



Universidad
Indoamérica

CARRERA DE ARQUITECTURA

PROPUESTA

De manual de técnicas constructivas con bahareque.

Christian Mauricio Criollo Salazar

Proyecto de Investigación

Autor

Criollo Salazar Christian Mauricio
chrisfa18@hotmail.com

Equipo de Soporte:

Docente Tutor

Carvajal Ballesteros Erika Elizabeth
ecarvajal@indoamerica.edu.ec

Docente Unidad de Integración Curricular

Llacas Vicuña Luis Deliberto
luisllacas@indoamerica.edu.ec

Docente apoyo diagramación

Amaluisa Rendon Paulina Magally
paulinaamaluisa@indoamerica.edu.ec

Agradecimiento:

Agradecemos la apertura de las siguientes
instituciones y personas por su aporte en este
documento:

Universidad Indoamérica

Arquitectos y Técnicos especialistas en la
manipulación y conservación del bahareque

Fecha de Publicación:

Febrero 2024



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA

TEMA:

**PROPUESTA DE MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON
BAHAREQUE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto

Autor:

Christian Mauricio Criollo Salazar

Tutora:

Carvajal Ballesteros Erika Elizabeth

AMBATO - ECUADOR

2024

AUTORIZACIÓN

del autor

Yo Christian Mauricio Criollo Salazar, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre "PROPUESTA DE MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON BAHAREQUE", como requisito para optar al grado de Arquitecta y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 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 deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios. Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los diez días del mes de agosto de 2023, firmo conforme:



Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN MAURICIO
CRIOLLO SALAZAR**

Christian Mauricio Criollo Salazar
1804451530

DECLARACIÓN de autenticidad

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de integración curricular, 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.

Ambato, 10 de agosto de 2023



Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN MAURICIO
CRIOLLO SALAZAR**

Christian Mauricio Criollo Salazar
1804451530

APROBACIÓN

del tutor

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular "PROPUESTA DE MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON BAHAREQUE" presentado por CRIOLLO SALAZAR CHRISTIAN MAURICIO, para optar por el Título de Arquitecto.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de Integración Curricular 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 los Lectores que se designe.

Ambato, 10 de agosto de 2023.

Arq. Carvajal Ballesteros Erika Elizabeth
1717790107

APROBACIÓN

de lectores

El trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: PROPUESTA DE MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON BAHAREQUE 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 titulación.

Ambato, 31 de julio de 2024

Arq. Soria Pazmiño Luis Enrique
1802630713

Ing. Nuñez Torres Sandra Hipatia
1803110137

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ejecutivo

El bahareque es una técnica de construcción tradicional, que utiliza materiales del entorno y conocimientos ancestrales que se transmiten y perfeccionan entre generaciones. Sin embargo, al tratarse de un sistema empírico requiere de procesos normalizados que formalicen la técnica, asegurando la masificación de información y la conservación de estándares de calidad, acorde a lineamientos de regulación y ejecución de obra. Desde esta perspectiva el investigador planteó como objetivo proponer un manual de difusión de métodos y técnicas del sistema constructivo bahareque en la sierra centro del Ecuador, mediante la recolección de información y entrevistas aplicadas durante el período 2023 – 2024. Para su efecto se aplicó un enfoque metodológico cualitativo con énfasis en los niveles exploratorio, explicativo y descriptivo con técnicas de recolección de datos que incluyeron el sustento documental, entrevistas y visitas de campo. Como resultado se propuso un manual de técnicas constructivas con eje en la perspectiva experiencial, teórica y práctica, a manera de mecanismo de análisis y diseño estructural para asentar y/o perfeccionar conocimientos requeridos en el contexto de ensayos de calidad de suelo y sistema constructivo.

DESCRIPTORES: (Arquitectura vernácula, bahareque, manual, técnicas constructivas).

ABSTRACT

Bahareque is a traditional construction technique that uses materials from the environment and ancestral knowledge that is transmitted and perfected between generations. However, since it is an empirical system, it requires standardized processes that formalize the technique, ensuring the massification of information and the conservation of quality standards, in accordance with regulation and work execution guidelines. From this perspective, the researcher set the objective of proposing a manual for the dissemination of methods and techniques of the Bahareque construction system in the central highlands of Ecuador, through the collection of information and interviews applied during the period 2023 - 2024. For this purpose, an approach was applied qualitative methodological with emphasis on the exploratory, explanatory, and descriptive levels with data collection techniques that included documentary support, interviews, and field visits. As a result, a manual of construction techniques was proposed with an axis in the experiential, theoretical and practical perspective, as a mechanism for analysis and structural design to establish and/or perfect the knowledge required in the context of soil quality tests and construction system.

KEYWORDS: (Vernacular architecture, bahareque, manual, construction techniques).

ÍNDICE

de contenidos

RESUMEN EJECUTIVO	14	DISEÑO METODOLÓGICO	46
ABSTRACT	15	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	46
CAPÍTULO 1	19	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	47
INTRODUCCIÓN	20	TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
CONTEXTUALIZACIÓN	20	POBLACIÓN Y MUESTRA	48
MACRO	20	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
MESO	22	INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS	50
MICRO	22	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	51
JUSTIFICACIÓN	23	CAPÍTULO 4	53
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24	ANÁLISIS Y RESULTADOS	54
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	24	APLICACIÓN METODOLÓGICA	54
ÁRBOL DE PROBLEMAS	24	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	54
OBJETIVOS	25	OBJETIVO ESPECIFICO 2	58
OBJETIVO GENERAL	25	OBJETIVO ESPECIFICO 3	67
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25	BIBLIOGRAFÍA	69
CAPÍTULO 2	27	ANEXOS	73
ESTADO DEL ARTE	28		
MARCO TEÓRICO	35		
FUNDAMENTO CONCEPTUAL	35		
FUNDAMENTO TEÓRICO	40		
FUNDAMENTO LEGAL	43		
CAPÍTULO 3	45		
LÍNEA Y SUBLÍNEA INVESTIGATIVA	46		

ÍNDICE

de figuras

Figura 1. Vivienda en proceso de adaptación.....	21	Figura 22. Ensayo Cinta con tierra de Tungurahua.....	66
Figura 2. Centro Histórico de Cuenca.....	22	Figura 23. Ensayo Cinta con tierra de Chimborazo.....	66
Figura 3. Árbol de problemas.....	24	Figura 24. Ensayo Cinta con tierra de Cotopaxi.....	66
Figura 4. Bahareque - material de construcción.....	25	Figura 25. Ensayo Cinta con tierra de Cotopaxi.....	68
Figura 5. Residencias Vernáculas.....	36		
Figura 6. Vivienda vernácula en Riobamba – Ecuador.....	36		
Figura 7. Curva granulométrica.....	38		
Figura 8. Bahareque embutido de barro.....	54		
Figura 9. Bahareque hueco o aligerado.....	55		
Figura 10. Bahareque de madera, cancel o tabla parada.....	55		
Figura 11. Bahareque de metálico.....	55		
Figura 12. Bahareque encementado.....	56		
Figura 13. Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro de Bahareque.....	56		
Figura 14. Elevación tipo para muro y Detalle de solera – columna.....	57		
Figura 15. Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro.....	57		
Figura 16. Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro.....	57		
Figura 17. Elevación tipo para muro y Detalle de solera – columna.....	58		
Figura 18. Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro.....	58		
Figura 19. Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro.....	63		
Figura 20. Recolección de las muestras <i>tierras de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi</i>	65		
Figura 21. Ensayo Sedimentación de las diferentes provincias <i>a) Chimborazo, b) Tungurahua y c) Cotopaxi</i>	65		

ÍNDICE

de tablas

Tabla 1. Resumen Estado del Arte.....	33
Tabla 2. Condiciones óptimas del suelo para construcción.....	42
Tabla 3. Condiciones óptimas del suelo para construcción.....	43
Tabla 4. Colabores del proceso muestral.....	48
Tabla 5. Colabores del proceso muestral.....	49
Tabla 6. Matriz de datos de aproximación a los procesos constructivos.....	59
Tabla 7. Matriz de datos técnico-constructivos.....	60
Tabla 8. Matriz de datos técnico-constructivos.....	62
Tabla 9. Resultados Sedimentación donde se determinan porcentajes de los componentes de las muestras de tierra.....	65

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

A través de la historia las construcciones vernáculas han sido construidas con algo tan simple como el barro, es decir; la misma tierra de la zona junto con la incorporación de agua y fibras naturales, este componente constructivo se sigue utilizando en la actualidad gracias a su fácil elaboración, puesto que cada elemento se consigue en el mismo lugar de construcción. Por ello se puede observar en muchas culturas nativas la construcción a base de tierra, donde agregan distintos aditivos dependiendo de la región como por ejemplo bambú, palma, piedra, madera, sangre de animales, entre otros elementos biodegradables.

Durante la primera década del siglo XXI el impacto que ha tenido la bioconstrucción es alto debido al bajo impacto ambiental al obtenerlos y a los bajos costos de producción; posteriormente surgieron técnicas constructivas con mayor complejidad y por ende inherentes a un mayor valor para su producción, pero las mismas se basan estrechamente con las técnicas tradicionales refiriéndose a tal fenómeno como una adaptación actual; gracias a la utilización materiales biodegradables en la construcción tradicional, la contaminación se ve claramente reducida, además que dichos implementos son de gran resistencia y duración (Tenze et al., 2020, p. 603).

La presente investigación se enfocará en la búsqueda de las técnicas tradicionales del bahareque como elemento fundamental, respaldado por documentación bibliográfica fiable y posteriormente la creación de un manual enfocado en las construcciones de bahareque y su implementación en edificaciones actuales.

CONTEXTUALIZACIÓN

Macro

El bahareque es una técnica constructiva llegada a América Latina por nativos afroamericanos originarios del pueblo de Malibu, los cuales construían sus viviendas tipo choza. Con la colonización de Santa Cruz y San Antonio en Colombia, modificaron la construcción nativa indígena e implementaron al proceso de construcción el barro, peñas, latas, palmas, bejuco, excremento de vaca, piedras, entre otros. Con el tiempo, este tipo de construcción fue adaptada por diferentes comunidades por sus beneficios climáticos, consecuencia de ello nacieron expertos artesanos que se especializaron en la construcción de vivienda con bahareque

Inicialmente el sistema constructivo vernáculo era empírico y dependía de la habilidad y conocimiento heredado entre generaciones. No obstante, en la actualidad los vacíos conceptuales y técnicos retrasan o detienen la renovación de construcciones en tierra. Sumado al avance tecnológico y la preferencia de viviendas de zinc y cemento han desencadenado la pérdida cultural que representa el desconocimiento de técnica con bahareque (Smith, 2020, p. sin paginación).

Desde un contexto legal, la cantidad de normativas y documentación que consideran las construcciones a base de técnicas tradicionales o combinan estrategias sin alterar física o ambientalmente un espacio son limitadas o se reducen a una técnica en específico. De acuerdo con Cid et al. (2011) en Latinoamérica únicamente Brasil, Colombia y Perú han establecido parámetros o reglamentos de selección de suelos, estabilización estructural y control de calidad dentro de un marco legal, para aceptación de proyectos vernáculos. Sin embargo, el procedimiento y las técnicas constructivas se enfocan en el adobe y por ende descartan la normalización en la técnica del bahareque u otros sistemas a base de tierra (pp. 160 – 161).

Figura 1
Vivienda en proceso de adaptación.



Nota. Tomado de (Vargas et al., 2022, p. 125).

Posteriormente el mayor problema que se encuentra es que el desarrollo de materiales industriales a partir de 1900 modificó las técnicas constructivas, por lo que actualmente los materiales modernos utilizados, representan un riesgo debido a que su extracción o utilización afecta de manera directa a las diferentes comunidades, que en la búsqueda de una vivienda con mayor calidad, llegan a mezclar la técnica del bahareque, con técnicas inadecuadas, dando como resultado, la pérdida de identidad cultural ancestral de comunidades nativas como se puede observar en la Figura 1.

En el caso de Ecuador, dentro de un marco legal, las construcciones con bahareque pueden ser consideradas ilegales, ya que no existe una norma técnica que avale el proceso constructivo, por ende, no hay ninguna garantía que avale la calidad del producto constructivo.

En el Manual para el diseño de construcciones de la comunidad Andina (2015) se presenta requisitos mínimos para supervisar el diseño y la construcción. Donde se detalla que el bahareque está constituido por caña, bambú o carrizo tejido, con relleno de paja, palma o piedras, posteriormente este será revocado con barro o lodo; lo más utilizado es el carrizo enlucido con barro, cubiertas a bajas alturas, esto es una respuesta de la arquitectura vernácula empleada en la zona sierra ecuatoriana, sin embargo, al pasar el tiempo, sin el mantenimiento adecuado, el bahareque puede verse afectado, deteriorándose tanto sus paredes como su cubierta (pp.17-24).

La situación actual del Ecuador es que el 60% de las viviendas son construidas con ladrillo y cemento; el otro 40% restante son materiales tradicionales manejados en la arquitectura popular y la técnica de pared de mano (caña guadua, adobe, tapial, bahareque, etc.), también se opta por materiales alternativos como bloque. La mayor parte de las primeras edificaciones han sido construidas con la asistencia técnica de profesionales, mientras que las segundas, casi en su totalidad, con la iniciativa y el trabajo de sus propietarios y maestros con conocimientos adquiridos de la experiencia, ambos ubicados en áreas urbanas marginales y rurales con escasos recursos económicos (Tenze et al., 2020, p. 604).

Meso

En la provincia de Tungurahua existe una gran presencia de construcciones de tierra, destacando a las edificaciones construidas con tapial, bahareque y adobe, se las puede observar en mayor cantidad en los sectores rurales de los diferentes Cantones que conforman esta provincia. Cabe mencionar que en la antigüedad las viviendas vernáculas utilizaban técnicas mixtas, mencionando que las paredes eran de adobe y los tumbados y ciertas partes de los techos eran de bahareque. Con el pasar del tiempo estas técnicas de construcción se han ido modificando, comenzando a utilizar materiales contemporáneos que dan un acabado más estético y un tiempo de vida útil más prolongado de la edificación.

En general, se puede decir que, a mediados del siglo XX en la provincia de Tungurahua, especialmente en el cantón Ambato, predominaban las casas de bahareque, aunque las casas de piedra o mampostería mixta y las construcciones de piedra pishilata se utilizaban principalmente en iglesias y edificios públicos, por ejemplo, la Iglesia Matriz, Iglesia La Medalla Milagrosa, Colegio Bolívar, Palacio de la Ciudad y otros. Las propiedades de los edificios, los materiales, el número de pisos y habitaciones, y la condición de los inquilinos o propietarios de las casas influían en el material con el que construían sus viviendas (Huerta & López, 2013, 576)

Micro

A nivel micro se analiza la parroquia rural de San Antonio de Pasa, al oeste del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, por ser uno de los pocos lugares en la región Interandina del Ecuador, en donde aún se conserva cuidadosamente las casas de adobe y bahareque. Aunque existen varias viviendas construidas con arquitectura de tierra, las mismas quedan abandonadas, son modificadas desde un contexto mixto donde se emplea revestimiento el cemento o bloques para evitar la caída de los muros como se aprecia en la Figura 2; en el mejor escenario son restauradas.

El tiempo no ha borrado la sonrisa de Delfilia Ulloa de 97 años, residente del centro comunitario de Pasa, quien ha tratado durante muchos años de mantener intacta su casa de bahareque. Para ella, este es su bien más preciado, ya que menciona, es el mejor legado que ha recibido de sus antepasados por sus innumerables beneficios, el mayor de los cuales es: crear un equilibrio entre el entorno natural, entorno construido y sus habitantes.

Adriana Ulloa, de 41 años, es otra residente que vive en una casa de bahareque de aproximadamente 100 años de antigüedad. Para ella es sumamente importante que se conserve, porque a diferencia de las casas de cemento de hoy, las casas de barro generan energía viva, haciendo alusión a la longevidad de sus residentes.

Figura 2
Centro Histórico de Cuenca.



Nota. Tomado de (Ulloa A, 2022).

Según el testimonio de Ulloa una estas casas almacenan energía para que se conserve cuando alguien vive en ella y cuando se deja se degrada inmediatamente. Estas casas se están deteriorando porque, aunque se consideran patrimonio cultural, su preservación se ha vuelto prohibitivamente costosa y hay poco o ningún apoyo gubernamental para el proceso de gestión y conservación. Ante tal efecto las generaciones

actuales optan por una recuperación o renovación a base de sistemas constructivos contemporáneos con predominio de materiales modernos, un ejemplo se muestra en la Figura 2, en donde se observa la restauración de una vivienda con tipología bahareque a una edificación con soporte de bloque y cemento; el objetivo, mejorar propiedades constructivas de resistencia (Ulloa, 2022, párr. 4).

Cabe aclarar que las viviendas construidas a base tierra, son relacionadas con la pobreza de la zona urbana, lo cual sumado a la poca estética y acabados rústicos provocan el rechazo constructivo hacia técnicas vernáculos y su combinación con sistemas modernas. De ahí que el presente estudio concentra esfuerzos y recursos para la presentación de un manual de técnicas constructivas con eje en el bahareque y su proceso de fabricación; esto como herramienta investigativa para profesionales que generen una arquitectura más limpia y biodegradable.

JUSTIFICACIÓN

La técnica de construcción del bahareque se mantiene en las comunidades indígenas como una representación histórica en la memoria colectiva de sus sucesores. Con conocimientos empíricos que pasan de generación en generación, las edificaciones tienden a conservar una estructura de madera con entretejido de caña o carrizo, rellena de tierra con alto porcentaje de arcilla. Ante los avances tecnológicos y la coalición de técnicas de construcción, los maestros constructores deben actualizar sus conocimientos para asegurar la calidad estructural y estética de sus obras; razón por la cual, se autocapacitan mediante consultas bibliográficas en medios electrónicos.

Cabe aclarar que países vecinos como Perú o Colombia cuentan con normativas de construcción en tierra, en donde se esclarecen los principios del bahareque, sus requisitos generales, parámetros y condiciones en muros, cimentaciones, entrepisos, columnas, cubiertas y uniones. Sin embargo, en el país, la Norma Ecuatoriana de Construcción NTE O80 se limita a presentar los parámetros que deben cumplir los muros de bahareque para prevenir tragedias en

caso de sismo. De igual forma, en 2015 la Red Internacional del Bambú y Ratón presentaron en Quito la "Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado" sin embargo, se trata de una adaptación de la normativa colombiana, mas no de un análisis acorde a las necesidades de vivienda y características del suelo ecuatoriano.

Por ende, la pertinencia investigativa incurre en la necesidad de un manual de técnicas constructivas con bahareque, con criterios técnicos y parámetros de regulación, que sirvan de guía para la ejecución en obra. El mismo debe abordar los métodos principales de elaboración, la factibilidad de construcción acorde a la calidad de tierra y la realización de ensayos granulométricos y de tipo de suelo. Al tratarse de un documento de acceso libre, debe contener información resumida, relevante y que evite confusiones entre personas que carecen de formación en arquitectura o sus ramas, pero que cuentan con interés investigativo o requieren capacitarse en labores nuevas.

La relevancia radica en los resultados cualitativos y cuantitativos que permitan aumentar las definiciones, técnicas y métodos constructivos aplicados con el bahareque, pues al tratarse de un sistema con ventajas como el aislamiento térmico, regulador de temperatura interior, ahorro de energía, reciclable y biodegradable, se debe promover este tipo de construcciones por el mejoramiento urbano histórico y la preservación de técnicas ancestrales importantes para la historia ecuatoriana y Andina. De esta manera, al aumentar el conocimiento y el interés de profesionales en su naturaleza informativa e instructiva en argumentos referentes a métodos y mantenimiento de las técnicas de construcción en bahareque se pretende un impacto positivo en la sociedad y su memoria colectiva.

La importancia investigativa se manifiesta en la creación de un referente investigativo que puede ser corregido o mejorado en función de las necesidades de cada localidad; a nivel de normativa se considera un precedente para la realización de análisis y pruebas de campo en diferentes tipos de suelo. Para este caso en específico se evaluará la superficie terrosa de las provincias que comprenden la Zona

3 de la región Sierra (Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua), pues abarcan construcciones en bahareque. Cabe aclarar que las muestras de tierra serán tomadas y analizadas durante el último trimestre de 2023 y el primer trimestre de 2024.

La investigación es viable, porque se cuenta con información autónoma referente a criterios y evaluación de estabilidad técnica y constructiva del bahareque, análisis comparativo del tipo de suelo, calidad de la tierra, propuestas para el mantenimiento y mejoramiento de estructuras antiguas para su recuperación patrimonial. Además, se cuenta con los recursos tecnológicos para la difusión del material bibliográfico propuesto (manual), de manera que profesionales, autoridades pertinentes y personas independientes tengan libre acceso. Cabe aclarar que el documento presentado debe ser didáctico y de fácil interpretación, por ende, se requiere de los conocimientos del investigador, para presentar soluciones e interpretar datos

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema investigativo se analiza a partir del desconocimiento de las técnicas constructivas del bahareque y su correcto manejo en la Zona 3 de la región Sierra. En la Figura 3 se observa el árbol de problemas con las causas y efectos que rodean el tema de estudio.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué métodos y técnicas son aplicados en la construcción con bahareque?
2. ¿Cómo se comprueba la calidad de la materia utilizada en la técnica del bahareque?
3. ¿De qué manera se abordará la problemática del desconocimiento de las técnicas de construcción con bahareque en la sierra centro del Ecuador?

ÁRBOL DE PROBLEMAS

Figura 3
Árbol de problemas



Nota. Elaboración propia.

OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer un manual de difusión de métodos y técnicas del sistema constructivo bahareque que permita el mejoramiento de la ejecución en obra, en la sierra centro del Ecuador, mediante la recolección de información y entrevistas aplicadas durante el período 2023 – 2024.

Objetivos Específicos

Documentar los principales métodos y técnicas de preparación del bahareque, mediante la implementación de la investigación documental y revisión bibliográfica.

Verificar la calidad de la materia prima y la factibilidad de construir edificaciones con bahareque, mediante ensayos de campo y entrevista para la determinación de parámetros y lineamientos.

Elaborar un manual de técnicas de construcción con bahareque, mediante criterios técnicos y parámetros de regulación, que sirva de guía para la ejecución en obra.

Figura 4
Bahareque - material de construcción.



Nota. Tomado de (Structuralia, 2015).

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Estado del arte

Según la publicación titulada “Uso del bahareque de guadua con mortero en muros, y su influencia en la impermeabilidad de viviendas de bajo costo al clima lluvioso de la ciudad de Satipo Junín” publicada por Rodríguez et al. (2021), se basa en el análisis y uso de la Guadua y mortero como material constructivo. La construcción moderna constituye una fuente de contaminación desde la obtención de material, su transporte, manejo y desecho; en tal virtud, instituciones educativas, normativa legal y profesionales se enfocan en promover la arquitectura sostenible, pues aprovecha los recursos constructivos no convencionales propios de la localidad; entre las ventajas del diseño sostenible se encuentran la materialidad natural, los sistemas constructivos ecológicos y modificaciones en la dimensión económica, social y ambiental. Desde este contexto el investigador realiza paneles de bahareque a base de mortero con guadua, para determinar la impermeabilidad al clima lluvioso mediante pruebas de goteo. Los resultados revelan su eficiencia en muros estructurales

Según Lara y Galarza (2020) en su tema “Prototipo de vivienda de interés social para el cantón Zamora

utilizando el sistema constructivo bahareque encementado”, planteó una solución alternativa a la reducción del déficit habitacional del cantón, presentando como alternativa el proceso constructivo del bahareque, dando como resultado la inserción de estrategias y materiales dependientes de las condiciones climáticas y diagnóstico socioeconómico del sector Virgen del Carmen, determinando factores importantes como: falta de infraestructura y servicios básicos, humedad elevada, lluvias constantes, vientos moderados, y asolamiento las cuales son determinantes en la inserción de criterios y estrategias en el proceso constructivo. El prototipo de vivienda social a base de bahareque encementado es un modelo de reducción de costos por concepto de mano de obra y material, se considera de fácil ensamble, sustentable en las tres dimensiones (social, económica y ambiental), amigable con el medio ambiente, asegura la comodidad y confort térmico y demás ventajas que reafirman su utilización en proyectos unifamiliares y urbanos.

Según Lara y Bustamante (2022) en su investigación: “Determinación de la capacidad de muros portantes en bahareque y diseño estructural de la hacienda Yakana” cuyo

objetivo es una recolección de información para obtener la resistencia de los muros de bahareque y calcular el diseño estructural de la hacienda Yakana a partir de ensayos de campo y de laboratorio. En base a ensayos geotécnicos el investigador obtuvo datos granulométricos del suelo para posteriormente construir y ensayar bloques de suelocemento, dando como resultado $f'c = 24\text{kg/cm}^2$ y $v = 8\text{kg/cm}^2$, con estos datos se diseñó un modelo estructural en el gestor CYPECAD (software de diseño, cálculo y dimensionamiento de estructuras. Los resultados no fueron favorables por la falta de resistencia de los bloques y por las luces contempladas en el diseño arquitectónico, por ende, se reforzó el modelo con elementos estructurales de madera para cumplir con las combinaciones de carga que requiere la estructura. Sin embargo, los resultados continuaron siendo insatisfactorios, concluyendo así que el tipo de suelo no es el adecuado para construir dichos muros y recomendando el uso de polímeros u otros elementos que aseguren incrementar la resistencia.

Rubén Salvador Roux Gutiérrez (2018) presenta un artículo científico, publicado en la Revista Legado de Arquitectura y Diseño, N° 23, con el tema "Bahareque y su Inercia Térmica para muros de viviendas de Interés Social". En dicho artículo se hace énfasis en el bahareque como técnica de construcción antigua que el ser humano ha usado por milenios, pero que se fue perdiendo por el surgimiento de nuevos materiales y la estandarización de los procesos de producción. En cuanto a la metodología se investiga y se utiliza la tierra como material de construcción por sus cualidades naturales, y se recupera el bahareque como objeto de estudio para comparar sus beneficios como controlador natural de temperatura frente al bloque de cemento y el ladrillo, que son más comunes en la construcción. Se colocó una fuente de calor con 6 bombillos de 150 w cada uno, a una distancia de 34,5 cm de los paneles de bahareque, hechos para este propósito y que se sometieron a prueba durante 5 horas. Las temperaturas se midieron con termopares ubicados en la parte delantera y trasera de cada panel a la misma distancia y altura. Roux (2018), menciona:

Existen muchas formas de combinar la arquitectura con tierra con otros recursos naturales o industriales, que se usan en diferentes partes del mundo. Sin embargo, en este campo

específico del saber hay mucho que investigar en cada región, pues se trata de técnicas muy variadas, sobre todo en América Latina. Las técnicas mixtas, como su nombre lo indica, son técnicas que usan varios materiales:

El sistema estructural se hace con diversos materiales de origen vegetal o industrial que forman el cuerpo o el esqueleto que lo sostiene.

La tierra o el barro que sirve en algunos de estos sistemas como relleno y como recubrimiento, aprovechando una de sus principales propiedades: responder a las condiciones ambientales en un desempeño acústico y térmico. En las técnicas mixtas la tierra actúa como la piel, pues regula la temperatura, la humedad y el sonido (Roux, 2018, p. 26).

El aporte de este artículo científico radica en la realización de varios ensayos con bahareque, comparando la resistencia térmica que este tiene con respecto a otros materiales e identificando que es una técnica vernácula de construcción que debe ser estudiada a profundidad.

Raquel Catalán Diez presenta en el 2018, un trabajo de investigación previo a la titulación en el grado académico de Arquitecta en Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid bajo el tema "Construcción con Tierra – Reinterpretación de una Tradición". El objetivo general de este proyecto es dar a conocer el método pasivo de ahorro energético en viviendas bioclimáticas al utilizar la tierra como material principal. La aplicación metodológica aplica un enfoque cuantitativo y cualitativo dependiente de una investigación de campo sostenida en la modalidad bibliográfica; en su cumplimiento los objetivos se plantean en lugar y tiempo bajo estrategias exploratorias, descriptivas, correlacionales y explicativas. Desde esta perspectiva Catalán (2018) menciona que:

"La construcción con tierra es el método de construcción más comprobado por la historia y el más antiguo usado por el hombre. Este fue reemplazado por materiales mucho menos naturales en la búsqueda del progreso, pero actualmente se está apostando por la sostenibilidad en el mundo de la arquitectura, lo que supone la recuperación e innovación de este sistema constructivo tradicional. Ante esta nueva realidad, se está abriendo paso un

campo de investigación cuyo propósito es la búsqueda de nuevos materiales, productos y técnicas que mejoren este tipo de construcción en el mundo moderno” (p 7).

Los aportes investigativos están explícitos en los procesos de mejora para la resistencia de la tierra en sus diferentes presentaciones, así también a evitar su desgaste y promover su conservación. A través de las investigaciones y los antecedentes bibliográficos presentados y analizados se pretende establecer propuestas de diseño acordes a las necesidades de habitabilidad (confort y salud) y estética (elementos ornamentales y constructivos) modernas, mediante la adecuación y adaptación de técnicas de construcción y conservación del bahareque

Al tratarse de tierra el bahareque requiere de procesos de conservación que alarguen su existencia, en este sentido se analiza el trabajo investigativo de Maldonado 2017 bajo el tema “Estrategias para la conservación de la cultura constructiva de bahareque en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay” que con el objetivo de generar estrategias de conservación se valora y diagnostica la cultura constructiva para el planteamiento de lineamientos y un plan piloto de conservación y gestión del bahareque. Como metodología se aplicó un análisis mixto basado en la participación colectiva y la recolección de datos viables; entre las herramientas de recolección de datos constan: análisis FODA, estadísticos de edad, valoración de técnicas constructivas, inventarios y fichas de observación.

Durante el desarrollo metodológico se ubican grupos focales para la aplicación de entrevistas y encuestas para diagnosticar la conservación, valoración, o pérdida de las técnicas constructivas del bahareque entorno al uso, normativas y características territoriales. Como resultado se plantearon estrategias de conservación alrededor de cuatro ejes estratégicos (formación, institucional, conservación y legal). En conclusión, las técnicas de construcción ancestrales se ven afectadas por las políticas culturales del país, pues el crecimiento y desarrollo constructivo se enfoca a la creación de nuevas edificaciones con procesos modernos, mientras que las edificaciones ancestrales se califican de baja categoría y su uso se estigmatiza a personas de bajos

recursos, cuando en realidad son una muestra cultural e histórica de la región.

Como aporte investigativo se considera los datos que deben contener las fichas de observación para asegurar una correcta interpretación y análisis de la situación actual del uso del bahareque. Entre los mismos deben constar ubicación geográfica y espacial de la edificación, estado, tipo de intervención, material y técnica constructiva, la georreferenciación, características arquitectónicas (tación, tipo de zócalo, tabiquería).

El bahareque es una técnica constructiva que requiere precisión en la cantidad de componentes y calidad en la materia prima, en este contexto la granulometría de la mezcla se vuelve un factor relevante para mejorar su recubrimiento y evitar futuras lesiones. Para ampliar el tema se analiza el trabajo de titulación de Culma et al. (2018) con el tema “Mejoramiento del recubrimiento en construcciones de bahareque, por clasificación granulométrica” en donde se plantea como objetivo mejorar la adherencia del recubrimiento en tierra, en base a lesiones halladas en viviendas de bahareque, la realización de pruebas granulométricas (uso y tipo de tierra). Como metodología se recopiló datos a través de cuatro fases: 1) exploratoria, toma de muestras mediante visitas de campo, 2) investigativa, recopilación bibliográfica, 3) experimental, ensayos para determinar las propiedades organolépticas del suelo, 4) fase analítica, análisis de datos y creación de prototipos.

Durante la recopilación de datos se identificaron viviendas construidas con tierra cruda, en donde se evidencia fisuras en la capa exterior del bahareque, los factores mantienen correlación con la humedad, espesor de capa, aglutinante, impermeabilidad. Al analizar los agentes causales se determinó que las fisuras son provocadas por esterillas utilizadas en como estructura; las grietas son causadas por la falta de humedad en la mezcla de bahareque. Como resultado de los ensayos se mostró que las fisuras se reducen con la adherencia mecánica que mejora la cohesión y el agarre entre capas. En conclusión, la tecnificación del proceso constructivo del bahareque depende del proceso de selección granulométrica, aglutinantes y el acabado.

Como aporte de la investigación se tiene la importancia de realizar ensayos granulométricos, para definir las propiedades del suelo y su evaluación. Además, se considera los factores que aseguran la durabilidad e impermeabilidad de la construcción.

Las construcciones de bahareque presentan ventajas desde el punto de vista ecológico, pero también en el confort de sus ocupantes, en este sentido se analiza el artículo científico de Jumbo y Monteros (2023) con el tema "El confort térmico en la arquitectura vernácula de la Parroquia Chuquiribamba -Ecuador" en donde se plantea como objetivo el analizar los conceptos bioclimáticos, la correlación medioambiental y el confort térmico de edificaciones en bahareque. Como metodología se realizó una caracterización tipológica de las viviendas patrimoniales sometidas a simulaciones térmicas.

En el proceso metodológico se recopilaron datos de INAMHI (temperatura, humedad, precipitación, radiación, velocidad de aire, etc.) para determinar el comportamiento térmico en función de las variables térmicas, materialidad y condiciones constructivas (orientación, elementos arquitectónicos). Los resultados revelan que el confort térmico en las viviendas de bahareque depende de la orientación y la cantidad de radiación solar acumulada durante el día, no obstante, el calor tiende a perderse en las noches por el mismo cambio de temperatura, pero también por la distribución espacial interna y la materialidad de techos y vanos. En conclusión, las técnicas de construcción tradicional son una solución al cambio climático, sin embargo, requiere mejoras en el sistema estructural y disposición de espacios dependientes de elementos arquitectónicos.

El bahareque ofrece propiedades estéticas, bioclimáticas y mecánicas; dentro de estas últimas se encuentran las características sísmo – resistentes, para lo cual se presenta la investigación de Rizo et al., (2021) con el tema "El bahareque y el adobe como técnica constructiva sísmo-resistente" en donde se planteó como objetivo analizar el bahareque como materia prima de bajo costo, capaz de evolucionar para asegurar durabilidad, resistencia y estética. Como metodología se empleó una investigación descriptiva – documental, sustentada en artículos académicos y su

interpretación.

Como proceso metodológico se realizó una comparación de perdurabilidad en viviendas con al menos 60 años de vida útil; evaluando valores teóricos con respecto a muestras de campo. Además, en fichas de recolección de datos se caracterizaron cimientos, muros y vigas para definir su estado, frente a los costos de recuperación y mantenimiento, cabe aclarar que dentro del contexto cualitativo se describieron materiales, y tipo de mano de obra, mientras que cuantitativamente se presentaron cantidad de cada material, costo unitario y total y cantidad de trabajadores. Los resultados revelan que la estructura interna de las viviendas construidas en bahareque a sufrido una evolución positiva, facultada para asegurar el bienestar de los ocupantes y la resistencia de las construcciones ante desastres naturales, no obstante, su precio es constante y depende del lugar y posibles tratamientos de mejora. En conclusión, los materiales a base de tierra reducen un 37% de costos con mampostería y reducen en 30% de emisiones de CO₂.

Las viviendas rurales en la serranía ecuatoriana proporcionan la identidad sostenible, sin embargo, las temperaturas bajas son causantes de malestar térmico, por ende, la tecnología y la aplicación de simulaciones son idóneas para proyectos arquitectónicos, capaces de aprovechar los recursos naturales del entorno local y geográfico. Desde esta perspectiva se analiza el artículo investigativo de Rojas y Altamirano (2023) con el tema "Confort térmico en dos tipologías de vivienda en la región Andina del Ecuador: Provincia de Cotopaxi" en donde como objetivo se planteó "simular y analizar el confort térmico en dos casos de estudio en Cotopaxi, y se probaron varios materiales para analizar la materialidad como estrategia pasiva para mejorar el confort térmico". Como metodología se aplicaron cuatro fases: revisión bibliográfica, estudio de campo, análisis y simulación y modificación.

Durante el proceso metodológico los autores realizaron una comparación de materialidad y confort entre viviendas de tipología convencional (T1) y viviendas tradicionales (T2). Como resultado del proceso de simulación observaron similitudes en la variación de temperaturas externas e

internas de T1 y T2, por ende, como estrategias pasivas para mejorar el confort en espacios habitables, se presentan modificaciones en el sistema de ventilación natural, gráficos psicométricos, datos meteorológicos y modificación en puertas y ventanas. En T2 se considera el uso de aislamientos locales, como: lana de cordero, morteros, yeso y tableros de madera. En conclusión, la aplicación de estrategias pasivas para mejorar el confort, incluyen la aplicación de envolventes y la ampliación de ventanas (Rojas & Altamirano, 2023).

Los bloques de tierra son característicos de la arquitectura vernácula, no obstante, el desarrollo social propicia la disminución de personal capacitado, por ende, es propicio perpetuar la información referente su proceso de fabricación en textos investigativos. Desde este contexto se estudia el artículo científico de Rojas Molina et al. (2023) con el tema "Análisis de las técnicas de fabricación de bloques de Adobe" cuyo objetivo fue analizar el proceso de fabricación del adobe, como una estrategia documentada que contribuye al desarrollo sostenible, mediante la utilización de materiales constructivos de bajo impacto. Como metodología se proponen tres etapas: i) bibliográfica y documental, ii) Observación del proceso de fabricación y iii) análisis de materia prima.

Durante el proceso metodológico se recopiló información legal (normativa) y documental sobre los procesos de fabricación regional del adobe. En la segunda etapa, se caracterizó el tipo de materia prima y los procesos de fabricación. Finalmente, en la tercera etapa se experimentó con la técnica constructiva. En conclusión, la calidad de bloques de adobe y su manipulación depende de la calidad de suelo y de los procesos de fabricación.

Mucho se ha aludido al bahareque como técnica de construcción pasiva con características sostenibles, sin embargo, el proceso de elaboración requiere sistematización y ejemplificación, por ende, la presentación de un documento instructivo resulta relevante en la aplicación de estrategias de instalación, mantenimiento, funcionamiento, etc. En este sentido se analiza el trabajo investigativo de Abril y Mendieta (2023) con el tema "Manual de construcción de bahareque tradicional" cuyo objetivo fue promocionar y proteger la

arquitectura en bahareque de la zona sur del Ecuador mediante manuales educativos creados desde el enfoque de la conservación patrimonial. Como metodología se aplicó investigación de campo y bibliográfica para selección de materiales, herramientas y procedimiento.

Dentro del proceso metodológico el investigador parte del concepto de bahareque y su evolución en la historia. A continuación, conceptualiza los elementos del sistema constructivo y su rol en la técnica. Como tercer punto se describen los materiales (tierra, madera, carrizo), su función, tipología, caracterización, ensayos, proceso de elección. En la descripción de herramientas se ubica todo el herramental utilizado durante la aplicación de la técnica, generalmente se trata de equipo básico (serrucho, piola, martillo, pico, etc.). Como último punto se expone el procedimiento y detalles constructivos en la preparación de la obra (nivelación del terreno), cimentación, estructura, cubierta, revestimiento y acabados. El resultado es un manual didáctico, con ilustraciones gráficas concretas y detalladas; la información es sintetizada y resumida en párrafos cortos.

Cabe aclarar que un segundo manual expone medidas preventivas para la protección del bahareque, dentro del mismo se presentan problemas, soluciones y posibles causas de deterioro en viviendas tradicionales (pisos, muros, estructura y cubierta). La presentación visual es similar a la primera sección, sin embargo, se diferencia en las imágenes detalladas y la demostración con casos reales; además de resumir la información en organizadores gráficos.

Bajo el precepto de manual y guía se presenta la investigación de Kaminski et al. (2015) con el tema "Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado" cuyo objetivo fue crear una guía de diseño conceptual y constructivo en países en vías de desarrollo. Como metodología se ejecutó investigación cualitativa en la dimensión social, económica y ambiental para recopilación de recomendaciones a nivel de sostenibilidad, durabilidad, cargas estructurales, detalles constructivos, control de calidad. Durante el desarrollo metodológico se analizan los sistemas de una y dos pieles con mortero de cemento, el proceso de secado y montaje de la estructura y los acabados

de muros y cubiertas. El resultado es una guía detallada de las pruebas de campo, con imágenes del proceso e ilustraciones comparativas entre muestras ensayadas. Los beneficios se enfocaron en presentar formas prácticas, sostenibles y económicas de crear viviendas a partir de recursos in situ y del seguimiento de una guía de procesos para ejecución de la técnica y comprobación de su calidad.

Como aporte se toma el modelo de manual, los temas y subtemas relevantes para su elaboración, además de tratarse de un antecedente bibliográfico de consulta para el fundamento conceptual y teórico de la presente investigación.

Para sintetizar la información y aporte investigativo de los antecedentes analizados los tópicos relevantes son presentados en la Tabla 1.

Tabla 1
Resumen Estado del Arte.

Tipo	Fuente/ Tema/concepto	Autor	Año	Aporte a tu investigación
Revista	Uso del bahareque de guadua con mortero en muros, y su influencia en la impermeabilidad de viviendas de bajo costo al clima lluvioso de la ciudad de Satipo Junín	Rodríguez, Castañeda, Cruz López, R, & Neria Hernández	2021	Pruebas de goteo para determinar la impermeabilidad del bahareque ante condiciones lluviosas
Revista	Prototipo de vivienda de interés social para el cantón Zamora utilizando el sistema constructivo bahareque encementado	Lara y Galarza	2020	Criterios y estrategias constructivas adaptadas al manejo del bahareque en correspondencia a las condiciones climáticas, geográficas y de uso.
Revista	Determinación de la capacidad de muros portantes en bahareque y diseño estructural de la hacienda Yakana	Lara y Bustamante	2022	Comparación entre materiales estructurales que brindan resistencia y durabilidad a los bloques de bahareque.
Artículo científico	Bahareque y su Inercia Térmica para muros de viviendas de Interés Social	Roux Salvador	2018	Realización de ensayos con bahareque, comparando la resistencia térmica con respecto a otros materiales e identificando que es una técnica vernácula de construcción estudiada a profundidad.
Tesis	Construcción con Tierra – Reinterpretación de una Tradición	Raquel Catalán	2018	Procesos de mejora para la resistencia de la tierra en sus diferentes presentaciones, así también a evitar su desgaste y promover su conservación.
Tesis	Estrategias para la conservación de la cultura constructiva de bahareque en la ciudad de Cuenca	Maldonado Álvaro	2017	Datos que deben contener las fichas de observación para asegurar una correcta interpretación y análisis de la situación actual del uso del bahareque

Tesis	Mejoramiento del recubrimiento en construcciones de bahareque, por clasificación granulométrica	Culma, Rojas, Astrid y Redondo Angie	2018	Ensayos granulométricos, para definir las propiedades del suelo y su categorización (adecuado o no). Además, se considera los factores que aseguran la durabilidad e impermeabilidad de la construcción.
Revista	El confort térmico en la arquitectura vernácula de la Parroquia Chuquiribamba -Ecuador	Jumbo Daniel y Morteros Karina	2023	El confort térmico en las viviendas de bahareque y su dependencia de factores climáticos y arquitectónicos como una alternativa bioclimática.
Revista	El bahareque y el adobe como técnica constructiva sismo-resistente	Rizo A., Garay L. y Monsalve F	2021	Durabilidad y beneficios económicos de utilizar bahareque en construcciones modernas
Revista	Confort térmico en dos tipologías de vivienda en la región Andina del Ecuador: Provincia de Cotopaxi	Rojas y Altamirano	2023	Uso de software de simulación como alternativa para mejorar diseños arquitectónicos y para identificar factores de cambio en edificaciones.
Revista	Análisis de las técnicas de fabricación de bloques de Adobe	Rojas, Sanz, Carvajal, Jara, Freire	2023	Importancia de las técnicas de fabricación y manipulación de materia prima en la elaboración de bloques de tierra.
Manual	Manual de construcción de bahareque tradicional	Abril y Mendieta	2023	Modelo de manual, temas abordados, calidad de gráficos y su descripción.
Guía	Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado	Kaminski, Lawrence, Trujillo, D.	2015	Presentación de los datos recopilados respetando un orden y categorización entre temas y ensayos.

Nota. Elaboración propia.

Fundamento conceptual

Dentro de la conceptualización del problema investigativo el autor debe adentrarse en la temática constructiva y sus contextos, en tal virtud, el presente apartado expone vocablos relevantes que contribuirán a la comprensión e interpretación de información recopilada en capítulos posteriores.

Dentro del arte de crear cosas se encuentra la **construcción**, que hace alusión a la técnica de instaurar infraestructuras y edificios considerados en la categoría de arte. Así también se le dice a una obra que ya está hecha o que se está haciendo. En un sentido más amplio, construcción es todo lo que requiere tener un proyecto y una planificación previa antes de realizarse (TRIO Procesos Constructivos S.L., 2019, párr. 1)

Dentro de las ramas de la construcción se encuentra la **arquitectura**, que consiste en “una disciplina definida como el arte y la técnica de proyectar y construir edificios para satisfacer las necesidades del ser humano, a través de la forma, la funcionalidad y los preceptos estéticos, es considerada una de las bellas artes” (Ochoa, 2023, párr. 1). En un sentido estricto, la arquitectura es propia de la civilización humana y no se puede prescindir de ella mientras se viva en comunidad. Cuando el ser humano construye una cabaña con maderas para protegerse de los fenómenos naturales, cuando acondiciona el suelo para levantar una plaza con las esculturas de sus héroes, cuando proyecta un templo para adorar a sus deidades, o cuando levanta una torre enorme de oficinas, el hombre aplica sus saberes arquitectónicos.

Los distintos estilos y formas de la arquitectura en la historia humana, de hecho, expresan muchas de las circunstancias y momentos de su pensamiento, ya sea en términos estéticos o funcionales; de hecho, su saber se fundamenta en tres principios esenciales: belleza, solidez y utilidad. La arquitectura tiene diferentes formas de ser analizada y categorizada, según el criterio que se use, ya sea histórico, cultural o funcional se distinguen tres categorías: funcionalidad, técnica de construcción y período histórico (Ochoa, 2023, párr. 4 - 24).

Dentro de la categoría de funcionalidad la arquitectura se subdivide en tres ramas: a) religiosa, idealización del ser supremo a través del diseño y construcción de espacios sagrados; b) militar, construcciones para fines de protección o combate y c) civil, crea formas y ambientes para el servicio de personas comunes. De igual manera la categoría de técnica de construcción se subdivide en: a) histórica, se vincula con la cultura y obras clásicas, usando técnicas y símbolos transmitidos; b) popular, edificaciones para gente común, usando recursos del entorno con omisión de pretensiones dimensionales y c) común o vulgar, los principios de construcción se orientan al uso y operatividad. Finalmente, la categoría por período histórico se subdivide en: a) romana, destacada por una utilidad y racionalidad que no olvidaba el mundo espiritual; b) barroca, influenciada por la cultura europea y latinoamericana de los siglos XVI y XVII se caracteriza por la prodigalidad de adornos y elementos pintorescos realistas y c) neoclásica, un regreso a los principios grecolatinos de priorización del conocimiento y la razón humana (Fernández, 2019).

No obstante, con los avances tecnológicos y los cambios climáticos, el sector de la construcción se adapta lentamente a la **arquitectura sostenible**, entendida como una estrategia moderna que busca reducir el impacto ambiental del sector de la construcción mediante la creación de proyectos enfocados en la optimización, reutilización y reducción de recursos, para conservación del entorno natural. Un proyecto arquitectónico basado en la sostenibilidad tiene la obligación de acoplar criterios bioclimáticos que consideren iluminación, ventilación, condiciones climáticas, orientación y demás factores pasivos que perfeccionen un diseño. El avance en los sistemas constructivos debe promover materiales y procesos de construcción sostenibles, evitando técnicas invasivas que afecten el entorno natural y su periferia. Entre las medidas bioclimáticas se incluye la minimización de transporte motorizado y el uso de materiales locales, así como una gestión sostenible de los desechos de construcción (Fernández, 2019, p.7).

Uno de los mayores referentes de la arquitectura sostenible es la **arquitectura vernácula**, que surge en su forma sencilla de la necesidad básica de protección a los

fenómenos habituales en el medio natural. Arboleda (2006) en referencia a lo mencionado por Amos Rapoport indica que la arquitectura vernácula evita la imitación estética, así como la teorización del ¿Cómo? y ¿Por qué? se aplicó determinada configuración; en otras palabras, el uso de espacios prioriza la diversidad de expresiones y de equilibrio sobre críticas, restricciones o análisis presentados por especialistas en arquitectura. Desde este contexto Romero (2023) menciona:

"La arquitectura vernácula no responde a un estilo arquitectónico concreto, sino que trata la arquitectura desarrollada en una región concreta a partir de los materiales y técnicas locales. De esta forma, no es lo mismo las edificaciones vernáculas del continente asiático a las del continente africano. Hablar sobre la arquitectura vernácula hace que se piense de nuevo en los proyectos urbanísticos de las grandes ciudades. La importancia de esta arquitectura reside en que son un reflejo de la cultura y el contexto demográfico de cada región, además de que supone un enriquecimiento para la cultura de la población el poder utilizar materiales que son propios del lugar y trabajarlos de una forma artesanal" (Romero, 2023, párr. 1-2).

En la Figura 5 se observan modelos de vivienda vernácula en zonas áridas de difícil acceso.

Figura 5
Residencias Vernáculas.



Nota. Tomado de (Rodríguez & Flores, 2020).

Las limitaciones de la arquitectura vernácula se concentran en la disponibilidad de material, profesionales competentes en sistemas de construcción tradicionales, fenómenos naturales y conservación de la biodiversidad. Al ser un tipo de arquitectura amigable con el entorno natural y coherente con el factor social, se conforma de los recursos locales (ubicación, microclima, materiales, transporte) para mantener el equilibrio con el espacio construido.

Para que una edificación sea considerada dentro del estilo tradicional debe cumplir con los siguientes rasgos generales de la arquitectura vernácula: a) representar a cultura popular a través de materiales y sistemas constructivos naturales; b) transformación a través de conocimientos impartidos entre generaciones; c) conocimientos empíricos; d) esencia y valor simbólico con características estructurales y estéticas que varían acorde a la cultura, el lugar y la función y e) certificar confort térmico acorde al comportamiento climático local. La funcionalidad de las edificaciones vernáculas suele ser: a) vivienda privada, b) centros comunes (escuelas, casas comunales, etc.), c) cualquier uso pertinente para el desarrollo de la población regional. Las viviendas vernáculas se distinguen por aplicar un sistema de construcción tradicional propio del lugar en donde trabajadores y materiales deben ser próximos al área de construcción (Tiburcio, 2008, p. 11). La Figura 6 es un ejemplo de arquitectura vernácula de la sierra ecuatoriana.

Figura 6
Vivienda vernácula en Riobamba – Ecuador.



Nota. Tomado de (El Comercio, 2019).

Por el tipo de materiales utilizados, el estilo vernáculo se incluye en la **arquitectura con tierra**, en donde el confort es igual o superior al registrado en edilicios convencionales; la perspectiva de comodidad depende de las propiedades del material y de las condiciones de uso, con lo cual, el uso de aparatos eléctricos se evita. Como la materia prima que prevalece es la tierra, puede ser devuelta a su estado natural para depositarse en cualquier lugar sin afectar el entorno natural. Los edificios de tierra que se encuentran abandonados tampoco son causa de degradación ambiental o peligro por alteración bioclimática (Ruano Posada, 2021, p. 218). Entre las técnicas más utilizadas se tiene:

Bloques de tierra comprimidos (BTC): Son elementos prismáticos usados en obras de fábrica, se obtienen de aplicar presión a la tierra en el interior de un molde, de esta forma se mejora las propiedades mecánicas del material. Suelen emplearse estabilizados con cal, cemento o yeso. Lo característico de este tipo de bloques de tierra, como indica su nombre, es que la tierra que los compone es compactada, por medios manuales o mecánicos (Robles et al, 2021, p. 56).

Construcción con adobe: Requiere de bloques creados con barro sin cocer en dimensiones manejables por técnicos y obreros, aproximadamente 10 x 24 x 34 cm. El proceso de fabricación empieza con el tamizado de tierra con alto porcentaje de arcilla y arena, posteriormente se agrega masapaja o heno y agua para formar una masa moldeable que será secada al sol. Para asegurar su durabilidad y resistencia a cargas de tracción, impacto y vibración los ladrillos suelen reforzarse con estiércol de animal o a su vez las paredes son recubiertas con el mismo barro. La baja conductividad térmica asegura la conservación de calor y el bajo intercambio de temperatura (Peña et al, 2022, p. 11).

Construcción con tapial: Catalogada como técnica de construcción tradicional se caracteriza por su estabilidad y dureza. La técnica de construcción parte de la creación de un encofrado de madera (dos tablas en paralelo) en el cual se vierte tierra arcillosa húmeda que debe ser compactada por golpeteo con un pistón hasta conseguir capas de entre 10 y 15 cm. El proceso se repite manteniendo la continuidad entre capas, hasta alcanzar la altura correspondiente al muro,

consecutivamente las puertas y ventanas son abiertas con cincel. Para mantener su propiedad monolítica se incluyen añadidos naturales como la crin del caballo o paja (Peña et al, 2022, p. 5).

Construcción con Quincha: Es un procedimiento de construcción tradicional de Sudamérica que radica esencialmente en una especie de entramado de caña o bambú recubierto con barro. Su utilización masiva se propagó aún más durante el virreinato del Perú como técnica antisísmica, debido principalmente a su ausencia de peso y su gran elasticidad (Peña et al, 2022, p. 74 - 79).

La arquitectura con tierra requiere de **técnicas de construcción** definidas por Roux (2018) como "un conjunto de procedimientos o recursos implementados en los procesos de edificación, fabricación y desarrollo de una obra de ingeniería o arquitectura" (p.26). Las técnicas de construcción en tierra combinan una estructura de material orgánico (madera) con una mezcla de relleno (tierra) para conferir estabilidad y arriostamiento al conjunto. En función del estado e hidratación del suelo se dividen en: monolíticas, unitarias o estructura mixta; a su vez se subdividen en 12 categorías de las cuales destacan el adobe, tierra apisonada y barro.

Roux (2018) menciona que entre las técnicas de construcción se encuentra el **bahareque**, bajareque, o fajina aclarando que "es la denominación de un sistema de construcción de viviendas a partir de palos o cañas entretrejidos y barro recubriéndolos; conocida en el campo de la construcción como arquitectura sin arquitectos" (p. 27). El bahareque tiene su origen en los pueblos aborígenes que aprovecharon los recursos a su alrededor para cubrir necesidades sociales de habitabilidad a bajo costo, al mismo tiempo que presentaban su cultura y tradiciones de manera amigable con el medio. Cumple las funciones de recubrimiento (piel), puesto que regula la temperatura, humedad y sonido. Entre sus propiedades se encuentran la resistencia antisísmica, costos de producción bajos, sistema constructivo de fácil aplicación y amigable con el medio ambiente.

En construcciones de bahareque se requiere de

estructuras de madera, caña o carrizo entretrejido, con la denominación de **entramado**, entendido por Roux (2018) como “unión de elementos verticales, horizontales o inclinados que componen el conjunto estructural de una edificación” (p. 27). Cumple la función de esqueleto, se crea con materiales vegetales, industriales o su combinación. En la arquitectura con tierra el entramado suele ser de madera (pino, chopo, abeto, etc.) con conectores metálicos (clavos, grapas); para resistir cargas laterales y arriostramiento diagonal. Entre sus ventajas se encuentran los tiempos de armado, la resistencia térmica, flexibilidad de acabados y distribución de espacios, características bioclimáticas, distribución equitativa de las cargas y costos.

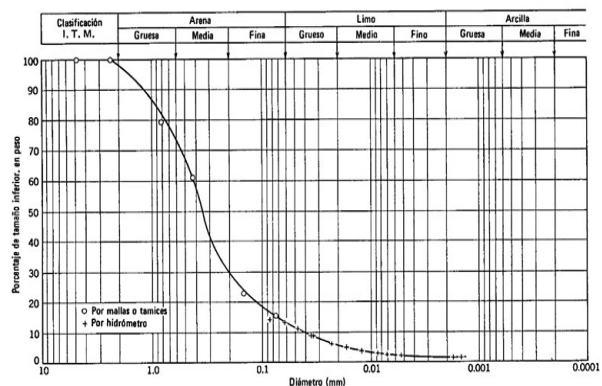
Por otra parte, el entramado de carrizo suele utilizarse como sostén de la mezcla, posterior a un relleno orgánico de paja, cáscara de coco, barro o material reciclado, dependiendo de la zona analizada y de los recursos naturales con los que se cuenta (Lara & Bustamante, 2022).

En la actualidad la arquitectura vernácula y la construcción a base se bahareque requiere un **análisis del suelo**, pues se trata de una herramienta técnica de caracterización de propiedades físicas, químicas y mecánicas que establecen la calidad del terreno donde se piensa construir. Su aplicación requiere de muestras de suelo tomadas por especialistas en el área, para analizarse en laboratorios que definirán la composición estratigráfica; este último término define el tipo de suelo, la cantidad y tipología de capas, el nivel al que deben colocarse las cimentaciones y la condición del suelo en comparación a valores estándar para la construcción. Este proceso utiliza técnicas como: a) calicata (reconocimiento geotécnico superficial); b) penetrómetro (la inserción de instrumentos cónicos estandarizados) y c) sondeos (sondas cilíndricas extraen tierra para su clasificación y análisis visual (Sánchez & Valdivia, 2022, p. 10).

Los estudios de suelo son de vital importancia “para que una construcción sea perenne y que no sea vulnerable ante sismos o inundaciones; por este motivo, es fundamental que exista una formación especializada” (Sánchez & Valdivia, 2022, p. 33). El costo de construcción y especialmente de cimentaciones tiende a elevarse si el suelo es frágil, por

ende, la exactitud del muestreo y cálculo debe ser precisa. Profesionales de la construcción recomiendan edificar sobre suelos resistentes que cumplan con el estándar de calidad y evalúen los pro y los contra de las propiedades descritas en el análisis de suelos. Dentro de los estudios para determinar la calidad del suelo se encuentra la **granulometría**, definida como una técnica que permite conocer el tamaño de grano de una formación sedimentaria y determinar su comportamiento en función al porcentaje que representa. Las propiedades y características son propias de la enumeración Figura 7 (Ruano Posada, 2021, p. 220).

Figura 7
Curva granulométrica.



Nota. Tomado de (Ruano Posada, 2021).

Dentro de los procesos mecánicos de granulometría se incluye el **tamizado**, que es una técnica sencilla que consiste en pasar una muestra árida por una serie de tamices en fracciones granulométricas que siguen un orden descendente que comienza en las 3 pulgadas y termina en 0,075 mm. La separación entre granos puede realizarse mediante agitación, movimiento oscilatorio o lavado (Cordero Vargas et al., 2022, p. 60). El procedimiento del tamizado incluye las siguientes actividades:

Ensamblar los tamices en orden descendente a manera de columna.

La muestra debe colocarse en el tamiz más ancho hasta llegar al más fino

El movimiento manual se aligera con máquinas vibratorias y rotacionales.

La muestra de material en cada tamiz es retirada y pesada por separado.

Crear una curva granulométrica acorde al peso total y los valores retenidos en cada tamiz.

Como resultado del tamizado se identifican tres materiales, siendo el de menor porcentaje y dimensión la arcilla, caracterizada por sus propiedades absorbentes entre sus espacios interlaminares (esmeclitas) o en los canales estructurales (sepiolita y paligorskita). Su significado varía en función de la rama desde que se analiza, por ejemplo, según la perspectiva mineralógica abarca a un conjunto de minerales filosilicatos, cuyas propiedades fisicoquímicas dependen de su estructura y de su tamaño de partícula (menor a 2 µm); desde la perspectiva petrológica, la **arcilla** es una roca sedimentaria de procedencia detrítica, con un tamaño de partícula menor a 2 µm y desde la perspectiva de un ceramista es un material natural que cuando se combina con agua en la cantidad adecuada se transforma en una pasta moldeable. En este contexto, García y Suárez (2017) mencionan:

“Las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envuelta sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas” (p.3).

Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas y con distintas propiedades tecnológicas y usos. Cordero Vargas, et al. (2022) sostiene que la arcilla es un material de construcción muy pesado, que se debe tener en cuenta en el análisis estructural. Además, la arcilla es relativamente resistente a la compresión, dependiendo de qué mezcla o producto se use; junto con la piedra y la madera, este material de construcción es uno

de los primeros compañeros de la humanidad. Un ejemplo son las cabañas redondas de Sudáfrica, que siempre han protegido a sus residentes del medio ambiente (pp. 59 – 60)

Como segundo material se identifica el **limo** o granulo intermedio con dimensiones que varían entre 0,003 y 0,06 mm. Suele transportarse en los ríos; presentándose en forma compacta, pedregosa y rica en nutrientes. Su porcentaje ideal es del 40% por su capacidad para absorber agua (Cordero Vargas et al, 2022, pp.59 - 61).

El material con mayor o igual porcentaje que el limo es la **arena**, definida como un material que se utiliza regularmente en el sector de la construcción, especialmente en edificaciones familiares e industriales y en carreteras. Cuando se habla de la arena de construcción se hace referencia a un elemento mineral que se emplea en la fabricación de bloques, también es un ingrediente fundamental para preparar una mezcla de hormigón. Se puede extraer de los ríos, lagos, depósitos volcánicos, canteras aluviales o mediante la trituración de rocas empleando medios mecánicos; todos estos métodos permiten obtener un producto compacto, fuerte, duradero y versátil (Cordero Vargas et al, 2022, p. 61)

La arena es una combinación de partículas muy finas de rocas, minerales, metales y componentes comunes de la corteza terrestre (oxígeno y silicio); no obstante, el elemento principal son los silicatos, pues representan variedad y cantidad en el grupo mineral, además que por su densidad (media), dureza, traslucidez y transparencia son utilizados para la fabricación de vidrio. El silicio presente en la arena, generalmente, se encuentra en la forma de cuarzo, que es el mineral más resistente a las condiciones climáticas. Por la dimensión del grano, la arena puede ser: a) fina, tiene dimensiones inferiores a 4 mm se utiliza en morteros de enfoscado o revoco, mampostería o aplanados; b) media o miga, alcanza los 4 mm se utiliza para hacer mortero para soldados de estructuras y c) gruesa o lavada, alcanza los 5 mm se mezcla con cemento para obtener el conocido mortero de albañilería y fabricar pisos, formar la cimentación o unir ladrillos (Cordero Vargas et al., 2022, p. 59).

Se observa que la técnica constructiva del bahareque

tiene relevancia desde el punto de vista sostenible y como representante de la memoria colectiva de las regiones autóctonas de una región, sin embargo, ante la diversidad de técnicas tradicionales y la inclusión de técnicas mixtas (tradicional – moderno) se requiere de instrumentos de conocimiento específico, como guía para constructores actuales y futuros, es así como se crean manuales y normativas de obra.

Un **manual** es un documento instructivo que proporciona información detallada y orientación sobre el uso, funcionamiento, instalación, mantenimiento o cualquier otro aspecto relacionado con un producto, sistema, proceso o actividad específicos. Estos documentos están diseñados para guiar a los usuarios, ya sean consumidores, empleados, técnicos u otros, en la comprensión y aplicación adecuada de las instrucciones proporcionadas (Sánchez et al., 2018, p. 10).

Los manuales suelen incluir información paso a paso, ilustraciones, diagramas y detalles técnicos necesarios para que el usuario pueda realizar las tareas o comprender el contenido de manera efectiva. Además, los manuales pueden variar en su formato y propósito, abarcando desde manuales de usuario para productos de consumo hasta manuales técnicos utilizados en campos como la ingeniería, la informática o la medicina. En resumen, un manual sirve como una referencia práctica y completa que facilita la comprensión y aplicación de información específica relacionada con un tema particular.

Fundamento teórico

En las comunidades autóctonas su origen y tradición son presentados de forma natural a través de la **construcción vernácula**, que, según la Tercera Carta del Patrimonio Vernáculo Construido, se trata de un proceso de cambios constantes y una adaptación continua ante las demandas sociales y ambientales. Al mismo tiempo, “es la expresión básica de la identidad de una comunidad, de sus vínculos con el territorio y también, la expresión de la diversidad cultural del mundo”. El patrimonio construido es, junto al idioma materno y

las artes, uno de los elementos más significativos de lo que se puede definir como vernáculo.

Origen de la utilización de bahareque

La arquitectura campesina del Bahareque fue una de las primeras tecnologías constructivas sísmo resistentes en Colombia. A finales del siglo XIX en muchas regiones del país sudamericano se empleaba este método constructivo, resaltando por su sísmo resistencia, rapidez y bajos costos. Todo esto antes que el ladrillo y los morteros de arena y cemento llegaran a ciudades como Medellín y Bogotá, extendiéndose al resto del país. Esta forma de construir surgió luego de que se evaluara su funcionamiento como método para aplicarse en diferentes regiones, donde se ubican zonas de alto movimiento sísmico. Su implementación es un gran aporte al uso de materiales del contexto, convirtiéndola en una de las técnicas locales de Colombia en la cual se halla parte de la arquitectura colonial, de la que hoy se conoce en centros históricos y pueblos con gran riqueza patrimonial. (Leserri & Guzmán, 2019, p. 30).

El bahareque es típico de América; dentro de los tipos está el embutido, esterilla y el tejido. Las comunidades caribes del interior de Colombia y Venezuela a sus sitios de vivienda construidos con materiales naturales como pilotes estructurales de madera, con cubiertas protectoras a dos aguas, hechas con las hojas de la palmera de la región, divisiones y paredes, un encofrado en esterillas guadua relleno por una mezcla de diversos materiales de origen vegetal compactada mediante golpes con pisón, recubiertas con algún tipo de cal para el brillo; sus patrones siempre siguen formas rectangulares; además es usada para el mobiliario interno, hecho completamente con los materiales disponibles en el lugar. Las enramadas externas anexas al bahareque las llaman caney (Vitor et al., 2020, p. 14).

Hoy en día el bahareque es una de las técnicas tradicionales que se intenta implementar para disminuir el déficit de vivienda en Latinoamérica. Mientras su practicidad la convierte en una arquitectura de tipo colaborativo, integrando a sus comunidades en el proceso constructivo, denominada como “bioarquitectura” ya que reduce las

emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Además, el bahareque requiere muy pocos recursos, lo que le convierte en una técnica excelente para construir viviendas en zonas donde estos recursos son limitados, ya que, a pesar de ser un sistema constructivo muy tradicional, que fue utilizado por diferentes pueblos indígenas de América, hoy en día algunos arquitectos lo consideran como la solución a los problemas de escasez (Palacios & Angumba, 2021, p. 20).

El proceso tradicional de construcción con bahareque comenzaba con el trazado del terreno y el levantamiento de zanjas, donde se colocaban columnas de madera a una distancia de 70 cm o 1m entre ellas. Luego, la base era rellena con piedras. Para completar la estructura de la pared se colocaban piezas de madera de 5x10cm, en posición diagonal, esto en caso de que la distancia entre columnas fuese de 1m. El resto del tramado se realizaba con caña brava colocándola en grupos de 3 (una a la par de la otra) y en posición horizontal, dejando un espacio de 15cm entre cada grupo, e intercalándolas a ambos lados de la pared. Las cañas se colocan de abajo hacia arriba hasta llegar a la solera y se unen con clavos sobre los postes, sin estar muy juntas. Para terminar la estructura, se colocaban clavos en la madera, doblándolos un poco para que el barro se pudiera adherir. Una vez listo el armazón, se podía colocar el techo. Este era de tejas de barro colocadas con una inclinación de 20% sobre cerchas de madera a una distancia de 1m entre ellas (Bolaño et al., 2017, p. 10)

Antes de comenzar con la construcción, el barro debe adquirir un aspecto pegajoso, símbolo de la plasticidad adecuada. Para el efecto, se utiliza una mezcla de barro (40% de tierra orgánica y un 60% de tierra arcillosa) para el relleno de las estructuras se preparaba al mismo tiempo que se iniciaba la construcción de las estructuras de las paredes. Este proceso requería de por lo menos tres semanas, donde diariamente se mojaba /con agua) y mezclaba pateándolo o pisándolo con animales. El llenado de las estructuras requería de por lo menos dos personas; mientras una colocaba el barro, por un lado, la otra presionaba por el lado de atrás para ir socándole el aire. Este proceso debía hacerse de abajo hacia arriba, hasta llegar a un metro de alto aproximadamente, luego se procedía a esperar que seicara un poco para luego

continuar con el resto de la altura de la pared; esto porque el peso y la inestabilidad de la mezcla podía provocar que la pared se cayera, así que lo ideal era hacer el relleno por partes (Cárdenas-Haro et al., 2022, p.22).

En esta etapa la caña brava quedaba parcialmente al cubierto y el barro con un aspecto irregular y brusco. Unas horas después cuando el barro estaba un poco seco, se le introducía pedazos de teja en ambos lados de la pared, con una inclinación de 45grados colocados en dos hileras, en direcciones opuestas (formando una flecha). Una vez terminada esta etapa de relleno de estructuras se debía esperar a que las paredes secaran, en otras palabras, que el barro fuera perdiendo paulatinamente el agua.

Cabe aclarar que **las variaciones en la trama** se presentaban a través de columnas de madera, en las que se colocaban barrillas individuales de caña brava a una distancia de 2.5cm. La caña brava podía ser sustituida por reglas de 1x2; caña de bambú rajada en tiras o caña india por su delgadez se utilizó únicamente por sectores cortos. Como alternativa, y de acuerdo con los materiales contemporáneos con los que hoy se dispone, se han realizado avances tecnológicos en la construcción, en beneficio de la resistencia de esta ante los sismos (Landívar et al., 2019, p.7).

Estructuralmente la edificación requería de **bases estructurales (vigas)** construidas en zanjas de 30 cm de profundidad por 25 o 30 cm de ancho, utilizando aros de varilla número 2 sujetas a varillas número 3, en donde se introducen piezas de madera verticales 10x10cm, a una distancia entre 60 cm a im y cubiertas con una bolsa plástica (para impermeabilizar); para luego ser chorreadas con cemento, cubriendo así toda la zanja (Barrera Peñafiel et al., 2022, p. 206).

Posterior a la estructura base debían realizarse técnicas de recubrimiento que aseguren su durabilidad, entre las mismas estaban el **repello**, que consistía en realizar una mezcla de en barro podrido y zacate pitilla. Pisándolo. Para suplicación, se agarraba el barro con la mano y se tiraba con fuerza para que penetrara las grietas, luego se emparejaba con la mano o una plancha de madera, recortando los

excedentes con el fin de dejar una textura de acabado fino. La pared, debidamente repellada duraba aproximadamente 15 días perdiendo toda el agua, provocándole nuevamente agrietamientos. El segundo repello consistía en una mezcla de tres partes de boñiga fresca por una de barro podrido (sin zacate), también en algunas ocasiones se acostumbró a aplicar boñiga, se aplicaba inmediatamente con la mano cuidando de dejar una textura pareja, o también se utilizaba un pedazo de saco de gangoche para afinar (Pinos Sarmiento & Baculima Armijos, 2019, pp. 11 -12).

Para mejorar la estética de la construcción y como última etapa de acabado, en las paredes se aplicaba un **encalado y pintura**. La mezcla para encalar se preparaba con anticipación antes de ser aplicada, pero como condición, la estructura sobre la que se aplicara debía estar seca. Su preparación se realizaba en dos partes: por un lado, se dejaba reposar pedazos de tuna por varios días hasta que el agua se convirtiera en un líquido espeso. Aparte se zarandeaba la cal

y se mezclaba con agua dejándola reposar por varios días. Además, en caso de que se quisiera una mezcla más blanca, se agrega el agua de las hojas de Azul de Mata hervidas. Todos estos materiales se combinaban y pasaban por un colador, para luego ser aplicadas sobre la pared con una brocha, pasándola en una sola dirección vertical para que todo quedara pareja. Tradicionalmente se utilizan colores amarillo, rosado y celeste en las paredes de las casas de habitación (Landívar et al., 2019, p. 150).

Calificación del tipo de suelo

La calificación del tipo de suelo es valorada acorde a variables y criterios de idoneidad, entre los que constan: peso, granulometría, dispersión, humedad, entre otros.

En la Tabla 2 se detallan diversos criterios de evaluación del suelo para así poder determinar cuándo es un suelo bueno y cuando es un suelo malo.

Tabla 2
Condiciones óptimas del suelo para construcción.

CRITERIO UTILIZADO	SUELO BUENO Adecuado para Construir	SUELO MALO No apto para construir
Granulometría/Textura	Gruesas	Finas
Color del Suelo	Gris	Rojo, amarillo y blanco
Forma de las partículas	Angulosas	Redondeadas
Peso Unitario	Pesado	Liviano
Granulometría	Varios tamaños	Homogéneo
Preconsolidación	Compacto y firme	Blando o suelto
Nivel freático	Sin agua o profunda	Superficial
Plasticidad	No plástico	Plástico
Expansión	No expansivo	Expansivo
Dispersión	No disperso	Disperso
Colapsable	Estable	Colapsable
Material Orgánico	Sin material orgánico	Con material orgánico

Nota. Adaptado de (Pacheco, 2019).

Análisis granulométrico

Se ejecuta en laboratorios mediante el uso de tamices, en donde las partículas de material deben pasar por una serie de mallas o coladores que filtran el grano, sin embargo, esta técnica es aplicable a partículas superiores a los 0,075 mm, en valores inferiores deben aplicarse ensayos de plasticidad para complementar el estudio. Pero para una medición más exacta se utiliza un granulómetro láser, cuyo rayo difracta en las partículas para poder determinar su tamaño (García & Suárez, 2017, p. 14). En la tabla 3 se puede evidenciar los tipos de partículas que existen y su tamaño.

Tabla 3
Condiciones óptimas del suelo para construcción.

Partícula	Tamaño
Arcillas	< 0.002 mm
Limos	0.002 - 0.06 mm
Arenas	0.06 - 2 mm
Gravas	2 mm - 6 cm
Cantos rodados	6 - 25 cm
Bloques	> 25 cm

Nota. Tomado de (Alcívar, 2020).

Fundamento legal

En el presente apartado se expone las normativas y documentación legal que ha impulsado al desarrollo investigativo. Para lo cual, partiendo del concepto de cultura constructiva y de fortalecimiento identitario se menciona el artículo 21 de la Constitución de la República del Ecuador, en donde se menciona:

“Las personas tienen derecho a construir y mantener su propia identidad cultural (...) a la libertad estética; a conocer la memoria histórica de sus culturas y a acceder a su patrimonio cultural; a difundir sus propias expresiones culturales y tener acceso a expresiones culturales diversas” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 27)

No obstante, con el avance tecnológico es necesario presentar soluciones sostenibles que se enfoquen a reducir la contaminación arquitectónica por procesos de extracción, usos y procesamiento de materia prima. Dentro de este contexto, el bahareque muestra técnicas de construcción sostenibles ligadas con el entorno territorial, reducción de contaminación visual y características antisísmicas. En este sentido, la “Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado” de 2015 en un referente normativo y del sistema constructivo en bahareque que caracteriza la materialidad, criterios básicos de planeamiento estructural, cimentaciones, muros, columnas, diafragmas, cubiertas y uniones (López, 2018).

Según la Norma Ecuatoriana de construcción (NEC) en el apartado de “viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5m” en el subíndice 6.7. se aclara:

“6.7.3. Muro portante de bahareque o quincha: Sistema estructural conformado por un sistema de paredes portantes constituidas por madera o cañas entretrejidas y barro, que forman un sistema encajonado, de modo que su forma garantice estabilidad espacial para obtener capacidad portante tanto vertical como horizontal. Es importante conseguir en el diseño que existan suficientes paredes en planta tratando de conseguir un sistema continuo, sin que existan paredes sueltas y contar con un sistema de entrepiso o cubierta que ejerza la capacidad de integrar las paredes, este diafragma puede ser de madera o similar”.

“Se debe lograr continuidad vertical para garantizar que no se acumulen esfuerzos sísmicos en la planta baja y evitar así pisos blandos. Preferentemente estas edificaciones deben tener máximo dos pisos. Para el diseño de muros portantes de tapial tomar como referencia la norma peruana de construcción con quincha” (Norma Ecuatoriana de construcción, 2018, p. 59).

Ante desastres naturales que podrían afectar la estabilidad presente o futura de viviendas construidas a base de tierra, se recomienda construir en áreas alejadas de taludes, ríos o demás accidentes geográficos. Para su efecto se analiza la norma NTE O80 acápite 1.2. donde se aclara que las construcciones de tierra deben cumplir las siguientes características ante desastres:

“a) Durante sismos leves, las edificaciones de tierra reforzada

pueden admitir la formación de fisuras en los muros.”

“b) Durante sismos moderados, las edificaciones de tierra reforzadas pueden admitir fisuras más importantes, sin embargo, están controladas por refuerzos, sin producir daños a los ocupantes. La estructura debe ser reparable con costos razonables.”

“c) Durante la ocurrencia de sismos fuertes, se admite la posibilidad de daños estructurales más considerables, con fisuras y deformaciones permanentes, pero controladas por refuerzos. No deben ocurrir fallas frágiles y colapsos parciales o totales, que puedan significar consecuencias fatales para la vida de los ocupantes.” (NTE O8O, 2O17, p.4)

En el mismo documento oficial en el apartado 2.4 se caracteriza las ventajas y condiciones que muestra una vivienda a base de bahareque, siendo estas:

“Promover las características de la construcción de edificaciones de tierra reforzada, su accesibilidad, bajo costo, virtudes ecológicas y medio ambientales, bajo consumo energético aislamiento térmico y acústico, sus formas tradicionales y texturas rústicas” NTE O8O, 2O17, p.4).

Ecuador carece de normativa específica para los procesos de construcción y elaboración en bahareque, sin embargo, la Red Internacional para el Desarrollo del Bambú y el Ratán (2015) presentó la “Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado” en donde se aclara la relevancia de realizar ensayos de laboratorio para evidenciar la confiabilidad de la mezcla durante la preparación en obra

“6.3.1.5 Colorantes y aditivos: Los colorantes y aditivos que se utilicen en la preparación del mortero de enlucido deben someterse a la aprobación previa del supervisor técnico y debe demostrarse mediante realización de ensayos de laboratorio o evidencia confiable de obras similares, que no deterioran ninguna de las propiedades deseables del mortero, ni causan corrosión del refuerzo embebido.”

“6.3.1.6 Preparación en obra: La preparación del mortero de pega con las dosificaciones establecidas previamente, debe hacerse utilizando mezcladoras mecánicas apropiadas en seco o con el agua de amasado suficiente para obtener la plasticidad requerida. Cuando se mezclen los componentes en seco, la adición de agua se debe realizar por el albañil hasta obtener

la plasticidad y consistencia requeridas. El tiempo de mezclado debe ser el suficiente para obtener uniformidad sin segregación en la mezcla. La preparación manual sólo se admite para trabajos de obras menores de hasta 3 viviendas” (Red Internacional para el Desarrollo del Bambú y el Ratán , 2015, pp. 22 – 23).

Esta normativa servirá en la descripción del proceso de elaboración y prueba de bahareque, pues entre sus capítulos detalla valores de aceptación de calidad y descarte de pruebas.

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3

DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico para el desarrollo investigativo se fundamenta en trabajos investigativos anteriores que ponen pauta a las estrategias de recolección de datos y procesamiento de información. En el presente apartado se presentarán las herramientas investigativas seleccionadas, ostentando las razones.

Línea y Sublínea investigativa

Línea de investigación: Línea 2. Diseño, técnica y sostenibilidad (DITES) de la Universidad Indoamérica.

Esta línea de investigación se centra en encontrar respuestas a problemas relacionados con: hábitats sociales, materiales y sistemas constructivos, materiales locales, arquitectura bioclimática, construcción sismorresistente, patrimonio cultural, infraestructuras y equipamientos urbanos y equipamientos sociales.

Sub - línea de investigación: Teoría, crítica y Patrimonio Cultural (EPAC, Estudios de Patrimonio y Cultura) de la Universidad Indoamérica.

Promueve el estudio y la preservación del patrimonio

cultural de la humanidad, tangible e intangible. Tangible, se incluyen los bienes muebles e inmuebles y lo intangible que comprende la lengua, las costumbres y las tradiciones de culturas.

Enfoque de la investigación

Enfoque Cualitativo. - busca comprender a fondo fenómenos desde la perspectiva de participantes en su entorno natural. Investiga las perspectivas de individuos o grupos pequeños, profundizando en sus experiencias y significados subjetivos. Recomendado para temas poco explorados o en grupos específicos, inicia con la formulación de la idea de investigación, marcando el inicio de un proceso detallado y contextualizado (Vega et al, 2014, p. 525).

Conforme a la explicación de Hernández et al., (2014), el enfoque cualitativo se fundamenta en la recopilación y evaluación de datos descriptivos, tales como entrevistas, observaciones y análisis de documentos. Este enfoque busca comprender y explicar fenómenos sociales, poniendo énfasis en la subjetividad y la contextualización.

El enfoque que se abordará en esta investigación será de

naturaleza cualitativo. Esto se debe a que se llevará a cabo un estudio detenido de los métodos y técnicas actualmente disponibles para la construcción de bahareque. El objetivo es analizar en detalle estas prácticas, documentarlas de manera exhaustiva y plasmarlas en un manual integral. Este manual se concibe como una guía práctica destinada a ser utilizada por cualquier persona que requiera orientación en este campo.

La información recopilada será obtenida de fuentes primarias y secundarias, en donde serán considerados documentos físicos y virtuales. Este enfoque permitirá obtener una visión amplia y un conocimiento profundo del trabajo relacionado con el bahareque. La combinación de fuentes físicas y digitales garantizará una cobertura completa, ofreciendo una perspectiva integral que enriquecerá el contenido del manual resultante.

Nivel de investigación

Exploratorio: La investigación exploratoria estudia un problema analizado con anterioridad con la finalidad de ampliar el tema y abordar temas poco tratados con anterioridad; los resultados tienden a ser ambiguos y con regularidad su comprensión concluye en estudios futuros. Este nivel investigativo es flexible a cambios en comparación a otros tipos de estudios, sin embargo, el investigador debe ser constante, receptivo y paciente para asegurar la correcta interpretación de datos. Su aplicación suele ser oportuna en estudios que se encuentran en fase preliminar. Se correlaciona con la investigación interpretativa para responder a los cuestionamientos ¿Qué?, ¿Por qué? y ¿Cómo? (Questionpro, 2019). Según Arias (2012), un estudio exploratorio se “realiza sobre un sujeto u objeto desconocido o poco conocido, de modo que sus resultados representen una visión aproximada del objeto dado, se lo aplica cuando se tiene un nivel superficial de conocimiento” (p. 23).

En la investigación se empleará en la identificación de cambios positivos o negativos que envuelven al sistema constructivo del bahareque. Además, con el uso de herramientas investigativas (entrevistas y encuestas)

se estudiarán y presentarán posibles soluciones a la problemática identificada, como una estrategia de conservación y manipulación de construcciones a base de tierra.

Explicativo: se lleva a cabo para investigar de forma puntual un fenómeno que no se había estudiado antes, o que no se había explicado bien. Su intención es proporcionar detalles donde existe una pequeña cantidad de información. El investigador obtiene una idea general y utiliza la investigación como una herramienta para que lo guíe a temas que podrían abordarse en el futuro. Su objetivo es encontrar por qué y para qué de un objeto de estudio (Rus Arias, 2020, párr. 1).

Durante el proceso investigativo el nivel explicativo se usará en la recopilación de técnicas constructivas con bahareque, para la presentación de lineamientos de manipulación mostrados en un manual con criterios técnicos y parámetros de regulación.

Descriptivo: Hernández et al. (2014) mencionan que “La investigación descriptiva intenta revelar características importantes de individuos, grupos, comunidades u otros fenómenos a analizar” (p. 14). La investigación descriptiva, como otros tipos de investigación. Solo que, con más especificidad.

El presente nivel investigativo se aplicará en la caracterización del objeto de estudio a través del análisis de los materiales en viviendas de interés social que aseguran un espacio interior óptimo. De considerarse relevante se tomarán en cuenta dimensiones, mano de obra, calidad del suelo y demás.

Tipo de investigación

Documental: pertenece a las técnicas cualitativas, su fuente de información depende de la disponibilidad de documentos oficiales, libros, artículos de revista, hemerotecas, grabaciones, filmaciones y demás legados bibliográficos verídicos. A comparación de otros métodos, la investigación documental no es tan popular debido a que las estadísticas y

cuantificación están consideradas como formas más seguras para el análisis de datos (Hernández Sampieri et al., 2014, p.15).

Se utilizará para recolectar información referente a las técnicas de construcción en bahareque, la misma será presentada durante el desarrollo del marco teórico para conceptualizar términos, presentar antecedentes investigativos y mostrar el marco legal que sustenta el estudio.

De campo: La información es recopilada en el lugar de análisis para visualizar la realidad del fenómeno analizado para cumplir un propósito específico. Los datos recolectados pueden ser cualitativos (fotografías, soluciones subjetivas) o cuantitativos (valores estadísticos), siempre y cuando se encaminen a comprender la realidad de los involucrados e interactuar con las personas en su entorno natural. Cuando se habla sobre estar en “el campo” se está hablando de estar en el lugar de los hechos y participar en la vida cotidiana de las personas que están estudiando (Guzmán, 2019, párr.1).

El estudio se realizará en las provincias de la Sierra, pertenecientes a la Zona 3, por ende, se planean visitas técnicas para recolección de datos en fichas de observación y realización de entrevistas y encuestas a personajes relevantes para el desarrollo de la comunidad y con conocimientos en arquitectura vernácula y manejo del bahareque.

Población y Muestra

Previo a la descripción de población y muestra se aclara que pese a tratarse de términos propios de la investigación cuantitativa, se utilizan en el estudio, para la selección de individuos a quienes se les aplicará una encuesta.

La población investigada se compone de técnicos especialistas en la construcción de viviendas en bahareque; en esta categoría se incluyen albañiles, arquitectos, historiados, artesanos y autoridades locales. Para determinar el tamaño de muestra se aplicará un **muestreo no probabilístico**, en donde el investigador define su muestra de acuerdo con el alcance investigativo o en función de parámetros preestablecidos de selección. En este caso, se optará por seleccionar a tres personas con conocimiento teórico o práctico en técnicas de construcción vernáculas así también con experiencia y destreza en la fabricación de bahareque.

En la Tabla 4 se describen datos básicos de los colaboradores y el área de conocimiento (aproximación a los procesos constructivos, técnica constructiva o conocimiento teórico – práctico) al que se enfocara el cuestionario.

Tabla 4
Colabores del proceso muestral

Muestra	Cargo/Titulo	Nombre/Datos	Aporte	Fotografía
1	Arquitecto	Eduardo Tumbaco Cel: 0983078734	Aproximación a los procesos constructivos	
2	Maestro conocedor de la técnica del bahareque	Luis Cují Chango Cel: 099 771 6558 Dir.: Riobamba	Técnica constructiva	
3	Ingeniera civil	Jessenia Núñez Cel: 0998798359 jbnunez1991@gmail.com	Conocimiento Teórico - Práctico	

Nota. Elaboración Propia.

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas presentadas se orientan a la recopilación de información in situ para un acercamiento a la realidad social y cultural de los involucrados. La información recopilada será sintetizada para facilitar su procesamiento, además, de verificar su validez durante el proceso de tabulación y lectura comprensiva.

Entre las técnicas de recolección consideradas se encuentran: análisis documental, entrevista y fichas de observación. Para conceptualización y comprensión de terminologías se empleará como eje investigativo la documentación bibliográfica, el análisis de estudios de caso y la aplicación de entrevistas, Tabla 5. Las técnicas han sido estimadas en apego al cumplimiento de objetivos específicos y a las necesidades del investigador.

Tabla 5
Colabores del proceso muestral

Técnica de recopilación de datos	Instrumento de recolección	Técnica de procesamiento de información
Análisis documental	Síntesis bibliográfica	Resumen
		Redacción
		Propuesta de manual
	Ficha de contenido	Representación gráfica
Entrevista	Guion de entrevista	Matriz de datos
Visitas de campo	Tabla de resultados	Tabulación de datos y análisis visual

Nota. Elaboración Propia.

Técnica de recopilación de datos: 1

Análisis documental

Consiste en adquirir información de manera exhaustiva, compilar de diversas fuentes, estructurar de forma sistemática y examinar en profundidad tanto documentos en formato digital como físico. Este abarcador enfoque incluye libros, artículos de revistas, tesis, recursos en línea como sitios web y blogs, entre otros (Salinas, 2011, pp. 18-26).

El objetivo es obtener información sustancialmente relevante y estrechamente vinculada al desarrollo temático del proyecto de investigación y a las técnicas de construcción en bahareque.

Instrumento para aplicar en la técnica

Síntesis bibliográfica

Capacidad de presentar ideas originales o reconfigurar pensamientos y expresiones de otras personas. Esto incluye la habilidad de parafrasear, es decir, reformular las ideas ya sea provenientes de textos previos o de expresiones verbales, con el propósito de reunir de manera ordenada y coherente todos los datos esenciales. Este proceso no solo se centra en la transcripción literal, sino que busca reinterpretar y estructurar las ideas de manera efectiva, estableciendo conexiones lógicas y cohesión entre párrafos e ideas. La finalidad principal radica en lograr una presentación clara y comprensible que resalte la esencia de la información, incorporando adecuadamente enlaces para fomentar la fluidez y coherencia del texto (Coral, 2016, p.2).

Ficha de contenido

Instrumento que presenta información de manera funcional y organizada. En la presente investigación se orienta a presentar información puntual sobre el tipo de ensayos para determinar la calidad de suelo (anexos).

Técnica de procesamiento de información

Resumen

Según la Real Academia de la Lengua Española (RALE), (2023) un resumen es: "reducir la declaración a términos breves y concisos, que repita brevemente la esencia del problema o pregunta".

La información referente a términos y técnicas de construcción en bahareque debe sintetizarse manteniendo un enfoque central en el problema de estudio, como una estrategia para presentar soluciones al mismo.

Redacción

"Proceso de expresar pensamientos, ideas o información de manera clara, coherente y estructurada mediante el uso de palabras y oraciones. Implica la habilidad de comunicar un mensaje de manera escrita u oral, de modo comprensible para el receptor" (Mendoza & Ávila 2020, p.53). La información resumida debe redactarse coherentemente, de manera que se eviten incongruencias entre términos o problemas de interpretación entre lectores.

En el contexto de la escritura Mendoza y Ávila (2020) sostienen que la redacción se refiere a la habilidad de seleccionar y organizar palabras de manera precisa y fluida para transmitir información de manera efectiva; esto incluye la atención a la gramática, la sintaxis, la elección de vocabulario y la coherencia del texto. La redacción es fundamental en situaciones académicas, profesionales, creativas y técnicas (p. 53).

Propuesta de Manual

"Un manual de construcción abarca una gama de temas, que incluyen la selección de materiales, métodos y códigos de construcción locales, seguridad laboral, gestión de proyectos, y cualquier otro aspecto relevante para asegurar la calidad y la integridad de la construcción. Además, puede contener detalles sobre las herramientas y

equipos necesarios, así como instrucciones específicas para la instalación de sistemas y componentes" (Minke, 2001, p. 52)

En resumen, un manual de construcción es una herramienta integral que proporciona directrices prácticas y conocimientos técnicos para garantizar la correcta ejecución de proyectos de construcción, cumpliendo con estándares de calidad y normativas específicas; para este caso en específico deben centrar esfuerzos en las técnicas constructivas del bahareque.

Representación gráfica

"Presentación visual de datos, información o conceptos mediante el uso de elementos visuales como gráficos, diagramas, mapas, tablas y otros. El propósito principal de la representación gráfica es facilitar la comprensión y la interpretación de la información de manera rápida y efectiva" (Franco, 2019).

En diversos campos como estadística, ciencia, ingeniería, educación y muchos otros, la representación gráfica es una herramienta fundamental para transmitir de manera visual patrones, tendencias y relaciones entre datos. Al utilizar imágenes y elementos visuales, se simplifica la comunicación de información compleja, permitiendo a las personas asimilar conceptos de manera más intuitiva y eficiente. (Franco, 2019). La información es presentada en tablas para sintetizar la información y volverla atractiva al lector.

Técnica de recopilación de datos: 2

Entrevista

Según Díaz et al., (2013) en referencia al Diccionario de las Ciencias de la Educación, define la entrevista como una "técnica de gran valor en la investigación cualitativa para la recopilación de datos. Se caracteriza como una conversación con un propósito específico que trasciende el mero diálogo" (párr. 3). Esta definición es respaldada por Díaz (2011), quien comparte una perspectiva similar al afirmar que la entrevista "constituye una interacción interpersonal entre el investigador

y el sujeto de estudio. Su objetivo principal radica en obtener respuestas verbales a las preguntas planteadas en relación con el problema propuesto” (p.7).

Durante el proceso investigativo se aplicará entrevistas semi - estructuradas, es decir el intercambio de información debe apegarse a un formato de pregunta – respuesta en donde la improvisación debe evitarse con la finalidad de obtener respuestas concretas. No obstante, de considerarse necesario, el investigador tiene la posibilidad de ampliar la información, aunque signifique reestructurar las interrogantes.

Instrumento para aplicar en la técnica

Guion de entrevista

Un guion de entrevista debe enfocarse en el tema central de forma simple pero estructurada, de manera que los parámetros exclusivos del problema no sean pasados por alto. Lezman (2022) define el guion de entrevista como: “una lista de temas, o bien preguntas concretas que pretende realizar el entrevistador y son útiles para llevar un ritmo y no olvidar ningún tópico” (párr. 4).

Al entrevistar a personajes inmersos en la arquitectura tradicional y su sistema constructivo se trazan tres ejes de aprendizaje: a) la inmersión al problema, b) las vivencias y técnica constructiva y c) el aspecto teórico – práctico. En su efecto se plantean tres guiones de entrevista, descritos a continuación.

Guion 1: Aproximación a los procesos constructivos

El entrevistado responderá interrogantes generales, referentes a terminología, normativa, procesos de fabricación y construcción y valorización de las técnicas constructivas tradicionales a base de bahareque (ANEXO 1).

Guion 2: Técnica constructiva

Se busca entrevistar a un artesano especialista en la técnica constructiva del bahareque. La finalidad es conocer

las experiencias personales a las que se ha enfrentado el constructor, al mismo tiempo de conocer las deficiencias y virtudes del bahareque como técnica sostenible. Por último, se requiere la perspectiva personal del entrevistado sobre él porque mantener o no, la arquitectura en tierra (ANEXO 2).

Guion 3: Teórico – Práctico

Entre el aspecto teórico presentado en documentos oficiales, artículos investigativos, libros y demás documentación bibliográfica y el aspecto práctico, con frecuencia tienden a presentarse diferencias; por ende, en este guion el investigador pretende definir los parámetros cualitativos y/o cuantitativos, que diferencian lo calculado de lo obtenido, a razón de causas externas (mano de obra, material, técnica, etc.) (ANEXO 3).

Técnica de procesamiento de información

Matriz de datos

Alternativa del proceso metodológico cualitativo para sistematización y organización de los niveles investigativos de un mismo fenómeno. “Instrumento metodológico que posibilita sistematizar, analizar y comprender los procedimientos y avances de una investigación que implica fenómenos, hechos, situaciones y sujetos que difieren en su naturaleza y estructura con los objetos y tópicos trabajados por el enfoque cuantitativo” (Giesecke, 2020, párr. 1).

Técnica de recopilación de datos: 3

Visitas de campo/Recolección de muestras

Las visitas de campo se refieren a “desplazamientos físicos realizados por personas, como investigadores, profesionales, estudiantes u otros, a un lugar específico con el propósito de observar, estudiar, recopilar datos o realizar evaluaciones directamente en el terreno” (INTERNACIONALMENTE, L. R., & DE COLOMBIA, E. E. S. P., 2023). Estas visitas pueden llevarse a cabo en una variedad de contextos, como investigaciones

científicas, estudios de mercado, trabajos de campo en disciplinas como la biología o la geografía, inspecciones industriales, entre otros.

Durante las visitas de campo, los participantes pueden interactuar directamente con el entorno, las personas y los objetos de estudio, lo que proporciona una comprensión más completa y contextualizada de la situación en comparación con el estudio desde un lugar remoto. Este enfoque permite la recopilación de datos de primera mano, la verificación de información y la obtención de una perspectiva más precisa sobre los aspectos que se están investigando o evaluando.

Como se mencionó en párrafos anteriores, las visitas de campo se realizarán para tomar muestras de suelo y realizar entrevistas a personajes relevantes de la comunidad o zona de estudio. Cabe aclarar que las muestras de tierra deben ser tomadas en base a un patrón homogéneo, realizando un corte levemente inclinado que evite la disgregación de la muestra durante su envase en recipientes o fundas plásticas distintivas.

Instrumento para aplicar en la técnica

Tabla de resultados

Los resultados, conceptos y observaciones, así como ideas principales son presentadas de forma didáctica y resumida en matrices que expresan ideas y conceptos más que correlación y relaciones de influencia entre variables. El proceso de redacción de tablas indica que las filas deben representar las entidades y sus características y las columnas sus propiedades. Cabe aclarar que el número de filas y columnas es relativo, no obstante, se recomienda el uso de seis a siete columnas para un mejor manejo de información.

“Las tablas son una herramienta efectiva para resumir grandes conjuntos de datos y comunicar información de manera clara y concisa. Además, la tabulación de datos es comúnmente utilizada en hojas de cálculo y software estadístico para realizar análisis más detallados y generar visualizaciones gráficas” (Estrella S., & Estrella, P., 2020, p. 29).

En la presente investigación las tablas de resultados son una demostración gráfica de las propiedades del suelo y la caracterización granulométrica. En tal virtud, las propiedades a considerar son la composición porcentual de las muestras de tierra y los resultados de los diferentes ensayos.

Técnica de procesamiento de información

Tabulación de datos

La tabulación de datos se refiere al “proceso de organizar y presentar datos en forma de tabla” (Estrella S., & Estrella, P., 2020, pág. 28). En este contexto, una tabla es una estructura de filas y columnas que facilita la visualización y el análisis de la información. La tabulación es comúnmente utilizada en estadísticas, investigación y análisis de datos.

“Al tabular datos, se colocan los valores en filas y columnas específicas, lo que permite una presentación ordenada y sistemática. Cada fila por lo general representa una entrada individual o un caso, mientras que cada columna corresponde a una variable específica. Esto facilita la comparación de datos, la identificación de patrones y la extracción de conclusiones significativas”

Análisis visual

Para la Real Academia de la Lengua Española (RALE) (2021), la fotografía se define como “un proceso o técnica que produce imágenes fijas de la realidad mediante la acción de la luz sobre una superficie sensible o sensor”. En la investigación el análisis visual facilita la descripción y comparación de situación actual frente a la correcta tecnificación de materias primas en la fabricación y construcción de viviendas a base de bahareque.

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Objetivo Específico 1

Este objetivo menciona: Documentar los principales métodos y técnicas de preparación del bahareque, mediante la implementación de la investigación documental y revisión bibliográfica, es así como a continuación se detallan los de mayor relevancia.

Métodos y Técnicas de fabricación del Bahareque.

Bahareque embutido o enchinado de barro.

El principal material es la tierra con arcilla. Su estructura es a base de una membrana de madera, bambú o caña guadua que serán el soporte vertical del sistema, sobre este se colocan de manera horizontal por los dos lados tiras de este mismo material a una distancia de 10 a 15 cm, la finalidad de esto es confinar el barro y rellenar todas las cavidades que puedan irse formando. Se agrega un acabado conocido como pañete que es un recubrimiento conformado por tierra, estiércol de caballo, sangre de bovino, fibras vegetales y cal (Álzate & Osorio, 2014). Según Álzate y Osorio (2014) "En

un principio el envarillado se hacía de bejucos, hasta que en el siglo XX se lo reemplaza por materiales importados como el alambre galvanizado y la puntilla" (p. 12).

Figura 8
Bahareque embutido de barro.



Nota. Tomado de (Álzate & Osorio, 2014).

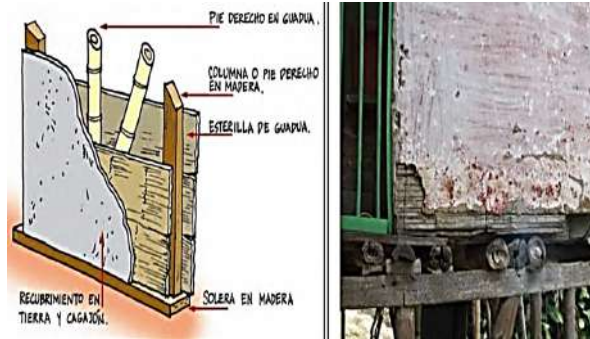
Bahareque hueco o aligerado

El bahareque hueco o aligerado es considerado como una variante. Según Álzate y Osorio (2014) se lo considera como:

“La evolución del enchinado o embutido, en donde se utiliza una membrana estructural que rellena las concavidades que se van generando entre los parales, soleras y diagonales, esta membrana está compuesta de esterilla de guadua, a la que se le otorga un recubrimiento de pañete y un enlucido con cal” (p. 13).

En la Figura 9 se muestra la estructura del bahareque hueco.

Figura 9
Bahareque hueco o aligerado.



Nota. Tomado de (Álzate & Osorio, 2014).

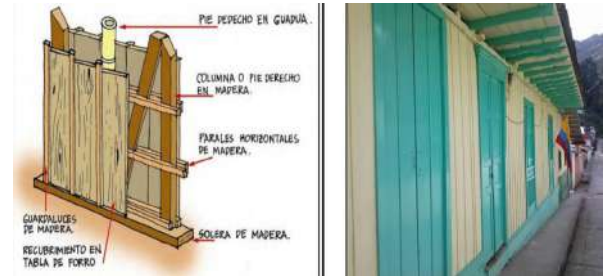
Bahareque de madera, cancel o tabla parada.

Esta variante del bahareque tradicional se caracteriza principalmente por utilizar y aprovechar al máximo todas las propiedades de la madera, especialmente la de aislante térmico, se coloca de manera vertical un forro de tabla sobre la membrana estructural haciendo una función de doble fachada. Este método y técnica de construcción es utilizada en regiones de clima frío, por ejemplo, la región Sierra en el

Ecuador o los páramos.

En la Figura 10 se muestra la estructura y construcción del bahareque de madera.

Figura 10
Bahareque de madera, cancel o tabla parada.



Nota. Tomado de (Álzate & Osorio, 2014).

Bahareque metálico

Esta es otra variante del bahareque tradicional, surge para dar respuesta a una necesidad, debido a que con este método y técnica constructiva se puede llegar a cubrir grandes dimensiones de edificaciones que estén construidas con madera, Figura 11, por ejemplo, las edificaciones patrimoniales o que necesiten un tratamiento especial (Álzate & Osorio, 2014, p. 13).

Figura 11
Bahareque de metálico.



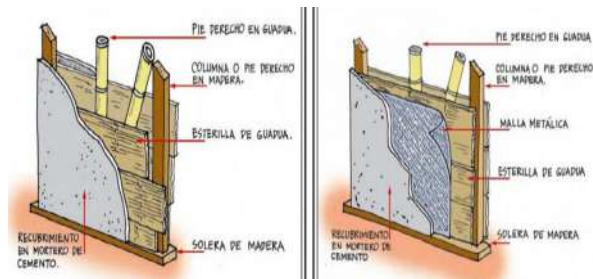
Nota. Tomado de (Álzate & Osorio, 2014).

Al no contar con un alero de grandes dimensiones que brinde protección a las fachadas de factores como: el sol, la lluvia, el viento, entre otros se comenzó a buscar una solución que sea eficaz, durable, resistente y de fácil ensamblaje, siendo esta las láminas de hierro galvanizadas. "En la actualidad aún se observan viviendas de bahareque de grandes dimensiones que cubren sus paredes laterales con láminas metálicas, evitando así la humedad interna y el deterioro" (Alzate & Osorio, 2014, p. 14)

Bahareque encementado

Es considerada como el método o técnica tecnológica más avanzada del bahareque que aparece a partir del siglo XX. La principal característica está en la sustitución del pañete por un mortero que combina arena y cemento, esto permite darle una apariencia más estética y asemejarse al sistema de pórticos en concreto y mampostería. "El bahareque encementado está basado principalmente en la fabricación de muros en donde la estructura es de guadua y madera, con un revoque de mortero de cemento, que opcionalmente se puede apoyar en esterilla, malla de alambre, guadua o realizar una combinación entre estos materiales" (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, FOREC, 2020, como se citó en Alzate & Osorio, 2014, p. 15), su estructura se observa en la Figura 12.

Figura 12
Bahareque encementado.



Nota. Tomado de (Álzate & Osorio, 2014).

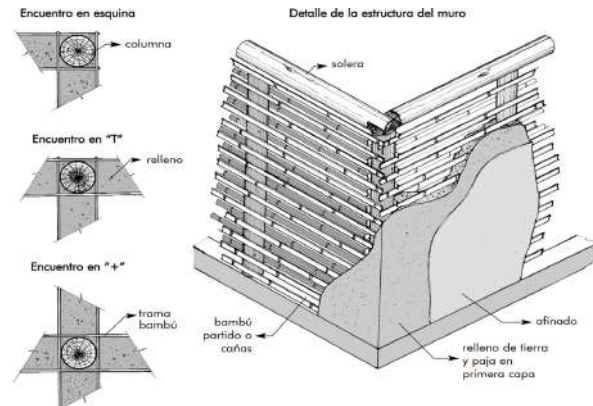
Estructura y Relleno

Bahareque Tradicional

El bahareque se compone principalmente de una estructura de madera rolliza, bambú o guadua que están rellenas de paja y tierra. Este sistema constructivo, de origen ancestral, destaca por su eficiencia térmica y su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y geográficas.

La Figura 13 se revela la estructura y combinación característica de un muro de bahareque, destacando su disposición, los tipos de encuentro que se puede emplear en las esquinas y materiales utilizados.

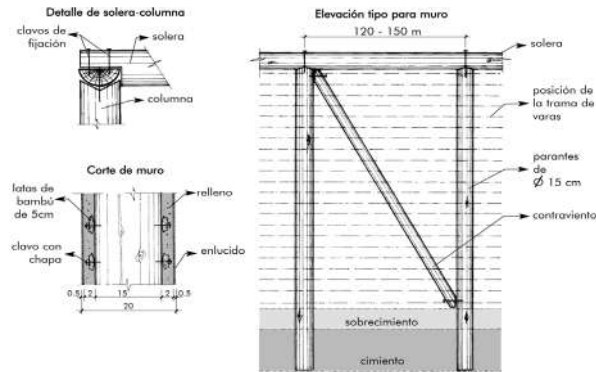
Figura 13
Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro de Bahareque.



Nota. Tomado de (Craterre & Rivero, 2002).

En contraste, la Figura 14 se enfoca en los detalles más específicos de la estructura, proporcionando una visión detallada de los elementos que componen el muro y su interacción dentro del conjunto arquitectónico.

Figura 14
Elevación tipo para muro y Detalle de solera – columna.

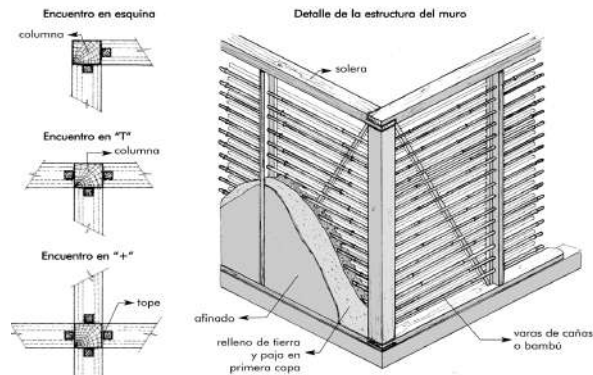


Nota. Tomado de (Craterre & Rivero, 2002).

Bahareque Convencional

Este tipo de bahareque más contemporáneo se caracteriza por un entramado de tiras de caña o bambú, las cuales son sujetadas con alambre y clavos a la estructura de madera, como se ilustra en la Figura 15.

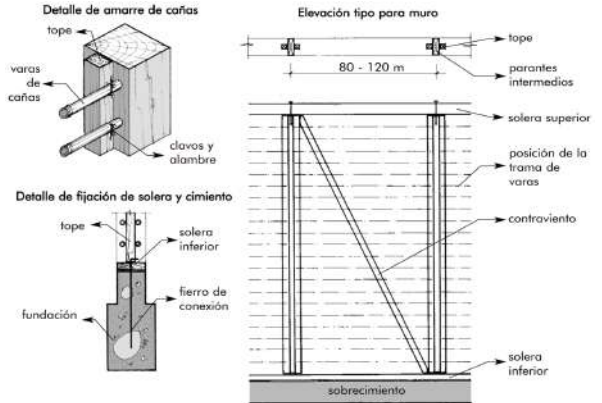
Figura 15
Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro.



Nota. Tomado de (Craterre & Rivero, 2002).

Esto permite un ensamble más fácil y un acabado estético mejorado, como se observa en la Figura 16. Esta técnica combina la tradición del bahareque con elementos modernos de construcción, logrando un equilibrio entre funcionalidad y estética.

Figura 16
Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro.



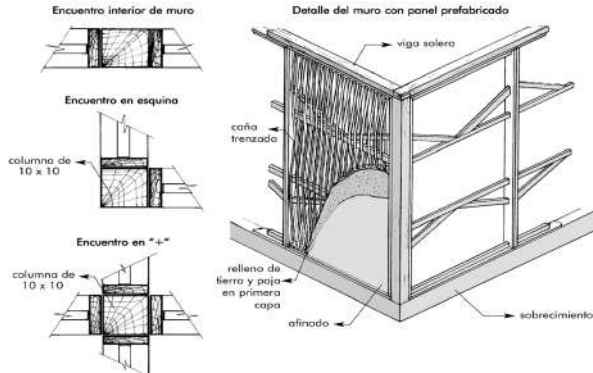
Nota. Tomado de (Craterre & Rivero, 2002).

Bahareque – Paneles Prefabricados

Este tipo de bahareque es moderno y se compone de un bastidor de madera aserrada, entrelazado con tiras de madera o bambú para lograr una mayor fijación, como se muestra en la Figura 17.

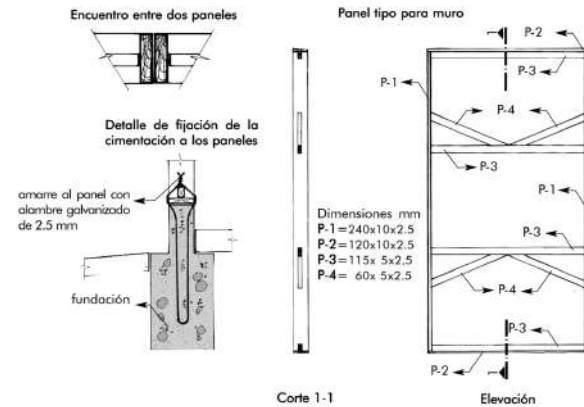
Una vez ensamblados, se procede a colocar el revocado de mortero de tierra y paja, tal como se aprecia en la Figura 18. La principal característica de este tipo de bahareque es su proceso de ensamblaje y montaje más fácil y rápido en comparación con las técnicas tradicionales.

Figura 17
Elevación tipo para muro y Detalle de solera – columna.



Nota. Tomado de (Craterre & Rivero, 2002).

Figura 18
Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro.



Nota. Tomado de (Craterre & Rivero, 2002).

Objetivo Especifico 2

Verificar la calidad de la materia prima y la factibilidad de construir edificaciones con bahareque, mediante ensayos

de campo y entrevista para la determinación de parámetros y lineamientos.

Entrevistas

En la aplicación de entrevistas bajo un guion, se han obtenido datos o información técnica del bahareque en la serranía ecuatoriana. Los resultados se muestran en la Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8, mientras que las entrevistas completas pueden revisarse en los anexos 5, 6 y 7.

Entrevista de aproximación a los procesos constructivos

En la entrevista realizada al arquitecto Eduardo Tumbaco, se abarcaron preguntas concernientes a normativa, opinión personal, fusión tradicional – contemporánea; de lo cual se destaca la inexistencia de normativa nacional para tecnificación de las construcciones en bahareque, con lo cual se mantiene una arquitectura empírica que depende de los resultados para futuras construcciones. En caso de requerir de procesos normados o guías de conservación del bahareque, se deben realizar ensayos en el lugar o consultar en normativas regionales como la de Colombia o Perú; los constructores también optan por revisiones bibliográficas y estudios de caso realizados por estudiantes universitarios y profesionales en arquitectura tradicional.

Cabe destacar que en la actualidad de Sur América solo Colombia y Perú disponen de lineamientos que regulen el sistema de edificación con bahareque, para ello se han desarrollado normas técnicas de diseño y construcción antisísmica, las cuales tienen rango de ley nacional para esos países

Otro punto relevante es el estructural, pues antiguamente únicamente se emplea materia prima de tipo orgánico, es decir a nivel estructural se empleaba madera, carrizo, caña, palos, etc., sin embargo, en la actualidad se incluyen materiales industrializados como mallas de metal o varilla para asegurar la resistencia de la construcción ante situación de sismo. En el mismo enfoque tecnológico se evidencia mejoras en la mezcla del bahareque, pues de utilizar paja

como aglutinante se ha evolucionado a agregados de poliestireno, grava, fibra ixtle deshidratada o cal hidratante.

A nivel personal el entrevistado manifiesta que el bahareque es un sistema de construcción destacado por sus propiedades térmicas y de maleabilidad, no obstante,

el carecer de normativa para ensayos granulométricos, selección de tierra, uso de aglomerantes, entre otros factores limitan su utilización. A esto se suma, el relacionar la arquitectura vernácula con las clases sociales bajas (indígenas), descartando su potencial sostenible y de bioconstrucción.

Tabla 6
Matriz de datos de aproximación a los procesos constructivos.

Entrevistado	Pregunta	Respuesta	Referencia gráfica
Arq. Francisco Moya	¿Cuál es su opinión del bahareque como técnica de construcción?	Es una mezcla maleable que ofrece propiedades térmicas y de resistencia eficientes para climas fríos. Aun requiere estudio	
	¿Qué normativa se aplica a la construcción en bahareque?	En Ecuador no existe una normativa para la construcción en bahareque, se considera arquitectura empírica.	
	¿Cómo se asegura el confort térmico en edificaciones de bahareque?	Con la utilización de técnicas pasivas y activas. Aumentando el ancho de pared.	
	A nivel estructural ¿Qué factores deben considerarse y por qué?	El material que servirá como esqueleto de la construcción. Resistencia Origen vegetal o industrial	
	¿Cómo se fusiona la arquitectura tradicional con la arquitectura contemporánea?	El equilibrio entre lo tradicional y lo moderno se muestra en la técnica de construcción y la materialidad	
	¿Qué materiales pueden utilizarse como aglomerante sin afectar la calidad del edificio?	Arcilla Piedra Materiales reciclados de origen industrial (poliestireno)	







Nota. Elaboración propia. Imágenes tomadas de (Roux, 2018).

Entrevista técnica constructiva

Dentro de la muestra experiencial se entrevistó al maestro artesano Luis Cují, quien ha creado conocimientos en base a la experiencia y años de trabajo. Al mismo, se le cuestionó sobre el proceso constructivo de fabricación del bahareque y su desvalorización, así también, sobre el proceso de selección de la tierra y su perspectiva sobre la construcción en tierra.

A nivel de técnica constructiva destaca el proceso de reconocimiento y selección de la tierra, pues desde el aspecto técnico debería realizarse mediante ensayos granulométricos, de resistencia seca y de sedimentación; sin embargo, ante la carencia de equipo y la falta de preparación y presupuesto para dichas pruebas, el constructor opta por experimentos "caseros" en donde la elección depende de sus sentidos (vista, tacto, olfato).

Tabla 7
Matriz de datos técnico-constructivos.

Entrevistado	Pregunta	Respuesta	Referencia gráfica
Artesano Luis Cují	¿Conoce sobre las técnicas constructivas tradicionales en tierra y cuáles conoce?	Si, tengo conocimiento en la fabricación de viviendas en bahareque y tapial. La mayoría se concentra en Quisapincha.	
	¿Conoce el proceso de fabricación del bahareque?	Si. La estructura es de carrizo con estera (3x4m). La mezcla debe ser apta para horno.	
	¿En su experiencia recomendaría los procesos constructivos con bahareque?	Si, porque son resistentes a las indolencias climáticas. Pero requieren de técnicos especialistas, caso contrario tienden a agrietarse.	
	¿Tiene conocimiento de alguna normativa para construir con bahareque?	No. Los conocimientos se adquieren con la práctica, aunque las generaciones modernas también se basan en información encontrada en internet.	
	¿Conoce la razón por la cual esta técnica constructiva se ha desvalorizado y en la actualidad ya no es utilizada en el país?	Los propietarios optan por técnicas modernas como el hormigón y la estructura metálica.	
	¿Cómo selecciona la tierra?	Mediante pruebas de campo: manipulación, olor, mordedura y caída de bola.	

Nota. Elaboración propia. Imágenes tomadas de (Abril & Mendieta 2023).

El entrevistado mencionó la mordedura, olor, caída de bola y tacto como estrategias de selección. Las mismas son descritas a continuación para evitar vacíos informativos.

Mordedura

El encargado muerde un pedazo de tierra y emite su opinión bajo los criterios: i) arcilla, sensación pegajosa, suave o harinosa que no rechina al morderse; ii) limos, rechinan ligeramente y iii) arenas, rechinan hasta causar desagrado.

Caída de bola

Con tierra y agua se forma una esfera de aproximadamente 4 cm de diámetro y se arroja de 1,5 m de altura. Los resultados se interpretan como: i) arcilla, la tierra se aplana además de presentar pocas o ninguna grieta; ii) arena, la tierra se separa en granos.

Manipulación

El encargado debe colocar tierra en una mano y manipularla con la otra, según la consistencia pueden ser: i) arena, quebradiza, rugosa, poco pegajosa; ii) limo, se reduce a polvo y es fino; iii) arcilla, pegajosa y fina

Olor

En la palma de la mano se coloca tierra con agua, y según el olor deprendido puede tratarse de: i) tierra orgánica, olor a moho; ii) arcilla, no tiene olor, pero se demora en compactarse con el agua.

Aunque no se mencionó en la entrevista Abril y Mendieta (2023) mencionan ensayos de cigarro y pastilla (p.

El cigarro

Con tierra húmeda y libre de impurezas (grava) se forma un cigarro (=3cm x 25 cm de largo). Se deja secar y sobre una superficie plana se desliza el cigarro sobre el vacío hasta el rompimiento. El bahareque se rompe entre los 7 y 15 cm. Para comprobar el resultado se recomienda realizar al menos 3 muestras con un valor promedio

La pastilla

Con un tubo de PVC se forma pastillas de diámetro 50 mm y 10 mm de ancho, se deja secar y se ejerce presión con los dedos pulgar e índice. Dependiendo del tipo de fractura pueden ser: i) arena, no hay retracción y se convierte en polvo fácilmente; ii) limosa, existe retracción y es fácil de pulverizar y iii) arcilla, tiene retracción, pero la pulverización es difícil.

Desde otra perspectiva el entrevistado menciona que las viviendas construidas con bahareque son más resistentes y confortables que las construidas con materiales modernos, por lo cual son utilizadas en páramos y zonas de frío considerable. Sin embargo, pese a sus ventajas, las generaciones actuales optan por destruir edificaciones en bahareque, catalogadas como "viejas" o relacionadas con la pobreza, para construir viviendas modernas a base de perfil y materiales industrializados.

Entrevista Teórica – Práctica



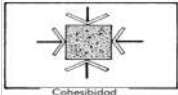




Como en cualquier rama científica existen diferencias entre la teórica y la practica o ejecución de proyectos. Por ende, en este aspecto muestral se pretende especificar dichas variaciones y como se tratan dependiendo la situación. La entrevistada fue la ingeniera Belén Núñez, quien respondió a interrogantes sobre tipo de ensayos, dificultades de trabajar con bahareque y diferencias entre el proceso tecnificado y el empírico.

De la entrevista se destaca la diferencia de suelos y el porcentaje de elementos que lo componen. Teóricamente el bahareque se define por la cantidad de arcilla, pues un suelo bajo en material arcilloso es catalogado como pobre. En la construcción el porcentaje de arcilla no debe ser inferior al 40%, caso contrario se debe adicionar al barro para mejorar las propiedades físicas.

Las principales diferencias se muestran en el tipo de ensayo y en los aglomerantes. Por ejemplo, para determinar la calidad del suelo se aplican ensayos granulométricos de resistencia, densidad, permeabilidad, etc., no obstante, en párrafos anteriores se mencionó que en la práctica se

realizan pruebas empíricas. Con respecto a los aglomerantes tradicionalmente se utiliza paja y boñiga animal, pero modernamente se utiliza cal, PET o grava.

Tabla 8
Matriz de datos técnico-constructivos.

Entrevistado	Pregunta	Respuesta	Referencia gráfica
Ingeniera Belén Núñez	¿Cuál es la composición del bahareque en la serranía ecuatoriana?	No es fija, depende de la zona de construcción. Aunque se estima de 40% tierra y 60% arcilla.	
	¿Qué tipo de ensayos se ejecutan para conocer la calidad del suelo?	Ensayos granulométricos, en caso de requerir las propiedades se emplean ensayos de resistencia, densidad, permeabilidad, etc.	
	¿Qué consideraciones se toman al trabajar con tierra (bahareque)?	- Cohesión - Compactación - Plasticidad	
	Según las características del suelo en la zona ¿Qué proceso constructivo recomienda en la edificación con bahareque?	La inclusión de aglutinantes para realzar las propiedades mecánicas de la tierra	
	En la fabricación del bahareque ¿En qué se diferencia el proceso tecnificado del transmitido de generación en generación?	La presentación, con procesos tecnificados se producen bloques, mientras que tradicionalmente se construyen paredes a base de madera y tierra.	
	¿De qué manera se correlacionan la arquitectura moderna con la tradicional?	En el ámbito de la sostenibilidad	
	¿Cuáles son las dificultades de trabajar con bahareque?	La falta de trabajadores y los conocimientos empíricos.	

Nota. Elaboración propia. Imágenes tomadas de (Abril & Mendieta 2023).

Mientras que en la muestra técnica constructiva se mencionaba la diferencia de materiales y procesos constructivos entre lo tradicional y lo moderno; la teoría menciona que pueden correlacionarse para mejorar en el aspecto de la sostenibilidad, pues el bahareque es una composición con propiedades de cohesión, compactación y plasticidad idóneos para aplicar la bioarquitectura.

Técnicamente el bahareque representa problemas en la fabricación, pues se requieren de cantidades específicas de cada componente para asegurar su calidad. Sin embargo, desde el aspecto de la gestión, también se presentan problemas en la cantidad de técnicos, pues como se mencionó con anterioridad, una persona sin conocimientos previos puede construir edificaciones deficientes estructural y estéticamente.

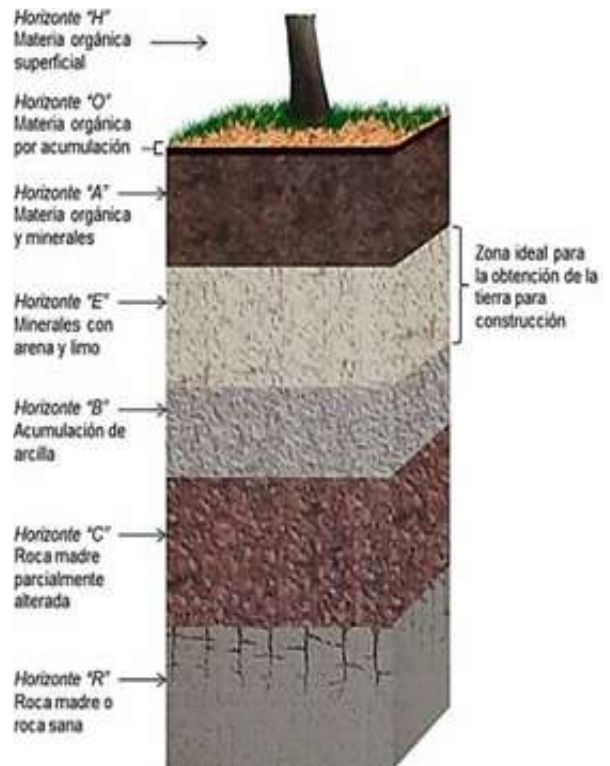
Ensayos

Este proyecto investigativo presenta los hallazgos obtenidos de los ensayos realizados en busca de mejorar las mezclas de barro que se usan para los rellenos, empañado y los revestimientos de las paredes de bahareque, una técnica constructiva que se deteriora principalmente por la sensibilidad del barro a la humedad y por el uso de mezclas inadecuadas. Se realizaron varios ensayos para poder determinar cuál es la mejor manera de fabricar y dosificar el bahareque. Las pruebas realizadas fueron de cinta y sedimentación con materia prima de las provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua. Se definió una dosificación de mezclas de barro con añadidos, basándose en diferentes estudios, debido a que no hay normas que regulen este aspecto.

Para explicar las pruebas realizadas, es importante conocer y comprender el material que se usa para edificar con técnicas de tierra. "Lo primero que hay que saber es que la tierra para construcción debe obtenerse de la excavación del suelo a la profundidad adecuada, normalmente a 60 cm por debajo de la superficie del terreno" (Cárdenas, 2019).

Los suelos tienen una serie de capas casi horizontales, que se distinguen por su color, textura, consistencia, estructura, pH, entre otros. Cada capa se llama horizonte y al conjunto de capas de una sección vertical, se le denomina perfil del suelo. Los horizontes se identifican con las letras H, O, A, E, B, C y R para marcar las capas del perfil del suelo, Figura 19.

Figura 19
Encuentro de Esquina y Detalle de la Estructura del Muro.



Nota. Tomado de (Craterre & Rivero, 2002).

El horizonte "H" está formado por material orgánico superficial, en los climas templados es la zona donde hay árboles, pero en climas áridos esta capa tiene cactáceas. El horizonte "O" es el que tiene material orgánico que se acumula en la superficie. En el horizonte "A" el suelo tiene materia orgánica en forma de raíces y minerales. El horizonte "E" no tiene material orgánico y los minerales son ricos en arena y limo. En el horizonte "B" se concentra arcilla que viene de los horizontes superiores, la cantidad de arcilla en este horizonte ayuda a la retención de agua en el subsuelo. En el horizonte "C" se halla la roca madre que está parcialmente alterada y de donde se obtiene la grava para la construcción. Horizonte "R" es roca madre inalterada y la capa más próxima al magma.

La tierra de los horizontes "H, O y A" no es buena para construir, ya que por el contenido de materia orgánica puede haber flora y fauna perjudicial para la construcción, que con el tiempo deteriorará la estructura. La mejor zona para sacar tierra para la construcción es la que está en el horizonte "E", porque esta capa tiene arenas, arcillas y limos. Este horizonte se ubica en la mayoría de los casos, a los 60 cm de la superficie. En resumen, el horizonte "E" es la área específica e idónea para extraer tierra para la elaboración del bahareque, debido a que se caracteriza por albergar una diversidad de componentes, entre los que se incluyen arenas, arcillas y limos.

Cabe destacar que la presencia de esta combinación de materiales confiere a la tierra extraída propiedades que son altamente beneficiosas para el proceso constructivo, mencionando que la arena proporciona estabilidad y resistencia, las arcillas aportan cohesión, mientras que los limos contribuyen a la permeabilidad del suelo. Esta cuidadosa selección de la ubicación para la obtención de tierra no solo garantiza la calidad del material de construcción, sino que también optimiza las características necesarias para la edificación sólida y duradera.

Al igual que en el hormigón, el bahareque requiere de una muestra óptima para asegurar su funcionalidad, en este sentido, la arcilla reemplaza al cemento y funciona como pegamento en la unificación de partículas de tierra. La arcilla está compuesta por moléculas que dejan entrar agua, que produce un aumento en su volumen, por lo que hay que tener cuidado ya que un exceso de agua favorece la expansión y contracción de la arcilla, y eso altera la resistencia de la mezcla, también el exceso de humedad podría generar un mayor nivel de evaporación causando grietas (Cárdenas, 2019).

La tierra se compone de un porcentaje de arena, que a diferencia de la arcilla carece de fuerza pegante, sin embargo, funciona como agregado en la disminución de espacios entre partículas de la mezcla, con lo cual se aumenta la resistencia y se evapora el agua acumulada en la arcilla. Aunque el limo no ayuda a mejorar la cohesión ni la fuerza, sirve de agregado inerte, lo que permite incrementar el volumen de la mezcla (Cárdenas, 2019)

Es importante señalar que, aunque la tierra sea sacada de la zona sugerida no siempre tiene las proporciones adecuadas de arcilla, arena y limo, por lo que es recomendable hacer ciertas pruebas o ensayos.

Ensayos de sedimentación

Es una técnica cuantitativa (porcentual) de la distribución de partículas contenidas en el suelo, los valores mostrados sirven para calcular la proporción de componentes (arcilla, arena y limo) en la formación de la mezcla. Cárdenas (2019), da un concepto y una explicación de cómo es el proceso del ensayo de sedimentación:

"La prueba se basa en la distribución por peso y tamaño de las partículas del suelo en una solución de agua, la arena se queda al fondo, encima se asentará el limo y arriba hallaremos la arcilla.

En el agua que queda en la parte superior, encontrarás algunos componentes de tu tierra como la materia orgánica que verás flotando* (Cárdenas, 2019).

En resumen, el proceso de segregación de los componentes de la tierra se lleva a cabo en función de su peso específico. En esta dinámica, la arena, caracterizada por su densidad superior, tiende a depositarse en la parte inferior. Justo encima, se asienta el limo, con propiedades intermedias en términos de peso y tamaño de partícula. En la cúspide de este proceso, encontramos la arcilla, la materia prima más ligera y de granulometría menor.

Materiales y Herramientas

Los materiales y herramientas que se utilizaron para este tipo de ensayo son: pala, pico, recipiente de vidrio cilíndrico, colador metálico, agua, plumón, hojas de papel y regla.

Proceso

Con el pico y la pala excavar 60 cm, tomar una muestra de tierra con la menor cantidad de piedras posibles. Triturar la tierra y tamizar con ayuda de un colador para poder introducirla en el recipiente de vidrio. Colocar la tierra hasta la mitad del encofrado y llenar con agua 5 cm libres de líquido antes del borde. Batir fuertemente el frasco, procurando que no queden grumos secos.

Como los componentes de la tierra absorberán parte del agua añadida, a veces será necesario añadir más agua. Poner el recipiente en un lugar totalmente horizontal donde nadie lo toque. Al pasar 12 horas o hasta que el agua se vea clara, volver a batir el frasco y nuevamente dejar en reposo mínimo 24 horas y preferiblemente más de 48 horas, Figura 20.

Figura 20
Recolección de las muestras *tierras de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi.*



Nota. Elaboración propia.

Resultados

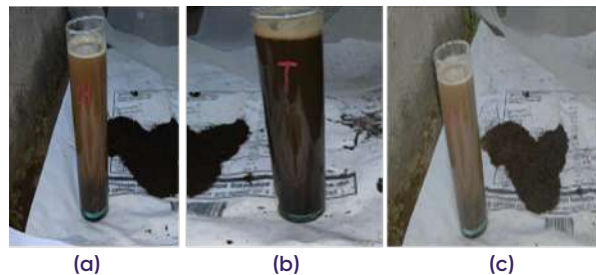
Una vez dejado en reposo de 12 a 48 horas, se puede observar cómo se delimitan los diferentes componentes de la materia prima que se está utilizando. Se mide la altura total de la muestra y de cada capa para poder identificar cual es el porcentaje de cada material presente en la tierra. Estas proporciones de composición de la tierra nos van a señalar si es necesario estabilizar la mezcla; ya sea de manera homogénea al modificar su dosificación natural (añadiendo arena o arcilla), o de forma heterogénea añadiendo componentes extraños a los que tiene el suelo naturalmente (paja, cal, excremento, etc.) En la tabla 9 se identifican las medidas y porcentajes obtenidos.

Tabla 9
Resultados Sedimentación donde se determinan porcentajes de los componentes de las muestras de tierra.

	Medida de la Muestra 15 cm					
	Chimborazo		Cotopaxi		Tungurahua	
	cm	%	cm	%	cm	%
Arcilla	5	33,33	3	20,00	4	26,67
Limo	3	20,00	2	13,33	3	20,00
Arena (con o sin grava)	7	46,67	10	66,67	8	53,33

Nota. Elaboración propia en base a (Alcívar, 2020).

Figura 21
Ensayo Sedimentación de las diferentes provincias a) Chimborazo, b) Tungurahua y c) Cotopaxi.



Nota. Elaboración propia.

Ensayo de Cinta

Esta prueba determinará la plasticidad y la cohesión de la mezcla de tierra, pero no la resistencia o durabilidad del material seco. Con esta prueba, se mide el contenido y la calidad de la arcilla del suelo probado. Se toma una muestra de tierra mojada, se hace una cinta del tamaño de un cigarrillo, se pone el rollo en la palma de la mano y se empieza

a aplastarlo por presión entre el pulgar y el índice hasta obtener, una cinta de 3 a 6 mm. de grosor, se manipulará con cuidado para obtener la mayor longitud posible; se mide la longitud en la cual la cinta se quiebra. Según Pacheco (2019) se los niveles de plasticidad en la prueba experimental de la cinta se determinan conforme:

Cinta larga

La cinta puede llegar de 25 a 30 cm sin quebrarse. Esto indica que el suelo tiene un alto contenido de arcilla.

Cinta corta

Si se consigue con dificultad una cinta de 5 a 10 cm el contenido de arcilla puede ser medio o bajo: el suelo puede ser bueno para la construcción

Sin cinta

El suelo tiene muy poca arcilla o no tiene nada, puede ser usada para la construcción p. 54 - 55).

Materiales y Herramientas

Pala, pico, agua, plumón, hojas, regla.

Resultados

La cinta fabricada con la tierra de Tungurahua genero dificultad al momento de realizarla y se rompió a los 5 cm, la realizada con tierra de Cotopaxi se rompió a los 7 cm y la elaborada con tierra de Chimborazo tuvo su ruptura a los 6 cm, deduciendo que todas las muestras de tierra utilizada tenían un contenido de arcilla a nivel medio, es decir este tipo de tierra es apta para la realización del bahareque

Figura 22
Ensayo Cinta con tierra de Tungurahua.



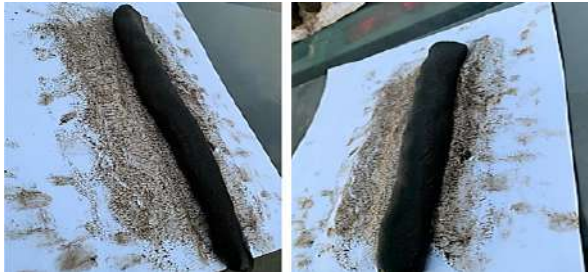
Nota. Elaboración propia.

Figura 23
Ensayo Cinta con tierra de Chimborazo.



Nota. Elaboración propia.

Figura 24
Ensayo Cinta con tierra de Cotopaxi.



Nota. Elaboración propia.

CONCLUSIÓN CAPITULAR

Después de realizar ensayos de sedimentación y de cinta en donde las muestras fueron modificadas con el método de prueba y error se concluye:

En aplicación de los porcentajes planteados en las investigaciones analizadas se optó por desarrollar muestras con una composición 20% arcilla y 80% arena. Como aditivo se añadió 10% de barro y como relleno para generar volumen en la mezcla se usaron fragmentos de ladrillo y escombros de cemento.

Dentro de los estudios de calidad de suelo se consideraron la sedimentación y la prueba de la cinta. En el primer caso, bibliográficamente se establece que un suelo óptimo para construcciones en bahareque debe constituirse de 20% arcilla, 40% limo y 40% arena (Anexo 9).

Por ende, al compararse con los valores calculados se determinó que en las tres provincias (Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo) existe una similitud, pero no exactitud porcentual.

En conclusión, de acuerdo con el ensayo de sedimentación, la calidad de tierra de Chimborazo muestra un exceso de arcilla que debe ser compensado con arena, en el caso de Tungurahua y Cotopaxi se evidencia demasía de arena y por ende debe adicionarse arcilla; dichos aditamentos tienen como objetivo evitar daños estructurales y grietas.

Por otra parte, la cohesión de la tierra se comprobó con la prueba de cinta, en donde los tres tipos de tierra mostraron un contenido de arcilla media, catalogándolas como “buenas” para la construcción, sin embargo, en este caso Tungurahua presentó el valor más bajo con una cinta corta de 5 cm, seguido de Chimborazo con 6 cm y Latacunga con 7 cm.

Como conclusión del ensayo de cinta se deduce que pese a existir la factibilidad constructiva para asegurar la unión de partículas se debe incluir aditivos que compensen el bajo porcentaje de limo y alto contenido de arena.

Objetivo Especifico 3

Elaborar un manual de técnicas de construcción con bahareque, mediante criterios técnicos y parámetros de regulación, que sirva de guía para la ejecución en obra.

En base a un exhaustivo trabajo de campo son sustento bibliográfico sobre la técnica constructiva del bahareque en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo se desarrolló un "Manual de técnicas constructivas con bahareque". En el mismo se expone el proceso de fabricación, construcción y renovación como estrategia sostenible de bajo impacto.

El manual muestra una serie de temáticas relacionadas a la historia y relevancia del bahareque, así como los ensayos desarrollados para determinar la calidad del suelo. Cabe aclarar que el análisis y comparación de tipos de suelo en las provincias de estudio dependieron de valores predeterminados en investigaciones y artículos anteriores, pues como se ha mencionado en párrafos anteriores, Ecuador carece de normativa de elaboración de bahareque, sin embargo, de acuerdo con la NTE – O80, las construcciones deben presentar estabilidad y resistencia a fenómenos naturales (sismos) para asegurar la integridad de sus ocupantes.

El manual propuesto es una guía para la ejecución en obra, pues las propiedades del suelo varían en función de la localización, por ende, pese a servir como precedente para futuras construcciones o investigaciones, los criterios técnicos deben adaptarse a la realidad del entorno. Además, al no existir parámetros de regulación, la técnica del bahareque es aplicada de manera empírica, con lo cual los estándares de calidad y estética dependen de la habilidad del constructor.

De manera sintetizada el manual se considera una herramienta para la construcción con bahareque, de manera que cualquier persona pueda interpretar los conceptos y procedimientos expuestos en el mismo, independientemente de tratarse de profesionales en arquitectura o sus ramas.

Figura 25
Ensayo Cinta con tierra de Cotopaxi.



Nota. Elaboración propia.

El manual consta del siguiente índice de contenidos:

1. Introducción
2. Objetivo
3. Glosario
4. Consideraciones para ubicar la edificación antes de construir
5. Selección de la tierra
6. Elaboración del bahareque
7. Prueba de sedimentación
8. Prueba de cintilla

9. Construcción con bahareque paso a paso
10. Trazado y replanteo
11. Cimentaciones
12. Problemas - Patologías: Cimentaciones deficiente
13. Tipos de sobrecimientos y cimientos
14. Estructura y relleno
15. Bahareque embutido de barro
16. Bahareque de madera, cancel o tabla parada
17. Sistemas constructivos
18. Bahareque hueco o aligerado
19. Mejoras constructivas al bahareque
20. Estructuras para techos
21. Acabados constructivos del bahareque

[Enlace de acceso](#)

BIBLIOGRAFÍA

Abril, D., & Mendieta, J. (2023). Manual de construcción del bahareque tradicional. Cuenca: Universidad de Cuenca.

ALCIVAR, A. (2020). Métodos para determinar granulometría de los suelos. Universidad Técnica de Manabí, August.

Almengor, L., Miranda, R., Samudio, K., & Grajales-Saavedra, F. (2022). Modelación física de la capacidad de carga lateral de pilotes de madera en suelos granulares. *Revista de Iniciación Científica*, 8(1). <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v8i1.3505>

Alzate, J., & Osorio, J. (2014). Bahareque como ejemplo de sostenibilidad, una herencia que se transforma. Bahareque como ejemplo de sostenibilidad, una herencia que se transforma. (E. y. Facultad de Ciencias Contables, Ed.) Manizales, Colombia: Universidad de Manizales.

Arboleda, G. (2006). ¿Qué es la arquitectura vernácula? Berkeley C.A.

Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. Caracas: Suplidora Van, C.A.

Barrera Peñafiel, L., Encalada, A. L., & Proaño Escandón, D. (2022). La Madera en Arquitectura. Identificación y Caracterización de la Madera Estructural en el Ecuador. Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación, 159. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi159.6829>

Bolaño, M., Tobon, J., & Zaghoul, M. (2017). Construcción en tierra: El bahareque. Baranquilla: Universidad del Norte.

Cárdenas, J. (2019). Horizontes de diagnóstico del suelo.

Cárdenas-Haro, X., Tarque, N., Todisco, L., León, J., & Pino, J. (2022). Out-of- plane failure resistance of adobe facades in Cuenca- Ecuador for different seismic accelerations. *Rehabend*.

Carmona, P., Moncayo, E., & Camacho, E. (2015). Manual para el diseño de construcciones de la comunidad Andina. Cartagena: Junta del acuerdo de Cartagena.

Catalán Diez, R. (2018). Construcción con tierra. Reinterpretación de una tradición. Madrid: E.T.S. Arquitectura (UPM).

Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia, 2, 1-11.

Cid, J., Mazarrón, F., & Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de la Construcción*, LXIII, 159-169. Obtenido de https://oa.upm.es/10611/2/INVE_MEM_2011_9532O.pdf

Coral, D. (2016). Hacer una revisión bibliográfica. Colombia: Universidad El Bosque. Obtenido de <https://lpl.unbosque.edu.co/wp-content/uploads/09-Guia-Revisión-bibliografica.pdf>

Cordero Vargas, J. camilo, Manrique Paredes, J. S., & Moreno Quijano, O. D. (2022). Influencia de las características físicas en el comportamiento mecánico de los suelos granulares. *INVENTUM* 17(32). <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.17.32.2022.57-67>

(2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito.

Correal, J. F. (2020). State-of-the-art of practice in colombia on engineered guadua bamboo structures. *Modern Engineered Bamboo Structures - Proceedings of the Sustainable Bamboo Building Materials Symposium of BARC 2018 and 3rd International Conference on Modern Bamboo Structures, ICBS 2018*. <https://doi.org/10.1201/9780429434990-2>

Craterre, W., & Rivero, A. (2002). Adobe: guía de construcción para sísmica. CRAterre. Obtenido de <https://craterre.hypotheses.org/4009>

Cuitiño-Rosales, M. G., Rotondaro, R., & Esteves, A. (2019). Aportes para el análisis comparativo del comportamiento higratérmico y mecánico de los materiales de construcción

con tierra. *Revista de Arquitectura*, 22(1). <https://doi.org/10.14718/revarq.2020.2348>

Culma, S., Rojas, A., & Redondo, A. (2018). *Mejoramiento del recubrimiento en construcciones de bahareque, por clasificación granulométrica*. Bogotá: Universidad la Gran Colombia.

Díaz, L. (2011). *Indagación*. México: UNAM. Obtenido de https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/Indagacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf

Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 11(7). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009

Echazarreta, S. (2022). ¿Qué es la investigación documental? *QuestionPro*.

Espinosa, P. C. (1859). *Manual de construcciones de albañilería*. Severiano Baz.

Estrella, S., & Estrella, P. (2020). Representaciones de datos en estadística: De listas a tablas. *Revista Chilena de Educación Matemática*, 12(1), 21-34.

Fernández, I. (2 de Julio de 2019). *Arquitectura sostenible*. (J. Sánchez, Entrevistador)

Franco Olea, T. L. (2019). *Influencia de la representación gráfica para generar contenido de mensajes efectivos (Bachelor's thesis)*.

García, E., & Suárez, M. (2017). *ingenieroambiental.com*. (U. C.-U. Salamanca, Ed.) Obtenido de [ingenieroambiental.com](http://www.ingenieroambiental.com/nov/ga.pdf): <http://www.ingenieroambiental.com/nov/ga.pdf>

Gatti, F. (2009). *Arquitectura y construcción en tierra: estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra*. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/16141>

Giesecke, S. (2020). *Elaboración y pertinencia de la matriz de consistencia cualitativa para las investigaciones en ciencias sociales*. Desde el Sur. doi:<http://dx.doi.org/10.21142/des-1202-2020-0023>

Guzmán, J. (2019). *Técnicas de Investigación de Campo*. Unidades de Apoyo Para El Aprendizaje. CUAED.

Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodología%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Huerta, S., & López, F. (2013). *La construcción tradicional en Ambato - Ecuador, a finales del siglo XIX y principios del XX*. La piedra Pishilata. Madrid: Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Obtenido de https://oa.upm.es/21373/1/Doc_Archivo_Digital_UPM_web.pdf

Jumbo, D., & Monteros, K. (2023). El confort térmico en la arquitectura vernácula de la Parroquia Chuquiribamba -Ecuador. *Anales de Investigación en Arquitectura*, XIII(2).

INTERNACIONALMENTE, L. R., & DE COLOMBIA, E. E. S. P. (2023). *Metodología de investigación*.

Kaminski, S., Lawrence, A., & Trujillo, D. (2015). *Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado*. Beijing: ARUP. Obtenido de <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-guia-de-disencc83o-para-viviendas-de-bahareque-encementado.pdf>

Landívar, C. P., Achig-Balarezo, M. C., Freire, V. C., Silva, I. S., & Martínez, F. C. (2019). *Analysis and Proposal to Retrofit the Traditional Construction Systems (Earth) of the Former San José School, Cuenca, Ecuador*. In RILEM Bookseries (Vol. 18). https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3_14

Lara, M. L., & Bustamante, R. (2022). *Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas*. *Revista Politécnica*, 49(2). <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2O4>

Lara, M. L., & Galarza-Gallardo, G. (2020). Pathology in crude earth, research on constructions in the Ecuadorian andean area. REHABEND.

Leserri, M., & Guzman-Bejarano, D. A. (2019). The caribbean bahareque: From living branches to the wall. In *Lecture Notes in Civil Engineering* (Vol. 24). https://doi.org/10.1007/978-3-030-03676-8_24

Lezman, A. (3 de Septiembre de 2022). Obtenido de <https://arturolezman.com/como-hacer-un-guion-de-entrevista/#:-:text=Un%20guion%20de%20entrevista%20es%20un%20documento%20que%20podr%C3%A1s%20utilizar,m%C3%A1s%20importantes%20durante%20esta%20acci%C3%B3n>.

López, L. (2015). NORMA ANDINA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CASAS DE UNO Y DOS PISOS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO. Quito: IMBAR.

Magaña Fajardo, C. (Septiembre - Diciembre de 2017). El Art Decó en la Ciudad de México: un movimiento arquitectónico 1925 - 1940. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXVIII (3), 23 - 40. doi:ISSN 1815 - 5898

Maldonado, Á. (2017). Estrategias para la conservación de la cultura constructiva de bahareque en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. Cuenca: Universidad de Cuenca

Mendoza, S. H., & Avila, D. D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín científico de las ciencias económico-administrativas del ICEA*, 9(17), 51-53

Minke, G. (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel.

Muciño-Vélez, A., Guillén, C. A., Tahuiton-Mora, A., & Orozco-Mendoza, E. (2022). Influencia de la arena en la resistencia mecánica del mortero empleando diferentes marcas de cemento. *CIENCIA Ergo-Sum*, 29(1). <https://doi.org/10.30878/ces.v29n1a9>

(2018). Norma Ecuatoriana de construcción. Quito: MIDUVI.

(2017). Norma NTE O80. Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Ochoa, A. (28 de Agosto de 2023). *Arquitectura: todo lo que debes saber de esta disciplina*. México. Obtenido de [https://www.admagazine.com/arquitectura/que-es-la-arquitectura-20200629-7044-articulos#:~:text=La%20arquitectura%](https://www.admagazine.com/arquitectura/que-es-la-arquitectura-20200629-7044-articulos#:~:text=La%20arquitectura%20)

Pacheco, I. (2019). Abouthaus. Obtenido de <https://abouthaus.com/estudio-de-suelo/>

Palacios, A., & Angumba, P. (2021). Bahareque as a Sustainable Construction System: Analysis of Unit Prices. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1203(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1203/3/032118>

Peña, F., Sifuentes, D., & Yarasca, C. (2022). Tipología arquitectónica de la vivienda rural en Jaén, Perú. *Built Heritage*, 6(1).

Pinos Sarmiento, J. A., & Baculima Armijos, A. T. (2019). Recuperación del sistema constructivo en la técnica de bahareque en la contemporaneidad. In *Solidaridad y gobierno corporativo de la empresa*.

Propiedades sismo resistentes del tapial y la quincha: Arquitectura vernácula sostenible. (2020). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.181

Questionpro. (2019). ¿Qué es la Investigación Exploratoria? In *Investigacion- Exploratoria/*.

RAE. (2023). Asociación de academias de la lengua española. Obtenido de <https://dle.rae.es/resumir>

RALE. (2021). Asociación de Academias de la Real Lengua Española.

Real-Cotto, J. J., Romero-Urréa, H. E., Altamirano, N. E. A., & Fernández, A. A. V. (2021). Risk factors and level of knowledge of Chagas disease in the General Villamil parish, Guayas-

Ecuador 2020. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 61. <https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.61e.OO8>

Red Internacional para el Desarrollo del Bambú y el Ratón . (2015). Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado. Quito.

Rizo, A., Garay, L., & Monsalve, F. (2021). El bahareque y el adobe como técnica constructiva sismo-resistente. REVISTA FORMACIÓN ESTRATÉGICA, 1-13.

Robles Rojo, A., Arceo Díaz, S., Ri-cardo Moreno Peña, J., & Zuleica Chávez Pérez, D. (2021). Análisis de la resistencia mecánica ante compresión de bloques de adobe con agregados de fibra de bagazo de caña. Revista Ingeniantes 2021 Año, 8(2).

Rocha Álvarez, D. E., Pérez, C., & Villanueva, J. (2020). Material ecológico para construcción en vidrio, arena y poliplásticos (VAPoli). Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 30(2). <https://doi.org/10.18359/rcin.4643>

Rodríguez Licea, M., & Flores Calvario, A. (2020). El sistema constructivo de pajarete en la vivienda tradicional del estado de Colima, México. Intervención, 1(21). <https://doi.org/10.30763/intervencion.228.v1n21.07.2020>

Rodríguez Ruiz, J. L., Castañeda Hernández, C. G., Cruz López, R., & Neria Hernández, R. (2021). Diseño de un módulo de bahareque autoconstructivo de bajo costo e impacto ambiental para viviendas unifamiliares. Revista RedCA, 3(9). <https://doi.org/10.36677/redca.v3i9.15866>

Rojas, M. A., & Altamirano, R. (2023). Thermal Comfort in Two Housing Typologies in the Andean Region of Ecuador: Cotopaxi Province. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 13(5), 1911–1916. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.5.19051>

Rojas Molina, M. A., Carvajal, E., Jara, P., Sanz, D., & Freire, L. (2023). Analysis of Adobe Block Manufacturing Techniques. 2023 IEEE Seventh Ecuador Technical Chapters Meeting (ECTM), 1–5. <https://doi.org/10.1109/ETCM58927.2023.10308800>

Romero, F. (2023). Arquitectura y medio ambiente. Honduras: Universidad José Cecilio del Valle. Obtenido de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonoma-de-honduras/historia-de-honduras/la-arquitectura-vernacula-no-responde-a-un-estilo-arquitecto/70692665>

Roux, R. (2018). Bahareque y su inercia térmica para muros de viviendas de Interés Social. Legado de Arquitectura y Diseño, XIII(23), 25–32. Obtenido de <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/11516>

Ruano Posada, L. (2021). La arquitectura en tierra en la fachada cantábrica durante la Edad del Hierro: una revisión de materiales y técnicas constructivas desde la arqueometría y la arqueología virtual. Proyectando Lo Oculto. Tecnologías LiDAR y 3D Aplicadas a La Arqueología de La Arquitectura Protohistórica.

Rus Arias, E. (2020). Investigación exploratoria - Qué es, definición y concepto | 2022 | Economipedia. IO de Diciembre 2020.

Salas, D. (2019). El enfoque mixto de investigación: algunas características - Investigalia. Investigalia.

Salinas, J. (2011). Metodología de la investigación científica. Mérida: Universidad de Los Andes. Obtenido de http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/34398/metodologia_investigaciondf



ANEXOS

Anexo 1. Guión 1: Aproximación a los procesos constructivos

1. ¿Cuál es su opinión del bahareque como técnica de construcción?
2. ¿Qué normativa se aplica a la construcción en bahareque?
3. ¿Cómo se asegura el confort térmico en edificaciones de bahareque?
4. A nivel estructural ¿Qué factores deben considerarse y por qué?
5. ¿Cómo se fusiona la arquitectura tradicional con la arquitectura contemporánea?
6. ¿Qué materiales pueden utilizarse como aglomerante sin afectar la calidad del edificio?

Anexo 2: Guión 2: Técnica Constructiva

1. ¿Conoce sobre las técnicas constructivas tradicionales en tierra y cuáles conoce?
2. ¿Conoce el proceso de fabricación del bahareque?
3. ¿En su experiencia recomendaría los procesos constructivos con bahareque?
4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa para construir con bahareque?
5. ¿Conoce la razón por la cual esta técnica constructiva se ha desvalorizado y en la actualidad ya no es utilizada en el país?
6. ¿Cómo selecciona la tierra?

Anexo 3: Guión 3: Teórico – Práctico

1. ¿Cuál es la composición del bahareque en la serranía ecuatoriana?
2. ¿Qué tipo de ensayos se ejecutan para conocer la

calidad del suelo?

3. ¿Qué consideraciones se toman al trabajar con tierra (bahareque)?
4. Según las características del suelo en la zona 3 ¿Qué proceso constructivo recomienda en la edificación con bahareque?
5. En la fabricación del bahareque ¿En qué se diferencia el proceso tecnificado del transmitido de generación en generación?
6. ¿De qué manera se correlacionan la arquitectura moderna con la tradicional?
7. ¿Cuáles son las dificultades de trabajar con bahareque?

Anexo 5. Entrevista de aproximación a los procesos constructivos – Arq. Eduardo Tumbaco

1. ¿Cuál es su opinión del bahareque como técnica de construcción?

He realizado varios experimentos con el bahareque para buscar como hacerlo más resistente, pero más que nada para conocer su comportamiento y siempre he concluido que esta técnica de construcción es muy hermosa y digna de ser estudiada. Conseguir los componentes para su preparación no es una tarea fácil, pero si se los consigue y una vez obtenida la mezcla es muy maleable y que brinda diferentes usos, como relleno o enlucido, además de las propiedades térmicas que tiene, yo recomiendo el uso de este material y técnica constructiva en las zonas donde existe mucho frío, puede ser los páramos. Además, en la actualidad existen varios estudios de las propiedades sismorresistentes del material, uno entra a internet y sale un sin número de resultados sobre el bahareque y sus modificaciones como el encementado, que tiene mejor resistencia a los sismos.

2. ¿Qué normativa se aplica a la construcción en bahareque?

No existe ninguna normativa, ni manual, ni nada que nos explique cómo construir aquí en Ecuador, lo que existe es en otros países, yo me guío de los manuales y normas que hay para construir con bahareque, pero de Colombia. La arquitectura vernácula es una arquitectura empírica por experiencia

3. ¿Cómo se asegura el confort térmico en edificaciones de bahareque?

Para conservar la temperatura interna en construcciones con bahareque y en general en cualquier tipo de arquitectura se debe aprovechar factores geográficos, topográficos, de ubicación de vanos, iluminación y ventilación natural, concentración de la radiación solar. Cuando la construcción es empírica y los obreros y propietario construyen bajo su criterio y experiencia, tienden a incrementar el ancho de pared para asegurar la conservación de calor al interior de la construcción.

4. A nivel estructural ¿Qué factores deben considerarse y por qué?

Al cumplir la función de esqueleto o soporte de la construcción deben tomarse en cuenta materiales resistentes para la carga estructural calculada. En zonas donde el conocimiento depende de la perspectiva del constructor y de la disponibilidad de materia prima suele utilizarse parantes de madera, carrizo o demás materiales de origen vegetal, sin embargo, en construcciones con carácter técnico, la estructura suele incluir mallas de acero, soportes de polietileno y materiales industriales.

5. ¿Cómo se fusiona la arquitectura tradicional con la arquitectura contemporánea?

La fusión entre lo tradicional y lo moderno muestra un estilo diferente en el que se conservan muros y techos, pero se mejora en estructura, aglomerantes, aislantes y demás. Por ende, se podría decir que el equilibrio se consigue al combinar técnicas de construcción y materiales.

6. ¿Qué materiales pueden utilizarse como

aglomerante sin afectar la calidad del edificio?

En la técnica tradicional la tierra se fusiona con paja como aglomerante, sin embargo, con el avance tecnológico del sector de la construcción en la actualidad se incluye grava, arcilla para mejorar la calidad del suelo, cal como agente cementante, arena de río para mejorar las propiedades térmicas. Cabe aclarar que las cantidades y tipo de aglomerantes deben ser probados previamente a la edificación, caso contrario podrían afectar estructural o estéticamente la calidad de construcción.

Anexo 6: Entrevista Técnico-Constructiva – Artesano Luis Cují

1. ¿Conoce sobre las técnicas constructivas tradicionales en tierra y cuáles conoce?

Si conozco algunas maneras de construir con tierra, el tapial y el bahareque. En algunos lugares de aquí de Ambato aún hay casitas construidas de esa manera, en la parte alta de Quisapincha usted puede ir a ver y ahí la mayoría de las casitas aún son de tierra y techo de paja, esa gente aun construye a lo que era antes, ya los jóvenes nomás paran sus casas con cemento.

2. ¿Conoce el proceso de fabricación del bahareque?

Claro, se pone primero el carrizo, pero antes se utilizaba una gran estera de 3 a 4 metros, se le corta y se le arma como si fuera el gypsum, se le hace una riel igual y se le pone esta estera en la mitad, esta se sujeta con piola y de ahí se pone el barro, porque este da un mejor acabado. La preparación del barro es como para hacer el horno, se le hace la preparación y ya se comienza a enlucir

3. ¿En su experiencia recomendaría los procesos constructivos con bahareque?

Al usar la tierra las casitas que se construyen con esto son más abrigadas y hasta más resistentes, esas casitas duran años, pero sabiéndolas construir porque si se pone a estar practicando y sin saber, la tierra se comienza a partir y ahí saben caerse las paredes.

4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa para construir con bahareque?

No, nosotros construimos de lo que hemos aprendido con los años, ahora que ya hay el internet y eso, se puede ver como preparan el bahareque de otras maneras, pero antes que no había todo se iba aprendiendo solos o cuando se trabajaba de ayudante de algún maestro mayor, ellos ya sabían cómo construir las casitas de tierra.

5. ¿Conoce la razón por la cual esta técnica constructiva se ha desvalorizado y en la actualidad ya no es utilizada en el país?

La gente de ahora solo construye con cemento y ahora que apareció la estructura metálica, no se dan el tiempo de conocer las construcciones de antes, usted mismo ha de ver que cada vez van desapareciendo las casitas de tierra, muchos de los dueños de esas casa mismo las botan y construyen nuevas, más modernas.

6. ¿Cómo selecciona la tierra?

Antes de comenzar con la construcción se realiza el reconocimiento de la tierra. Al estar en el campo se opta por realizar pruebas empíricas que dependen del conocimiento y experiencia del trabajador. Entre los ensayos caseros que pueden aplicarse están: manipulación, olor, visual, mordedura y caída de bola.

Anexo 7: Entrevista Teórica – Práctica – Ing. Belén Núñez

1. ¿Cuál es la composición del bahareque en la serranía ecuatoriana?

La composición depende del suelo, las propiedades no son generales por región o provincia, más bien son propias de cada espacio geográfico. Aunque de manera general se califica como idóneo la composición 40% tierra, 60% arcilla. Se debe tener en cuenta que la compactación se mejora con la inclusión de arenas y fibras orgánicas.

2. ¿Qué tipo de ensayos se ejecutan para conocer la calidad del suelo?

Los ensayos principales son los granulométricos para calificar la calidad del suelo y presentar alternativas de construcción en cimientos, pavimentos y terraplenes. Pero también existen ensayos de resistencia, densidad, permeabilidad y demás; el objetivo general es caracterizar el suelo y presentar alternativas de construcción.

3. ¿Qué consideraciones se toman al trabajar con tierra (bahareque)?

Al trabajar con tierra deben tomarse en cuenta tres aspectos: plasticidad, cohesión y compactación; caso contrario se requiere colocar añadidos y aglomerantes y modifiquen las propiedades del bahareque, mejorando su resistencia y durabilidad.

4. Según las características del suelo en la zona 3 ¿Qué proceso constructivo recomienda en la edificación con bahareque?

El proceso constructivo, independientemente de la zona requiere de una estructura base para construcción de muros y soporte de cubiertas. También es necesario realizar ensayos para definir la composición del bahareque y la necesidad de incluir o no materiales aglutinantes de tipo natural o industrial.

5. En la fabricación del bahareque ¿En qué se diferencia el proceso tecnificado del transmitido de generación en generación?

El proceso tecnificado se orienta a la fabricación de bloques de bahareque, pues las propiedades son las mismas pero el tiempo de producción es industrializado, con lo cual, cualquier maestro albañil o profesional de la construcción esta en capacidad de manipularlo. No obstante, la técnica ancestral requiere de especialistas en la creación de bahareque, caso contrario se presentan fisuras y posteriormente se caen paredes; el valor de esta técnica se concentra en la memoria colectiva y representación cultural.

6. ¿De qué manera se correlacionan la arquitectura moderna con la tradicional?

En el ámbito sostenible, pues la arquitectura moderna

se enfoca en crear edificaciones amigables con el medio ambiente, al mismo tiempo que se cumplen con las expectativas del constructor y propietario. Por otra parte, la arquitectura tradicional ya se mueve en esta rama, pues los recursos materiales son propios de la zona y se encuentran en el entorno, además de aprovechar el sol y viento como estrategias pasivas de iluminación y ventilación.

7. ¿Cuáles son las dificultades de trabajar con bahareque?

La falta de técnicos en conservación y construcción; al tratarse de conocimientos impartidos entre generaciones los mismos permanecen en el lugar, que sumado a la falta de normativa evidencia una serie de procesos constructivos que dependiendo del ejecutor y su nivel de preparación pueden o no funcionar.

Anexo 8
Fotografías ensayo bahareque.





Anexo 9

Ensayo de tipo de suelo.

Técnica Terrea	% Arcilla	%Limo	% Arena	Adicionales
Adobe	20	40	40	Fibra picada o excremento
Bajareque	20	40	40	Fibra larga
Cob	30 - 60		40 – 70	Fibra picada
Bloque de Tierra Compactada (BTC)	15	20	65	
Tapial	5	5	90	Cal opcional
Superadobe	20 - 30		70– 80	

Nota. Tomado de ().

Anexo 10

Ensayos granulométricos.

ENSAYO DEL CORDÓN	ENSAYO DE LA CINTA	ENSAYO DE EXUDACIÓN	ENSAYO DE LA RESISTENCIA SECA	TIPO DE TIERRA	TÉCNICA CONSTRUCTIVA
Cordón frágil o resistencia nula	Cinta corta o no se consigue hacer la cinta	Reacción rápida a lenta pero jamás muy lenta	Poca a nula, generalmente nula	Arenosa; areno-limosa; areno-arcillosa; limo-arcillosa	BTC, adobe y tapia
Cordón frágil a blando	Cinta corta	Reacción lenta a muy lenta	Poca a mediana	Limosa	Utilización más difícil que las tierras anteriores, posible con el uso de aglomerante
Cordón blando	Cinta corta a larga	Reacción muy lenta o sin reacción	Mediana a grande	Arcillosa con grava, arcillo-arenosa y arcillo-limosa	Posible de usar para la tierra compactada o ladrillo prensado, con aglomerante
Cordón duro	Cinta larga	Sin reacción	Grande	Arcillosa	Posible de usar para fabricación de adobe con adición de fibras y embarrado de técnicas mixtas

Nota. Tomado de ().

Anexo 4
Metodología

Objetivo general	Objetivos específicos	Enfoque	Nivel de investigación	Actividades	Tipo de investigación	Técnicas de recolección de datos	Instrumento	Técnicas de procesamiento de datos	Resultados esperados
Proponer un manual de difusión de métodos y técnicas del sistema constructivo bahareque en la sierra centro del Ecuador, mediante la recolección de información y entrevistas aplicadas durante el periodo 2023 - 2024, para una mejor ejecución en obra.	OE1	Documentar los principales métodos y técnicas de la elaboración del bahareque, mediante la implementación de la investigación documental y revisión bibliográfica.	Cualitativo	Exploratorio Explicativo Descriptiva	Conocer la información con mayor relevancia sobre los métodos y técnicas de elaboración del bahareque.	Documental	Documental Bibliográfica Visita de campo	Documentos físicos y digitales. Síntesis bibliográfica y de resumen.	Conocimientos sólidos sobre los métodos y técnicas de elaboración del bahareque.
	OE2	Verificar la calidad de la materia prima y la factibilidad de construir edificaciones con bahareque, mediante ensayos de campo y entrevista para la determinación de parámetros y lineamientos.	Cualitativo	Exploratorio Explicativo Descriptiva	Realizar ensayos de campo que identifiquen la materia prima óptima para el bahareque.	De campo	Entrevistas Fotografías Observación Experimentación Visita de campo	Guion de entrevista. Matriz de Datos	Identificación de la mejor materia prima para la elaboración del bahareque.
	OE3	Elaborar un manual de técnicas de construcción con bahareque, mediante criterios técnicos y parámetros de regulación, que sirva de guía para la ejecución en obra.	Cualitativo	Exploratorio Explicativo Descriptiva	Compilar y organizar la información previamente recolectada.	Documental	Documental Bibliográfica	Documentos físicos y digitales. Manual Representaciones gráficas	Propuesta del Manual de técnicas constructivas de bahareque.

Nota. Elaboración propia.



Universidad Indoamérica

Ambato

Calle Bolívar 20-35 y Quito
(03) 2 421713 / 2421452

Quito

Machala y Sabanilla (Sector Cotacollao)
(02) 3998227 / 3998238
www.uti.edu.ec

MANUAL DE TECNICAS CONSTRUCTIVAS CON BAHAREQUE

CHRISTIAN MAURICIO CRIOLLO SALAZAR



Universidad
Indoamérica



**Trabajo de Integración Curricular
Propuesta Metodológica
Carrera de Arquitectura
Periodo académico A23**

Autor:

CHRISTIAN MAURICIO CRIOLLO SALAZAR
Correo: Chrisfa18@hotmail.com

Fecha de Publicación:

Octubre 2023

Equipo de Soporte:

Arq. María Augusta Rojas Molina Docente Tutor
correo: mrojas4@indoamerica.edu.ec

LLACAS VICUÑA LUIS DELIBERTO

Docente Unidad de Integración Curricular, correo:
luisllacas@indoamerica.edu.ec

AMALUISA RENDON PAULINA MAGALLY

Docente apoyo diagramación
correo paulinaamaluisa@indoamerica.edu.ec

Agradecimiento:

Agradecemos la apertura de las siguientes
instituciones y personas por su aporte en este
documento:

Maestro Luis Cuji (Chambo) RIOBAMBA
Arq. Javier Suarez
Arq. Alejandro Sanchez



MANUAL DE TÉCNICAS
CONSTRUCTIVAS
BAHAREQUE



ÍNDICE DE CONTENIDOS

OBJETIVO	9
GLOSARIO	9
CONSIDERACIONES PARA UBICAR LA EDIFICACIÓN ANTES DE CONSTRUIR	12
SELECCIÓN DE LA TIERRA	13
ELABORACIÓN DEL BAHAREQUE	13
CONSTRUCCIÓN CON BAHAREQUE PASO A PASO	18
TRAZADO Y REPLANTEO	18
PROBLEMAS - AFECCIONES	20
CIMENTACIONES	20
ESTRUCTURA Y RELLENO	22
BAHAREQUE TRADICIONAL	23
ESTRUCTURA Y RELLENO	23
BAHAREQUE TÉCNICO	24
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	25
BAHAREQUE EMBUTIDO DE BARRO	25
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	25
BAHAREQUE DE MADERA, CANCEL O TABLA PARADA	25
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	26
BAHAREQUE HUECO O ALIGERADO	26
DETALLES CONSTRUCTIVOS	26
MEJORAS CONSTRUCTIVAS AL BAHAREQUE	27
ESTRUCTURAS PARA TECHOS	32
ACABADOS CONSTRUCTIVOS DEL BAHAREQUE	35
ELABORACIÓN DE PARED DE BAHAREQUE	37
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL MURO DE BAHAREQUE	40

INTRODUCCIÓN

"La arquitectura es una manifestación del alma humano que se realiza en piedra, madera, acero y vidrio. Cuando una construcción está bien lograda, trasciende su utilidad y se convierte en un legado eterno." (Frank Lloyd Wright)

Un tercio de la población mundial encuentra su hogar en estructuras construidas principalmente con tierra, un recurso abundante y asequible en todo el planeta. Estas viviendas son construidas y mantenidas por sus propios propietarios o residentes, lo que resalta su carácter de construcción comunitaria. La tierra, como material de construcción, ofrece una versatilidad inigualable y se obtiene fácilmente del mismo entorno en el que se dan las edificaciones. Sin embargo, en la era de la industrialización y el avance tecnológico, este recurso ancestral perdió su aprecio y confiabilidad.

Este manual se centra en la exploración del bahareque, un sistema constructivo que incorpora métodos y técnicas diversos para la fabricación y construcción. El bahareque, también conocido como bajareque, fajina o tapia, es un método tradicional que implica la entrelazado de palos o cañas cubiertos de barro para edificar casas. Esta técnica ha sido empleada desde tiempos remotos en las comunidades indígenas de América. Las edificaciones de bahareque son a menudo denominadas "arquitectura sin arquitectos, ya que fueron concebidas y adaptadas por las mismas comunidades originarias y rurales, adaptándose a su cultura y tradiciones, tanto en entornos rurales como en áreas urbanas.

El bahareque se ha convertido en un medio para recuperar una técnica ancestral y abordar la creciente problemática de la falta de viviendas en Latinoamérica. Su facilidad de construcción promueve la arquitectura participativa, en la que las comunidades se involucran activamente en la edificación. Además, el bahareque se considera una forma de "bioarquitectura", ya que reduce las emisiones de carbono al utilizar recursos locales y sostenibles. Esta técnica requiere de pocos recursos, lo que la convierte en una opción ideal para la construcción de viviendas en lugares donde los recursos son escasos. "A pesar de su antigüedad, el bahareque está siendo reconocido por arquitectos contemporáneos como una solución eficiente a los desafíos de la vivienda asequible" (Palacios y Angumba, 2021, p. 20).





OBJETIVO

Proporcionar una guía completa y detallada que permita a los lectores aprender cómo diseñar, construir y mantener edificaciones utilizando esta técnica constructiva.



GLOSARIO



Aditivo:

Fibras naturales, escombro o cualquier material o fibra que es añadida de manera adicional a la mezcla principal (Oxford Languages, 2023).



Arcilla:

Material natural que cuando se combina con agua en la cantidad adecuada se transforma en una pasta moldeable (García & Suárez, 2017, pág. 3)



Arena:

Sustancia formada por diminutos fragmentos de mineral separados de las rocas y apilados en costas, orillas de ríos o cubriendo una superficie de un suelo (Oxford Languages, 2023).



Base Estructural:

Parte inferior, con dimensiones y materiales correctos que sirven de apoyo y sostén al resto de la estructura, es decir a los muros de bahareque (Oxford Languages, 2023).



Barro:

Masa que se obtiene mezclando correctamente agua y arcilla, sirve para hacer cerámica y diferentes sistemas constructivos en tierra (RALE, 2022)

**Cañuto:**

Trozo de un tallo de caña comprendido entre dos nudos(Oxford Languages, 2023).

**Construcción:**

Es el arte o técnica de crear edificios e infraestructuras. Así también se le dice a una obra que ya está hecha o que se está haciendo. En un sentido más amplio.

**Dosificación:**

Fijar las cantidades adecuadas de los materiales que integran una mezcla, con el objetivo de lograr la solidez y perdurabilidad exigidas, o también, para conseguir un revestimiento o pegamento correctos (Oxford Languages, 2023).

**Entramado:**

Sistema estructural primario de los muros de bahareque, corresponde a marcos hechos de bambú Guadua o de una combinación de bambú Guadua con madera (López, 2015)

**Fibras Naturales:**

Fibra que se obtiene a partir de productos naturales de origen vegetal (algodón, cáñamo), animal (lana, seda) o mineral (amianto) (Oxford Languages, 2023).

**Limo:**

Principalmente son partículas de tamaño muy fino, más pequeñas que la arena pero más grandes que el barro. (Oxford Languages, 2023).

**Método:**

Forma organizada y metódica de actuar para alcanzar un objetivo o propósito concreto (Oxford Languages, 2023).

**Muro:**

Elemento laminar vertical que soporta los diafragmas horizontales y transfieren cargas a las cimentaciones (López, 2015).



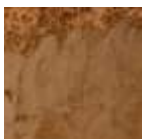
Prueba de Cintilla:

Prueba que determina la plasticidad y la cohesión de la mezcla de tierra, pero no la resistencia o durabilidad del material seco. Con esta prueba, se mide el contenido y la calidad de la arcilla del suelo probado (Oxford Languages, 2023)



Prueba de Sedimentación:

Técnica que brinda información aproximada del contenido del suelo, datos que sirven para calcular la proporción de cada componente para la mezcla (arcilla, arena y limo)(Oxford Languages, 2023).



Repello:

Capa de mortero empleada para revestir una pared o un muro, brinda un acabado estético al muro de bahareque (Oxford Languages, 2023).



Solera:

En muros de bahareque encementado, es el elemento horizontal que sirve de base a la estructura de un muro e integra las cargas de los pies derechos (López, 2015).



Tierra:

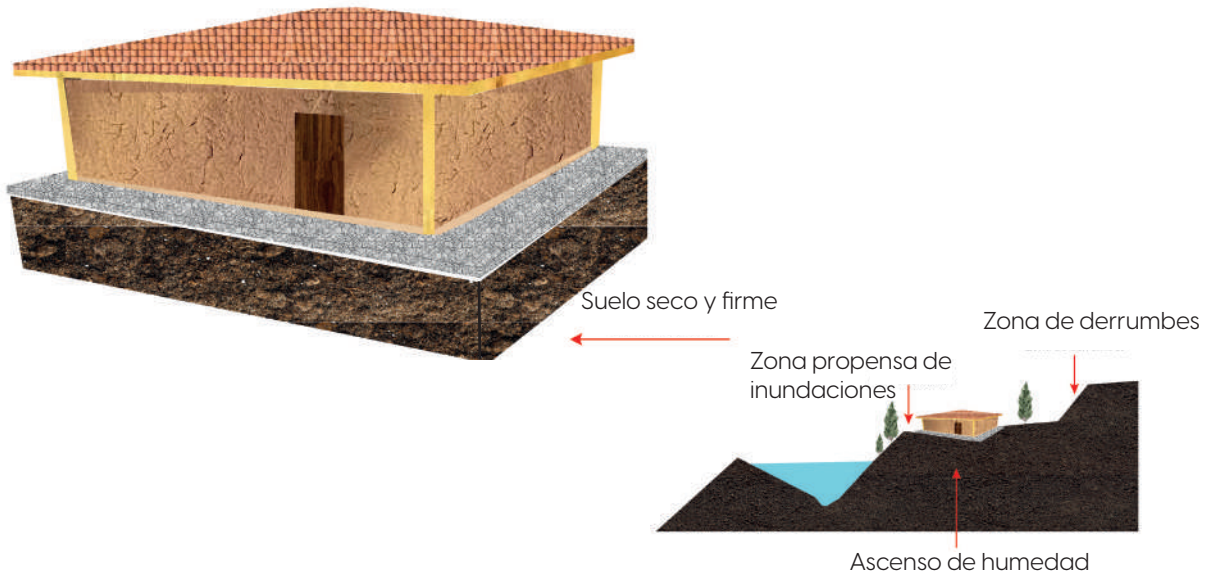
Material desmenuzable del que principalmente se compone el suelo natural (RALE, 2022)



CONSIDERACIONES PARA UBICAR LA EDIFICACIÓN ANTES DE CONSTRUIR

Cuando se selecciona la ubicación de una edificación, es crucial tener en consideración ciertos aspectos que garanticen la seguridad y confiabilidad.

1. Las edificaciones deben ser construidas en sitios planos y firmes para que así garanticen una durabilidad y a su vez que no exista hundimientos los cuales terminarían en derrocamientos de las mismas.
2. Es importante evitar construir en lugares como pendientes o zonas que comprendan catástrofes naturales como aluviones, inundaciones, derrumbes o zonas con alto grado de sismicidad.
3. Es fundamental considerar la instalación de muros de contención estos a su vez permitirá la seguridad y firmeza de la estructura resguardando la edificación y por ende la integridad de los habitantes.



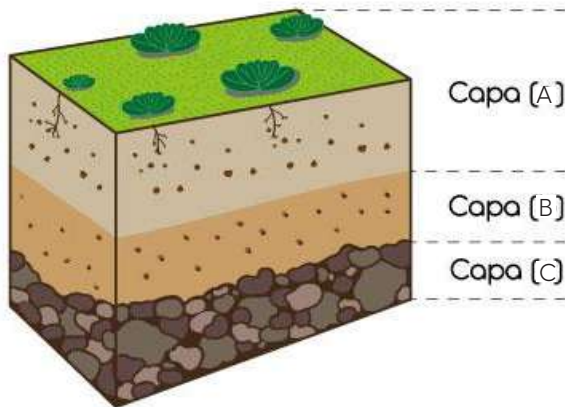


ELABORACIÓN DEL BAHAREQUE

SELECCIÓN DE LA TIERRA

Para la determinación del suelo y tipo de tierra primero debemos tomar una muestra del sitio en el cual vamos a intervenir para la determinar si es viable utilizar bahareque en la construcción.

1. Primero se debe retirar la materia organica existente en el sitio de estudio.
2. Se procede a realizar una excavación a unos 40 cm esta la realizamos con el fin de obtener esta tierra a esa profundidad.



Capa A: Suelo orgánico útil para obtener una muestra de tierra, se debe excavar una capa de 40cm desde el nivel natural del suelo para retirar la materia orgánica.

Capa B: Suelo para tomar la muestra, práctico para realizar pruebas de campo y determinar si es adecuada o es necesario mejorar la tierra y que sea útil para la fabricación del adobe.

Capa C: Suelo no apto para la elaboración del bahareque por su baja proporción en arcilla y no contiene la suficiente plasticidad para la elaboración de adobe.



PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

PASO 1



La tierra extraída se coloca en un recipiente de manera que ocupe aproximadamente $\frac{1}{3}$ de la capacidad total del envase.

PASO 2

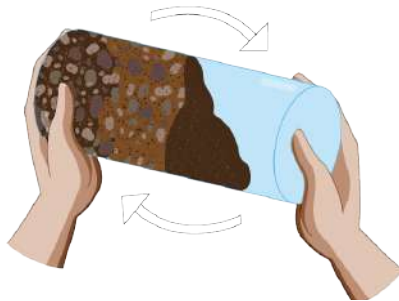
Se procede a completar el recipiente con agua hasta alcanzar los $\frac{2}{3}$ restantes de su capacidad. Luego, se utiliza una vara para remover los materiales en el fondo del recipiente de forma circular, lo cual facilitará la mezcla de los mismos.





PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

PASO 3

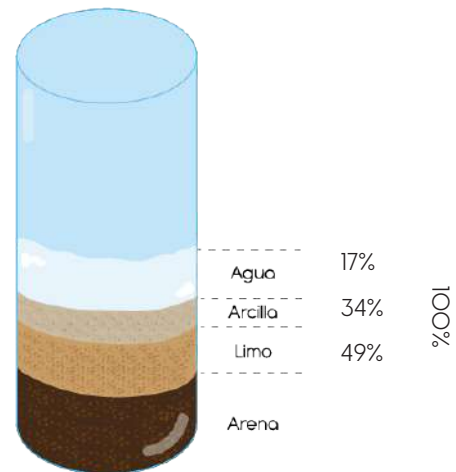


Se procede a agitar el contenido del frasco, llevando a cabo movimientos constantes, con el propósito de garantizar una mezcla completa y uniforme de todos los componentes presentes en su interior. Este proceso de agitación busca asegurar que los materiales se integren de manera eficiente, permitiendo así la formación de una consistencia homogénea en la mezcla.

PASO 4

Una vez culminado los pasos anteriores se procede a dejar reposar la mezcla hasta que todas las partículas se detengan estas permitirán la medición y la identificación de las proporciones obtenidas.

AUTORES	PROCENTAJES
Castillo C. (2018)	Arcilla 15 a 17% Lo restante de arena y limo.
Díaz F. (2021).	47% de arena 28% de arcilla 25% de limos
Manual de construcción edificaciones antisísmicas de adobe (Perú).	10 a 20% de arcilla 15 a 25% de limo 55% a 70% de arena





PRUEBA DE CINTILLA

PASO 1

Una vez obtenida la muestra la empezamos agregar agua hasta tener una consistencia moldeable y un grado de plasticidad para el moldeo de la cintilla.

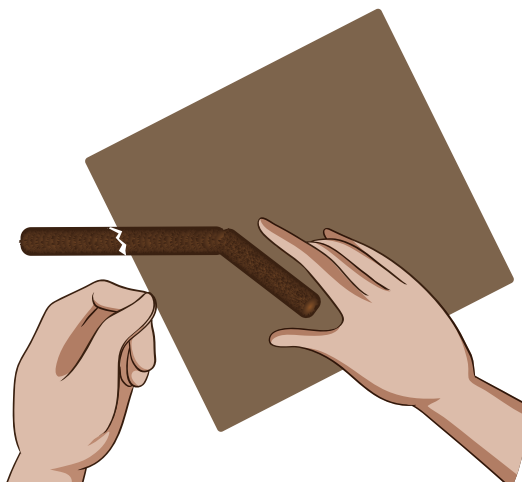


PASO 2





PASO 3



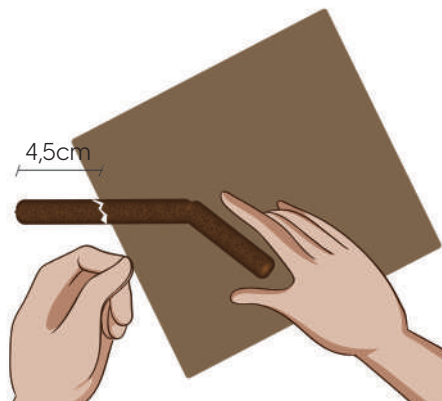
Se debe colocar la cintilla sobre una hoja de papel esta a su vez sobre una superficie plana una vez realizado empezamos a empujar al vacío hasta que se rompa en 3 fragmentos esto a su vez repetimos 3 veces.

En la siguiente tabla se hace referencia a varios autores para el rango de plasticidad en la prueba de cintilla.

AUTORES	TÍTULO	RANGO DE PLASTICIDAD
Ferreira Trujillo, M. J., & Vime, N. (2017).	Reactivación de la economía local y puesta en valor del ecosistema del manglar a través de un proyecto de ecoturismo en Tierra Baja, Colombia.	5 a 15 cm
Zazu Vives, B. (2021).	Innovación en los sistemas mixtos con tierra: Esmeraldas, Ecuador.	4 a 6 cm
Castellanos Alba, W. F., & Buitrago Vivas, F. A. (2016).	Diseño de un sistema de producción de panel en tierra en el sitio	5 a 15 cm

PASO 4

Procedemos a la medición de los pedazos, estos deben tener medidas entre 5cm y 15cm demostrando que es apropiado el resultado obtenido.

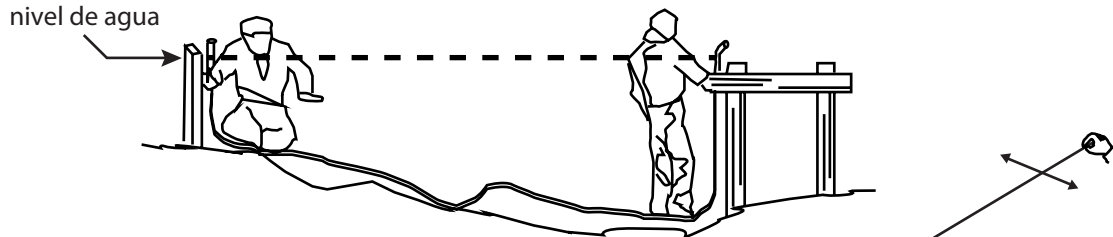


CONSTRUCCIÓN CON BAHAREQUE PASO A PASO

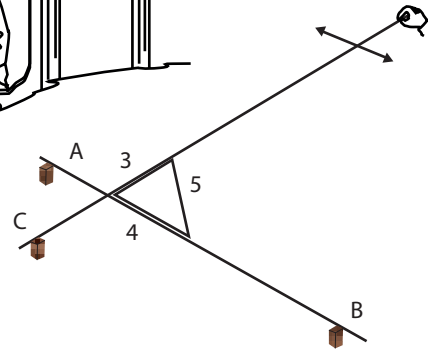
TRAZADO Y REPLANTEO

La fase inicial en la construcción de una vivienda involucra llevar el diseño previamente elaborado en papel al terreno.

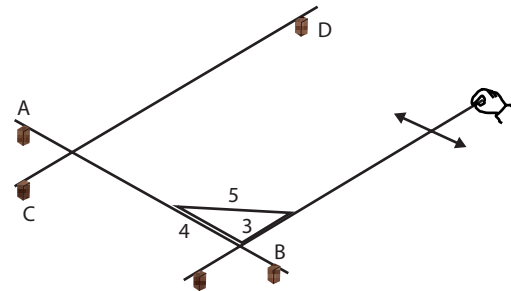
Paso 1: Realizar un trazado preciso del terreno, ya que el éxito de las siguientes etapas de construcción depende de ello. Esto incluye determinar el ancho de la fundición, establecer el nivel, colocar estacas y vallas, así como marcar los límites de la zanja. Además, se lleva a cabo una nivelación vertical mediante una manguera transparente y agua para verificar el porcentaje de desnivel del terreno, definir las alturas de las cimentaciones y transferir alturas de un punto a otro.



Paso 2: Marcar el terreno. Después de haber acondicionado el terreno, asegurándonos de que esté limpio y nivelado, procedemos a establecer una línea denominada "línea maestra" o de referencia. Se lleva a cabo este procedimiento empleando estacas temporales y una cuerda para establecer una línea entre los puntos A y B.



Paso 3: Crear la línea CD en un ángulo recto con respecto a la línea de referencia "maestra", para esto se emplea el método del 3,4,5, que implica la construcción de una escuadra utilizando un metro como herramienta de medida.

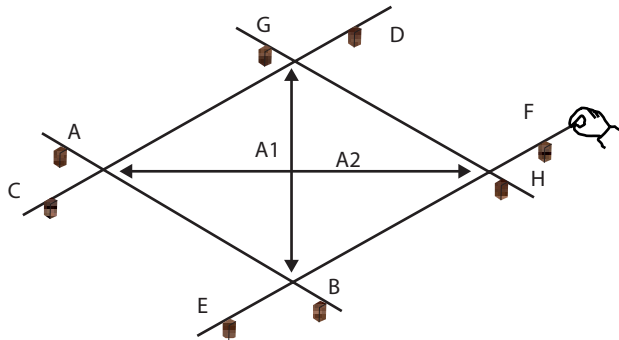


Paso 4: Localizar el punto donde se cruzan, luego asegurar el punto D y extender la cuerda en dirección al punto E, intentando alinearla con la escuadra que se configuró previamente.



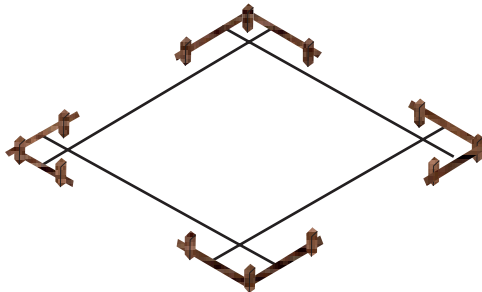
TRAZADO Y REPLANTEO

La línea siguiente, EF, se traza de la misma manera que la anterior. Por último, dibujamos la línea GH de manera paralela a la línea de referencia principal, asegurándonos de tener en cuenta las distancias necesarias previamente establecidas.

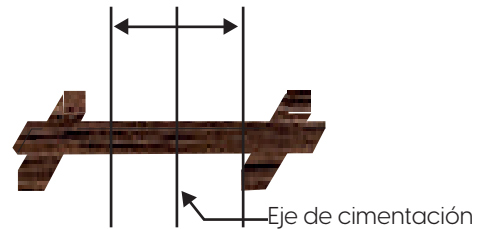


Instalación de estacas y vallas

Después de haber establecido el cuadro, se procede a confirmar que los cuatro lados tengan el ángulo correcto midiendo ambas diagonales, es decir, A1 y A2.



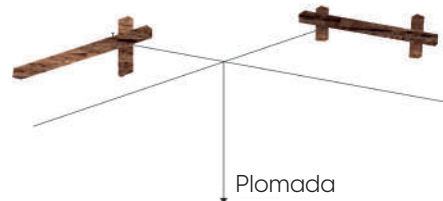
Ancho de la fundición



Marcado de los límites de la zanja

Después, se inicia el proceso de llevar los puntos al suelo para su marcado y excavación, utilizando una plomada y cuerdas como herramientas de ayuda.

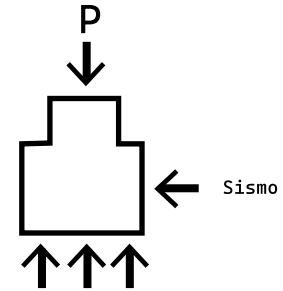
MARCADO DE LOS LIMITES DE LA ZANJA





CIMENTACIONES

La función principal de las cimentaciones es transferir la carga de la edificación al suelo. Es fundamental que el peso de la estructura sea adecuado a la capacidad de carga del terreno, el cual debe ser estable. Además, se debe asegurar una sólida conexión entre la estructura y la cimentación, así como un firme anclaje entre esta última y el suelo.



PROBLEMAS - AFECCIONES

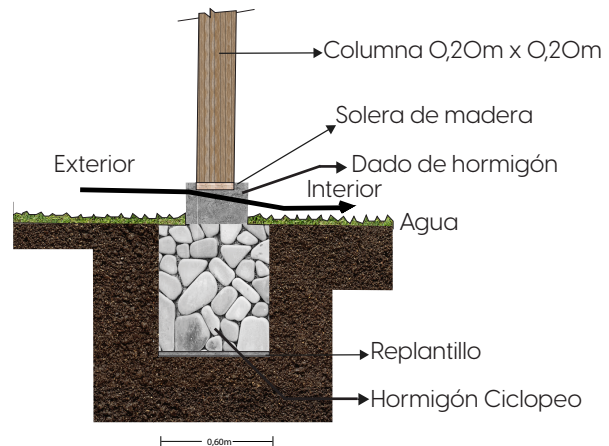
Es esencial contar con una cimentación sólida y asegurarse de que los sobrecimientos se extiendan aproximadamente 20 cm por encima del nivel del terreno exterior. Esto es crucial para prevenir los siguientes problemas:

-Evitar que los muros absorban humedad durante las lluvias.

-Prevenir inundaciones en el interior si el nivel del suelo dentro de la edificación es más bajo que el nivel exterior.

La razón de esto radica en que, si se presentan estas situaciones, los muros se debilitarán y serán más propensos a colapsar en caso de un terremoto.

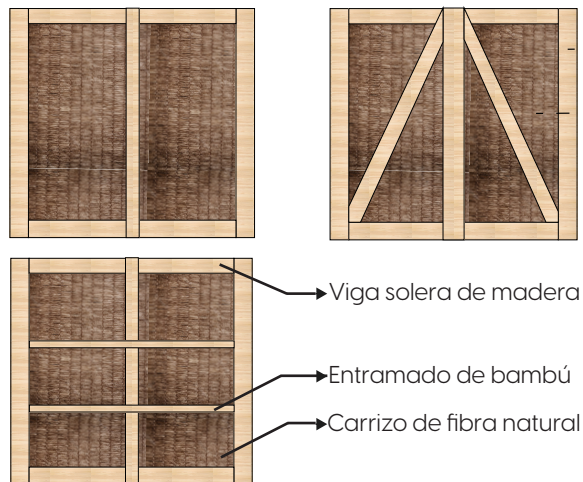
Inundaciones



Absorción de humedad

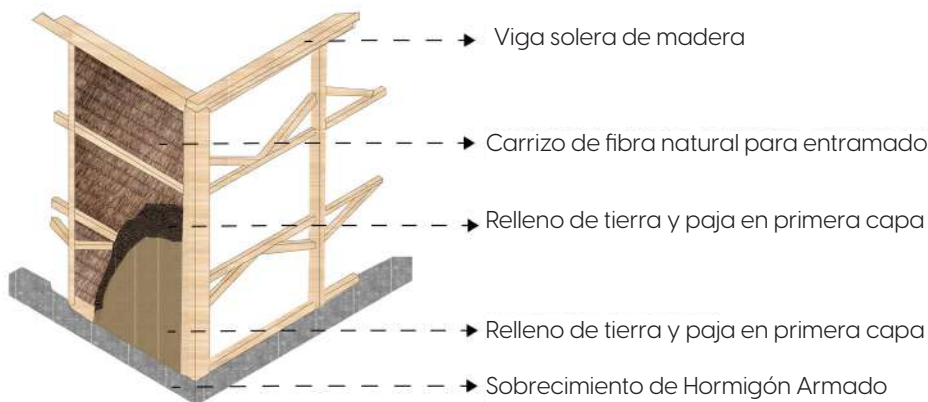


Para prevenir la absorción de humedad en el bahareque, es importante aplicar un sellador impermeable en su superficie exterior, asegurarse de una adecuada ventilación y drenaje



Detalle de la estructura del muro

DETALLE DEL MURO CON PANEL PREFABRICADO



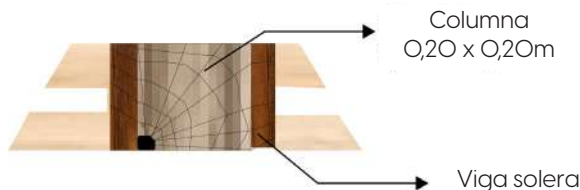
ESTRUCTURA Y RELLENO

Bahareque Tradicional

El método tradicional de construcción de bahareque implica la utilización de una estructura hecha de madera gruesa o bambú (como la guadua), la cual se rellena con tierra y paja, encajándola en el interior de un armazón compuesto por dos capas de tiras de bambú, carrizo o madera.

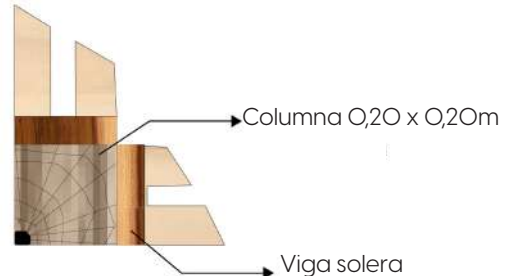
ENCUENTROS CONSTRUCTIVOS DE ELEMENTOS DE ESTRUCTURA CON ARMAZÓN

Encuentro interior del muro



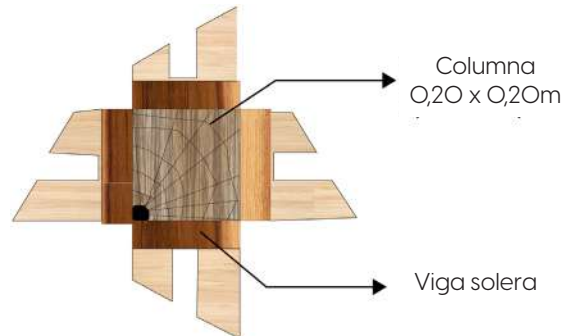
Es importante asegurar que este encuentro esté bien construido para garantizar la estabilidad y durabilidad de la pared, así como para prevenir la filtración de humedad y la formación de grietas.

Encuentro en esquina



El encuentro constructivo en esquina es fundamental para proporcionar estabilidad estructural a la esquina de la construcción y garantizar la integridad del muro, asegura que el muro sea resistente y duradero, contribuyendo así a la solidez general de la edificación.

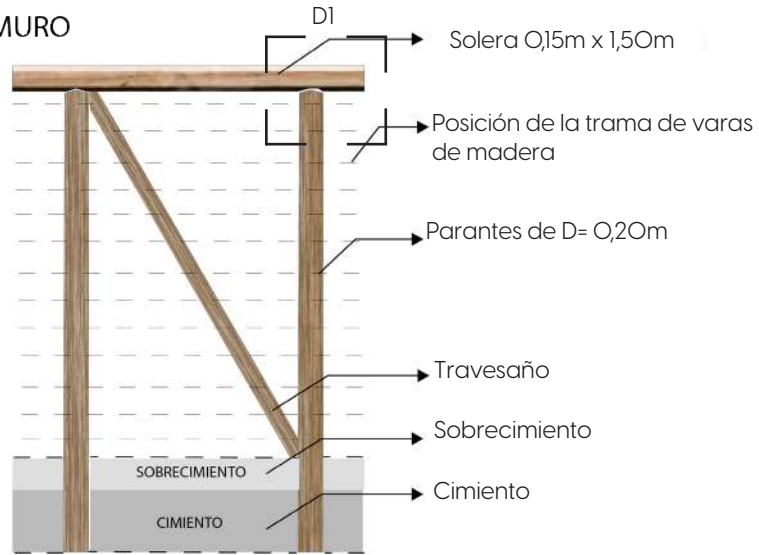
Encuentro en cruz



El encuentro constructivo en cruz se utiliza para unir dos muros que se cruzan perpendicularmente. Este tipo de encuentro brinda soporte y ayuda a prevenir la formación de grietas y asegura que la estructura sea resistente frente a fuerzas externas como el viento o los movimientos sísmicos.

BAHAREQUE TRADICIONAL

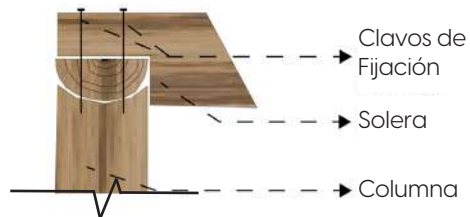
ELEVACIÓN TIPO PARA MURO



ESTRUCTURA Y RELLENO

Bahareque Tradicional

D1.-DETALLE DE UNIÓN DE MADERA COLUMNA/VIGA



BAHAREQUE TÉCNICO

El bahareque es un sistema de construcción tradicional que utiliza materiales naturales como madera o bambú entrelazados, rellenos con una mezcla de tierra u otros materiales similares, para crear muros resistentes y duraderos.

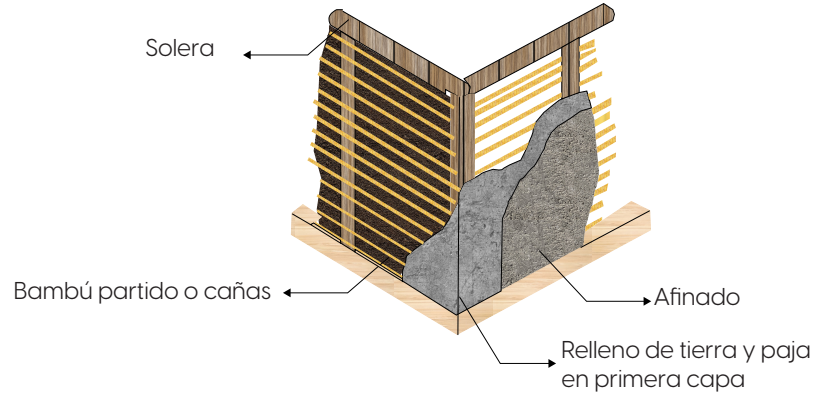
Estructura y Relleno

SISTEMA CONSTRUCTIVO:

- Limo
- Arcilla
- Arena
- Fibras naturales

ESTRUCTURA:

- Bambú
- Fibras de amarre
- Tierra
- Madera



ENCUENTRO EN T



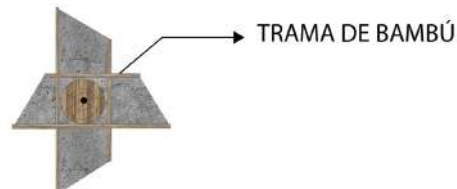
ENCUENTRO EN ESQUINA



TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS:

- Intersección en "T"
- Intersección en esquina
- Intersección en cruz

ENCUENTRO EN CRUZ



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

BAHAREQUE EMBUTIDO DE BARRO

Los sistemas constructivos son métodos de construcción que se utiliza como elemento principal de la estructura. Pueden incluir técnicas tradicionales, así como sistemas más modernos. Estos sistemas son populares en regiones donde los materiales naturales son abundantes y ofrecen una construcción sostenible y de bajo impacto ambiental.



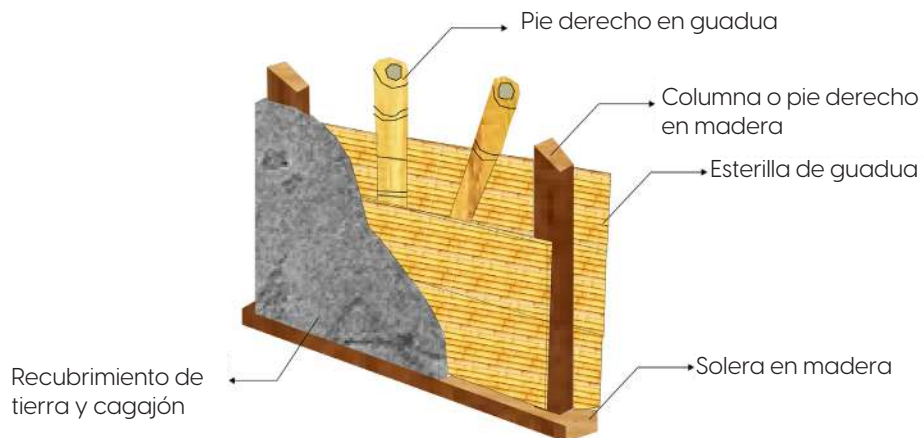
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

BAHAREQUE DE MADERA, CANCEL O TABLA PARADA

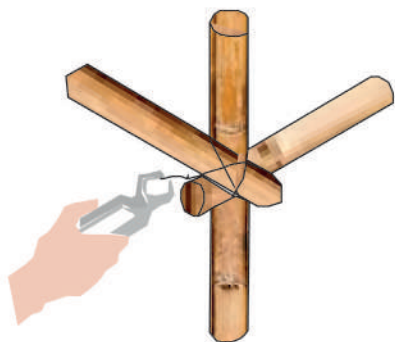


SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

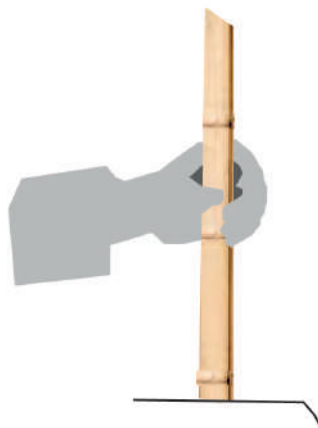
BAHAREQUE HUECO O ALIGERADO



DETALLES CONSTRUCTIVOS



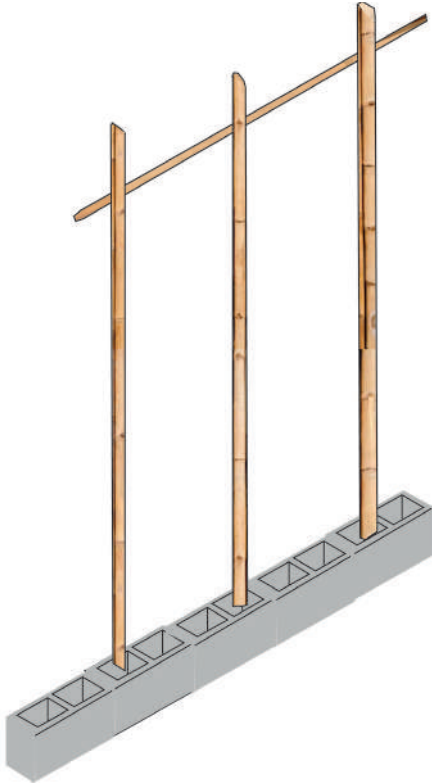
Amarre entre elementos



El corte de las varas de cañas, se debe hacer siempre despés de un nudo.

DETALLES CONSTRUCTIVOS

DETALLE DE POSICIONAMIENTO DE VARAS VERTICALES



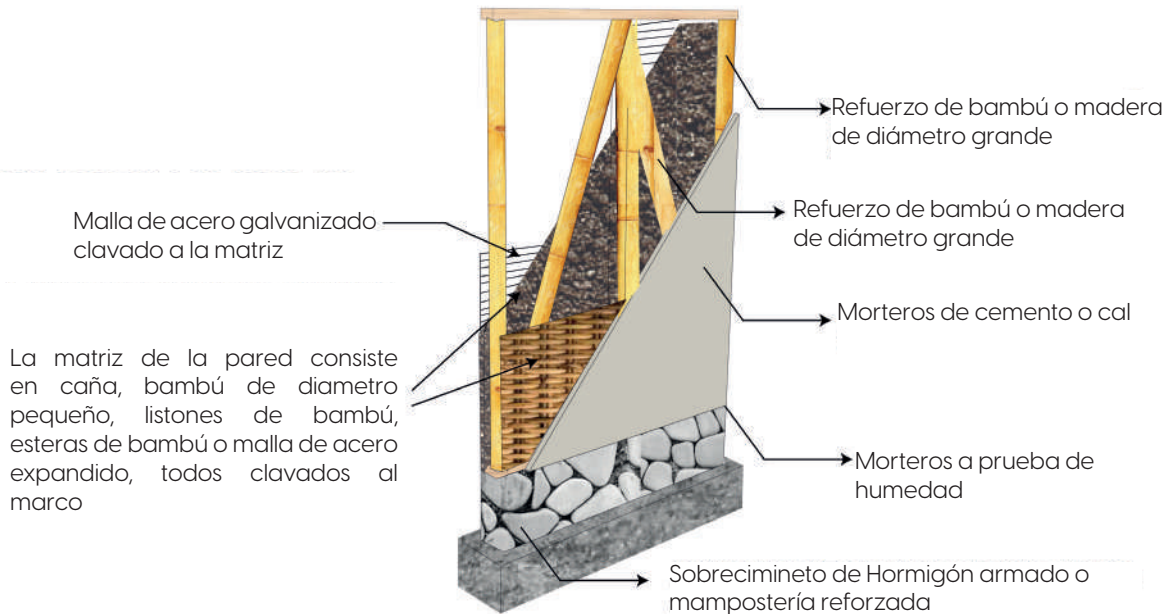
Luego de definir la posición de las varas verticales se procede a fijarlas. en caso de utilizar los bloques de hormigón huecos se aprovechan estos.

MEJORAS CONSTRUCTIVAS AL BAHAREQUE

Es esencial tratar los materiales, fortalecer la mezcla de barro, aplicar recubrimientos protectores, incorporar refuerzos estructurales, asegurar cimientos sólidos, impermeabilizar y adoptar un diseño eficiente, además de llevar a cabo un mantenimiento regular para mejorar su durabilidad.

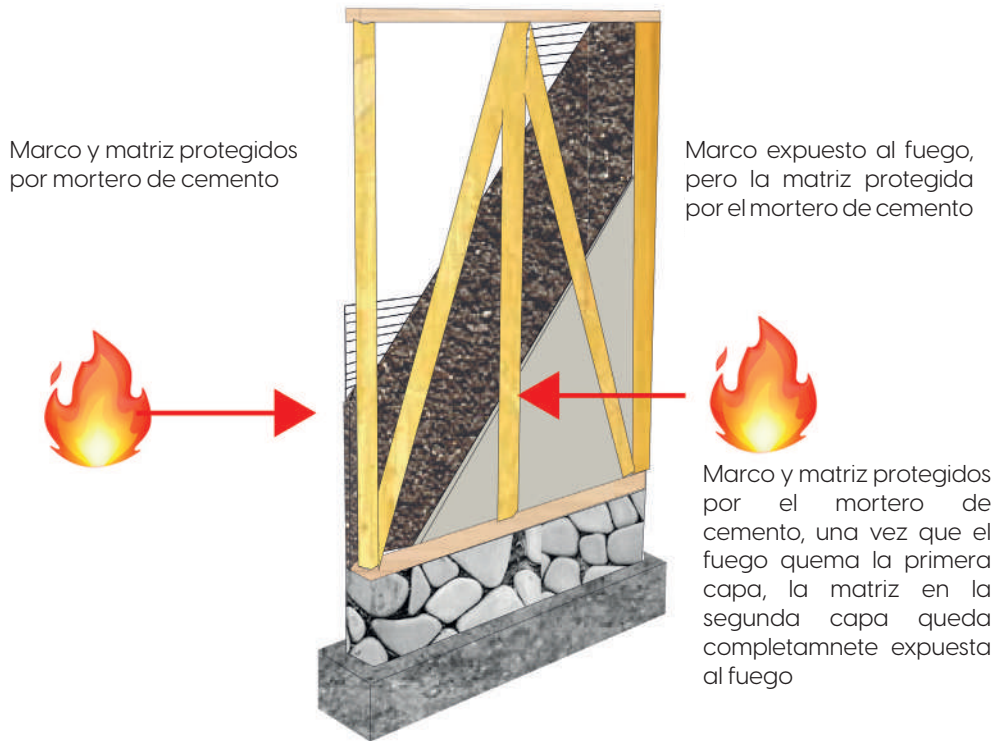


MEJORAS CONSTRUCTIVAS AL BAHAREQUE



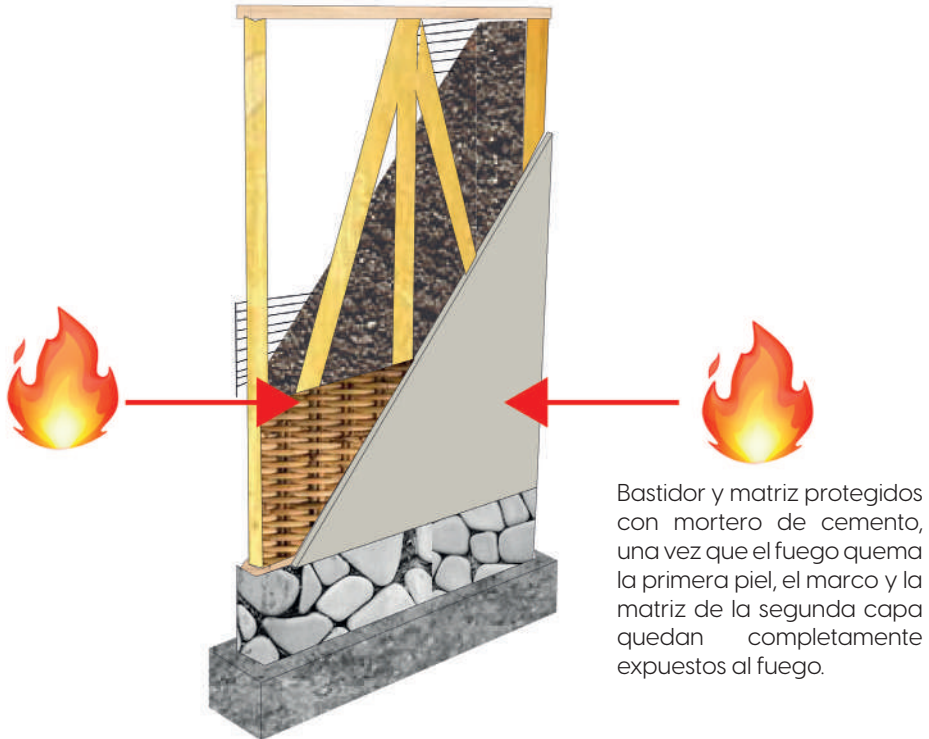
MEJORAS CONSTRUCTIVAS AL BAHAREQUE

Opción 1: Sistema de una sola piel matriz fija a un lado del marco solamente.



MEJORAS CONSTRUCTIVAS AL BAHAREQUE

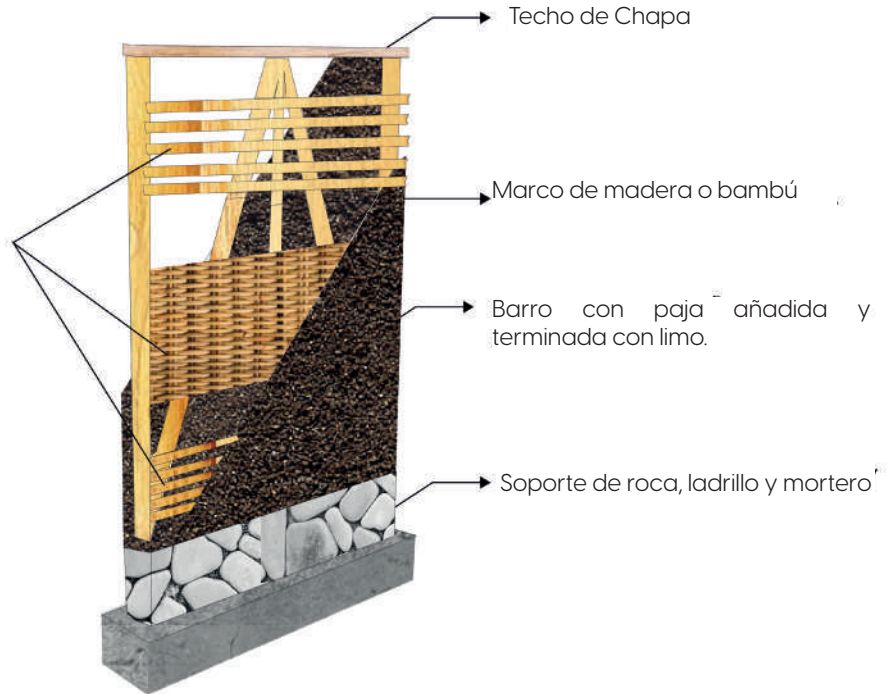
Opción 2: Sistema de doble piel (huevo) Matriz fija a ambos lados del marco - mortero de cemento.



MEJORAS CONSTRUCTIVAS AL BAHAREQUE

La matriz de la pared consiste en tallos de bambú partidos, trigésicos tejidos, bambú abierto, caña de pequeño fiámetro, la malla de acero o alambre de púas también se fija al marco.

La matriz puede ser simple o de doble cara, si es de doble cara, el espacio intermedio vacío esta a menudo lleno de escombros.

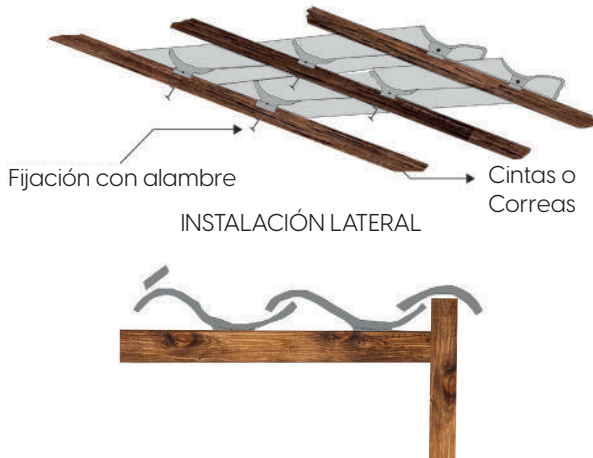


ESTRUCTURAS PARA TECHOS

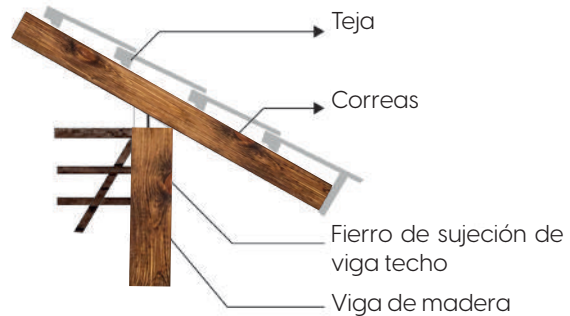
El techo de una vivienda cumple una función esencial en zonas sísmicas, ya que actúa como un diafragma que debe ser tanto rígido como flexible para resistir fuerzas de flexión y cizallamiento. En este contexto, es importante que el techo sea liviano y distribuya su peso de manera uniforme sobre las paredes. Además, se debe tener en cuenta que los aleros desempeñan un papel crucial en la protección de las paredes, y su tamaño debe estar dentro del rango de 50 cm a 1 metro, garantizando así una adecuada protección.

Las tejas de microconcreto ofrecen una mejor capacidad de aislamiento térmico y acústico en el interior de la vivienda, además de proteger eficazmente contra el ruido de la lluvia. No obstante, su instalación requiere una estructura más uniforme y una mayor cantidad de cintas o correas. Para cubrir un metro cuadrado de techo, se necesitan 12.5 unidades de tejas.

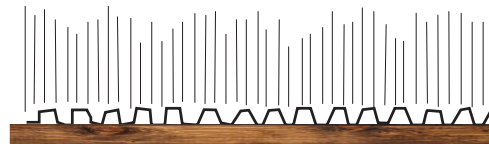
TEJAS DE MICROCONCRETO



DETALLE DE TRASLAPE Y ANCLAJE

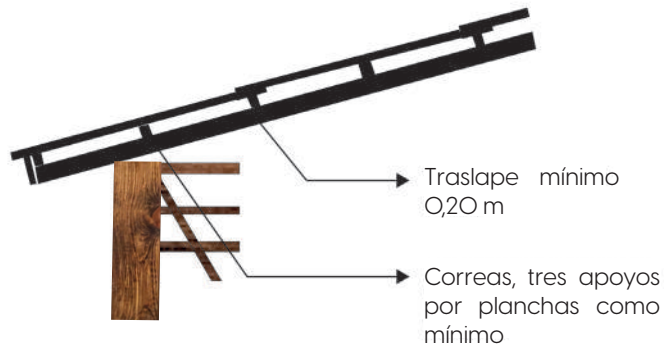


TRASLAPE LATERAL



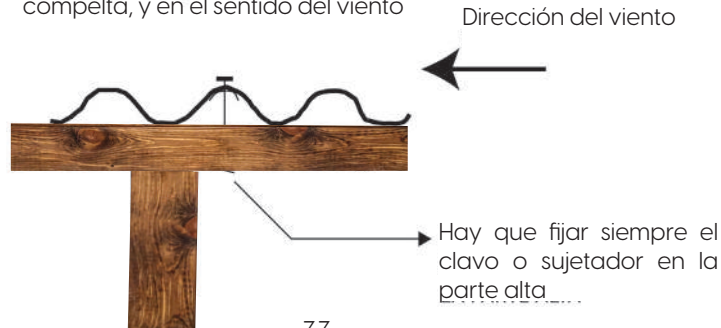
La estructura para techos en microconcreto sirve como la base sobre la cual se instalan las tejas de microconcreto u otros materiales de techo. Proporciona soporte estructural y distribuye uniformemente el peso del techo sobre las paredes y columnas de la edificación. Además, la estructura para techos en microconcreto también puede ayudar a resistir las cargas de viento y otros esfuerzos externos, contribuyendo así a la estabilidad y durabilidad general del techo y de la estructura de la vivienda.

PLANCHAS ONDULADAS

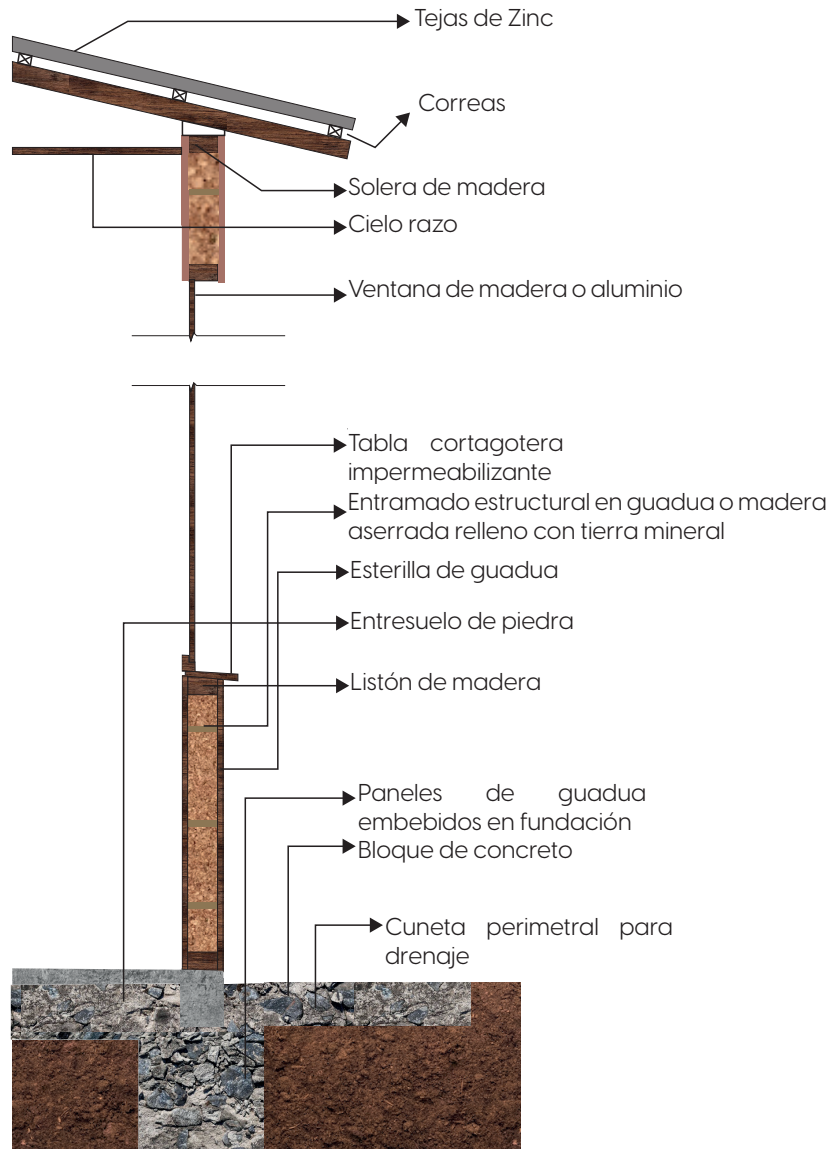


TRASLAPE Y FIJACIÓN

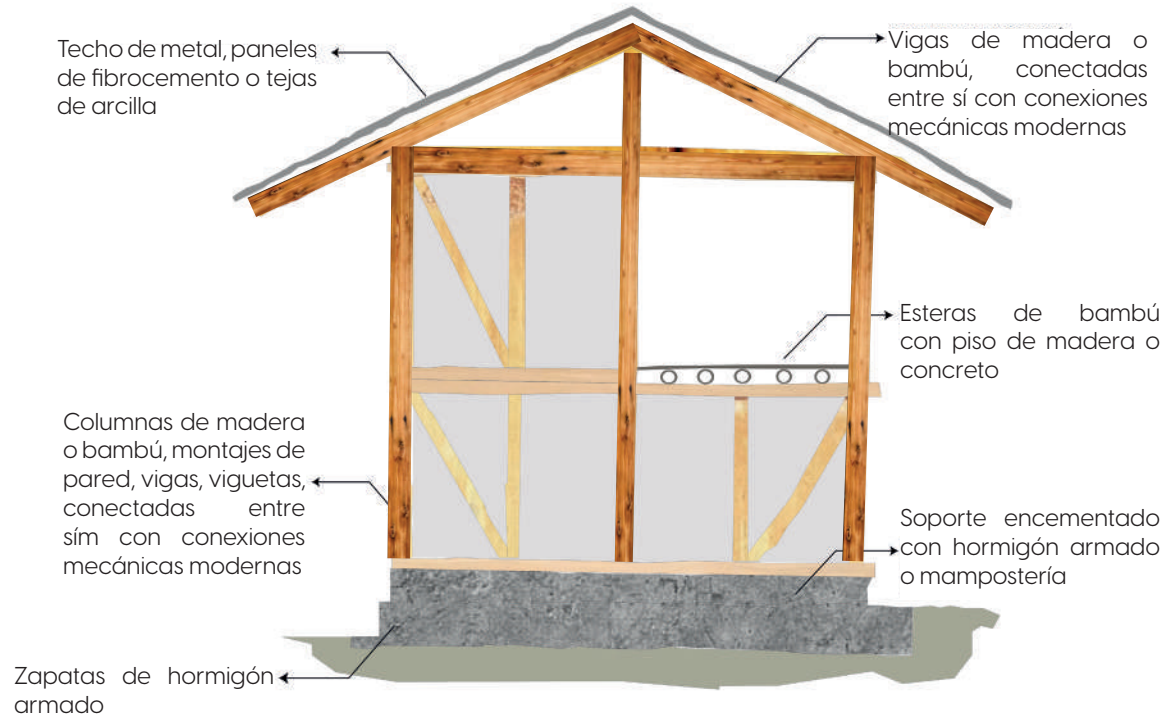
En láminas que tienen ondas pequeñas 25mm el traslape se hace con una onda completa, y en el sentido del viento



SECCIÓN CONSTRUCTIVA DE EDIFICACIÓN TIPO BAHAREQUE



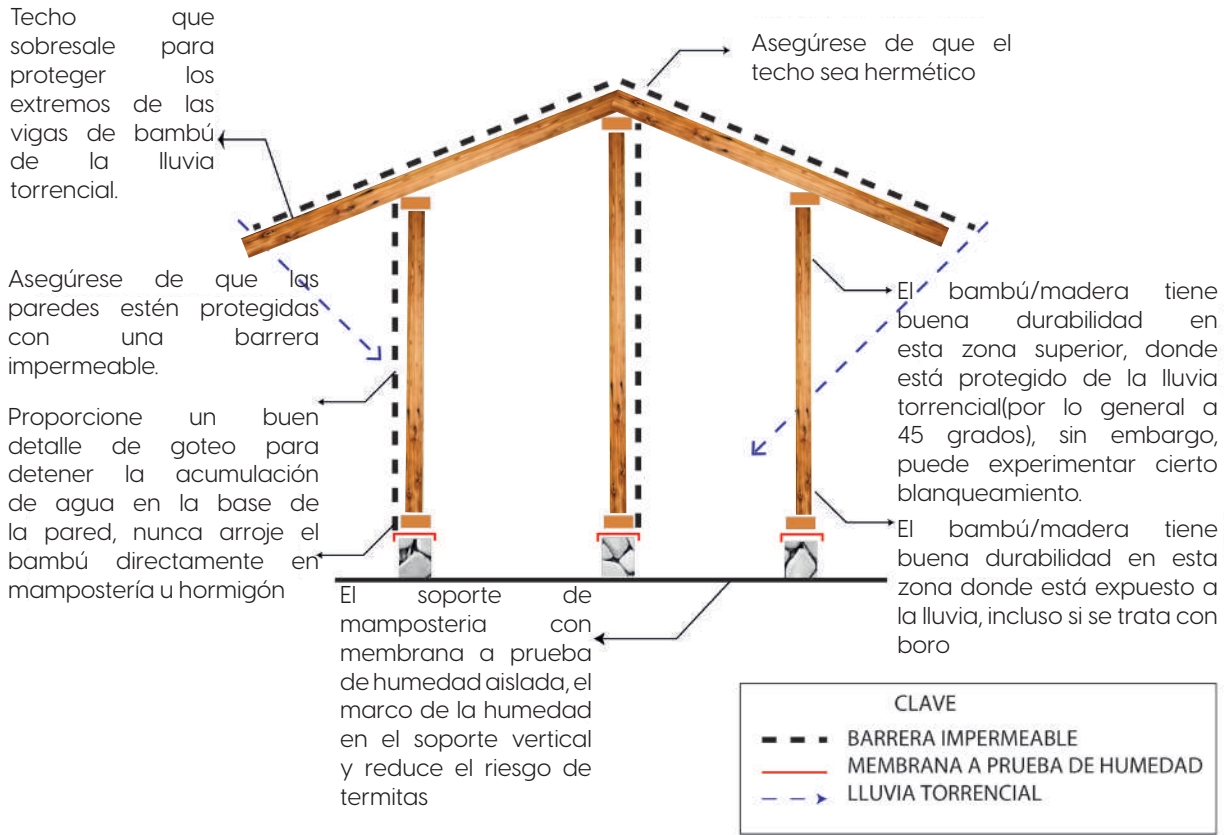
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL BAHAREQUE



ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL BAHAREQUE

Los acabados constructivos son las capas o materiales finales aplicados a las superficies interiores y exteriores del bahareque para mejorar su aspecto estético, protegerlo de los elementos y proporcionar una mayor durabilidad.

Estos acabados pueden incluir: revoque o enlucido, pintura, recubrimientos impermeabilizantes, revestimientos decorativos. Estos acabados no solo mejoran la estética del bahareque, sino que también contribuyen a su durabilidad y resistencia a los elementos, ayudando a mantener la integridad de la estructura a lo largo del tiempo.

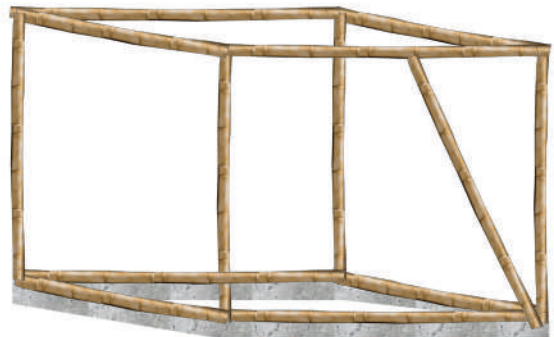


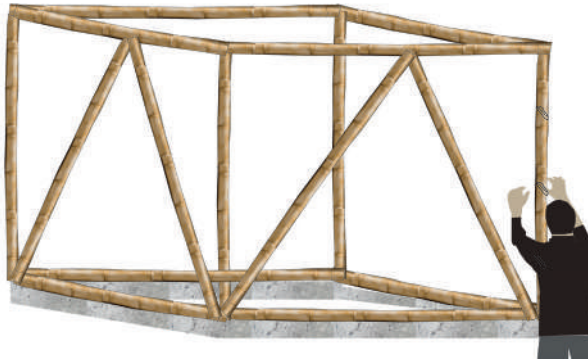
ELABORACIÓN DE PARED DE BARAHEQUE



Se diseña el tamaño y la forma de la pared, además del marco principal de la pared utilizando cañas verticales para los montantes y cañas horizontales para los travesaños. El marco debe estar nivelado y bien anclado en la cimentación.

Recolecta cañas o palos de bambú de igual longitud y diámetro. Las cañas deben estar secas y limpias de hojas y ramas, para que de esta manera no existan afectaciones al momento de usarlas estructuralmente.

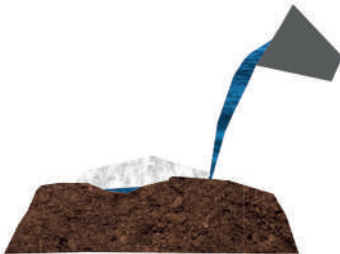




En el entrelazado de cañas se comienza a entrelazar las cañas verticales y horizontales dentro del marco para crear una estructura sólida. Esto forma la base de la pared.

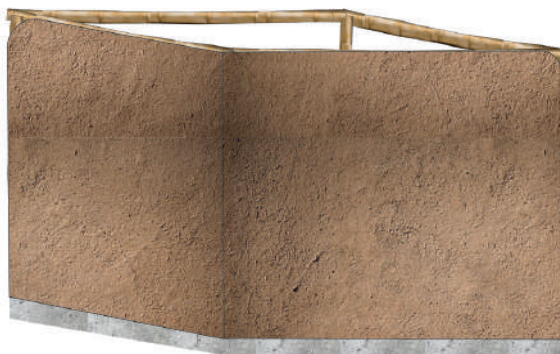
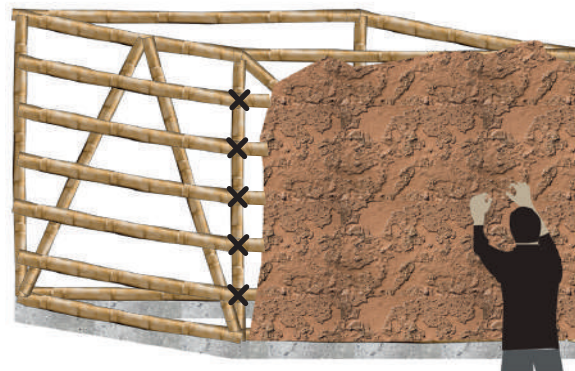


Se realiza un amarre con alambre a los travesaños para que estos no se muevan al momento de colocar el barro.



Se realiza una mezcla de tierra con fibras naturales para obtener una mejor cohesión y resistencia, se la mezcla con agua y obtenemos un elemento con mejores propiedades.

Se aplica la mezcla de barro sobre las cañas entrelazadas en ambas caras de la pared. Utiliza las manos o herramientas adecuadas para asegurarte de que el barro quede bien compactado y uniforme.



Deja que la pared seque naturalmente al sol durante un período de tiempo adecuado. Esto puede llevar varios días o semanas, dependiendo del clima y la humedad.

Una vez que la pared esté seca, puedes aplicar capas adicionales de barro para alisar y darle un acabado más estético.



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL MURO DE BAHAREQUE

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO UNITARIO

PROYECTO :

Construccion en Bahareque

Hoja 1 de 3

RUBRO:

Estructura de Bambú

DETALLE

Descripción del rubro

UNIDAD

m2

CÓDIGO

CC2024

EQUIPOS

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costos Hora	Rendim	Total
Herramienta menor 5% Mano de Obra					0,29
Subtotal de Equipo:					0,29

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/ HR	Costos Hora	Rendim	Total
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4,55	4,55	0,0714	0,33
Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	1	4,05	4,05	0,6667	2,70
Carpintero (ESTRUC. OCUP. D2)	1	4,1	4,1	0,6667	2,73
Subtotal de Mano de obra:					5,76

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Bambu 6m x 0,15m	Unidad	0,8	5	4,00
Alambre galvanizado #18	kg	0,2	2,7	0,54
Subtotal de Materiales :				4,54

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa /U	Total
Subtotal de Transporte :				

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	10,59
INDIRECTOS Y UTILIDADES 12%	1,27
COSTOTOTAL DEL RUBRO	11,86
VALOR OFERTADO	11,86

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO UNITARIO

Hoja 2 de 3

PROYECTO :

Construcción en Bahareque

RUBRO:

Mampostería de Bahareque

UNIDAD m2

CÓDIGO CC2024

DETALLE

Descripción del rubro

EQUIPOS

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costos Hora	Rendim	Total
Herramienta menor 5% Mano de Obra					0,29
Subtotal de Equipo:					0,29

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/ HR	Costos Hora	Rendim	Total
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4,55	4,55	0,0714	0,33
Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	1	4,05	4,05	0,6667	2,70
Carpintero (ESTRUC. OCUP. D2)	1	4,1	4,1	0,6667	2,73
Subtotal de Mano de obra:					5,76

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Agua	m3	0,01	0,18	0,00
Tierra Calificada para mampostería	m3	0,04	4,67	0,19
Alambre galvanizado #18	kg	0,2	2,7	0,54
Fibras naturales	kg	0,5	0,62	0,31
Subtotal de Materiales :				1,04

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa /U	Total
Subtotal de Transporte :				
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				7,08
INDIRECTOS Y UTILIDADES 12%				0,85
COSTOTOTAL DEL RUBRO				7,94
VALOR OFERTADO				7,94

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANALISIS DE PRESUPUESTO UNITARIO

PROYECTO :

Construccion en Bahareque

Hoja 3 de 3

RUBRO:

Enlucido interior y exterior con pigmento

UNIDAD

m2

CÓDIGO

CC2024

DETALLE

Descripcion del rubro

EQUIPOS

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costos Hora	Rendim	Total
Herramienta menor 5% Mano de Obra					0,17
Subtotal de Equipo:					0,17

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/ HR	Costos Hora	Rendim	Total
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4,55	4,55	0,0400	0,18
Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	1	4,05	4,05	0,4000	1,62
Carpintero (ESTRUC. OCUP. D2)	1	4,1	4,1	0,4000	1,64
Subtotal de Mano de obra:					3,44

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Agua	m3	0,01	0,18	0,00
Tierra Calificada para mampostería	m3	0,04	4,67	0,19
Pigmento Natural	lb	0,01	2,5	0,03
Subtotal de Materiales :				0,21

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa /U	Total
Subtotal de Transporte :				
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				3,83
INDIRECTOS Y UTILIDADES				12% 0,46
COSTOTOTAL DEL RUBRO				4,29
VALOR OFERTADO				4,29

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.



Universidad
Indoamérica