

Evaluación del uso del bambú y la tierra estabilizada en viviendas unifamiliares de interés social en Quito, 2025

Nathaly Andrea Elizalde Valladares



**Universidad
Indoamérica**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ARTES
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**Evaluación del uso del bambú y la tierra estabilizada en viviendas
unifamiliares de interés social en Quito, 2025**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autora
Nathaly Andrea Elizalde Valladares
Tutor
MSc.Ing. Jorge Ponce

**QUITO - ECUADOR
2025**

Elizalde, N . (2025).
Evaluación del uso del bambú y la tierra estabilizada
en viviendas unifamiliares de interés social en Qui-
to, 2025

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, ELIZALDE VALLADARES NATHALY ANDREA , declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “Evaluación del uso del bambú y la tierra estabilizada en viviendas unifamiliares de interés social en Quito, 2025”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorico al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, 13 del Agosto de Mes de 2024, firmo conforme:

.....
ELIZALDE VALLADARES NATHALY ANDREA
C.I. 1751284611
Dirección: Sector de San Isidro del Inca
Correo: elizalden563@gmail.com

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 13 de Agosto del 2025

.....
ELIZALDE VALLADARES NATHALY ANDREA
C.I. 1751284611

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “TÍTULO DEL PROYECTO DE TITULACIÓN, QUITO, 2025” presentado por PONCE TAMAYO JORGE para optar por el titulo de Arquitecto., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 13 de Agosoto del 2025

.....
MSC.ING.PONCE TAMAYO JORGE
C.I. 1757008436

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: TÍTULO DEL PROYECTO DE TITULACIÓN, QUITO, 2024, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 13 de Agosto del 2025

.....
MSC.ARQ.CACERES GUERRERO ESTEBAN FERNANDO
C.I. 0604254524

.....
PHD.ARQ.MORALES POZO LUIS VLADIMIR
C.I. 1714065354

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo, primero a Dios por haberme ayudado a salir adelante en fase de mi vida, con su sabiduría eh logrado superar los obstaculos que se ha presentado durante la vida, tambien dedicar a mi queridos padres, ya que sin su ayuda no lograria este proposito de culminar una meta tan anelada, ya que siempre me han apoyado a pesar cuando ya no rendia más, siempre estuvieron en la buenas y en la malas y nunca me faltado un gran consejo. tambien quiero dedicar este trabajo a mi hermana que ha sido mi ejemplo a seguir. Una vez mas doy gracias por la familia amorosoa que me ha brindado el cual nunca me faltó su apoyo y tambien quiero dedicar este trabajo a mi compañero de vida, que me ha motivado y a creido en mi. Tambien quiero dedicar a las personas que me han apoyado y me ha brindado su apoyo, cariños y buenos deseos en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a la Universidad Indoamérica por la enseñanza y la paciencia brindadas durante este periodo lleno de retos y aprendizajes. De igual forma, extendo mi gratitud a mis maestros por todo lo aprendido a lo largo de la carrera, y a mi tutor por su enorme paciencia y por compartir sus conocimientos, los cuales han sido fundamentales para culminar este ciclo académico.

Agradezco profundamente a mis padres, cuyo sacrificio y esfuerzo constante han hecho posible que hoy pueda cumplir esta meta. También quiero dar gracias a los amigos que encontré en esta universidad, quienes fueron testigos de mis alegrías y tristezas, y con quienes compartí momentos y experiencias que siempre llevaré en mi memoria.

RESUMEN EJECUTIVO

Hoy en día, la industria de la construcción se ha convertido en una de las principales fuentes de impacto ambiental, especialmente por el uso intensivo de materiales como el hormigón, el acero y el bloque. Este sector no solo enfrenta retos ambientales, sino también sociales y económicos. En ciudades del Ecuador como Quito, la situación se vuelve aún más complicada debido al crecimiento de la población y la alta demanda de vivienda social, lo que perpetúa la dependencia de métodos constructivos tradicionales.

Ante este panorama, esta investigación propone un sistema constructivo alternativo que combina bambú y tierra estabilizada, materiales naturales con bajo impacto ambiental y excelentes propiedades técnicas. Este sistema busca recuperar prácticas constructivas ancestrales, adaptándolas a las necesidades actuales de la vivienda unifamiliar.

La metodología utilizada es de enfoque mixto. Se inició con la recopilación de normativas y estudios técnicos para elaborar matrices de investigación que guiaron la selección de materiales y parámetros constructivos. A partir de ello, se desarrolló una guía técnica que abarca desde la obtención y tratamiento del bambú y la tierra, hasta su aplicación en elementos estructurales y de cerramiento. Finalmente, el sistema fue implementado en un prototipo de vivienda, cuyo costo y huella de carbono fueron evaluados y comparados con los de una vivienda tradicional.

La aplicación del sistema constructivo permitió comprobar su viabilidad frente a métodos convencionales. Gracias al prototipo diseñado, se demostró que fue un 4,41 más alto y se reduce 17 veces la huella ambiental, lo que evidencia su potencial como solución habitacional urbana. La guía técnica desarrollada establece bases constructivas para futuros prototipos en otros contextos urbanos, incentivando alternativas sostenibles para la vivienda social en Quito.

DESCRIPTORES: Costos, Huella de carbono, Sistemas Constructivos, Vivienda Social

ABSTRACT

Today, the construction industry has become one of the main sources of environmental impact, especially due to the intensive use of materials such as concrete, steel and block. This sector not only faces environmental, but also social and economic challenges. In Ecuadorian cities such as Quito, the situation becomes even more complicated due to population growth and the high demand for social housing, which perpetuates the dependence on traditional construction methods.

Against this backdrop, this research proposes an alternative construction system that combines bamboo and stabilized earth, natural materials with low environmental impact and excellent technical properties. This system seeks to recover ancestral construction practices, adapting them to the current needs of single-family housing.

The methodology used is a mixed-method approach. It began with the compilation of regulations and technical studies to develop research matrices that guided the selection of materials and construction parameters. From this, a technical guide was developed that covers everything from the procurement and treatment of bamboo and soil to its application in structural and enclosure elements. Finally, the system was implemented in a housing prototype, whose cost and carbon footprint were evaluated and compared with those of a traditional home.

The application of the construction system demonstrated its viability compared to conventional methods. Thanks to the designed prototype, it was shown to be 4.41 times higher and its environmental footprint was reduced 17 times, demonstrating its potential as an urban housing solution. The developed technical guide establishes construction foundations for future prototypes in other urban contexts, encouraging sustainable alternatives for social housing in Quito.

KEYWORDS: Building Systems, Costs, Carbon Footprint, Social Housing, Social Housing

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	4
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	5
APROBACIÓN DEL TUTOR	5
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	6
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTO.....	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
ABSTRACT	9
ETAPA 1. Conocimiento previo	19
1.Introducción	21
1.1 El impacto Ambiental en el ámbito de la construcción: Emisiones de carbono, Consumo energético y de Recursos.....	21
1.2 La industria de la construcción en los entornos habitacionales.....	22
1.3 Objetivos	27
1.3.1. Objetivo general	27
1.3.2. Objetivos específicos:	27
2.Fundamentación Teórica	28
2.3.1. Sistema constructivo.....	30
2.3.1.1. 1.Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y Economía Circular: Optimización de Recursos	30
2.3.1.2. Diseño Estructural Sostenible	31
2.3.1.3. Modularidad y Prefabricación	32
2.3.1.4. Tecnologías Apropriadas	32
2.3.2. Vivienda Social	33
2.3.2.1. Vivienda como Soporte de Vida Cotidiana	33
2.3.2.2. Habitabilidad Urbana.....	34

2.3.2.3. Arquitectura Vernácula.....	35
2.3.2.4. Enfoque Transdisciplinar.....	36
2.1 Estudio del arte	38

ETAPA 2. Aplicación Metodológica	43
3.Materiales y Métodos	45
4. Metodología	46
4.1 Fase 1: Levantamiento de datos y propuesta del sistema.	46
4.2 Fase 2: Desarrollo del sistema	46
4.3 Fase 3: Aplicación y evaluación del sistema	46
5.Resultados	51
5.1 Fase 1: Recolección y levantamiento de datos para el desarrollo del sistema constructivo.....	
5.2 Fase 2: Desarrollo de la Guía Constructiva	54
5.3 Fase 3: Aplicación y Evaluación	57
6. Recomendaciones finales	81
7. Recomendaciones	83
8. Referencias Bibliográficas	84
9. Anexos	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie de las principales zonas con presencia de bambú en Ecuador.	25
Tabla 2. Autores claves y teorías complementarias del sistema constructivo.	28
Tabla 3. Autores claves y teorías complementarias para la vivienda Social.	29
Tabla 4. Perfil de entidades claves	51
Tabla 5. Matriz de triangulación de fuentes primarias	51
Tabla 6. Matriz 1 de Variable indicador de fuentes	52
Tabla 7. Matriz 2 de incentivos de vivienda social	52
Tabla 8. Matriz 3 de triangulación de fuentes primarias y secundarias	52
Tabla 9. Cuadro de la propuesta del sistema constructivo de bambú y tierra estabilizada	53
Tabla 10. Matriz de normas Técnicas	54
Tabla 11. Cuadro de criterio y su proceso conceptual.....	54
Tabla 12. Cuadro de criterios en el proceso de diseño.....	55
Tabla 13. Cuadro de criterio en el proceso de planificación y construcción	55
Tabla 14. Matriz de triangulación de los criterios desarrollados en los sistemas constructivos.....	55
Tabla 15. Comparación de presupuestos en los sistemas constructivos	80
Tabla 16. Comparación de la huella de carbono en los sistemas Constructivos.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Industria constructora	23
Figura 2. Participación de los edificios en el consumo final total de la energía en 2022 (izquierda) y participación de los edificios en las emisiones globales de energía y procesos en 2022 (derecha)	23
Figura 3. La construcción y su gases de efecto invernadero.....	24
Figura 4. Asentamiento informal.....	24
Figura 5. Déficit de vivienda con piso de tierra por país.....	25
Figura 6. Materiales predominantes en las edificaciones 2020.....	25
Figura 7. En Quito, los hogares en condiciones de Hacinamientos	26
Figura 8. Objetivos de Desarrollo Sostenible	27
Figura 9. Distribución mundial del bambú.....	28
Figura 10. Formas de construcción en tierra	28
Figura 11. Gráfico comparativo de uso de huella ecológica cemento, hormigón y tierra, vida útil, reciclabilidad, conductividad térmica, resistencia, carbono incorporado.....	28
Figura 12. Análisis de ciclo de vida	32
Figura 13. Economía circular	33
Figura 14. Edificación modular y prefabricación.....	34
Figura 15. Tecnología apropiada casa de balas de paja con estructura post&beam.....	35
Figura 16. Vienda Social.....	35
Figura 17. Libro Housing by people	36
Figura 18. Urbanismo sostenible.	37
Figura 19. Arquitectura vernácula de la Mojana	37
Figura 20. La transdisciplinariedad es esencial en la arquitectura.	38
Figura 21. La transdisciplinariedad es esencial en la arquitectura	39
Figura 22. La transdisciplinariedad es esencial en la arquitectura	39
Figura 23. Mapa conceptual de la metodología de investigación.....	47
Figura 24. Modulación y configuración modular para diferentes prototipos de viviendas	59
Figura 25. Prototipo escogido para el desarrollo de una vivienda Familiar	60
Figura 26. Modulación estructural del prototipo de la vivienda unifamiliar social	61
Figura 27. Planimetría estructural del sistema constructivo de bambú y tierra Estabilizada.....	62
Figura 28. Planta estructural del sistemas constructivo de bloque y hormigón.....	63
Figura 29. Planta de la vivienda unifamiliar social en caña guadua, bahareque y Tapial.....	64
Figura 30. Planta de la vivienda unifamiliar social en caña guadua, bahareque y Tapial.....	65
Figura 31. Fachada de la vivienda unifamiliar de Caña guadua, bahareque y tapial ...	66
Figura 32. Fachada de vivienda unifamiliar de hormigón y bloque	67
Figura 33. Corte constructivo de la vivienda de caña guadua, Bahareque y Tapial	69
Figura 34. Uniones principales de la estructura de caña guadua	70
Figura 35. Uniones estructurales de guadua	73
Figura 36. Render de la zonificación de la vivienda unifamiliar social de caña guadua, bahareque y Tapial	75
Figura 37. Render la vivienda unifamiliar Social de caña guadua, bahareque, Tapial	76
Figura 38. Render la vivienda unifamiliar social de hormigón y bloque	77
Figura 39. Render de zonificación de la vivienda unifamiliar social de caña guadua, bahareque y tapial.....	79
Figura 40. Vista Interior de la vivienda de Caña guadua, bahareque y tapial (Cocina, Comedor y Sala).....	80
Figura 41. Vista Interior de un dormitorio	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencia de la entrevista a la Arquitecta	90
Anexo 2. Evidencia de la entrevista con el ingeniero.....	90
Anexo 3. Entrevista completa de la Arquitecta	91
Anexo 4. Entrevista completa al Ingeniero	91
Anexo 5. Matriz de triangulación de criterios	92
Anexo 6. Matriz de Instrumentos	92
Anexo 7. Cantidad de Guadua Utilizado	93
Anexo 8. Cantidad total de material.....	93
Anexo 9. Mapa de compra y venta de Caña Guadua	93
Anexo 10. Mapa de compra y venta de materiales construcción	93
Anexo 11. Mapa de la ubicación del prototipo de la vivienda unifamiliar Social	93
Anexo 12. Mapa de transporte del material de guadua	94
Anexo 13. Mapa de Transporte del materiales tradionales.....	94
Anexo 14. Calculo para la huella de carbono sistema alternativo	94

ETAPA 1

Conocimiento previo

● Introducción

1.1 El impacto Ambiental en el ámbito de la construcción: Emisiones de carbono, Consumo energético y de Recursos

La Industria de la construcción es esencial para el desarrollo económico debido que, en él, engloban la construcción de lo vial, los equipamientos, la edificación, entre otras obras lo que genera ingresos tanto público como privado, dicho esto, la construcción genera más empleo debido a sus ramas. Según Comunicación (2022) “El sector de la construcción es uno de los principales motores de la economía ya que beneficia a numerosas ramas del sector industrial, entre las que destacan las industrias del acero, hierro, cemento, arena, cal, madera y aluminio”. Sin embargo, esta industria genera un consumo energético alto se ha estimado que la construcción es uno de los mayores causantes de emisiones de gases de efecto invernadero.

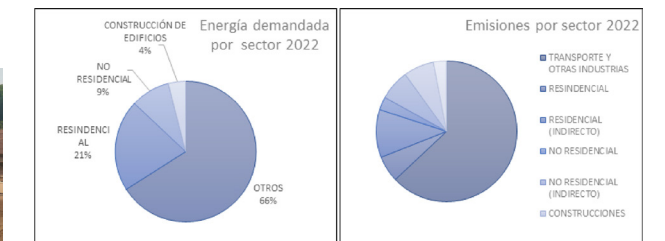
Figura 1. Industria constructora



Fuente: Aceroform (2025)

El impacto ambiental de la construcción es alarmante. Un estudio citado por Bimhow, atribuye al sector el 23 % de la contaminación del aire, el 50 % de los efectos del cambio climático, el 40 % de la contaminación del agua potable y la mitad de los desechos sólidos que llegan a los vertederos; datos que ponen en evidencia la insostenibilidad del modelo constructivo contemporáneo. Sin embargo, es utilizado muy comúnmente a pesar que genera un alto costo ambiental. Teniendo en cuenta a Gischler.et.al (2023), la producción de cemento genera alrededor de 649 kg de CO₂ por tonelada y la de acero alcanza hasta 1,91 t de CO₂ por tonelada; este elevado nivel de emisiones se agrava si consideramos que, por cada metro cuadrado de edificación, se necesitan hasta 2 toneladas de materias primas (García.et.al.2020). Es por ello que se ha convertido en el eje de una triple crisis planetaria en consecuencia produce el cambio climático, agotamiento de recurso y pérdida de biodiversidad

Figura 2. Participación de los edificios en el consumo final total de la energía en 2022 (izquierda) y participación de los edificios en las emisiones globales de energía y procesos en 2022 (derecha)



Fuente: Elaboración propia, basado en IEA 2023. Adaptado de seguimiento del proceso de la energía limpia

A todo esto, el desarrollo constructivo sigue ampliando su huella ecológica en las regiones, su impacto revela un patrón preocupante en la cual compromete las condiciones de. Brasil encabeza la lista al emplear más del 40 % de sus recursos naturales (Santos et al., 2021); México contribuye con el 16% de los gases de efecto invernadero nacionales; y Colombia destina a la construcción casi un tercio de su energía y materias primas (García et al. 2020). Este panorama no solo tensiona los ecosistemas, sino que también restringe la capacidad de producir vivienda asequible y sostenible, ampliando la brecha habitacional. Al incrementar los costos de producción y degradar el entorno, estas cifras dificultan la edificación de entornos habitacionales adecuados y seguros, sobre todo para los grupos más vulnerables.

Figura 3. La construcción y su gases de efecto invernadero



Fuente: Infobae (2021)

1.2 La industria de la construcción en los entornos habitacionales.

En América Latina, sin duda alguna existe una dependencia de los materiales, por ello, se considera que es uno de los principales proveedores como el cemento, el acero y el cobre (Bresser, 2018). Como consecuencia estos sistemas constructivos basados en estos materiales siguen siendo prioritarios a la hora de construcción de un piso adecuado para habitar. Este problema se agrava por la urbanización acelerada y, en muchos casos, informal. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022), alrededor del 21 % de la población urbana habita en condiciones de hacinamiento o inseguridad residencial. Esta situación se convierte en asentamientos informales que se ubica en zonas de riesgo sin planificación urbano y no poseen servicios básicos y son utilizados materiales precarios.

Figura 4. Asentamiento informal



Fuente: Onu-Habitat (s. f.)

El acceso a una vivienda digna y sostenible es un derecho humano fundamental, y uno de los retos más importantes del desarrollo urbano en América Latina. Entonces, El crecimiento de las ciudades, el cambio climático, y la

creciente desigualdad exigen repensar cómo son producidas las viviendas, razón por la cual la construcción es un rubro que siempre aporta al desarrollo económico de un país, a la vez que es también uno de los que más consume recursos y más factores contaminantes (ONU, 2020). Teniendo en cuenta los datos de la organización intercambio señala que cerca del 6% del déficit corresponde a la carencia de pisos firmes, es decir que América Latina, tiene más de 10 millones de viviendas todavía tienen pisos de tierra. Esto afecta a 50 millones de personas en situación de pobreza. (BID, 2023). De todo modo el sector de la construcción no tiene sólo un problema técnico o ambiental, sino un problema social y ético, al evidenciar desigualdades de derechos estructurales en la vivienda y el entorno urbano (ONU Hábitat, 2020).

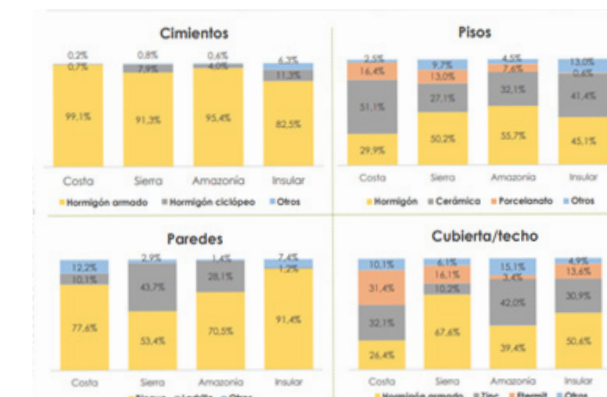
Figura 5. Déficit de vivienda con piso de tierra por país

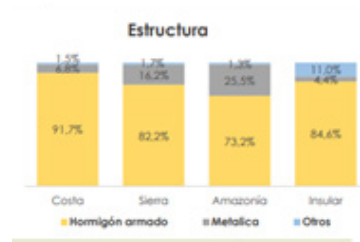


Fuente: Cifras según CENSOS de cada país (2023)

En Ecuador la tensión entre el déficit de vivienda y su impacto ambiental es evidente. Según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI, 2021) calcula que más de dos millones de personas habitan en hogares precarios, construidos con materiales frágiles, sin servicios básicos y en zonas vulnerables. Esta situación se manifiesta en la falta de propuestas habitacionales frente al crecimiento demográfico así como en el deterioro de las viviendas existentes. Aun así, la construcción aporta alrededor del 9 % al PIB nacional (Banco Central del Ecuador, 2009, citado en Daza, 2010). En cuanto a materiales, en 2020 el hormigón dominó los cimientos y las estructuras en todo el país, mientras que en la Amazonía y la Costa los techos se cubrieron mayoritariamente con láminas de zinc (INEC, 2021).

Figura 6. Materiales predominantes en las edificaciones 2020





Fuente: (INEC, 2021).

En el Distrito Metropolitano de Quito, uno de cada tres hogares se enfrenta a algún tipo de déficit habitacional (INEC, 2023). La fuerte dependencia de materiales industrializados no solo incrementa los costos de construcción, sino que también complica el acceso a viviendas dignas y eleva la huella de carbono (Gischler et al., 2023). Al mismo tiempo, la ciudad se expande sobre quebradas, laderas y suelos agrícolas, y en áreas como Calderón, Quitumbe, San Roque y San Juan, están surgiendo asentamientos informales con infraestructuras precarias y un alto riesgo de deslizamientos e inundaciones (MDQ, 2009). La falta de una planificación territorial efectiva agrava la desigualdad y fragmenta la ciudad, afectando especialmente a los grupos más vulnerables (IMPU, 2022). Este panorama pone de relieve la urgente necesidad de repensar los sistemas constructivos convencionales, incorporando tipologías sostenibles y materiales de bajo impacto.

Figura 7. En Quito, los hogares en condiciones de Hacinamientos



Fuente: Sofia Montoya (2024)

En este contexto, cambiar los sistemas constructivos y los materiales que los sostienen ya no es una opción secundaria: es indispensable para cumplir los objetivos del sostenible 11 y 13 debido que ODS pretende y proteger la resiliencia social y ambiental del planeta, así como la seguridad económica de millones de personas (Gomez, 2022). Frente a ello, materiales naturales de baja huella como el bambú y la tierra estabilizada se perfilan como soluciones viables. Abundantes en distintas regiones del Ecuador, son renovables, económicos y ofrecen buen desempeño térmico y estructural (Hidalgo, 2003), lo que los convierte en una herramienta estratégica para impulsar un modelo urbano más equitativo y ecológico.

Figura 8. Objetivos de Desarrollo Sostenible



Fuente: ODS Ecuador. (s. f.).

La elección del bambú en la construcción como punto estructural, ofrece la versatilidad y a su vez resistencia además fomenta la economía circular y brinda una amplia disponibilidad nacional: se estima que los bosques naturales de Guadua cubren unas 24 000 ha y producen 25,86 millones de culmos verdes al año 814 000 toneladas al año (Schröder, 2021). Lo que lo sitúa como recurso renovable y estratégico además que el bambú posee alta resistencia a la tracción, rápido crecimiento y excelente relación peso-resistencia (Hidalgo, 2003). Según el MAG y la Red Internacional del Bambú y el Ratán (2018), la Costa ecuatoriana concentra dos tercios del bambú nacional (66,5 %), la Amazonía aporta un 23,5 % y la Sierra un 10 %; en total, el recurso está presente en 16 provincias debido a sus favorables condiciones edafoclimáticas.

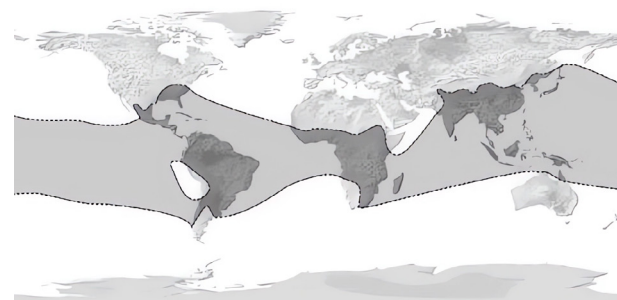
Tabla 1. Superficie de las principales zonas con presencia de bambú en Ecuador.

Provincia	Hectáreas	%
El Oro	4.370	0,7
Esmeraldas	68.546	11,4
Guayas	43.825	7,3
Los Ríos	80.763	13,5
Manabí	145.529	24,3
Santa Elena	11.872	2,0
Santo Domingo de los Tsáchilas	44.126	7,4
Bolívar	6.754	1,1
Cotopaxi	19.047	3,2
Imbabura	7.702	1,3
Pichincha	26.581	4,4
Morona Santiago	42.806	7,1
Napo	22.245	3,7
Orellana	24.467	4,1
Pastaza	23.467	3,9
Sucumbios	27.515	4,6
Total	600.025	100%

Fuente: Elaboración propia basado en Ministerio de agricultura y ganadería, mesa sectorial de Bambú, red internacional del Bambú y el Ratán (2018).

El bambú muestra una clara preferencia por climas tropicales y subtropicales: de las cerca de 1 600 especies existentes, el 64 % es originario del suroeste de Asia y el 33 % se encuentra en Latinoamérica, mientras que África y Oceanía albergan el resto. Europa no posee especies autóctonas y Norteamérica apenas cuenta con tres, en contraste con las 440 registradas en América Latina (Yedra, 2014, citado por Bello & Villacreses, 2021).

Figura 9. Distribución mundial del bambú



Fuente: Yedra, (2014)

Mientras que la tierra estabilizada tiene excelentes propiedades térmicas, alta durabilidad y puede reducir significativamente el consumo energético en climas templados (Mike 2012). Es importante recalcar lo duradero, versátil y duradero por ende no requiere pilar importante en la humanidad ya que se le ha utilizado como cimientos a lo largo de los siglos, debido que se comporta como un biomaterial esencial para las construcciones sostenibles y respeta al medio ambiente.

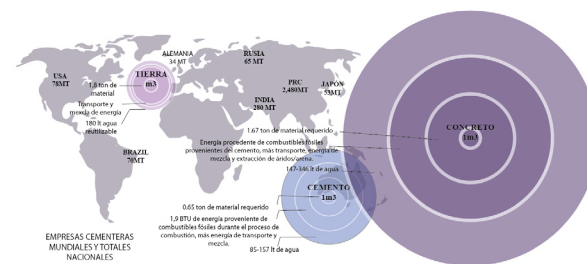
Figura 10. Formas de construcción en tierra



Fuente: Slow Studio. (2024, 2 agosto).

Aunque la tierra ha sido protagonista a lo largo del tiempo, con la llegada de los combustibles fósiles, esta tendió a disminuir su utilización debido a con el dominio de los materiales pétreos a la actualidad la cal y la tierra ha sido sustituido con el cemento y el hormigón armado (Slow Study, 2024).

Figura 11. Gráfico comparativo de uso de huella ecológica cemento, hormigón y tierra, vida útil, reciclabilidad, conductividad térmica, resistencia, carbono incorporado



Fuente: Slow Studio. (2024).

Por ello, este estudio se centra en la ejecución de sistemas constructivos que integran la guadua como elemento estructural y la tierra estabilizada como material de cerramiento. Pese a las ventajas de ambos materiales, su aplicación en viviendas es limitada, ya que el uso de cerramientos de tierra sigue siendo marginal. Aunque la NEC SE Guadúa y el Documento Reconocido NEC DR BE (Bahareque Encementado) resaltan el empleo del bambú y el bahareque en viviendas de un piso, existe poca orientación que incluya muros de tierra estabilizada, como el tapial; en consecuencia, faltan criterios de rigidez, detalles de anclaje y procedimientos de control de calidad indispensables para este tipo de construcción. Según García Ochoa et al. (2020), la ausencia de marcos técnicos reguladores y la escasa capacitación en su uso dificultan su incorporación en programas formales de vivienda. Por ello, los municipios no suelen desarrollar proyectos híbridos ante la insuficiencia de parámetros verificables (MIDUVI, 2017).

Sin embargo, aún existe una percepción social que vincula estos materiales con la informalidad o la pobreza, lo que dificulta su aceptación en entornos urbanos (López et al., 2021). Por lo tanto, se necesita investigación para demostrar sus beneficios económicos y ambientales y desarrollar propuestas que, además de evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, proporcionen modelos de vivienda modulares adaptados al lugar sin resultar monótonos. Al facilitar el montaje, la modularidad es esencial para la vida social (INBAR, 2020).

Finalmente, esta investigación identifica como principal problema la falta de una evaluación económica ambiental del potencial constructivo del bambú y los terrenos estabilizados. Además, busca aportar cono-

cimiento sobre los procesos y técnicas de construcción de estos materiales. Con esto, se pretende impulsar la transición hacia prácticas más sostenibles, a la vez que se reestructuran los métodos tradicionales. Para fortalecer el derecho a un entorno vital adecuado en armonía con el entorno natural y social, el proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar integralmente la viabilidad técnica, ambiental y económica del sistema constructivo mixto basado en bambú y tierra estabilizada, aplicado a un prototipo de vivienda unifamiliar en contextos urbanos de Quito, considerando criterios técnicos, sociales, económicos y ambientales.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Proponer un sistema constructivo mixto basado en bambú y tierra estabilizada, adaptable a soluciones habitacionales sostenibles en entornos urbanos.
- Elaborar una guía técnica que describa el proceso de extracción, tratamiento, ensamblaje, costos estimados y recomendaciones del sistema constructivo en bambú y tierra estabilizada.
- Aplicar el sistema constructivo alternativo en un prototipo de vivienda y evaluar su impacto ambiental y económico frente a un sistema convencional.

2. Fundamentación Teórica

Tabla 2. Autores claves y teorías complementarias del sistema constructivo.

Tema	Subtema	Aporte	Autores
Sistema constructivo	ACV y Economía circular	El ACV en edificaciones sostenibles, enfocándose en sistemas constructivos que optimizan el consumo de recursos como agua, energía y materias primas. Su investigación destaca la importancia de seleccionar materiales duraderos y reciclables	Măgurean y Petran (2023)
	Diseño estructural sostenible	Destacan cómo las propiedades mecánicas del bambú impactan la estructura y el confort térmico, un buen ejemplo de diseño estructural sostenible.	Carpio & Valarezo (2024)
	La Modularidad y Prefabricación	El modularidad y la prefabricación permiten optimizar procesos constructivos, reducir tiempos de ejecución y facilitar la réplica eficiente de soluciones habitacionales sostenibles.	Marte Gómez et al. (2021)
	Biodiseño y Biomímesis en la arquitectura.	Demostraron que las técnicas constructivas tradicionales con bambú, inspiradas en la naturaleza, mejoran el confort térmico de las viviendas vernáculas, y la biomímesis como estrategias sostenibles y bioclimáticas en arquitectura.	Janine Benyus (1997)
	Tecnologías apropiadas	El desarrollo de soluciones tecnológicas que sean adecuadas al contexto local, accesibles económicamente y sostenibles ambientalmente.	Ernst Friedrich Schumacher (1973)

Fuente: Elaboración propia.

Tema	Subtema	Aporte	Autores
Vivienda Social	Mínima Vivienda	Su enfoque se centró en la eficiencia funcional, la estandarización y la optimización del espacio para responder a las necesidades de la sociedad	Le Corbusier (1923)
	Vivienda como soporte de vida cotidiana	la vivienda debe adaptarse a las necesidades y transformaciones de sus ocupantes. Revalora la autogestión.	John Turner (1976)
	Enfoque de la Habitabilidad Urbana	Propone la geometría sinérgica como un vínculo entre la naturaleza y el diseño arquitectónico, inspirándose en sistemas naturales para crear estructuras eficientes y respetuosas con el entorno.	Nader (2024)
	Arquitectura Vernácula	La arquitectura vernácula no solo es un legado cultural, sino una herramienta clave para enfrentar la crisis climática. Critica la percepción de lo vernáculo como "primitivo" y aboga por su revalorización en la arquitectura moderna, combinando técnicas tradicionales con tecnologías actuales.	Marcel Vellinga (2022)
	Enfoque Transdisciplinar	Propone superar las fronteras entre disciplinas, integrando no solo saberes académicos, sino también saberes culturales, ancestrales y del entorno local, con el objetivo de resolver problemas complejos del mundo real.	Basarab Nicolescu (1996)

Fuente: Elaboración propia.

A partir del cuadro en donde nos enfocamos en las dos teorías clave que se va llevar a cabo esta tesis de investigación. La razón es que esta investigación se requiere teorías que sustente el sistema constructivo alternativos y de la vivienda social.

2.3.1. Sistema constructivo

2.3.1.1. 1. Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y Economía Circular: Optimización de Recursos

Cuando hablamos de ciclo vida en construcciones son las evaluaciones medioambientales que estudio han aplicado para industria de construcción. Además, se ha considerado en algunos estudios las estructuras y los materiales construcción como productos y es por ello que han evaluado el costo y los efectos que genera ambientalmente este producto en diversos ciclos de vida (Silvestre et.al, 2014). La construcción tiene diferentes fases que nos a conocer desde la concepción, su ejecución su uso y su demolición a la hora de una edificación. Es decir, el ciclo de vida de la construcción incluye la extracción, fabricación, transporte, instalación, hasta su reutilización se indaga para el impacto ambiental.

Figura 12. Análisis de ciclo de vida



Fuente: Diana Carolina Soler García (2024)

Es una teoría, que es, clave para el desarrollo de una arquitectura sostenible porque permite cuantificar el impacto que ocasiona los materiales de construcción, sin embargo, para que un material se considere sostenible deben ser lo que limitan el consumo de recursos, además que lleguen a incorporar materias primas y recicladas con el objetivo que su impacto ambiental sea reducido. De acuerdo los autores Măgurean y Petran (2023), para las edificaciones sostenibles contribuyeron en la calidad de aire interior basándose ACV para mediante abertura en fachadas que generan ventilación natural lo cual es un beneficio para la salud de los ocupantes además su trabajo resalta la importancia de las fases de ACV para la evaluación y la optimización del diseño de la edificación, obteniendo un consumo energético. Por otro lado, Rouco et al. (2023) habla de la ventilación cruzada para los espacios interiores mediante muros bajos lo cual aplica ACV para evaluar su impacto ambiental, como el diseño estructura llegan a minimizar el consumo energético y contribuye a la sostenibilidad es un trabajo que además aporta a un diseño

bioclimático mediante decisiones de construcciones que influyen para la optimización del rendimiento ambiental.

Este enfoque también llega a alinearse con los principios de la economía circular, que se basa en la reutilización, el reciclaje y la reducción de residuos, con el fin de cerrar ciclos de vida, si bien es cierto el uso de acero reciclado o concreto que contenga agregados reciclados disminuye significativamente la huella ecológica a diferencia de estos materiales en estado nuevo, esto es posible debido a que reduce la demanda en recursos naturales y las emisiones que contribuye a las emisiones relacionadas a la producción.

Para la ejecución del análisis de ciclo de vida se emplea tecnologías modernas como el modelado de información de construcción (BIM) es una herramienta que facilita la simulación de los impactos ambientales en sus primeras etapas de diseño. Esto facilita al profesional en la toma de decisiones que influyen ya sea en la optimización de recurso como el agua, energía o materias primas. En cuanto la economía circular en este contexto no solo reduce los residuos también incentiva a las cadenas de suministros sostenibles donde los desechos se transforman en insumos de otras obras.

Figura 13. Economía circular



Fuente: ECONOMÍA CIRCULAR (2021)

2.3.1.2. Diseño Estructural Sostenible

Consiste en una metodología de investigación que desarrolla la estabilidad, la resistencia y la rigidez de las estructuras, además se relaciona con el diseño de una serie de estructuras es decir edificios. (Caceres.et.al 2018).

De acuerdo los aportes del ingeniero estructural Jörg Schleich reconocido por las contribuciones al diseño estructural sostenible y a la ingeniería de estructuras de alto rendimiento sus aportes claves para el diseño estructural sostenibles son:

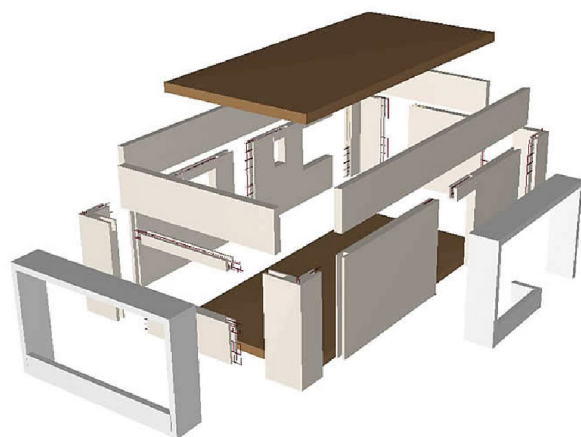
- El diseño estructural que fomenta el uso mínimo de materiales en estructuras sin comprometer la integridad, lo que nos permite reducir la huella ecológica.
- Estructuras ligeras y tensadas en la que destaca las cubiertas tensadas y la estructuras con cables y membranas contiene menor recurso que los sistemas tradicionales y logra grandes luces con bajo peso
- Integración de arquitectura e ingeniería, junto con arquitectura logra que la forma, función y la sostenibilidad se unifiquen armónicamente.
- Compromiso ambiental, fomento y defendió el uso racional de los recursos y dio un papel ético frente al cambio climático.
- En su docencia influyo a generaciones de ingenieros un enfoque sostenible e interdisciplinario. En diseño estructural.

Esta teoría influye bastante en base a la ejecución del sistema constructivo, debido a que promueve el uso mínimo de los materiales que no compromete a la integridad y esto permite la reducción de la huella ecológica en sus estructuras.

2.3.1.3. Modularidad y Prefabricación

Los termino la modularidad y la prefabricación están conectados, sim embargo tiende a tener diferencia como similitudes. Por lo general al referirnos la prefabricación son elementos que ya son fabricados previamente y están listo para instalación acortando el tiempo y permitiendo una mayor movilidad en el ensamblaje de los edificios. En cuanto las construcciones en modularidad que son módulos que se puede llegar manipular sus módulos para la creación de espacios sim embargo son monótonos. Además, la modulación en su mayoría se encuentra preensamblada y para su diseño son también de ensamblaje fácil lo cual genera una construcción rápida, reduciendo el tiempo en las fases de construcción (Tavares et al., 2024).

Figura 14. Edificación modular y prefabricación



Fuente: Nelson (2022)

Las estrategias de la modularidad y la prefabricación llegan a revolucionar los procesos constructivos, puesto que estandariza y optimiza recursos. Teniendo en cuenta Marte Gómez et.al (2021) son técnicas que llegan a reducir tiempo en la construcción hasta un 50% y reducen los desperdicios de la obra en 70% al fabricar elementos que son controlados, por ende, los diseños en modulación llegan a tener componentes estandarizados que se ensamblan como si fuera bloques de construcción y por el otro lado la prefabricación produce estos elementos fuera del sitio lo cual garantiza mayor precisión y calidad. Estos parámetros son valiosos en las construcciones de viviendas debido a su rapidez y la accesibilidad son fundamentales

La Homogeneización constructiva favorece la escalabilidad, ya que los diseños modulares pueden adoptarse a diferentes contextos sin necesidad de rediseñar por completo lo que beneficia en costo y tiempo. Aunque deben ser planificadas debido a que puedan garantizar la compatibilidad entre sus elementos y tener una integración en sus condiciones locales, en base del clima o sus códigos de construcción. Esta teoría llega a ser en el sistema constructivo eficiente y sostenible para poder abordar y ejecutar en las viviendas sociales

2.3.1.4. Tecnologías Apropriadas

De acuerdo el autor Schumacher (1973) sustentas que las soluciones sean accesibles, sostenibles y adaptadas de acuerdo las condiciones, ya sea sociales, económicas y ambientales en un contexto específico, esto es sustentado en su concepto desarrollado para las tecnologías apropiadas. En cuanto la arquitectura, el uso de los materiales locales se promueve esto fomenta para la reducción de costos, al mismo tiempo empodera a la comunidad, y por lo cual provoca la disminución de la dependencia de materiales importados.

Estas tecnologías apropiadas promueven la resiliencia en el cambio climático, dado que esta tecnología los sistemas pasivos suele integrarse ya sea como la captación de agua pluvial o mediante la ventilación cruzada que reducen el consumo tanto como agua y energético. este enfoque es principalmente relevante en comunidades que poseen recursos limitados donde la sostenibilidad va de la mano con la viabilidad económica. Cabe destacar que también aboga por los sistemas construcción simple como la construcción en tierra en la cual no suelen requerir maquinarias lo que permite la facilitación de la autoconstrucción. Además, que también propone técnica que permiten minimizar la huella ecológica mediante el uso de las energías renovables o el reciclaje de agua en obras, permitiendo su reducción en el impacto ecológico. Schumacher (1973).

Figura 15. Tecnología apropiada casa de balas de paja con estructura post&beam



Fuente: Tecnología Apropriada (2011).

2.3.2. Vivienda Social

2.3.2.1. Vivienda como Soporte de Vida Cotidiana

Tomando base la pirámide Maslow la vivienda se considera como la necesidad fisiológica de lo que involucra, el acceso de alimentos, agua, aire y refugio. El refugio físico es esencial para la supervivencia debido a que la vivienda brinda un espacio seguro para el descanso de persona. Además la vivienda también influye en el nivel de seguridad, adquiere esta dimensión mas profunda debido que el hogar no solo protege del entorno, sino que también permite que las personas tenga un espacio que puedan sentirse seguras (La Vivienda Según Maslow: Un Pilar Para El Bienestar Humano | Tecnotramit, s.f.). Dado aquello la vivienda es importante para el ser humano y es un derecho de las personas reconocido en la normativa internacional de los derechos humanos como elemento integrante del derecho a un nivel de vida adecuado.

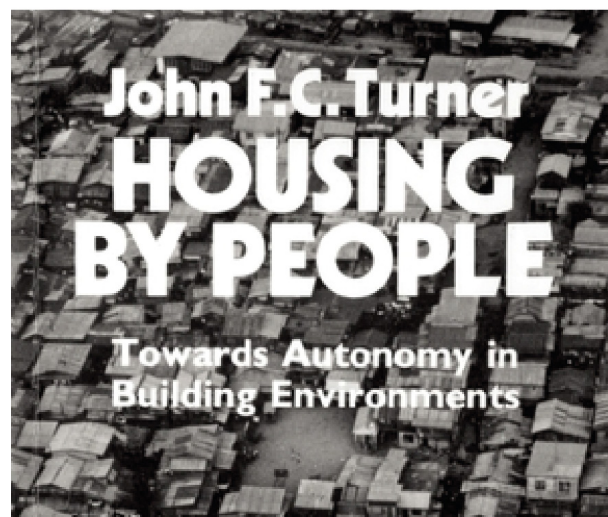
Figura 16. Vienda Social



Fuente: El nuevo Ecuador (s.f)

Según John Tunner (1976) en libro “Housing by People” defiende que la vivienda debe ser un proceso dinámico donde el usuario tengan agencia para adaptar sus espacios de acuerdo sus necesidades, así promoviendo la autogestión. Este enfoque desafía los modelos “Top-Down” (en el cual el enfoque de este modelo se inicia desde el nivel sugerir para luego desglosarse hacia niveles inferiores) de planificación urbana, priorizando la resiliencia comunitaria (Turner, 1976), no obstante la falta de acceso a los materiales de calidad son uno de los obstáculos que se enfrenta debido que también se enfrentan las restricciones legales y la resistencia de gobiernos que tiene el control de las comunidades. Con las plataformas que integra las tecnologías digitales permiten este enfoque tenga un diseño participativo (Rahmann & Jonas, 2020).

Figura 17. Libro Housing by people



Fuente: John F.C Turner (2020)

La clave es equilibrar la autonomía con estándares de seguridad y sostenibilidad con el uso del desarrollo político. Por otro lado, el diseño de viviendas es factor clave que se centra esta teoría viviendas que faciliten las actividades diarias e impulsen el bienestar, además de usar un sistema constructivo sostenible se destaca principal en la habitabilidad y funcionalidad social lo permite la conexión con la vivienda social.

2.3.2.2. Habitabilidad Urbana

La habitabilidad urbana, una teoría que busca diseñar entornos urbanos que promuevan el bienestar humano, la sostenibilidad y una mejor calidad de vida, integra diversas dimensiones como la calidad ambiental, la equidad social y el confort psicológico, ya que Valladares Anguiano (2017) sostiene que lograr esto requiere un enfoque holístico que abarque no solo la infraestructura física sino también los sistemas ecológicos y sociales que sostienen la vitalidad urbana, mientras que Moreno (2008) enfatiza además que la planificación urbana debe considerar condiciones micro climáticas como la temperatura y la calidad del aire para garantizar que las ciudades sean cómodas y saludables para sus residentes.

Según el autor Nader (2015) contribuye significativamente a la habitabilidad urbana al defender la aplicación de big data en ciudades inteligentes para optimizar la asignación de recursos y la prestación de servicios, proponiendo que dichos avances tecnológicos mejoran la eficiencia y el confort urbano, alineándose así con el objetivo de la habitabilidad de crear espacios urbanos sostenibles y adaptativos que respondan a las necesidades de los habitantes, lo que él defiende como un camino hacia ciudades más habitables y resilientes mediante una mejor gestión de la energía, el transporte y los servicios

públicos.

La teoría de la habitabilidad urbana tiene una importancia crucial, ya que reformula la planificación urbana para priorizar el bienestar humano por encima del mero crecimiento económico o de infraestructura, con Gehl (2010) promoviendo ciudades centradas en las personas que enfatizan la interacción social y la sostenibilidad ambiental, abordando así desafíos urgentes como la desigualdad, la degradación ecológica y el aislamiento social para fomentar áreas urbanas que no solo sean habitables, sino también equitativas y resilientes para las generaciones futuras.

Figura 18. Urbanismo sostenible.



Fuente: Artur Garcia Cifre (2022)

2.3.2.3. Arquitectura Vernácula

La arquitectura vernácula consiste en un tipo de construcción tradicional que se desarrolla en una región o cultura específica, utilizando materiales y técnicas locales que responden a las condiciones climáticas, geográficas y sociales del entorno, y que es llevada a cabo generalmente por personas sin formación arquitectónica formal, lo que la distingue de los diseños modernos estandarizados, según lo plantea Bernard Rudofsky (1969) en su obra Arquitectura sin arquitectos, donde destaca que estas construcciones son el resultado de un conocimiento colectivo transmitido a lo largo de generaciones y que tuvo sus inicios en los primeros asentamientos humanos, cuando las comunidades necesitaban refugios prácticos y accesibles, lo que dio lugar a una arquitectura profundamente arraigada en la identidad y el contexto local.

Figura 19. Arquitectura vernácula de la Mojana



Fuente: La Mojana Gana Premio (2020)

2.3.2.4. Enfoque Transdisciplinar

El Enfoque Transdisciplinar, tal como lo plantea Basarab Nicolescu en su obra *La Transdisciplinariedad: Manifiesto* (1996), consiste en una propuesta epistemológica que busca trascender las fronteras entre disciplinas tradicionales, integrando saberes de diversas áreas como la ciencia, la filosofía, el arte y la espiritualidad, para abordar la complejidad del mundo contemporáneo desde una perspectiva holística, en este sentido, Nicolescu afirma que “la transdisciplinariedad concierne a lo que está a la vez entre las disciplinas, a través de las diferentes disciplinas y más allá de toda disciplina” (Nicolescu, 1996, p. 27), destacando su carácter integrador, a diferencia de la multidisciplinariedad, que solo yuxtapone conocimientos, o la interdisciplinariedad, que transfiere métodos entre campos, la transdisciplinariedad promueve una unidad del conocimiento que reconoce la interconexión de los fenómenos, este enfoque se enriquece con la visión de Edgar Morin, quien señala que “el pensamiento complejo exige articular lo que está separado y religar los conocimientos” (Morin, 1999, p. 16), subrayando la necesidad de un diálogo entre saberes para comprender la multidimensionalidad de la realidad.

Figura 20. La transdisciplinariedad es esencial en la arquitectura.



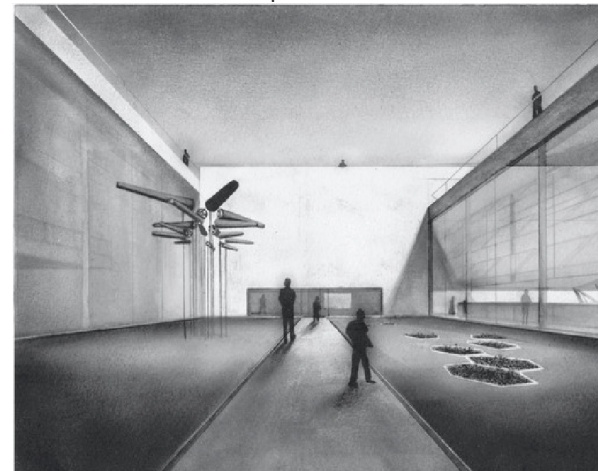
Fuente: (Baratto, 2025)

Los aportes de Nicolescu (1996) a esta teoría son fundamentales y se centran en varios conceptos clave que enriquecen su propuesta, en primer lugar, introduce la noción de “niveles de realidad”, argumentando que la realidad se compone de múltiples estratos, cada uno con sus propias leyes y características, lo que implica que el conocimiento debe integrar estas perspectivas diversas para ser completo, además, Nicolescu desarrolla la “lógica del tercero incluido”, una lógica no binaria que permite la coexistencia de contradicciones aparentes, superando la dicotomía clásica sujeto-objeto y facilitando el diálogo entre saberes opuestos, como la ciencia y las humanidades, otro aporte significativo es su énfasis en la complejidad, entendida como la interrelación de ciencia, arte y espiritualidad en una “unidad abierta” del conocimiento, donde ningún nivel de realidad prevalece sobre los demás, esta idea resuena con el enfoque sistémico de Gregory Bateson, quien sostiene que “la mente es un agregado de partes interactuantes” (Bateson, 1972, p. 92), resaltando la importancia de las conexiones entre fenómenos.

Nicolescu (1996) defiende el Enfoque Transdisciplinar como una respuesta necesaria a la fragmentación del conocimiento provocada por la especialización excesiva, argumentando que esta división impide abordar eficazmente los problemas globales complejos, como el cambio climático o la desigualdad, ya que las soluciones disciplinarias suelen ser parciales, en cambio, la transdisciplinariedad, al integrar múltiples saberes y niveles de realidad, permite generar respuestas más innovadoras y sostenibles, promoviendo un diálogo que trascienda barreras culturales y políticas, además, Nicolescu aboga por una educación transdisciplinaria que combine rigor científico con creatividad e intuición, formando individuos capaces de pensar de manera holística, esta visión educativa encuentra eco en Jean Piaget, quien afirma

que “el objetivo de la educación es crear personas capaces de integrar conocimientos diversos” (Piaget, 1972, p. 45), destacando la necesidad de un aprendizaje contextualizado y relacional.

Figura 21. La transdisciplinariedad es esencial en la arquitectura

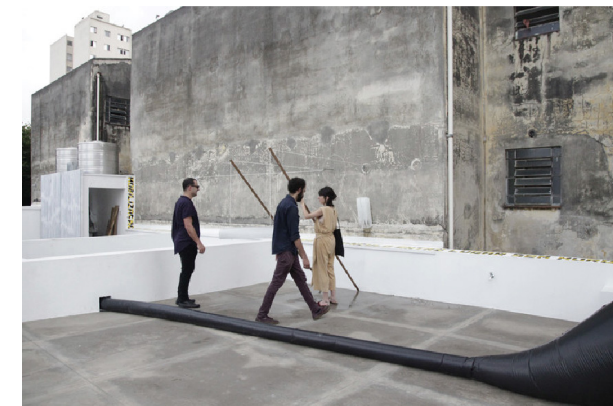


Fuente: Baratto (2025)

La importancia de esta teoría radica en su capacidad para ofrecer un marco que enfrenta los desafíos del siglo XXI desde una perspectiva integradora, reconociendo que problemas como la crisis ecológica requieren soluciones que combinen saberes científicos, humanísticos y tradicionales, lo que enriquece la comprensión y fomenta la innovación, además, al promover el conocimiento como un proceso dinámico en constante diálogo, la transdisciplinariedad cultiva la humildad epistémica y la apertura a nuevas ideas, Morin refuerza esta idea al señalar que “el conocimiento es una aventura incierta que comporta el riesgo del error” (Morin, 1999, p. 15), enfatizando


su carácter evolutivo, en un mundo interconectado, este enfoque se presenta como una herramienta esencial para construir un futuro más justo y sostenible, donde la integración de saberes respete la diversidad humana y natural.


Figura 22. La transdisciplinariedad es esencial en la arquitectura



Fuente: Baratto (2025)

2.1 Estudio del arte

Referente Casa en el Carrizal	Arquitecto Daniel Moreno Flores, Sebastián Calero
Ubicación Carrizal, Ecuador.	Altitud: Aproximadamente entre 2.000 y 2.500 m.s.n.m. (ubicada en una zona de valle). Características del Sitio: Se asienta en un contexto físico rico y preexistente, con una topografía de mínima pendiente y presencia de vegetación consolidada (árboles cítricos). Se consideraron los muros colindantes con el predio familiar, permitiendo una implantación que sorteaba la naturaleza y genera vacíos que liberan el proyecto hacia el exterior, en una zona de valle con condiciones locales específicas que inspiran la arquitectura.
Características importantes	Metodología de Diseño Participativa: Este proyecto se llevó a cabo utilizando un enfoque de diseño arquitectónico y constructivo que se caracteriza por su alta participación, integrando a los clientes en un proceso de "imaginación sin fronteras" y organizando mingas, es decir, labores comunitarias, junto a amigos para fortalecer el sentido de comunidad y mejorar la utilización de recursos. Implantación Respetuosa con el Entorno: La vivienda se idea como una estructura alargada que se eleva sobre el terreno y se adapta a la inclinación del mismo. Este enfoque de colocación es consistente y respetuoso con el entorno, eludiendo la vegetación presente y incorporando "islas verdes abiertas" que establecen una relación directa con el espacio interior. Estética de la Ruina y Materialidad Local: El proyecto adopta una "estética de ruina", que representa desgaste, imperfección y fragilidad. Se erige utilizando tierra y madera, reinterpretando la arquitectura regional a través del empleo de materiales típicos del valle como adobe, ladrillo, madera y carrizo. Sistema Estructural Innovador: Se creó un sistema estructural pensado para soportar el peso de la "tierra elevada", formando volúmenes con una identidad material unificada (piso, pared, techo) y generando espacios íntimos que funcionan como grandes macetas al aire libre. Reutilización de Materiales y Elementos Reciclados: Una estrategia constructiva fundamental fue la recolección y reciclaje de materiales en desuso provenientes de un museo, que incluye 30 columnas de eucalipto, 15 cajas de una antigua planta de producción y 270 duelas.
Características relacionadas a la Sostenibilidad	Optimización de Recursos y Materiales Reciclados: El proyecto se caracteriza por la reutilización significativa de materiales, aprovechando elementos desechados de diversas fuentes (columnas de eucalipto, tablas de chanul, cajas de fabricas), lo que disminuye la necesidad de extraer nuevos recursos y reduce el impacto sobre el medio ambiente. Uso de Materiales Locales y Tradicionales: La selección de tierra (adobe, ladrillo) y madera (eucalipto, chanul, carrizo), enfatiza el compromiso con la arquitectura autóctona y la disminución de la huella de carbono generada por el transporte. Manejo Consciente de Recursos (Aguas y Energía): A pesar de su ubicación urbana con infraestructura básica, se ha instalado un sistema para recoger agua de lluvia. También se ha creado un proceso natural para el tratamiento de aguas residuales y grises a través de filtros de plantas, que desemboca en un estanque artificial. Diseño Bioclimático Pasivo: La creación de una franja alargada que se adapta a la pendiente y la inclusión de "islas verdes" dentro de la estructura indican una estrategia bioclimática que busca ofrecer confort térmico y una conexión con el entorno exterior.
Fotografía del Referente	

Referente Casa de la Loma	Arquitecto Iván Quizhpe Arquitectos; Construcción: Prohábitat + Iván Quizhpe Arquitectos
Ubicación Cuenca, Ecuador.	Altitud: Su ubicación es aproximadamente a 2.550 m.s.n.m. Características del Sitio: Se emplaza en la parte alta de un terreno con alta pendiente en el sector de San Joaquín. Esta zona ha sido históricamente reconocida por su gran actividad agrícola, ya que abastece de alimentos a la ciudad de Cuenca. La edificación intervenida es una vivienda rural tradicional del siglo XX, inventariada por el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), lo que subraya su valor histórico y patrimonial.
Características importantes	Rehabilitación y Re-funcionalización Patrimonial: El proyecto se centra en la reutilización de una estructura existente y la re-funcionalización de sus espacios. Buscando generar condiciones de habitabilidad y confort, acorde a las demandas contemporáneas, respetando la memoria de una comunidad y la identidad de sus moradores. Diálogo entre lo Tradicional y lo Contemporáneo: Se rescata la construcción tradicional en adobe y el uso de materiales vernáculos (piedra, tierra, madera de eucalipto, paja, carrizo, sigse) para rehabilitar la estructura original. A la par, se incorporan materiales como el acero y el vidrio laminado, utilizados para evidenciar claramente las intervenciones nuevas frente a lo preexistente. Organización Programática Dual: El programa se divide en dos zonas principales (un bloque de una planta para usos sociales y un bloque de dos plantas para usos privados), conectadas funcional y visualmente a través de un patio central. Concepto de "Patio Espejo de Agua": El patio se define por un espejo de agua con piedras de río y la presencia de un arpuo, concibiéndose como un elemento que integra la naturaleza en el ámbito doméstico y actúa como punto focal visual para la vivienda. Fachada de Vidrio para Confort y Protección: Se incorpora una fachada de vidrio antepuesta a las galerías interiores, tiene un doble propósito: aumentar el confort térmico de los espacios y proteger la estructura de madera del deterioro causado por la humedad del sitio.
Características relacionadas a la Sostenibilidad	Reutilización y Reciclaje de Materiales Existentes: Se da una reutilización de la estructura existente y el reciclaje de materiales propios del lugar, minimizando la necesidad de nuevos recursos y reduciendo el impacto ambiental. Generación de Materia Prima in situ: La construcción de plataformas exteriores utiliza la piedra extraída durante la conformación del terreno, lo que genera su propia materia prima y reduce la necesidad de transporte de materiales. Integración Paisajística y Respeto por la Memoria: Se respetan elementos preexistentes como muros y vegetación de la zona, contribuyendo a la integración con el paisaje circundante y honrando la memoria colectiva del sitio. Rescate de Técnicas Constructivas Tradicionales: Se basa en el rescate y empleo de técnicas tradicionales de construcción en adobe, que por su naturaleza y recurrencia histórica, son inherentemente sostenibles adaptadas al entorno local.
Fotografía del Referente	

Referente	Arquitecto
Casa Lienzo de Barro	Chaquiñán Equipo de Diseño: Jorge Ramón Giacometti, Francisco Trigueros Muñoz, Elena de Oleza Llobet
Ubicación	Altitud: Se ubica a una altitud proximada entre 2.300 y 2.500 m.s.n.m.
Tumbaco, Ecuador.	Características del Sitio: Ubicada en el ambiente de los valles con un clima más cálido y seco que Quito. El suelo es de tierra cangahua (roca volcánica sedimentaria), lo que proporciona una base firme para cimentaciones y una fuente económica de barro local. La cercanía a fábricas de ladrillo artesanal fue una característica que influyó directamente en la elección material del proyecto, enmarcando el deseo de los habitantes de acercarse a la naturaleza reduciendo el consumo energético en su construcción.
Características importantes	<p>Coexistencia y Complementariedad: El proyecto se concibe como una ampliación y reforma de una preexistencia (pequeña casa de bambú y ladrillo trabado). La nueva construcción se orienta para coexistir sin confundirse con lo ya edificado, estableciendo una relación sutil, casi sin contacto físico, pero visualmente conectada.</p> <p>Volumen Orientado a Vistas: Su nuevo volumen busca vistas lejanas e inspiradoras, lo que optimiza la relación del espacio interior con el entorno natural circundante.</p> <p>Concepto de "Lienzo de Barro": La envolvente arquitectónica se diseña para funcionar como un lienzo para la obra del maestro pintor Eduardo Kingman. La mampostería de tierra, inspirada en las pilas de adobes de las fábricas locales, crea muros plegados que exhiben las obras de arte, mientras que los pliegues de vidrio enmarcan el exterior.</p> <p>Organización Espacial Dual: El volumen preexistente se rehabilita para albergar las zonas privadas, mientras que el nuevo volumen contiene las áreas sociales, generando una distribución funcional clara.</p> <p>Sistema Constructivo de Tierra Reforzada: Ante el desafío del aparejo a sardinel en mampostería de tierra (falta de traba), se implementa un sistema de refuerzo con sillares de adobe confinados entre pletinas metálicas, armadura horizontal y ataduras verticales con cables de acero, todo sobre un zócalo de hormigón aislado. Los pilares son tubos de oleoducto reciclados.</p>
Características relacionadas a la Sostenibilidad	<p>Optimización de Recursos Locales: Se prioriza el uso de materiales locales y de bajo contenido energético como la tierra de adobe, bambú (preexistente), pajonal, carrizo y piedra. La cercanía a puntos de materia prima reduce la huella de carbono.</p> <p>Economía de Medios y Reciclaje: Su proceso constructivo se basa en el ahorro económico de medios, utilizando materiales disponibles en el sitio o reciclados (como los tubos de oleoducto para pilares y hormigón armado para el zócalo).</p> <p>Integración Pasiva y Climática: La orientación del volumen y el uso de muros de tierra contribuyen a la regulación térmica natural, creando una atmósfera interior que "produce la luz al bañar unos muros de barro", optimizando las condiciones climáticas del sitio.</p>
Fotografía del Referente	

Referente	Arquitecto
Quinta López Cordero	Juan Pablo Astudillo C. y Diego Javier Proaño E. (Astudillo + Proaño)
Ubicación	Jacarín, Cañar, Ecuador.
Jacarín, Cañar, Ecuador.	<p>Altura: aproximadamente 3100 a 4000 m.n.m. (Cañar en Cantón).</p> <p>Características del lugar: Se encuentra ubicada en una zona templada que cuenta con una diversidad de pisos altitudinales y gran variedad ecológica, ubicada en el contexto tradicional de los campesinos, se beneficia de la topografía gracias a la protección del viento, lo que refleja un profundo vínculo con el paisaje de los andes, su riqueza natural y cultural (conocida como la "capital arqueológica de Ecuador").</p>
Características importantes	<p>Detalles de diseño: el proyecto comienza con un cronograma universal que, utilizando elementos esenciales, adquiere una especificidad que se basa auténticamente en un contexto local.</p> <p>Variaciones tipológicas: es una interpretación repetida de las "terrazas tradicionales" y la "casa moderna de doble cine", cuya tipología cambia por la importancia de adaptarse al lugar.</p> <p>Organización espacial: la estructura funcional está determinada por tres bahías (públicamente, privadas, transversales), todas articuladas alrededor de la terraza central, que actúa como un elemento del eje de la computadora y la transición.</p> <p>Relaciones con el paisaje: el diseño aumenta el vínculo con el entorno geográfico, que forma una vista volcánica, que se conceptualiza como los límites espaciales del proyecto.</p> <p>Materialidad y síntesis: la estrategia constructiva alcanza la síntesis entre el terrallón local y universal que usa apitito (tapial) y otros materiales livianos que equilibran la flexibilidad formal con restricciones técnicas sísmicas.</p>
Características relacionadas a la Sostenibilidad	<p>Integración geoclimática: el diseño muestra una clara adaptación a las condiciones topográficas y climáticas especiales de los valles andinos.</p> <p>Uso de materiales y técnicas locales: el uso de métodos de [diseño local] de bajo recurso energético y diseño local, como el cemento y la implementación del terro-cemento apisonado, promueven la integración de formal auténtica y el menor impacto ambiental.</p> <p>Uso visual: la orientación y la configuración espacial están diseñadas para maximizar las imágenes visuales del sitio y lograr la integración pasiva con el entorno.</p> <p>Reciclaje y reutilización: el proyecto tiene un proceso de refuncionalización estructural y reciclaje de materiales, como el bahareque, teja local y la reutilización de puertas provenientes de los edificios patrimoniales.</p> <p>Beneficios sociales y económicos: la elección de los procesos de construcción facilitó la autoconstrucción, que optimizó los recursos y redujo el costo general del proyecto, promoviendo el sentido de pertenencia a los usuarios.</p>
Fotografía del Referente	

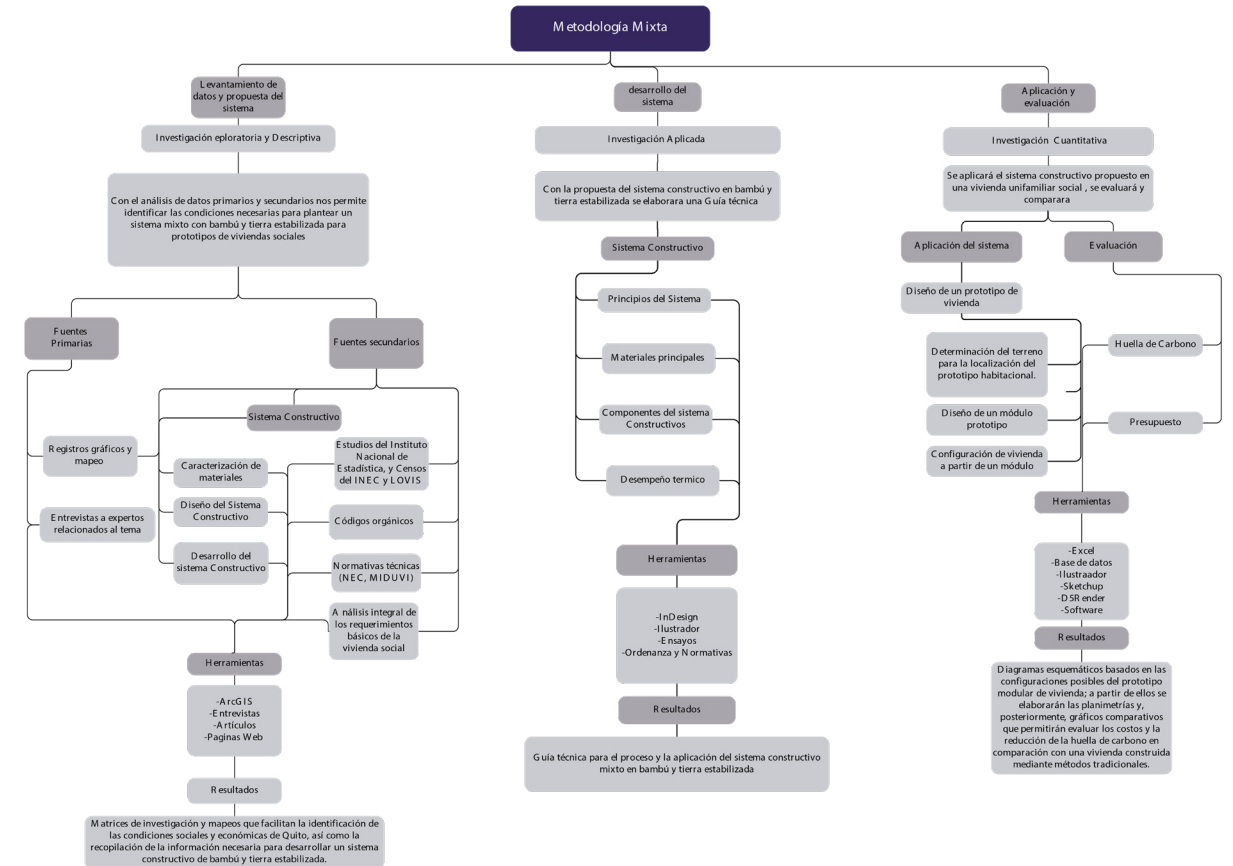
ETAPA 2

Aplicación Metodológica

Materiales y Métodos

La presente investigación se apoya en una metodología mixta, lo que implica las siguientes fases la recolección de datos, aplicación de producto y la evaluación del sistema.

Figura 23. Mapa conceptual de la metodología de investigación



Fuente: Elaboración propia.

4. Metodología

4.1 Fase 1: Levantamiento de datos y propuesta del sistema.

En esta etapa se aplica una investigación de carácter exploratorio y descriptivo, orientada a comprender las condiciones habitacionales, las características del sitio y las percepciones de actores clave. Se emplearán técnicas como entrevistas y mapeos (fuentes primarias), complementadas con el análisis de datos climáticos, normativas técnicas, caracterización de materiales y costos referenciales (fuentes secundarias). Este tipo de investigación permite obtener un conocimiento inicial y detallado del contexto, facilitando la identificación de patrones, necesidades y oportunidades para la intervención (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Las herramientas utilizadas incluirán ArcGIS, Excel, entrevistas semiestructuradas, artículos académicos, páginas web, fichas técnicas y ensayos especializados. Como resultado, se generarán mapeos y matrices de triangulación que permitirán identificar las condiciones necesarias para el desarrollo de un sistema constructivo basado en bambú y tierra estabilizada.

4.2 Fase 2: Desarrollo del sistema

En esta fase se aplicará una investigación de tipo aplicada, mediante la cual se desarrollará una propuesta de sistema constructivo basado en bambú y tierra estabilizada. Como producto de este proceso, se elaborará una guía técnica que describa los principios fundamentales del sistema, sus materiales principales y los componen-

tes constructivos que lo conforman. Para su desarrollo, se iniciará con una revisión documental y técnica. Como señalan Tamayo y Tamayo (2005), el estudio documental es esencial en la investigación, ya que permite “analizar lo que otros han observado sobre hechos o fenómenos que interesan al investigador” (p. 87). Se recopilarán normativas, estudios técnicos y datos específicos sobre el uso del bambú y la tierra estabilizada, con el fin de comprender su desarrollo y aplicación. La guía abarcará desde los procesos de extracción y tratamiento de los materiales, hasta la fabricación y ensamblaje de los elementos que componen el sistema. De esta manera, se busca aportar al conocimiento técnico sobre las prácticas y procesos constructivos de este sistema alternativo.

4.3 Fase 3: Aplicación y evaluación del sistema .

El sistema constructivo propuesto se integrará mediante el desarrollo de un prototipo de vivienda unifamiliar de interés social, con el objetivo de evaluarlo y compararlo frente a un prototipo equivalente construido con un sistema convencional. Esta fase iniciará con el levantamiento de información predial, lo cual permitirá seleccionar un terreno adecuado para el emplazamiento del prototipo habitacional. Posteriormente, se procederá con el diseño del módulo, siguiendo principios de modulación que optimizan los procesos constructivos y reducen los tiempos de ejecución (Marte Gómez et al., 2021).

A partir de este módulo se generarán diversas configuraciones habitacionales, de las cuales una será desarrollada para la evaluación, mientras que las demás se presentarán de manera esquemática como posibles adaptaciones derivadas del módulo planteado. Estas configuraciones podrán ajustarse según las condicio-

nes del terreno, permitiendo una mayor flexibilidad en su implementación. El diseño se regirá por las normativas del MIDUVI y se fundamentará en teorías que promueven el uso de materiales locales, la interacción en cubiertas para el aprovechamiento de la luz natural y la ventilación cruzada. Asimismo, se buscará combinar diferentes sistemas constructivos con el objetivo de romper la monotonía formal y lograr una estructura liviana. Para las evaluaciones de los dos prototipos de materiales convencional y alternativo se le desarrolla la representación gráfica y técnica: planos arquitectónicos, detalles constructivos, esquemas estructurales y visualizaciones 3D, y esquemas de sus posibles configuraciones del módulo. Las herramientas empleadas incluirán SketchUp, Illustrator, AutoCAD, Diagramas esquemáticos.

Para finalizar, se realizará una evaluación con el objetivo de medir los aspectos económicos y ambientales del sistema propuesto. Se analizarán variables como el presupuesto y la huella de carbono del sistema constructivo. Fitzpatrick, Sanders y Worthen (2011) definen la evaluación como “un proceso sistemático para determinar el mérito, valor y significado de un objeto o proceso” (p. 6), lo cual permite validar objetivamente los resultados obtenidos. Para ello, se emplearán herramientas como Excel, bases de datos técnicas y software especializado para el cálculo de la huella de carbono.

Los resultados incluirán las planimetrías y su posible configuración de acuerdo con el módulo planteado, así como tabulaciones comparativas sobre los costos y la huella de carbono de ambos sistemas constructivos. Esto permitirá evaluar los costos y la reducción del impacto ambiental alcanzada con el sistema constructivo propuesto. Por otro lado, ONU-Hábitat (2020) señala que “el uso de materiales naturales no solo reduce costos, sino que disminuye el impacto ambiental y favorece la sostenibilidad urbana.

nibilidad urbana.

yen una base, pero tanto el tutor individual como grupal ayudaran a definir aquella ruta y datos mínimos.

La extensión de este capítulo es variable, en relación con la metodología y el tipo de datos obtenidos. Se puede utilizar la síntesis de mucha de esta información y la información cruda puede ir en anexos. Las tablas y gráficos deben estar legibles.

Resultados

5.1 Fase 1: Recolección y levantamiento de datos para el desarrollo del sistema constructivo.

Para comprender la realidad desde el ámbito laboral, se realizó un levantamiento de datos que incluyó entrevistas a dos entidades vinculadas, con los dos temas de interés. Con base en la experiencia de estos expertos, se analizó qué tan utilizados son estos sistemas en el entorno profesional. Por ello, en esta fase se recopiló información de expertos y se revisarán las normativas y códigos necesarios. Esto se realizará mediante matrices de investigación. Toda la información provendrá principalmente de fuentes secundarias.

Tabla 4. Perfil de entidades claves

Nombre	Profesión	Especialidad	Años de Experiencia	Fecha de la entrevista
Daniela Ortiz	Arquitecta	Arquitecta con maestría en gestión de proyecto edificatorio (gerente de proyectos) doctorado en innovación tecnológica en la edificación	10 años	03/07/2025
Álvaro Ortiz	Ingeniero Civil	Ingeniero Civil especializado en proyectos sostenibles (dirige su propia empresa de construcción)	14 años	07/07/2025

Fuente: Elaboración propia

El análisis de datos se realizará con el fin de identificar las condiciones sociales y económicas de Quito y, a partir de ellas, desarrollar un sistema constructivo alternativo de bambú y tierra estabilizada. A continuación, se muestra una matriz de triangulación que se agrupa las respuestas de las entidades y se analizan con el fin de conocer

si existe coincidencia de acuerdo los diferentes ámbitos laborales. La entrevista completa (Ver el Anexo 3,4)

Tabla 5. Matriz de triangulación de fuentes primarias

Tema	Arquitecta Daniela Ortiz	Ingeniero Álvaro Ortiz	Coincidencia
Valoración general del bambú + tierra	Considera que el bambú es un material muy noble, resistente. Se dice que desarrollarlo en la Sierra sería más costoso de acuerdo a sus criterios	“Tiene más experiencia en bambú y lo considera adecuado como técnica ligera, en cuanto sus costos dicen que no varía tanto la diferencia y también menciona que contribuye a la economía circular	Ambos reconocen su potencial, sin embargo, existen una divergencia en los costos de producción de acuerdo a sus experiencias laborales.
Factores y reducción de costos	Nos menciona que la vivienda social, está enfocada a un mercado de menor poder adquisitivo; el costo debería ser el mismo que cualquier vivienda, pero se reduce en acabados.	Nos menciona que el costo depende el diseño, la planificación, la cimentación, instalaciones y acabados	Coinciden en que el sistema puede abaratar entre 20 % y 40 %, condicionado a logística y cercanía del material.
Compatibilidad normativa (NEC, MIDUVI, PMDOT)	“No hay limitantes, solo restricciones en la manera de emplearlo.” “No hay ningún impedimento con esos lineamientos.”	La NEC “tiene todo: desde cómo cortar y unir; desconozco normativa para la tierra estabilizada.”	Ambos no ven impedimentos técnicos serios; falta profundizar en tierra estabilizada.
Ventajas/desventajas frente al sistema convencional	“Ventajas: innovación, versatilidad, sostenibilidad, beneficios a largo plazo. Desventajas: producción limitada en la Sierra.”	No responde esta pregunta de forma directa; menciona cuellos de botella (producción, tratamiento, transporte).	Resaltan sostenibilidad e innovación; limitaciones: producción masiva en la Sierra.

Fuente: Elaboración propia

Existe una coincidencia entre los profesionales entrevistados al indicar que su experiencia ha sido mayormente con el bambú mas no con la tierra estabilizada por lo que tienden a tener un desconocimiento sobre las cimentaciones en tierra como material de construcción debido a que no han llegado a trabajar con dicho material, pero sin embargo coinciden que en el potencial que ofrece el bambú como material de construcción; además coinciden en que el uso de estos materiales permitirá abaratar costos y es viable su aplicación en construcciones en la sierra.

Tanto en la matriz de variable indicador con la matriz de incentivos de vivienda social, se puede constatar la viabilidad de este proyecto debido a la demanda habitacional actual y el hacinamiento constante dentro de la sociedad actual, así mismo teniendo en consideración el ingreso mensual promedio además del apoyo financiero por parte de programas estatales o créditos bancarios; las familias objetivo podrían costear una vivienda adecuada a su presupuesto familiar.

Tabla 6. Matriz 1 de Variable indicador de fuentes

Variable	Indicador	Unidad	Fuente (año)	Escala	Valor
Demanda habitacional	Nuevas familias anuales	mero de unidad	INEC 2022	Nacional	87.000
Ingreso familiar medio	Ingreso mensual promedio	USD	INEC 2023	Nacional	550 USD
Aceleración sísmica pico	Valor máximo PGA	g	INEC 2022	Regional	0.25-0.4 g
Hacinamiento	Hogares con hacinamiento	% hogares	INEC 2022	Nacional	15.2%
Confort térmico	Días de confort anual	Días			
Demanda de agua de construcción	Consumo por vivienda	m³			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Matriz 2 de incentivos de vivienda social

Programa	Requisito	Beneficio	Entidad	Aplicabilidad	Obs.
Bono MIDUVI – Construcción en Terreno Propio	Superficie ≤ 70 m² y terreno propio	\$4,00	MIDUVI	Viable	Cumple metraje
Bono MIDUVI – Reconstrucción o Mejoramiento	Vivienda dañada o en mal estado	\$3,000 - \$5,000	MIDUVI	Viable	Según evaluación
Crédito VIS BIESS	Ingreso familiar ≤ \$1,500	Hasta \$50,000	BIESS	Viable	Sujeto a aprobación
Fideicomiso Fonvi-Solidario	Ingreso bajo y sin vivienda	Subsidio hasta 100%	MIDUVI/Fonvi	Viable	Según ingresos
Exoneración de IVA a VIS	Vivienda de interés social	12% del valor	SRI	Viable	Hasta \$70,000
Reducción de ISD para importación de tecnología sostenible	Tecnología certificada	50% de ISD	Ministerio de Producción	Viable	Según normativa
Bono de Interés Social BanEcuador	Ingreso ≤ \$800 mensual	\$2,00	BanEcuador	Viable	Sujeto a evaluación
Programa Casa para Todos (plan estatal)	Familias de bajos ingresos	Subsidio variable	MIDUVI	Viable	En desarrollo

Fuente: Elaboración Propia

Con la matriz de triangulación de fuentes se facilitará la toma de decisiones sobre el sistema constructivo. En particular, se busca demostrar el tratamiento del bambú como elemento estructural y ampliar el conocimiento sobre la tierra como material de construcción. El propósito es evidenciar su viabilidad económica y la reducción de su huella de carbono. Estas decisiones se tomaron con el

apoyo de nuestras dos fuentes, definiendo para cada uno indicadores medibles, sus pesos relativos en este sistema constructivo. Con esta matriz, las evidencias se contrastan y jerarquizan, permitiendo identificar convergencias y divergencia que existe entre la recolección de datos.

Tabla 8. Matriz 3 de triangulación de fuentes primarias y secundarias

Tema / Pregunta clave	Fuente primaria (entrevistas)	Fuente secundaria (norma / estadística / paper)	Coincidencia / Divergencia	Comentario analítico	Prioridad
Durabilidad del bambú	Ent 1: "el bambú es muy resistente, pero necesita tratamiento químico y aislante"	NEC-SE Guadua, art. 6.3 – exige tratamiento boratos / sales	Coincidencia	Ambos exigen tratamiento, incluir ficha de preservado	Alta
Ahorro vs hormigón	Ent 2: 20-40% menos costo total	Cámara Const. (Quito 2024): ahorro 22% en APU	Peq. divergencia	Ajustar estimación al 22-30% tras APU detallado	Media
Costo mínimo 45-50 m²	Ent 1: USD 25 000 (grtis) – 27 500 (blanca)	MIDUVI ficha VIS: rango 30-40k	Divergencia	Evaluar si el sistema baja el presupuesto	Alta
Compatibilidad con NEC / MIDUVI	Ent 1: "no hay impedimento con lineamientos"	LOOTUGS + NEC: materiales alternativos permitidos con memoria de cálculo	Coincidencia	Solo se debe presentar cálculo y ficha técnica	Baja
Brecha normativa para tierra estabilizada	Ent 2: "desconozco norma para tierra"	NEC no incluye tapial, solo esta Nec-bahareque	Divergencia	Necesario citar INEN 0059 y anexar ensayos	Media
Barrera cultural / percepción	Ent 2: "el mayor obstáculo es cultural"	Encuesta MIDUVI 2021: 63% acepta bambú con buen diseño	Coincidencia parcial	Diseñar campaña educativa y prototipo demostrativo	Alta
Huella de carbono	Ent 2: "carbono negativo"	INBAR 2023 LCA: 15-17 x menos CO₂ que hormigón	Coincidencia	Usar factor 17 x en capítulo ambiental	Alta
Cuellos de botella: suministro bambú	Ent 2: tratamiento, precio, transporte	MAG 2024: producción 2 500 t/año, oferta irregular	Coincidencia	Evaluar contratos con productores de Quito	Baja

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se plantea un sistema constructivo mixto en caña guadua y tierra estabilizada. Estructuralmente, la guadua conformará el esqueleto portante; los cerramientos exteriores se resolverán con bahareque, mientras que los muros divisores interiores se ejecutarán en tapial para romper la modularidad interno del proyecto. Será un sistema híbrido, adoptando cimentaciones tradicionales, y la cubierta se resolverá con láminas de fibrocemento tipo Eternit, considerando su buen desempeño y bajo costo.

Tabla 9. Cuadro de la propuesta del sistema constructivo de bambú y tierra estabilizada

Propuesta del sistema Constructivo Alternativo en Obras Gris				
Subsistema Estructural	Material		Sustento	
	Tradicional	Alternativo		
Cimentaciones	Zapatatas	Hormigón Armado	Hormigón Armado	Se adapta a los tipos de suelos con , además, que proporciona una base sólida que resiste a los movimientos sísmicos, en cuanto lo económico resulta ser mas viables a la hora de la construcción
	Cimentación Corrida	Hormigón	Hormigón	Es empleado en el interior de la vivienda, para romper la modularidad del sistema constructivo y no sea monótono.
Elementos Verticales	Columnas	Hormigón Armado	Caña Guadua de d:10mm	Se sustituye las columnas de hormigón con caña guadua para hacer un sistema más liviano y con ventajas sismorresistente.
Elementos Horizontales	Vigas	Acero	Caña Guadua de d:10mm	La utilización de guadua en vigas se realizará para tener una estructura más ligera además de tener una conexión más limpia entre las uniones de caña guadua
Subsistema de Cerramiento				
Muros Exteriores	Mampostería	Bloque de Hormigón	Entramado de latillas de Guadua recubierto de Barro	Utilización de un sistema constructivo de técnicas antiguas, se destaca por la resistencia a los sismo y es buen aislante tanto técnico como acústico con esas propiedades se lograr remplazar ala mampostería tradicional
Muros Interiores	Mampostería	Bloque de Hormigón	Tierra Compactada	Como el bahareque es un sistema que no puede romper la modularidad, es así que se emplea el Tapial en los muros interiores, para crear espacios con más libertad y aprovechar, de paso sus ventajas estructurales
Subsistema de Cubierta	Cubierta Inclínada	Eternit	Eternit	Al ser un material muy utilizado, debido a su bajos costo, su facilidad de instalación se lo utilizará en este sistema constructivo
	Impermeabilizante	Lana de Coco	Lana de Coco	Para obtener un aislante acústico y térmico de manera natural, sin perder las intenciones del diseño .

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Fase 2: Desarrollo de la Guía Constructiva

Para esta fase se considera la matriz de normas técnicas, la cual servirá como referencia para la verificación de la aceptación del diseño, la definición de especificaciones y el control de calidad en obra. Dicha matriz se elaboró a partir de valores referenciales obtenidos en ensayos previos realizados, incorporando tanto parámetros de desempeño estructural como aspectos relacionados con el confort térmico y las propiedades físicas de los materiales. Se incluyen normativas nacionales e internacionales, debido a que en la localidad no existe información técnica suficiente que respalde de manera integral estos criterios

Tabla 10. Matriz de normas Técnicas

Norma	Ensayo	Valor ref.
NEC-SE Guadúa	Compresión paralela	≥ 20 MPa
NEC-SE Guadúa	Resistencia a flexión	≥ 15 MPa
NEC-SE Guadúa	Módulo de elasticidad	≥ 10 GPa
NEC-DR Bahareque	Resistencia a compresión	≥ 1.5 MPa
NEC-DR Bahareque	Adherencia al sismo	≥ 0.1 MPa
INEN 0059-2019 (Tapial)	Resistencia a compresión	≥ 0.6 MPa
INEN 0058-2019	Resistencia al corte	≥ 0.3 MPa

Fuente: Elaboración Propia

Además, se aplicará un análisis de criterios que consideran: los costos, la accesibilidad de los materiales, la sostenibilidad ambiental, la rapidez constructiva, la adaptabilidad cultural, la estabilidad, resistencia y seguridad, el mantenimiento y la durabilidad, y, por último, la capacitación requerida. Estos criterios son esenciales para asegurar que el sistema no solo sea técnicamente viable, sino también asequible, replicable, socialmente aceptado y mantenible. En la tabla se detallará cómo se aplica cada criterio a lo largo de todo el proceso.

Tabla 11. Cuadro de criterio y su proceso conceptual

Criterio	Fases	Observación
Costos	Conceptual, Planificación	Define si la vivienda es alcanzable para VIS y compara con hormigón.
Accesibilidad de materiales	Conceptual, Planificación	Asegura suministro real de guadua/tierra, tiempos y precios estables.
Sostenibilidad ambiental	Conceptual y Evaluativo	Justifica el cambio de material: menor huella y energía incorporada.
Adaptabilidad cultural	Conceptual	Afecta aceptación y adopción por usuarios/jurados/municipio.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Cuadro de criterios en el proceso de diseño

Criterio	Fases	Observación
Estabilidad, resistencia y seguridad (sismo, fuego, acústica)	Diseño	Garantiza que la vivienda es segura y cumple norma.
Mantenimiento y durabilidad	Diseño	Evita degradación del bambú y costos futuros

Fuente: Elaboración Propia

En el proceso de diseño técnico se consideran los criterios de estabilidad, resistencia y seguridad, así como el mantenimiento y la durabilidad. Por último, en proceso de planificación se incluyó el criterio de la capacitación requerida. Todos estos criterios se evaluaron con base en el sistema constructivo propuesto.

Tabla 13. Cuadro de criterio en el proceso de planificación y construcción

Criterio	Fases	Observación
Capacitación requerida	Planificación, construcción	Define si el sistema es replicable por cuadrillas locales sin encarecer.

Fuente: Elaboración Propia

Con los criterios mencionados, se elabora una matriz en la que se identifican las ventajas y las limitaciones de ambos sistemas: el de bambú y tierra estabilizada frente al de construcción de Hormigón y bloque. En la cuál ambos sistemas presentan ventajas y limitaciones en diferentes criterios. Para mas información de esta matriz de triangulación (ver Anexo 5)

Tabla 14. Matriz de triangulación de los criterios desarrollados en los sistemas constructivos

Criterio	Bambú y Tierra Estabilizada	Columnas de Hormigón y Bloques
Costo y Asequibilidad	Ventaja posee un bajo costo en regiones que tienen bambú y un suelo adecuados, además que usa recursos locales, reduciendo así el transporte.	Limitación: Costo moderado a alto (\$50-100/m ² dependiendo del mercado). Materiales industriales (cemento, acero) son caros.
Accesibilidad de Materiales	Ventaja: bambú abunda en regiones tropicales-subtropicales mientras que la tierra disponible casi universalmente.	Limitación: Cemento y bloques requieren infraestructura industrial y transporte. Disponibilidad limitada en zonas rurales remotas.
Sostenibilidad Ambiental	Ventaja: Baja huella de carbono (bambú captura ~12 ton CO ₂ /ha/año; tierra usa recursos locales). Biodegradable y renovable.	Limitación: Alta huella de carbono (cemento emite ~0.9 kg CO ₂ /kg). Extracción de agregados daña ecosistemas.
Adaptabilidad Cultural	- Ventaja: Materiales vernáculos (bambú y tierra) son culturalmente aceptados en muchas regiones (ej. América Latina, África, Asia). Aspecto natural y cálido.	Limitación: Asociado a entornos urbanos y modernos, puede ser percibido como ajeno en comunidades rurales o indígenas.
Escalabilidad	Ventaja Moderada: Escalable en regiones con acceso a bambú y suelos adecuados. Ideal para proyectos comunitarios o cooperativos.	Ventaja: Altamente escalable debido a estandarización global, normativas establecidas y disponibilidad de materiales en mercados formales.
Resistencia y Seguridad	Limitación Moderada: Vida útil de 15-30 años con mantenimiento (tratamiento contra plagas para bambú, protección contra humedad para tierra).	Ventaja: Vida útil de 50-100 años con mínimo mantenimiento. Resistente a humedad y plagas.
Mantenimiento y Durabilidad	Ventaja: Promueve empleo local mediante autoconstrucción y técnicas accesibles. Capacitación en bioconstrucción genera habilidades transferibles.	Limitación: Requiere mano de obra calificada y maquinaria, lo que limita la participación comunitaria.
Capacitación y Empleo Local	Requiere inversión inicial en formación para garantizar calidad.	Menos oportunidades para autoconstrucción en comunidades no capacitadas. Genera empleo, pero depende de contratistas especializados.

Fuente: Elaboración Propia

Con el análisis de los documentos y de los criterios se generará una guía constructiva en la que se desarrollarán los procesos de extracción, elaboración, tratamientos y transporte de cada material utilizado en el sistema constructivo alternativo propuesto. Este trabajo dará como resultado un documento de consulta para la elaboración de proyectos con este sistema constructivo



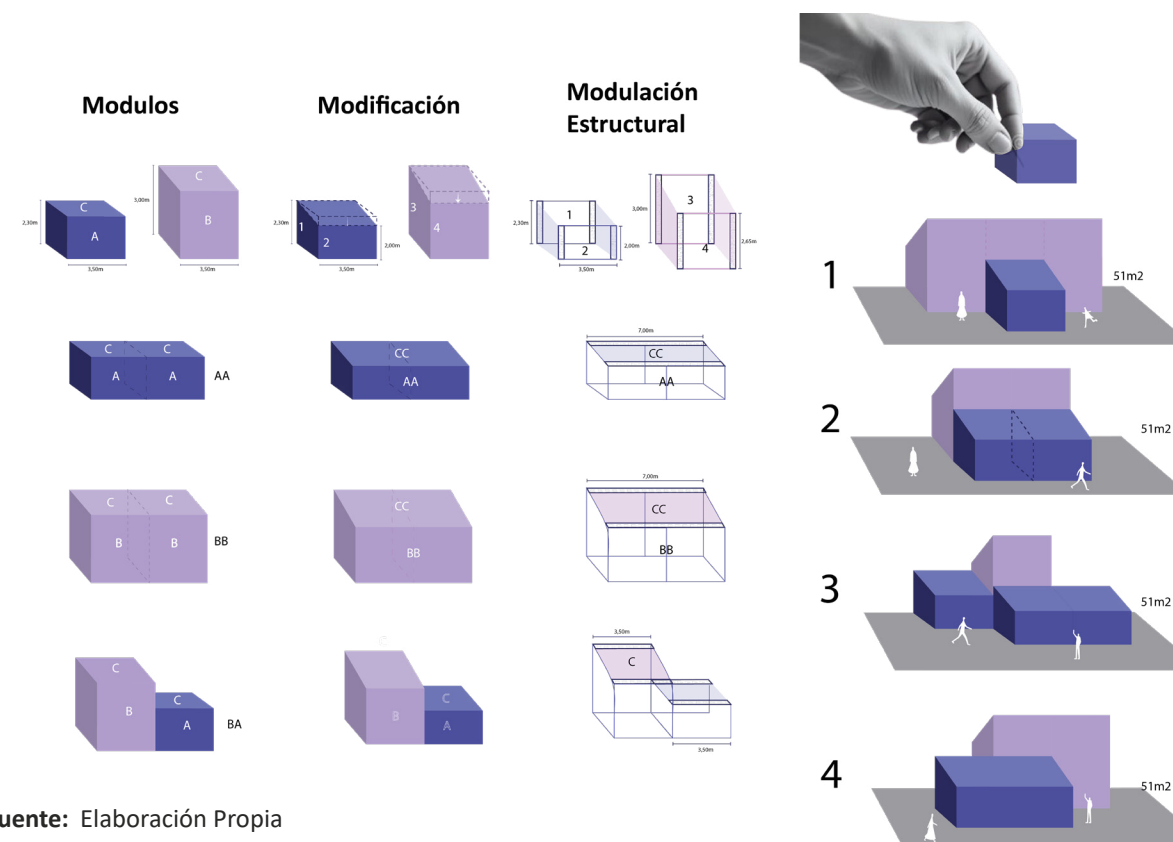
Acceso a la guía digital.



5.3 Fase 3: Aplicación y Evaluación

Se evaluó este proceso constructivo se aplicó en una vivienda unifamiliar social, utilizando la modulación como estrategia de diseño. Se emplearon dos módulos con la misma área ($3,50 \times 3,50$ m), pero con alturas diferentes, ajustadas a los requisitos de vivienda social. Los módulos se modificaron para explorar estrategias de diseño y, a partir de esas variaciones, se definió la modulación estructural; columnas y vigas, con el fin de facilitar la ejecución y agilizar la construcción. Con esta base modular se generaron distintos ajustes; de ellas, se seleccionó una para desarrollar el prototipo de vivienda, integrando ambos sistemas constructivos el alternativo frente al tradicional.

Figura 24. Modulación y configuración modular para diferentes prototipos de viviendas

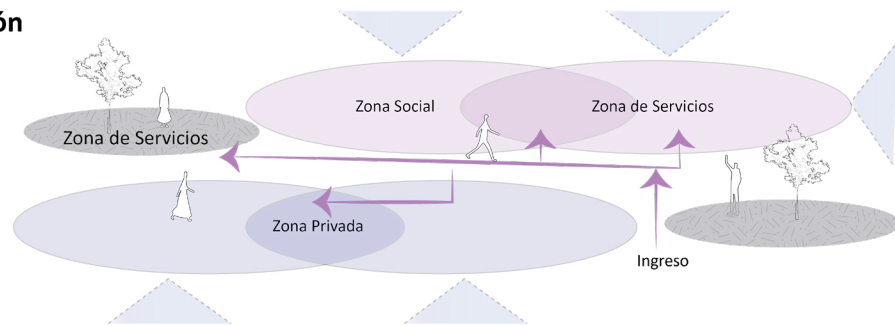


Fuente: Elaboración Propia

Figura 25. Prototipo escogido para el desarrollo de una vivienda Familiar

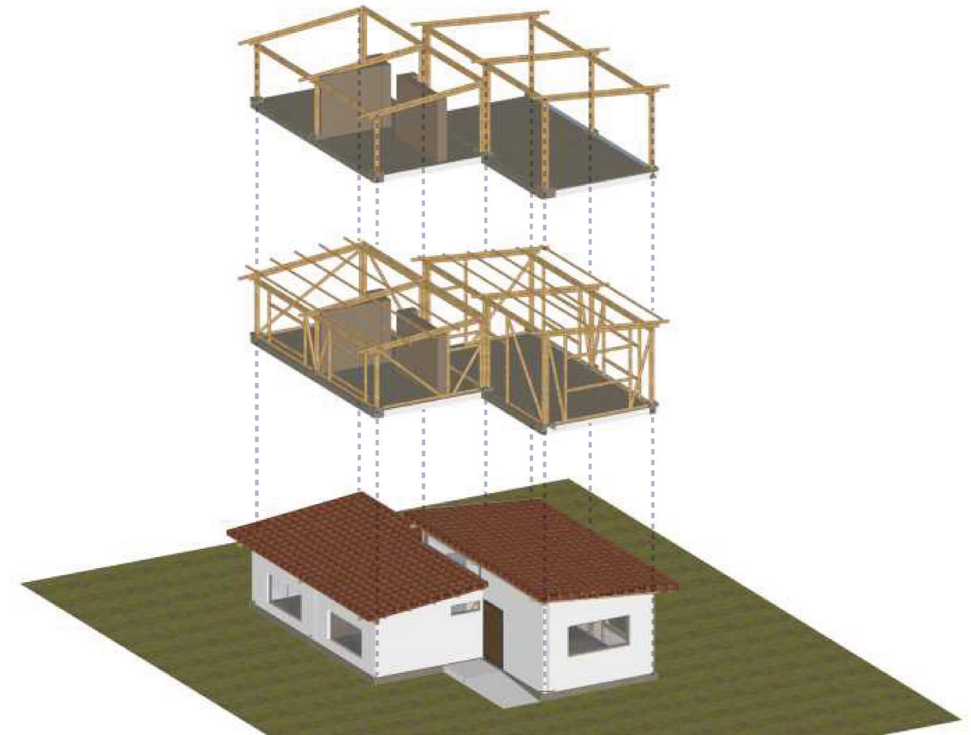


Zonificación



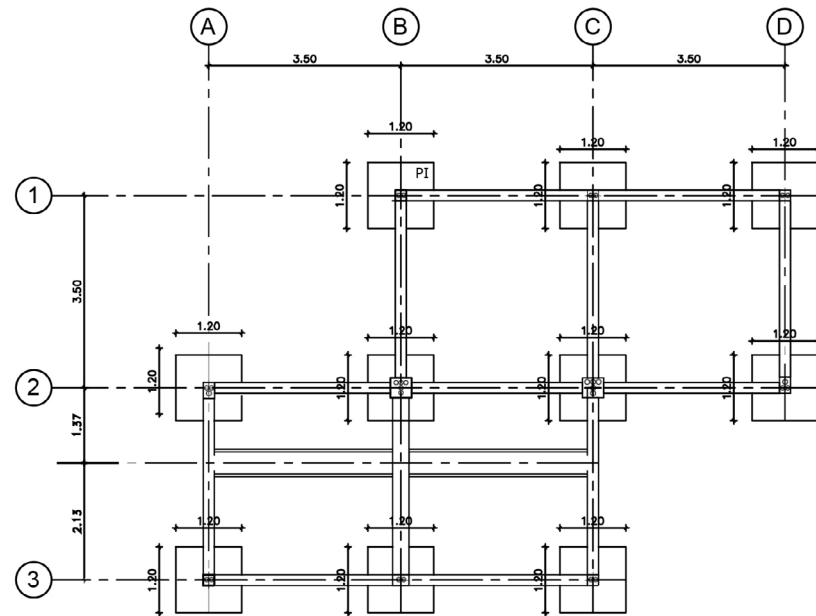
Fuente: Elaboración Propia

Figura 26. Modulación estructural del prototipo de la vivienda unifamiliar social



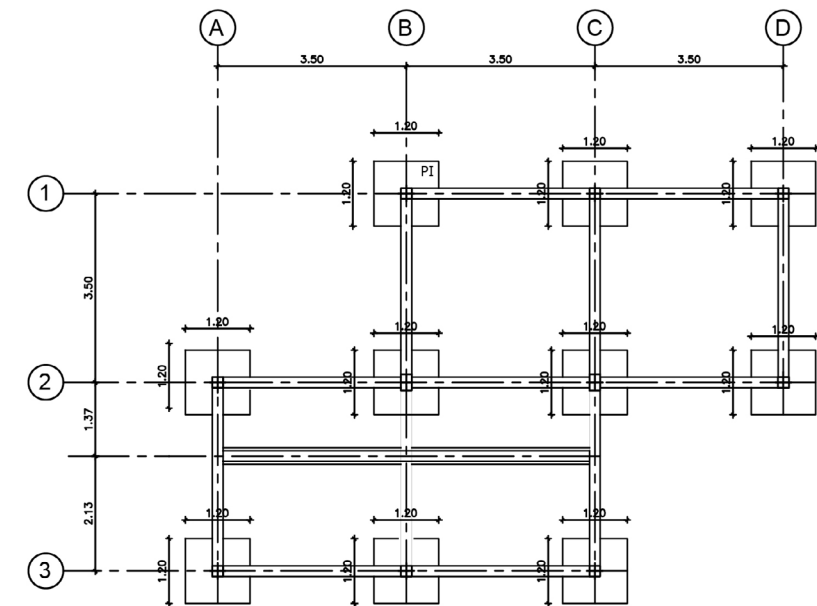
Fuente: Elaboración Propia

Figura 27. Planimetría estructural del sistema constructivo de bambú y tierra Estabilizada



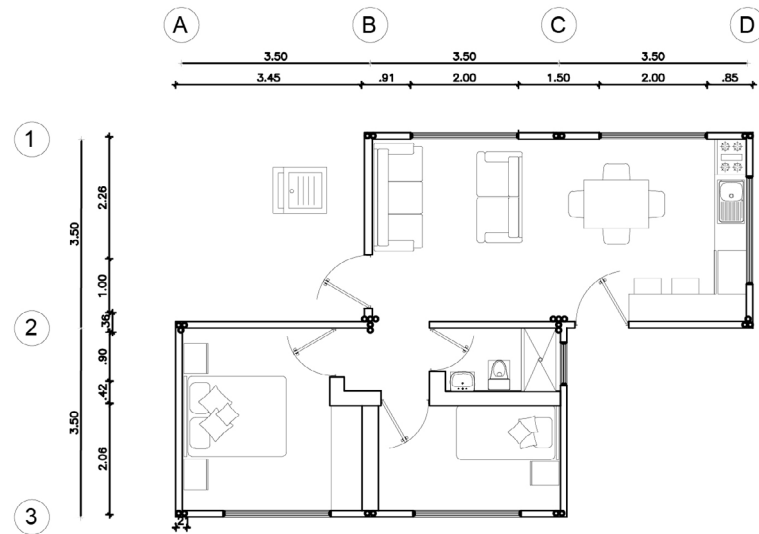
Fuente: Elaboración Propia

Figura 28. Planta estructural del sistemas constructivo de bloque y hormigón



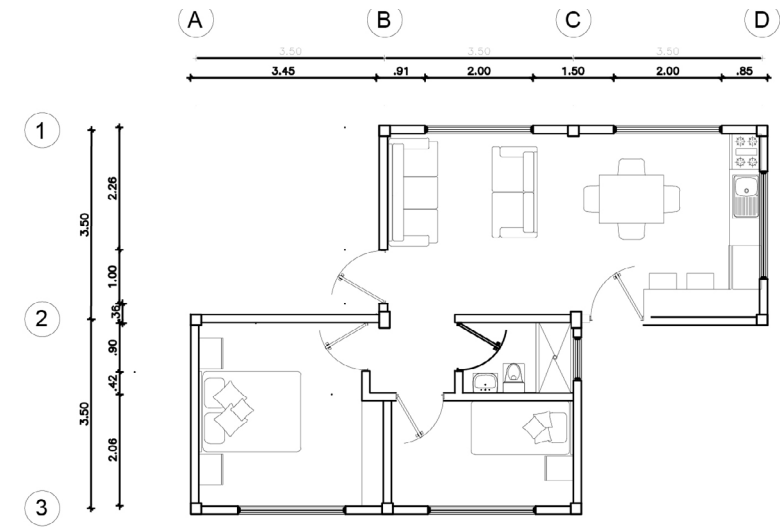
Fuente: Elaboración Propia

Figura 29. Planta de la vivienda unifamiliar social en caña guadua, bahareque y Tapial



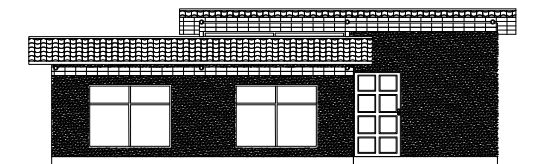
Fuente: Elaboración Propia

Figura 30. Planta de la vivienda unifamiliar social en caña guadua, bahareque y Tapial

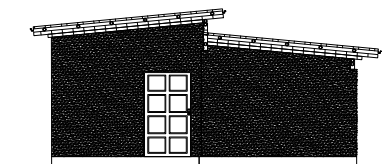


Fuente: Elaboración Propia

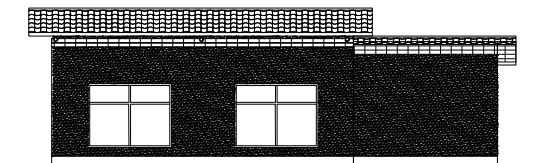
Figura 31. Fachada de la vivienda unifamiliar de Caña guadua, baharequey tapial



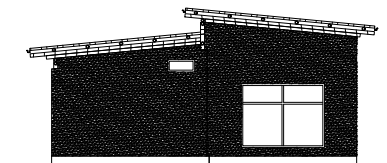
Frontal



Lateral Izquierdo



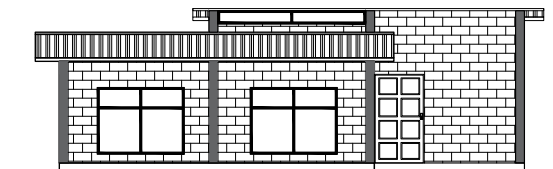
Posterior



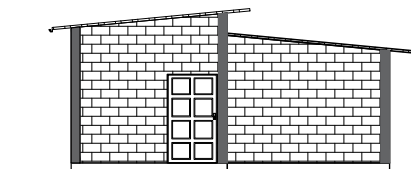
Lateral Derecho

Fuente: Elaboración propia

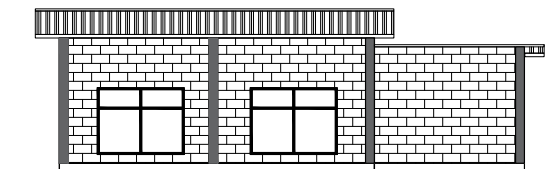
Figura 32. Fachada de vivienda unifamiliar de hormigón y bloque



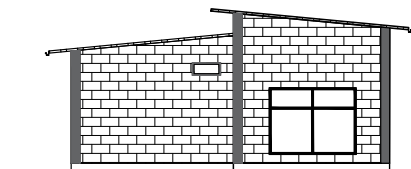
Frontal



Lateral Izquierdo



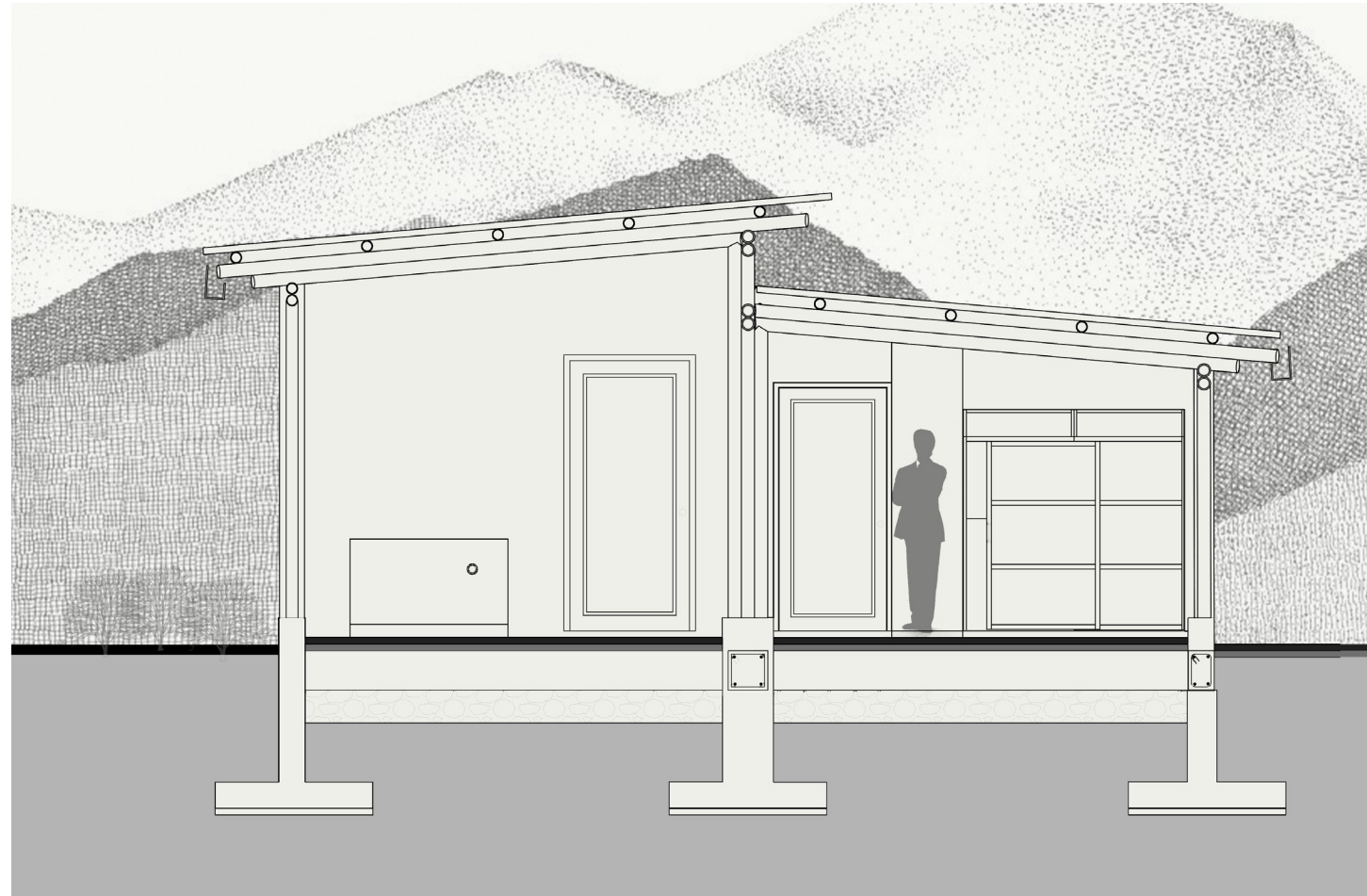
Posterior



Lateral Derecho

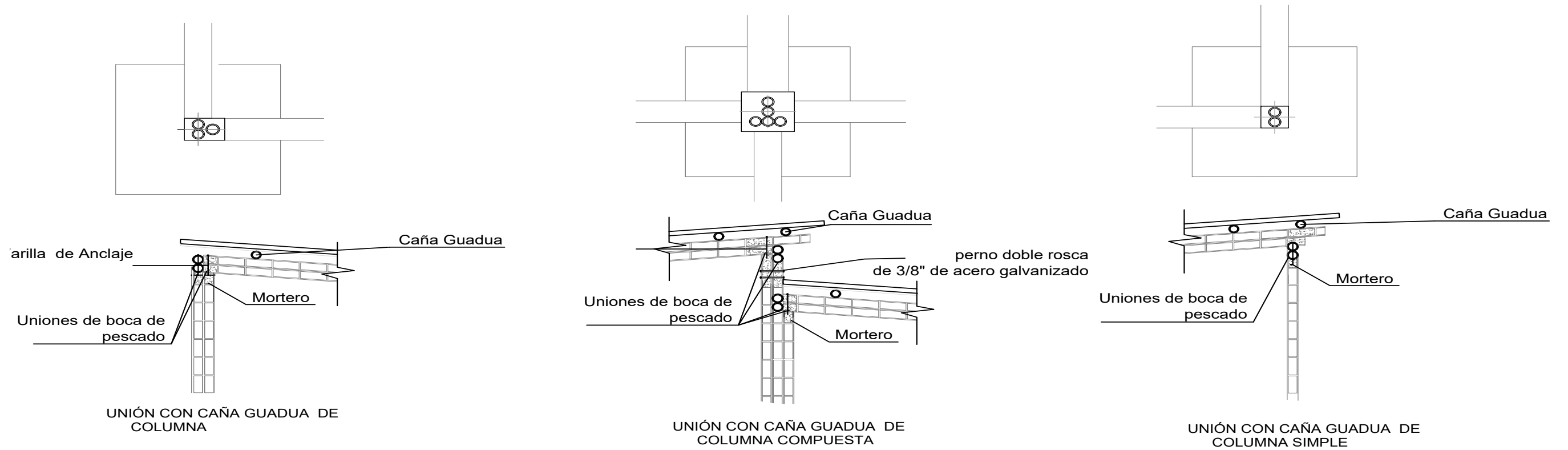
Fuente: Elaboración Propia

Figura 33. Corte constructivo de la vivienda de caña guadua, Bahareque y Tapial



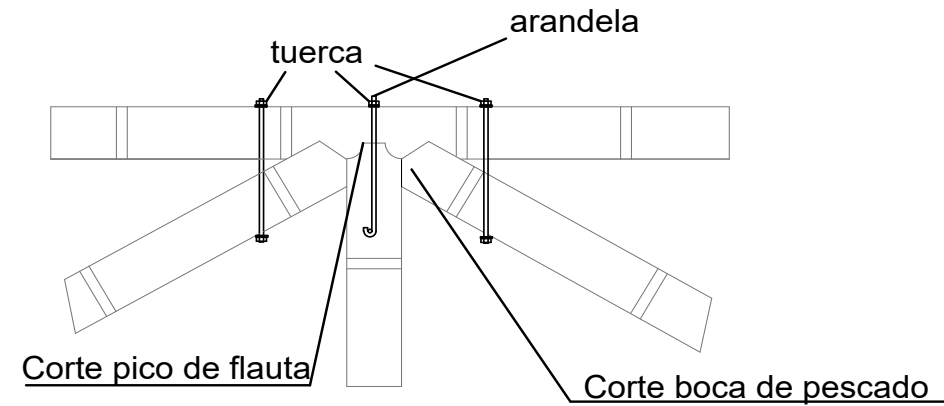
Fuente: Elaboración Propia

Figura 34. Uniones principales de la estructura de caña guadua

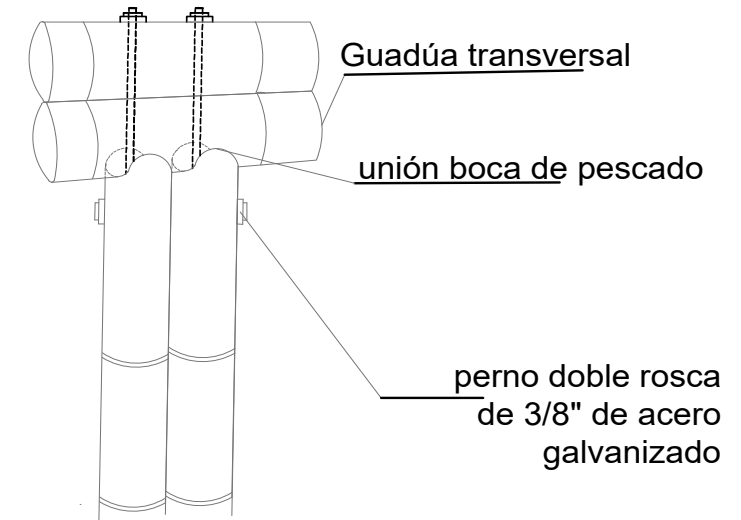


Fuente: Elaboración Propia

Figura 35. Uniones estructurales de guadua



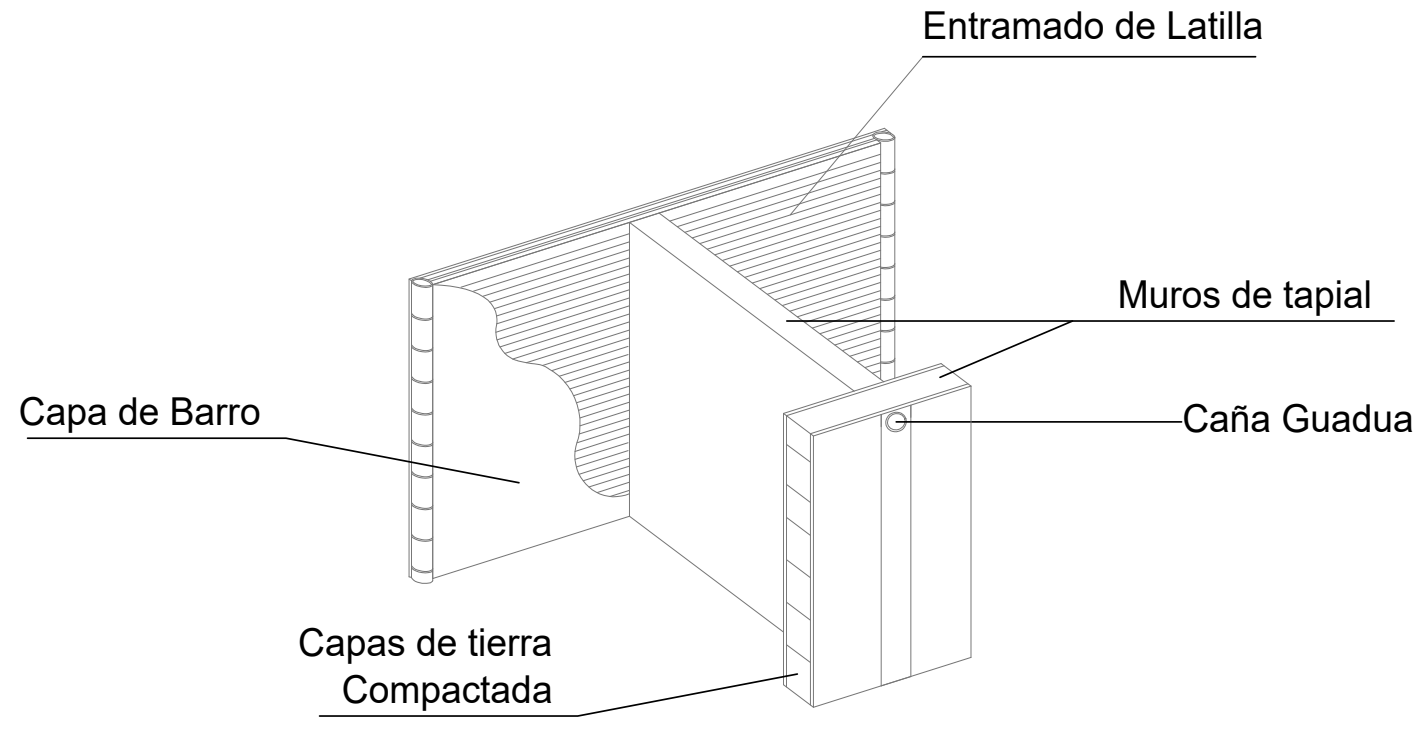
UNIONES DESOLERAS PARANTES Y CONTRAVIENTOS



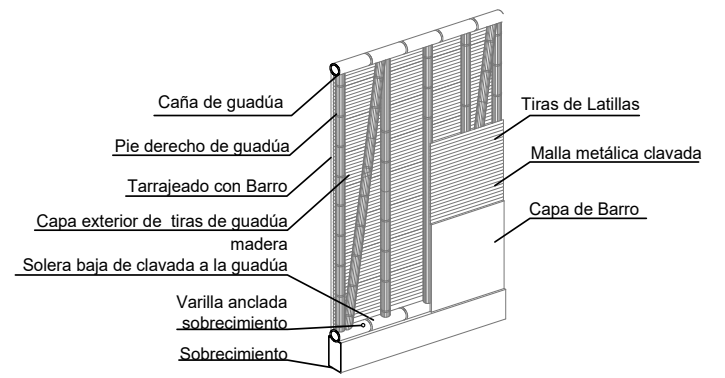
UNIÓN DE COLUMNAS MEDIANERAS

Fuente: Elaboración Propia

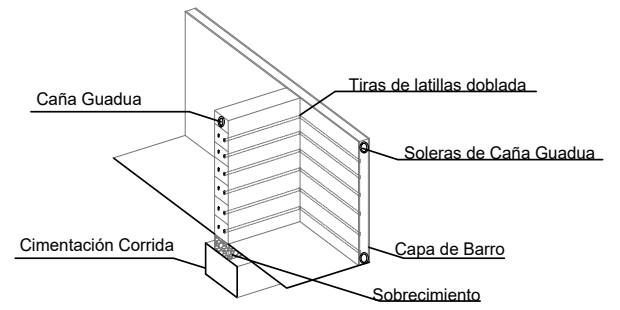
Figura 36. Render de la zonificación de la vivienda unifamiliar social de caña guadua, bahareque y Tapial



PERPESTIVA DE MURO DE BAHAREQUE Y MURO DE TAPIAL



MUROS EXTERIORES



MURO INTERIOR

Fuente: Elaboración Propia

Figura 37. Render la vivienda unifamiliar Social de caña guadua, bahareque, Tapial



Fuente: Elaboración Propia

Figura 38. Render la vivienda unifamiliar social de hormigón y bloque



Fuente: Elaboración Propia

Figura 39. Render de zonificación de la vivienda unifamiliar social de caña guadua, bahareque y tapial



Fuente: Elaboración Propia

Figura 40. Vista Interior de la vivienda de Caña guadua, bahareque y tapial (Cocina, Comedor y Sala)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 41. Vista Interior de un dormitorio



Fuente: Elaboración Propia

En este segmento se compararon los costos de los sistemas constructivos analizados, tomando como referencia una vivienda de 52 m². El presupuesto se elaboró con precios unitarios y se prepararon presupuestos independientes para ambos sistemas. El sistema de concreto totalizó USD 16.274,51, mientras que el sistema alternativo alcanzó USD 16.992,57, con una diferencia de USD 718,06 a favor del sistema convencional. Este resultado se explica, principalmente, por mayores requerimientos de mano de obra y por los tiempos de aprendizaje vinculados al tratamiento del bambú y los procesos de estabilización y compactación de los muros de tierra.

En cuanto a la viabilidad ambiental, el sistema alternativo con caña guadua, bahareque y tapial, presenta una ventaja marcada frente a los materiales convencionales

realizado con hormigón, bloque y acero. La huella de carbono total del sistema tradicional es de 144.458 kg CO₂e, mientras que la del alternativo es de 8.057 kg CO₂e, es decir, aproximadamente 18 veces menor. En términos de huella por metro cuadrado, la reducción va de 2.750 a 153 kg CO₂e/m², lo que representa un 94,4% menos.

Tabla 15. Comparación de presupuestos en los sistemas constructivos

Sistema constructivo de bambu y tierra estabilizado		Sistema constructivo de hormigón y bloque	
PRELIMINARES Y GENERALES	165,36	165,36	PRELIMINARES Y GENERALES
MOVIMIENTO DE TIERRA	221,178168	221,18	MOVIMIENTO DE TIERRA
Estructura Madera-Encofrados	3350,83584	3931,53	Estructura de madera Encofrados
Acero y complementos	727,0568	169,54	Acero y complementos
Estructura de Hormigón-Acero	2929,68052	4319,77	Estructura de madera Encofrados
ESTRUCTURA DE BAMBÚ	551,0175		
MUROS EXTERIORES BAHAREQUE	1474,4199	872,41	ALBAÑILERÍA DE BLOQUE
Muros Interiores de Tapial	1052,21723		
CUBIERTA	4640,861	4640,86	CUBIERTA
OBRAS EXTERIORES	1879,9424	1953,86	OBRAS EXTERIORES
PRESUPUESTO TOTAL	16992,5694	16274,51	PRESUPUESTO TOTAL

Fuente: Elaboración Propia

El principal aporte a la huella de carbono del sistema constructivo alternativo proviene de la cal utilizada como estabilizante en los cerramientos de tierra. En cuanto a vida útil, con buen diseño, ejecución y mantenimiento, los materiales alternativos pueden alcanzar: guadua (20–50 años), bahareque (30–50 años) y tapial (50–100 años). Los sistemas convencionales, cuando se aplican y protegen adecuadamente, suelen lograr entre 50 y 100 años. No obstante, el sistema alternativo tiene una ventaja al final de su vida útil: muchos de sus componentes son biodegradables o reintegrables al suelo, lo que reduce los impactos de eliminación. En cambio, los sistemas tradicionales no son biodegradables, sin embargo, se puede llegar a reducir el impacto, mediante el reciclaje y la reutilización de estos materiales. Para el cálculo (ver anexo 14).

Tabla 16. Comparación de la huella de carbono en los sistemas Constructivos

Aspecto	Construcción Alternativa (Bambú + Bahareque + Tapial)	Construcción Convencional (Hormigón + Bloque + Acero)	Diferencia
Huella Total (kg CO ₂ e)	8,057	144,458	18 veces menor
Huella por m ² (kg CO ₂ e/m ²)	153	2,75	94% menos emisiones
Material más contaminante	Cal (en muros de tierra)	Cemento (en hormigón)	-
Transporte (impacto logístico)	26,4 km (bajo impacto)	54 km (mayor peso → más emisiones)	50% menos distancia
Energía en construcción	Manual + eléctrica (8 h)	Eléctrica + combustibles (8 h)	menor demanda en alternativa
Vida útil (años)	Bambú: 20-50 Bahareque: 30-50 Tapial: 50-100	50-100 (depende del mantenimiento)	Comparable
Biodegradabilidad	Total (cero emisiones en fin de vida)	No biodegradable (residuos permanentes)	Ventaja clave
Recomendaciones	Optimizar uso de cal y aumentar fibras naturales	Usar cemento bajo en carbono y acero reciclado	-

Fuente: Elaboración Propia

6. Recomendaciones finales

En resumen, el objetivo de este estudio fue explorar la viabilidad técnica, ambiental y financiera de un sistema estructurado basado en bahareque y tierra apisonada para viviendas grandes (VIS) construidas con bambú. Mediante la matriz de investigación basada en el análisis de datos, esto demuestra no solo que el sistema cumple con las leyes actuales y genera un gran ahorro sobre los enfoques convencionales en términos ambientales, sino también que sigue siendo competitivo en costos bajo ciertas condiciones.

En una evaluación de desempeño respaldada por la Matriz de Cumplimiento y la Matriz de Normas Técnicas, se encontró que el sistema cumple con los estándares establecidos en NEC-SE Guadua y NEC-DR Bahareque, así como con los criterios sísmicos, geotécnicos y de accesibilidad. Se estipularon varios objetivos específicos de legibilidad. Por ejemplo, resistencia al fuego de al menos 30 minutos, IDEALMENTE 60, y también aislamiento acústico de 45 dB. Además, se hicieron especificaciones detalladas para las uniones estructurales, paredes impermeabilizadas aparte de detalles del grosor del enlucido, etc., para asegurar que haya trazabilidad entre las normas y regulaciones, por un lado, y el control de calidad del trabajo de diseño. Tales trabajos se referían a una amplia gama de leyes generales, desde LOOTUGS hasta COA, dada una falta general de definiciones de propiedad. Esto también es irrefutablemente cierto en cuanto a la viabilidad técnica de este sistema.

En términos del entorno natural, eso implica valor. Después de comparar la Matriz de Indicadores con un sistema tradicional de concreto y bloques, incluye la proporción de emisiones de carbono que muestra que

los sistemas mixtos reducen las emisiones de carbono completamente en más del 94%: de 2,749.5 kg CO₂e por metro cuadrado para instalaciones típicas de las prefabricadas convencionales a solo 153.3 kg CO₂e/m². En la escala de una unidad de vivienda de 52,5 m², esto equivale a 144.458 kg CO₂e para una típica en comparación con 8.056 kg CO₂e de otro tipo. El principal parámetro de uso de energía para las casas del sistema mixto es la cal en las paredes, mientras que a una distancia promedio de transporte de 26,4 km (en comparación con 54 km para los sistemas convencionales) esta ventaja se subrayó aún más.

No hay duda aquí de que la superioridad ambiental del nuevo sistema propuesto es evidente a partir de estos datos. En términos de operaciones financieras, el prototipo mostró ser más elevado en comparación del sistema tradicional con un 718.05 USD de diferencia. Sin embargo, por lo que la Matriz de Triangulación de fuentes reveló una brecha diferente de lo que esperábamos, en la cual podemos decir que no se ahorraría al aplicar este sistema, esta coincidencia se debe a factores como la no optimización de resultados, la logística de procesamiento de materiales y equipos ajustándose a nuevas herramientas y técnicas cuando sea necesario. Como resultado, aunque este sistema tiene su competitividad económica, reducir costos requiere una mayor estandarización de unidades modulares; métodos de prefabricación utilizados para paneles, etc.; esquemas de capacitación de trabajadores calificados en el sitio de trabajo y cambiar lo que pagamos por mano de obra (APU) dependiendo de los resultados reales traerá beneficios adicionales desde nuestra posición actual.

Por ejemplo, el estudio aquí ha encontrado que las personas perciben este sistema favorablemente siempre que el costo sea lo suficientemente bajo y también que

los requisitos de mantenimiento sean razonables. La Matriz de Incentivos muestra que califica para beneficios VIS, como bonificaciones, exención de IVA y acciones preferentes; esto depende del nivel de precio del área. En cuanto a la accesibilidad de manuales y archivos técnicos, su desarrollo claro será crucial para que el sistema pueda ganar aceptación. Además, los datos producidos solo pueden considerarse preliminares porque se basaron en dos entrevistas, no suficientes para sacar conclusiones firmes de un tamaño de muestra que el cóndor necesita para alimentarse. La evidencia, entonces, apoya la aceptación de la hipótesis, tanto en tecnología de ingeniería como a nivel regulatorio en esta dimensión ambiental; Mientras que la competitividad económica se acepta provisionalmente solo pendiente de enmiendas sobre productividad y logística.

A la vista de ello, algunas conclusiones están justificadas. Deberíamos producir un prototipo piloto de 52-55 m² para verificar los rendimientos anticipados y las tasas en el sitio; al mismo tiempo verificando parámetros técnicos, ajustando procesos. Además, como recomendaciones más generales, las listas de corte deben estandarizarse, se deben realizar cursos de capacitación y se debe hacer un uso más preciso de la cal mediante dosificaciones más precisas o aditivos puzolánicos. Con la reducción de costos en perspectiva, todos estos puntos considerados juntos significan que no solo el sistema mantendrá su ventaja ambiental, sino que incluso puede lograr ahorros tangibles de cierta importancia en esta salida, alcanzando así una alternativa factible y sostenible para la vivienda social. El análisis ambiental, se descubrió, reveló disminuciones significativas en la huella de carbono, por ejemplo, un orden de magnitud (casi 94%) menor que los sistemas convencionales.

7. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar el sistema de construcción alternativos su comportamiento estructural, ya que es importante recordar que este estudio contiene tanto ventajas como desventajas en la construcción. Además, aunque parámetros clave como la resistencia al fuego ($EI \geq 30$ minutos) y el aislamiento acústico ($Rw \geq 45$ dB) se extrajeron de la literatura internacional, valdría la pena verificar qué significan esos números en nuestras condiciones climáticas y con nuestras técnicas de construcción particulares. Los estándares de prueba podrían reescribirse para adaptarse a las condiciones locales si es necesario.
- En cuanto al aspecto económico, los resultados mostraron paridad de costos con los sistemas tradicionales, con una pequeña desventaja del 4,41% a favor del sistema tradicional. Sin embargo, la optimización de procesos, como el tratamiento de la guadua, la prefabricación de componentes y la capacitación de equipos, podrían mejorar significativamente este equilibrio, pero se recomendaría más maneras que reduzcan los costos para el sistema alternativo.
- Para disminuir más la huella en sistemas propuestos se presenta una serie de propuestas concretas que sería recomendado evaluar el comportamiento estructural respecto a la aplicación de estas propuestas; En primer lugar, sería revelador probar morteros que incorporan materiales reciclados (por ejemplo, agregados de demolición) o buscar sustitutos locales de la cal tradicional, como cenizas volcánicas o arcillas calcinadas. La construcción de un prototipo a escala completa permitirá validar el rendimiento estructural a través de pruebas específicas: pruebas de corte en paneles de bahareque, pruebas de aplastamiento en muros de tapial o cargas de per-

nos en uniones de guadua que requieren ser atorilladas. Esta evidencia empírica será invaluable al ajustar diseños, así como para persuadir a artesanos y autoridades.

- En el ámbito regulatorio, realmente ayudaría a tener una guía técnica municipal enmendada para estos sistemas: esto facilitaría su aprobación en proyectos reales y, en particular, mientras se espera la necesidad de regulaciones nacionales integrales. Lo que se recomendaría aquí es capacitación: los equipos necesitan programas prácticos (guía técnica o talleres de control de humedad), los funcionarios municipales necesitan talleres para enseñarles sobre sistemas no convencionales. De esta manera, las probabilidades de éxito para adoptar tales ideas en términos tanto prácticos como psicológicos aumentarían.
- Se recomendaría hacer cronogramas para tener en cuenta el tiempo de construcción en este sistema propuesto ya es prometedor, la perspectiva de la prefabricación ligera de muros. Al desarrollar kits estandarizados de marcos y paneles, junto con plantillas modulares para perforación, sería posible la reducción de los tiempos de construcción y las prácticas materiales derrochadoras. Además, tener un plan para controlar la calidad, que incluye protocolos claros para el secado (12-18% en guadua) y perfiles técnicos de tratamiento, garantizará que todos los resultados sean consistentes.
- Finalmente, al hacer la evaluación de vivienda pública que es viable y se considera que este sistema funciona, se recomendaría que podrían tener un mercado para ellos. Para ganar aceptación por parte del público, necesitamos exhibiciones demostrativas con módulos interactivos que muestren beneficios térmicos y acústicos, mientras que acuerdos con universidades se prepararían para la próxima

generación de especialistas en estos campos. Cada punto (desde pruebas de laboratorio hasta incentivos municipales) es indispensable para construir un ecosistema donde la sostenibilidad se convierta en nuestro modo de vida, y no meramente retórica.

8. Referencias Bibliográficas

Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H., Nader, M., & Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(25). <https://doi.org/10.1186/s13174-015-0041-5>

Análisis Global del Ciclo de Vida en Edificaciones Sostenibles (2022-2023) - Studocu. (n.d.). Studocu. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-continental/seminario-de-investigacion/analisis-global-del-ciclo-de-vida-en-edificaciones-sostenibles-2022-2023/132387934>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2016). Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS). <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Us-y-Gestion-de-Suelo1.pdf>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). Código Orgánico del Ambiente (COA). https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Asociación Española de Normalización (UNE) / CEN. (2021). UNE-EN 1363-1:2021 — Ensayos de resistencia al fuego: Parte 1, Requisitos generales. <https://www.une.org>

[tps://www.intertekinform.com/en-ca/standards/une-en-1363-1-2021-5057_saig_aenor_une_aenor_une_2942588/](https://www.intertekinform.com/en-ca/standards/une-en-1363-1-2021-5057_saig_aenor_une_aenor_une_2942588/)

Bateson, G. (1972). *Steps to an ecology of mind*. Ballantine Books.

Bello Zambrano, J. A., & Villacreses Viteri, C. G. (2021, 20 de septiembre). Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social. *Polo del Conocimiento*. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3152/6938>

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* (1st ed.). New York, NY: William Morrow. ISBN: 0-06-053322-6.

BESSER (2018) *El Futuro de la Construcción en América Latina: Retos, Oportunidades y la Influencia Global*. <https://besserlean.mx/%F0%9F%8C%8D-el-futuro-de-la-construccion-en-america-latina-retos-oportunidades-y-la-influencia-global/>

Bimhow. (s. f.). *Construction industry statistics*. <https://bimhow.com/construction-industry-statistics/>.

Carpio, M., & Valarezo, J. (2024). Diseño estructural sostenible con bambú. *Revista de Arquitectura Sostenible*, 12(3), 45-60.

CEPAL. (2022). *Desigualdades y desafíos de la vivienda en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org>

Comunicacion. (2022, 14 diciembre). Por qué el sector de la construcción es clave para la economía y la crea-

ción de empleo FRECOM. FRECOM. <https://www.frecom.com/noticias/por-que-el-sector-de-la-construccion-es-clave-para-la-economia-y-la-creacion-de-empleo/>

Daza, P. (2010). *Construcción sostenible de edificios: una alternativa responsable para el desarrollo urbano de Quito* (Pontificia Universidad Católica del Ecuador). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/3603>

Estadística Y Censos, I. N. (s.f.). *Edificaciones*. Instituto Nacional De Estadística Y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/edificaciones/>

Estadísticas pisos de tierra - 100 mil pisos para jugar. (2023, 30 octubre). 100 Mil Pisos Para Jugar. <https://www.pisosparajugar.org/estadisticas-pisos-de-tierra/>

Fitzpatrick, J. L., Sanders, J. R., & Worthen, B. R. (2011). *Program evaluation: Alternative approaches and practical guidelines* (4th ed.). Pearson Education.

Gamez, M. J. (2022, 24 mayo). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

García-Ochoa, A., Quito-Rodríguez, A., & Perdomo Moreno, M. (2020). *Materiales alternativos para la vivienda social en América Latina: Evaluación ambiental y técnica*

Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press.

Gischler, C., Millán, E., & Soto, M. (2023). *Descarbonización de la construcción en América Latina: Retos y oportunidades*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill

Hidalgo, L. (2003). *El bambú como alternativa constructiva en el Ecuador: Potencial estructural y aplicaciones arquitectónicas*. Universidad Central del Ecuador.

Hildner, C. (2014). *Small Houses: Contemporary Residential Architecture*. Braun Publishing.

IMPU. (2022). *Informe técnico de expansión urbana y riesgos del Distrito Metropolitano de Quito*. Instituto Metropolitano de Planificación Urbana.

INBAR. (2020). *Sistemas modulares de vivienda de bambú para América Latina: directrices técnicas y estudios de caso*

INEC. (2023). *Estadísticas de condiciones de vida en el Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Estadísticas de Edificaciones (ESED) 2021: Permisos de construcción – Principales resultados*. Quito, Ecuador: INEC.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). *Fascículo provincial Pichincha: Resultados del censo de población y vivienda 2010*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>

International Organization for Standardization. (2019). *ISO 22157:2019 — Bamboo structures: Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms — Test methods*. <https://www.iso.org/standard/65950>

html

International Organization for Standardization. (2020). ISO 717-1:2020 — Acoustics: Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation. <https://www.iso.org/standard/77435.html>

International Organization for Standardization. (2021). ISO 10140-2:2021 — Acoustics: Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 2: Measurement of airborne sound insulation. <https://www.iso.org/standard/79487.html>

La vivienda según Maslow: un pilar para el bienestar humano | Tecnotramit. (n.d.). <https://www.tecnotramit.com/la-vivienda-segun-maslow-un-pilar-para-el-bienestar-humano/>

Le Corbusier. (1923). *Vers une architecture*. Éditions Crès.

Le Corbusier. (1923). *Vers une architecture*. Éditions Crès.

Liese, W., & Köhl, M. (2015). *Bamboo: The plant and its uses*. Springer.

López, C., Villacís, J., & Andrade, M. (2021). Percepción social del uso del bambú y tierra en vivienda urbana: Un análisis desde Quito. *Revista Ecuatoriana de Arquitectura*, 3(2), 45–60.

Luís Velastegui – Cáceres, Esteban Cáceres - Guerrero y Carolina Llanga – Cruz (2018): “El diseño estructural y su contribución en la arquitectura contemporánea”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (octubre 2018)

Măgurean, A., & Petran, I. (2023). El ACV en edificación

nes sostenibles. *Journal of Sustainable Construction*, 15(2), 78-92.

Măgurean, A., & Petran, I. (2023). El ACV en edificaciones sostenibles. *Journal of Sustainable Construction*, 15(2), 78-92.

Marte Gómez, R., et al. (2021). Modularidad y prefabricación en la construcción sostenible. *Arquitectura y Urbanismo*, 43(1), 23-35.

MIDUVI. (2017). Norma Ecuatoriana de la Construcción – Capítulo NEC-SE-Guadúa.

MIDUVI. (2021). Estadísticas de déficit habitacional nacional. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2017). Acuerdo Ministerial No. 033-16: Expedición de NEC-HS-AU, NEC-SE-Guadúa y reconocimiento de NEC-DR-BE. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/2017-01-19_Registro-Oficial-No.-842_AM-No.-033-16_Expedici%C3%B3n-NEC-HS-AU-y-NEC-SE-GUADUA.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2017). NEC-SE-Guadúa: Estructuras de Guadúa. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (s. f.). Documentos reconocidos NEC (incluye NEC-DR-BE: Bahareque encementado). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2017). Norma E.080 — Diseño y construcción con tierra (adobe y tapial reforzado). https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf

Moreno, E. L. (2008). *Calidad del ambiente urbano y microclima: un enfoque para la habitabilidad*. Editorial Académica Española.

Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO.

Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplinariedad: Manifiesto*. Ediciones Du Rocher.

Oizom. (2024). Top 10 most polluting industries in the world. <https://oizom.com/most-polluting-industries/>

Paneles, R. P. (2024, December 11). Qué es la vivienda mínima y sus condiciones | Noranta. *Noranta Arquitectes*. <https://www.90arquitectes.com/vivienda-minima-condiciones-habitabilidad/>

Piaget, J. (1972). *Epistemología de las ciencias interdisciplinarias*. UNESCO.

Rahmann, H., & Jonas, M. (2020). Participatory Design in Urban Planning: Digital Tools for Community Engagement. *Urban Studies Journal*, 57(3), 456-472.

Rapoport, A. (1969). *House form and culture*. Prentice-Hall.

Santos, L., Silva, C., & Moreira, A. (2021). Impacto ambiental del sector construcción en Brasil: Evaluación de consumo de recursos. *Revista Ingeniería Civil y Ambien-*

te

te, 8(2), 17–28.
Schumacher, E. F. (1973). *Small is beautiful: Economics as if people mattered*. Blond & Briggs.

Servicio de Rentas Internas (SRI). (s. f.). Devolución del IVA a sociedades y personas naturales que desarrollen proyectos de construcción de viviendas de interés social. <https://www.sri.gob.ec/en/devolucion-del-iva-a-sociedades-y-personas-naturales-que-desarrollen-proyectos-de-construccion-de-vivienda-de-interes-social>

Servicio de Rentas Internas (SRI). (s. f.). Devolución del IVA pagado para proyectos inmobiliarios. <https://www.sri.gob.ec/en/devolucion-del-iva-pagado-para-proyectos-inmobiliarios>.

Silvestre, J. D., de Brito, J., & Pinheiro, M. D. (2014). Environmental impacts and benefits of the end-of-life of building materials – calculation rules, results and contribution to a “cradle to cradle” life cycle. *Journal of Cleaner Production*, 66, 37-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.028>

Slow Studio. (2024, 2 agosto). *La tierra en construcción | Slow Studio*. <https://www.slowstudio.es/research/la-tierra-en-construccion>

Tamayo y Tamayo, M. (2005). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.

Tavares, V., Calheiros, C. S. C., Martins, I. B., Maia, J., Tsikaloudaki, K., Fonseca, M., Marchesi, M., Laban, M., Soares, N., Santos, P., Pineda-Martos, R., Rajčić, V., & Ungureanu, V. (2024). Modularity and prefabrication. In *Springer tracts in civil engineering* (pp. 215–256). https://doi.org/10.1007/978-3-031-73490-8_8

Turner, J. (1976). *Housing by People: Towards Autonomy in Building Environments*. Marion Boyars Publishers.

U.S. Green Building Council (USGBC). (s. f.). Green building facts. <https://www.usgbc.org/press/green-building-facts>

United Nations Environment Programme (UNEP) & Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC). (2023). 2023 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector. <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction>

Valladares Anguiano, R. (2017). *Habitabilidad urbana y desarrollo sustentable: un enfoque interdisciplinario*. Editorial Universitaria.

Vellinga, M., & Asquith, L. (Eds.). (2006). *Vernacular Architecture in the 21st Century: Theory, Education and Practice*. Taylor & Francis.

9. Anexos

Anexo 1. Evidencia de la entrevista a la Arquitecta



Anexo 2. Evidencia de la entrevista con el ingeniero



Anexo 3. Entrevista completa de la Arquitecta

Entrevista	Respuesta
Pregunta ¿Cuál es su opinión sobre el uso de materiales como el bambú y la tierra estabilizada en viviendas de interés social en Ecuador?	El bambú es un material muy noble, muy resistente, pero es contradictorio en lo sostenible, porque para construir con eso se debe sumergir en una piscina con varios químicos, se tendría que poner un aislante para el frío en la sierra, una doble capa, desarrollarlo en la sierra sería más costoso, pero yo si considero que si es factible.
Desde su experiencia, ¿cuáles son los principales factores que inciden en el costo final de una vivienda social?	Ay que tomar en cuenta que la vivienda social siempre ha sido considerada algo muy barato y poco funcional, es decir, que está enfocado a un mercado adquisitivo menor, el costo debería ser el mismo que cualquier tipo de vivienda, pero reduciríamos en acabados, es decir, buscar la funcionalidad y sin quitar la calidad de vida. El estado debería dar un porcentaje para solo cobrar la ejecución del proyecto.
¿Cree que un sistema constructivo basado en bambú y tierra podría reducir significativamente los costos? ¿En qué porcentaje, aproximadamente?	Hay que considerar varios factores como si el material es esta cerca de la zona de construcción, depende de la demanda del material, se podría hacer un análisis costo beneficio a menos que el estado me dé la facilidad de traer el material.
¿Cuál considera que es el costo mínimo estimado para una vivienda digna de entre 45 y 50 m ² ?	Aproximadamente unos 25 mil dólares en obra gris, en obra blanca unos 27 mil quinientos dólares
¿Conoce si existen restricciones normativas que limiten el uso de materiales alternativos como el bambú en proyectos VIS/VIP?	No hay unas limitantes, solo hay restricciones en la manera de emplearlo.
¿Qué tan compatible ve este sistema con los lineamientos del MIDUVI, NEC y PMDOT?	No hay ningún impedimento con esos lineamientos.
¿Qué recomendaciones daría para que este sistema constructivo pueda ser validado e incorporado en proyectos públicos?	Lo que se debería considerar es que exista el correcto uso y ensamblaje independientemente en que material sea, lo que debería centrarse es en la calidad que tiene para el usuario.
¿Considera viable replicar este tipo de solución en zonas como Calderón, Tumbaco o el Valle de los Chillos?	Zonas priorizadas por el PMDOT además estas zonas tienen mayor disponibilidad de suelo urbanizable a costos más bajos. Se podrían aplicar, pero hay que analizar la técnica constructiva para evitar problemas con factores climáticos.
¿Ha trabajado o conoce de experiencias donde se hayan aplicado sistemas constructivos alternativos como estos?	No he trabajado, pero he dirigido tesis y proyectos, pero no se han ejecutado.

Anexo 4. Entrevista completa al Ingeniero

Entrevista	Respuesta
Pregunta ¿En qué proyectos de vivienda social o sostenible ha participado y cuál fue su rol principal?	Varias obras, ha sido el que dirige estas construcciones como el auditorio del colegio Johannes Kepler entre otros.
¿Qué nivel de familiaridad tiene con métodos constructivos basados en bambú y tierra estabilizada u otras técnicas ligeras?	Tiene más experiencia en bambú
Desde su perspectiva, ¿cómo se ajustan el bambú estructural y la tierra estabilizada a los requisitos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y a la normativa sísmica local?	La NEC siente que es muy primordial ya que está ahí todo desde como cortar sus uniones, pero no he visto tanto y desconozco acerca de una normativa para la tierra estabilizada.
¿Podría describir las etapas críticas desde el acopio de materiales hasta la entrega de la vivienda cuando se trabaja con bambú y tierra estabilizada?	El diseño y la planificación, la cimentación, instalaciones y por último acabados.
¿Dispone de referencias de costos entre una vivienda convencional (hormigón + bloque) y una que emplee bambú-tierra estabilizada?	Una vivienda con bambú y tierra estabilizada puede reducir los costos totales entre 20% y 40%, especialmente en zonas rurales.
¿Qué cuellos de botella identifica en la producción, tratamiento o transporte del bambú y de los estabilizantes de suelo dentro de Ecuador?	La producción y suministro del bambú también es de mencionar su tratamiento, precio y el transporte.
¿Ha revisado estudios de huella de carbono o análisis de ciclo de vida para estos materiales? ¿Qué conclusiones generales destacaría?	Carbono negativo
¿Considera que un prototipo de vivienda con bambú y tierra estabilizada podría cumplir con estándares internacionales de construcción sostenible (por ejemplo, EDGE o LEED)?	Si, siempre que se cumplan ciertos criterios técnicos y de diseño.
¿Ve viable implementar este sistema constructivo en zonas como Calderón, Tumbaco o el Valle de los Chillos, dadas sus condiciones geotécnicas y climáticas?	No hay ningún problema, se puede utilizar sin ninguna limitación.

Anexo 5. Matriz de triangulación de criterios

Criterio	Bambú y Tierra Estabilizada	Columnas de Hormigón y Bloques
Costo y Asequibilidad	- Ventaja: Muy bajo costo en regiones con bambú y suelos adecuados. Usa recursos locales, reduciendo transporte. - Mano de obra local puede ser capacitada, pero requiere inversión inicial en formación. - Ideal para comunidades de bajos ingresos.	- Limitación: Costo moderado a alto (\$50-100/m ² dependiendo del mercado). Materiales industriales (cemento, acero) son caros. - Dependencia de cadenas de suministro globales eleva costos en áreas remotas. - Menos asequible para poblaciones vulnerables.
	- Ventaja: bambú abunda en regiones tropicales-subtropicales mientras que la tierra disponible casi universalmente. - Reduce dependencia de proveedores externos. - Limitado en regiones áridas o frías sin acceso a bambú.	- Limitación: Cemento y bloques requieren infraestructura industrial y transporte. Disponibilidad limitada en zonas rurales remotas. - Dependencia de mercados formales dificulta acceso en comunidades marginadas.
Accesibilidad de Materiales	- Ventaja: Baja huella de carbono (bambú captura ~12 ton CO ₂ /ha/año; tierra usa recursos locales). Biodegradable y renovable. - Estabilizantes (cemento/cal) generan emisiones moderadas, pero menores que el hormigón masivo. - Apoya soluciones ecológicas para el déficit habitacional.	- Limitación: Alta huella de carbono (cemento emite ~0.9 kg CO ₂ /kg). Extracción de agregados daña ecosistemas. - Menos alineado con metas de sostenibilidad global para reducir el impacto ambiental de la construcción.
	- Ventaja: Materiales vernáculos (bambú y tierra) son culturalmente aceptados en muchas regiones (ej. América Latina, África, Asia). Aspecto natural y cálido. - Compatible con técnicas tradicionales de construcción, promoviendo apropiación comunitaria. - Menos aceptado en contextos culturales modernos.	- Limitación: Asociado a entornos urbanos y modernos, puede ser percibido como ajeno en comunidades rurales o indígenas. - Acabados uniformes, pero menos cálidos o personalizables sin costos adicionales. - Menor conexión con tradiciones locales.
Adaptabilidad Cultural	- Ventaja Moderada: Escalable en regiones con acceso a bambú y suelos adecuados. Ideal para proyectos comunitarios o cooperativos. - Limitado por normativas estrictas en contextos urbanos y necesidad de capacitación técnica.	- Ventaja: Altamente escalable debido a estandarización global, normativas establecidas y disponibilidad de materiales en mercados formales. - Limitado en zonas rurales por costos y logística.
	- Ventaja Moderada: Excelente comportamiento sísmico por la flexibilidad del bambú y la masa de la tierra estabilizada. Resistencia a compresión adecuada (3-10 MPa tierra; 40-80 MPa bambú). - Requiere diseño cuidadoso y refuerzos para cargas pesadas o climas extremos.	- Ventaja: Alta resistencia a compresión (20-40 MPa hormigón) y tracción (con acero). Adecuado para estructuras de mayor altura. - Menos flexible en sismos si no está bien diseñado.

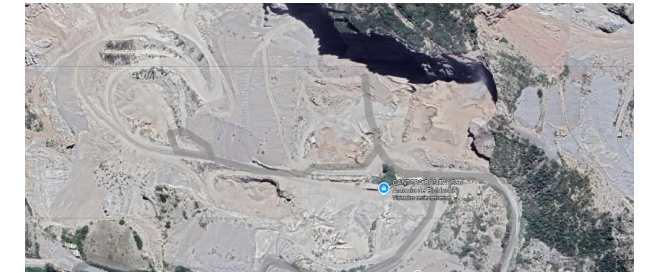
Anexo 6. Matriz de Instrumentos

Instrumento	Artículo/Norma	Fase	Exigencia resumida
LOOTUGS	Artículo 1	Planificación	Regular el ordenamiento territorial para garantizar el derecho a la vivienda adecuada y un hábitat seguro.
LOOTUGS	Artículo 5	Planificación/Diseño	Aplicar principios de sostenibilidad, equidad, participación y función social/ambiental en el uso del suelo.
LOOTUGS	Artículo 10	Planificación/Implementación	Establecer competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) en la planificación territorial.
LOOTUGS	Artículo 14	Diseño/Implementación	Garantizar el derecho a la vivienda digna y adecuada para todos los habitantes.
LOOTUGS	Artículo 22	Diseño/Evaluación	Promover el uso sostenible y racional de los recursos del territorio.
LOOTUGS	Artículo 30	Planificación	Elaborar y ejecutar Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) por parte de los GAD.
LOVIS	Artículo 1	Planificación	Establecer la rectoría, planificación y control de la vivienda de interés social como servicio público.
LOVIS	Artículo 2	Planificación	Aplicar la ley a políticas, planes y proyectos de vivienda de interés social de entidades públicas y privadas.
LOVIS	Artículo 5	Planificación/Diseño	Basar los proyectos en principios de accesibilidad, sostenibilidad, equidad y participación ciudadana.
LOVIS	Artículo 10	Diseño/Implementación	Asegurar que las viviendas de interés social sean seguras, con servicios básicos y adaptadas culturalmente.
LOVIS	Artículo 14	Planificación/Implementación	Fomentar la generación de proyectos habitacionales con incentivos públicos, privados o cooperativos.
LOVIS	Artículo 18	Diseño/Evaluación	Exigir sostenibilidad ambiental en la construcción de viviendas de interés social.
LOVIS	Artículo 25	Implementación	Promover la participación activa de la ciudadanía en la ejecución de proyectos de vivienda.
LOVIS	Artículo 30	Planificación/Implementación	Coordinar entre el MIDUVI, GAD y otros actores para la ejecución de planes de vivienda social.
COA	Artículo 64	Planificación	Definir las competencias exclusivas y compartidas de los GAD en materia territorial.
COA	Artículo 65	Planificación/Implementación	Garantizar la participación ciudadana en la toma de decisiones territoriales.
COA	Artículo 91	Planificación/Implementación	Establecer las fuentes de financiamiento para los GAD, incluyendo proyectos sociales.
COA	Artículo 112	Planificación	Obligar a los GAD a elaborar Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
COOATAD	Artículo 12	Planificación/Diseño	Fundamentar el ordenamiento territorial en principios de equidad, sostenibilidad y accesibilidad.
COOATAD	Artículo 25	Planificación	Regular la creación y modificación de parroquias con participación ciudadana.
COOATAD	Artículo 45	Diseño/Implementación	Establecer normas específicas para el uso y manejo del suelo en áreas urbanas y territoriales.
COOATAD	Artículo 78	Diseño/Evaluación	Promover el desarrollo sostenible con un enfoque en la minimización del impacto ambiental.

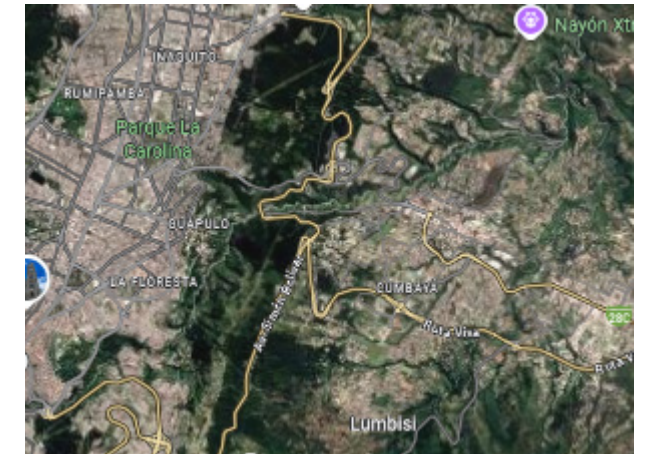
Anexo 7. Cantidad de Guadua Utilizado

Tipo de estru	ml
Columnas	15,65
Vigas	22,85
Correa	8
Emallado	49,35
Total	95,85
	10,65

Anexo 10. Mapa de compra y venta de materiales construcción



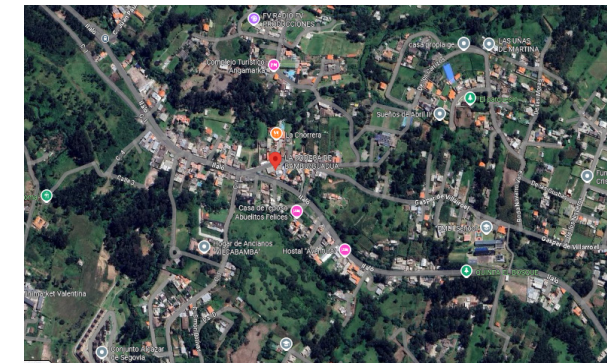
Anexo 11. Mapa de la ubicación del prototipo de la vivienda unifamiliar Social



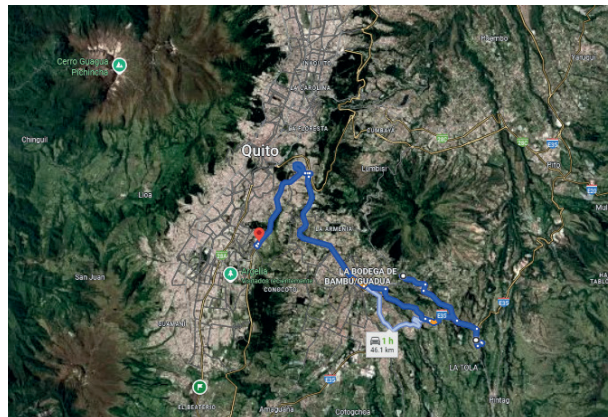
Anexo 8. Cantidad total de material

	Alternativo	tradicional	
Bahereque	7,2	Hormigon	25,35
Tapial	10,38	Columnas	27,97
Total tierra	17,58	Total	53,31

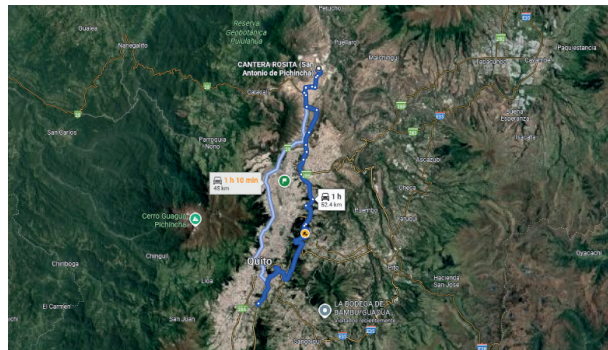
Anexo 9. Mapa de compra y venta de Caña Guadua



Anexo 12. Mapa de transporte del material de guadua



Anexo 13. Mapa de Transporte del materiales tradicionales



Anexo 14. Calculo para la huella de carbono sistema alternativo

Bambu (Guadua)

- Cantidad: 11 unidades × 20 kg/unidad = 220 kg.
- Procesamiento (natural):

$220 \text{ kg} \times 0.3 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg} = 66 \text{ kg CO}_2\text{eq}$
 $220 \text{ kg} \times 0.3 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg} = 66 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

•Captura de CO₂:

$220 \text{ kg} \times (-1.5 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg}) = -330 \text{ kg CO}_2\text{eq}$
 $220 \text{ kg} \times (-1.5 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg}) = -330 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

•Transporte (26.4 km en camión):

$26.4 \text{ km} \times 0.15 \text{ kg CO}_2\text{eq/km} \times 0.22 \text{ t} = 0.87 \text{ kg CO}_2\text{eq}$
 $26.4 \text{ km} \times 0.15 \text{ kg CO}_2\text{eq/km} \times 0.22 \text{ t} = 0.87 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

•Total bambú:

$66 - 330 + 0.87 = -263.13 \text{ kg CO}_2\text{eq}$
 $66 - 330 + 0.87 = -263.13 \text{ kg CO}_2\text{eq}$ (Carbono neto capturado).

2. Bahareque (Tierra + Cal + Paja)

•Volumen: 7.2 m³.

•Densidad aproximada: $\sim 1,600 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 11,520 \text{ kg}$ de tierra.

•Cal: Suponiendo un 5% de cal en mezcla: 576 kg.

•Huella cal: $\sim 0.8 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg} \rightarrow 576 \times 0.8 = 460.8 \text{ kg CO}_2\text{eq}$
 $576 \times 0.8 = 460.8 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

•Paja: Impacto negligible (0 kg CO₂eq, captura CO₂ al crecer).

•Transporte (tierra y cal):

$26.4 \text{ km} \times 0.15 \text{ kg CO}_2\text{eq/km} \times (11.52 + 0.576) \text{ t} = 47.8 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

CO₂eq

$26.4 \text{ km} \times 0.15 \text{ kg CO}_2\text{eq/km} \times (11.52 + 0.576) \text{ t} = 47.8 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

•Energía (8 horas eléctricas):

•Consumo promedio: $\sim 0.5 \text{ kg CO}_2\text{eq/kWh}$
 $8 \text{ horas} \times 0.1 \text{ kWh} \times 0.5 = 0.4 \text{ kg CO}_2\text{eq}$
 $8 \text{ horas} \times 0.1 \text{ kWh} \times 0.5 = 0.4 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

•Total bahareque:

$460.8 + 47.8 + 0.4 = 509 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

$460.8 + 47.8 + 0.4 = 509 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

3. Tapial (Tierra compactada)

•Volumen: $10.38 \text{ m}^3 \rightarrow \sim 16,608 \text{ kg}$ de tierra.

•Aditivos: Ninguno (solo tierra).

•Transporte:

$26.4 \text{ km} \times 0.15 \times 16.608 \text{ t} = 65.8 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

$26.4 \text{ km} \times 0.15 \times 16.608 \text{ t} = 65.8 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

•Energía (compactación manual): 0 kg CO₂eq.

•Total tapial:

$65.8 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

Huella de Carbono Total

$-263.13 (\text{bambu}) + 509 (\text{bahareque}) + 65.8 (\text{tapial}) = 311.67 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

$-263.13 (\text{bambu}) + 509 (\text{bahareque}) + 65.8 (\text{tapial}) = 311.67 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

Huella por m²:

$311.67 \text{ kg CO}_2\text{eq} / 52.54 \text{ m}^2 = 5.93 \text{ kg CO}_2\text{eq/m}^2$

$311.67 \text{ kg CO}_2\text{eq} = 5.93 \text{ kg CO}_2\text{eq/m}^2$

Cálculo de la huella de Carbono para el sistema Tradicional

Emisiones que genera el sistema constructivo de hormigón y Bloque

1. Hormigón

Volumen total: 78.66 m³.

Hormigón ciclópeo (210 kg/cm²):

Emisiones: $300 \text{ kg CO}_2\text{eq/m}^3$ (ICE Database, Univ. of Bath).

Subtotal: $78.66 \text{ m}^3 \times 300 = 23,598 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

$78.66 \text{ m}^3 \times 300 = 23,598 \text{ kg CO}_2\text{eq}$

•Hormigón premezclado ($f'c = 180/240 \text{ kg/cm}^2$):

Emisiones: $350 \text{ kg CO}_2\text{eq/m}^3$ (mayor cemento que el ciclópeo).

<p>2. Acero</p> <ul style="list-style-type: none"> •Cantidad: 126.52 kg (primario). •Emisiones: 2.5 kg CO₂eq/kg (World Steel Association, 2022). •Subtotal:126.52×2.5=316.3 kg CO₂eq <p>126.52×2.5=316.3kg CO₂eq.</p> <p>3. Ladrillos de cemento</p> <ul style="list-style-type: none"> •Área: 60.29 m². •Espesor estimado: 0.15 m → 9.04 m³. •Densidad: ~1,900 kg/m³ → 17,176 kg. •Emisiones: 0.5 kg CO₂eq/kg •Subtotal: <p>17,176×0.5=8,588 kg CO₂eq</p> <p>17,176×0.5=8,588kg CO₂eq.</p> <p>4. Transporte</p> <ul style="list-style-type: none"> •Distancia: 54 km (camión diesel, 0.15 kg CO₂eq/km/t). •Peso estimado materiales: •Hormigón: 78.66 m³ × 2,400 kg/m³ = 188,784 kg. •Acero + ladrillos: ~17,300 kg. 	<ul style="list-style-type: none"> •Total: 206,084 kg (206.1 t). •Subtotal: <p>54×0.15×206.1=1,669.41 kg CO₂eq</p> <p>54×0.15×206.1=1,669.41kg CO₂eq.</p> <p>5. Energía en obra</p> <ul style="list-style-type: none"> •8 horas eléctricas (red): •Emisiones electricidad: 0.4 kg CO₂eq/kWh (promedio LATAM, IPCC). •Consumo: 8 h × 2 kW (hormigonera/grúa) = 16 kWh. •Subtotal: 16×0.4=6.4 kg CO₂eq16×0.4=6.4kg CO₂eq. <p>6. Encofrados desechables</p> <ul style="list-style-type: none"> •Madera contrachapada: ~5 kg CO₂eq/m² (ICE Database). •Huella de Carbono Total <p>23,598 (hormigón)+316.3 (acero)+8,588 (ladrillos)+1,669.41 (transporte)+6.4 (energía)+250 (encofrados)=34,428.11 kgCO₂eq</p> <p>23,598(hormigón)+316.3(acero)+8,588(ladrillos)+1,669.41(transporte)+6.4(energía)+250(encofrados)=34,428.11kg CO₂eq</p> <ul style="list-style-type: none"> •Huella por m²: <p>34,428.1152.54=655.2 kg CO₂eq/</p>	<p>m²52.5434,428.11=655.2kg CO₂eq/m²</p>
---	---	---



Universidad
Indoamérica

Arquitectura
2025