursos de cada proyecto.

En términos de viabilidad, la construcción de una vivienda sostenible con adobe es técnicamente factible en Cuilapam de Guerrero, ya que existe una tradición en la construcción con este material y mano de obra calificada. Además, los beneficios económicos a largo plazo, como el ahorro en energía y mantenimiento, hacen que esta opción sea atractiva. Sin embargo, es importante considerar la necesidad de capacitación para garantizar una construcción adecuada y resistente.

5. DISCUSIÓN

Esta investigación surge de la necesidad de implementar prácticas de construcción sostenible que disminuyan el impacto ambiental, optimicen el uso de energía y mejoren la calidad de vida en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca. Para lograr este objetivo, se planteó la hipótesis de que "el uso de materiales sostenibles y energías renovables en la construcción de edificios mejorará significativamente la eficiencia energética y contribuirá a la calidad de vida de las comunidades, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo un desarrollo más equilibrado".

Con el fin de comprobar esta hipótesis, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de diversos materiales de construcción, evaluando su sustentabilidad en función de factores como el origen, el proceso de producción, la eficiencia energética y el impacto ambiental. Los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada, demostrando que la incorporación de materiales sostenibles, como el adobe, en la construcción de viviendas de interés social en Cuilapam de Guerrero, puede contribuir significativamente a la disminución del impacto ambiental, la optimización del uso de energía y la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

Para Brito (2021), en consecuencia, de la pérdida de la técnica de elaboración y construcción de adobe, se debe enfatizar en su importancia sostenible y de reducción de impacto ambiental, ya que, al ser sustituida por ladrillo cocido, donde se despiden al ambiente humos y vapores

contaminantes por la quema de productos como leña o neumáticos, donde las regulaciones por las normas ecológicas y de construcción no han podido controlar, ocasionan la aceleración del calentamiento global.

Este hallazgo se alinea con el objetivo principal de la investigación, que buscaba implementar prácticas de construcción sostenible a través del uso de materiales sustentables y energías renovables. El modelo propuesto por Oktay y Hoskara, aborda holísticamente todo los panoramas ambientales, sociales, económicos y culturales de una localidad, dando una amplitud de elección con base al contexto local, además que contribuye a evitar la degradación ambiental y propiciar la sostenibilidad de una vivienda semi-urbana o urbana. Por ellos de la investigación se obtiene qué es necesario:

Identificar los materiales de construcción más utilizados en Cuilapam de Guerrero: Se realizó un análisis del contexto local para identificar los materiales de construcción predominantes, observando el uso frecuente de adobe, madera, teja y piedra, lo que evidencia una tradición constructiva arraigada a la región y al uso de recursos locales.

Evaluar la sustentabilidad de diferentes materiales de construcción: Se implementaron escalas estimativas para evaluar la sustentabilidad de diversos materiales, considerando factores como el origen, el proceso de producción, la eficiencia energética y el impacto ambiental.

Determinar el material de construcción más sustentable para viviendas de interés social: El adobe obtuvo la puntuación más alta en la evaluación de sustentabilidad (4.75), superando a otros materiales como la madera (4.25), el bambú (4), la piedra (3.75), el concreto reciclado (3.5) e incluso el ladrillo (3.25). LO anterior con base en el modelo Oktay, Hoskara y Hoskara (2007), donde 1-insostenible en todos los aspectos, 2-condiciones cercanas a lo insostenible, 3-parcialmente sostenible, 4-sostenible en la mayoría aspectos y 5-altamente sostenible.

Estos resultados respaldan las ideas de diversos autores que han investigado la arquitectura vernácula y la construcción sustentable en Oaxaca. El análisis de la arquitectura de tierra cruda en Oaxaca, destaca el valor del adobe como un material la cual se integra al paisaje, aprovecha los recursos locales y ofrece confort térmico. Hastings y Guerrero (2020) enfatizan la importancia de la arquitectura tradicional istmeña, que "se adapta al entorno, utiliza materiales locales y responde a las necesidades climáticas de la región". Vera, Caballero y Juárez (2022) resaltan la necesidad de "integrar la tradición constructiva con innovaciones tecnológicas para lograr un desarrollo sustentable en Oaxaca".

El predominio del adobe como material sustentable se debe a sus múltiples ventajas:

- Origen local: El adobe se elabora con tierra arcillosa, un recurso abundante en Cuilapam de Guerrero, lo que reduce los costos de transporte y la huella de carbono.
- Bajo impacto ambiental: Su proceso de producción es sencillo y consume poca energía. Además, el adobe es un material biodegradable y reciclable.
- Eficiencia energética: El adobe ofrece un excelente aislamiento térmico, lo que reduce la necesidad de sistemas de climatización artificiales y contribuye al ahorro de energía.
- Durabilidad: Las construcciones de adobe, otorgandoles el mantenimiento adecuado, pueden durar siglos, como lo demuestran las edificaciones históricas de Oaxaca.

Sin embargo, es importante reconocer algunas limitaciones del adobe, como la necesidad de mano de obra especializada y su vulnerabilidad a la humedad. Para superar estas limitaciones, se pueden implementar estrategias como la capacitación de la comunidad en técnicas de construcción con adobe y la aplicación de tratamientos impermeabilizantes.

Las implicaciones de esta investigación son significativas para el desarrollo de viviendas sustentables en Cuilapam de Guerrero. El uso del adobe puede contribuir a:

- Reducir el impacto ambiental del sector de la construcción: Al utilizar un material local y de bajo impacto ambiental, se minimiza la huella de carbono y se promueve la conservación de los recursos naturales.
- Ahorrar energía: Las propiedades térmicas del adobe reducen la demanda de energía para climatización, lo que se traduce en ahorros económicos y en beneficios para el medio ambiente.
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes: El adobe crea un ambiente interior confortable, regulando la temperatura y la humedad.
- Generar empleos locales: La construcción con adobe requiere mano de obra local, lo que puede contribuir al desarrollo económico de la comunidad.
- Preservar la identidad cultural: El adobe es un material tradicional que forma parte de la identidad cultural de Oaxaca. Su uso en la construcción de viviendas contribuye a la preservación del patrimonio arquitectónico de la región.

Con base en Dueñas (2013, p.89), debemos tener claro que las viviendas construidas con bases de sostenibilidad, como la inclusión de diseño bioclimático y/o con eficiencia energética, contribuyen al mejoramiento de la condición climática actual del planeta, pero es necesario comprender que dichas viviendas o edificaciones no son más costosas que las convencionales, por lo que hay que eliminar esta resistencia, además que la comparación entre las edificaciones convencionales en relación con las sustentables los costos iniciales son mayores.

6. CONCLUSIÓN

Este proyecto de investigación confirma que el uso de materiales sostenibles en la construcción, especialmente el adobe, ofrece grandes beneficios en términos de eficiencia energética, calidad de vida y reducción del impacto ambiental en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca. Los hallazgos respaldan la hipótesis de que integrar materiales sostenibles y energías renovables en las edificaciones mejora significativamente la eficiencia energética y contribuye a un desarrollo más equilibrado para las comunidades.

El adobe se destacó como el material más sostenible, debido a su origen local, bajo impacto ambiental, excelente aislamiento térmico y durabilidad, lo que lo hace ideal para la construcción de viviendas de interés social. Estos factores, además de reducir la necesidad de climatización artificial, minimizan los costos y la huella de carbono.

La implementación de prácticas sostenibles en Cuilapam es técnica y económicamente viable. Utilizar materiales como el adobe y el concreto reciclado permite lograr un alto nivel de sustentabilidad a un costo razonable. Aunque el adobe puede requerir mano de obra

especializada, sus beneficios a largo plazo refuerzan su viabilidad en proyectos de vivienda social.

Además, el uso de adobe promueve la conservación cultural y el fortalecimiento de la economía local, al conectar la construcción moderna con la tradición arquitectónica de la región. Aunque el adobe presenta retos como la necesidad de tratamientos contra la humedad y capacitación en su uso, estos pueden abordarse mediante programas de formación y mejoras tecnológicas.

Finalmente podemos decir que el adobe representa una alternativa económica y ambientalmente sostenible para la construcción de viviendas en Cuilapam, contribuyendo tanto a la preservación cultural como a la economía local. Este proyecto establece una base sólida para replicar estas prácticas en otras regiones, generando beneficios reales para las comunidades y el entorno natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: CONCEPTOS, PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS DEARQ. Revista de Arquitectura/Journal of Architecture, 4, 14-23
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630313002>
- Bedoya, M. C. (2011). Construcción sostenible: para volver al camino. Biblioteca Jurídica Dike: Mares Consultoría Sostenible. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7378>
- Brito, P. J. (2021). Elaboración de adobe sostenible. DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura. 11, 59 – 79. https://revistas.uazuay.edu.ec/flip/daya/11/daya_11_04.pdf
- CMIC. (2023). La industria de la construcción hacia el desarrollo sustentable. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. Observatorio de la Construcción. <https://www.cmic.org.mx/sectores/medioambiente/articulos/pdf/Construcciones%20sustentables.pdf>
- Díaz, D. (2018). Revisión sistemática: construcciones sostenibles (Trabajo de investigación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/21003>
- Dueñas, DR. A. (2013) reflexiones sobre la arquitectura sustentable en México. Revista Legado de Arquitectura y Diseño, 14, 77-9. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947373007>
- Flores, P. (2021). La construcción sostenible en Latinoamérica. Limaq, 7(007), 161-173. <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Limaq/article/view/5336>
- García., F., Martínez, R. J. C., y López, C. I. L. (2021). Propuesta de una mezcla para mejoramiento de adobe en Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca. *Ciencia UAT*, 15(2), 66-81
- Hastings, G. J. y Guerrero, B. L. (2020). Transferencia de técnicas sostenibles de conservación para la construcción de viviendas de adobe en Ixtepec, Oaxaca, México Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism. 1, 474-484
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7667670.pdf>
- Hernández, M. S. (2008). Diseño sustentable de materiales de construcción; caso del concreto de matriz de cemento Portland. *Ciencia Ergo Sum*, 15(3), 306-310.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10415308>
- Lárraga, L. R., Aguilar, R. M., Reyes, H. H. y Fortanelli, M. J. (2014). La sostenibilidad de la vivienda tradicional: una revisión del estado de la cuestión en el mundo. Revista de Arquitectura, 16, 126-133. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=125138774014>
- Oktay, B., Hoskara, E. y Hoskara, S., 2007, Assessing the Level of Sustainability in Housing Environments: A Theoretical Approach", ENHR 2007 Conference on Sustainable Urban Areas, 25-28. <http://i-rep.emu.edu.tr:8080/jspui/bitstream/11129/3167/1/out%20%286%29.pdf>
- Rodríguez, D.P., Angumba, A. P., y Romo, Z. C. (2023). Importancia de la construcción sustentable en el desarrollo de emprendimientos turísticos comunales. Caso de estudio Turi. *MQRInvestigar*, 7(3), 402–431. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.402-431>

Vélez, M, L. (2019). Construcciones sostenibles, impactos ambientales. Revista Nodo, 14(27), 86-95. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8690899.pdf>

Vera, J. de D.; Caballero, J.L. y Juárez, L.A. (2022). Intervención sostenible en viviendas afectadas por sismos en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Universidad & ciencia, Ciego de Ávila, 11(ESPECIAL CIVITEC), 134-144. <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/2429/4475>

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.