

# PROPUESTA DE MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON TAPIAL

---

Manotoa Villares Jairo Temístocles



Universidad  
Indoamérica



**Trabajo de Integración Curricular**

**Carrera de Arquitectura**

**Periodo académico A23**

**Autor:**

JAIRO TEMÍSTOCLES MANOTOA VILLARES  
Correo: jairomanotoa@hotmail.es

**Fecha de Publicación:**

Octubre 2023

**Equipo de Soporte:**

ROJAS MOLINA MARIA AUGUSTA  
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:

Universidad Indoamérica  
Rama Estudio  
Atelier Std







**Universidad  
Indoamérica**

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**PROPUESTA DE MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON  
TAPIAL**

**Trabajo previo a la obtención del título de Arquitecto**

**Autora**

**Jairo Temístocles Manotoa Villares**

**Tutora**

**Arq. María Augusta Rojas Molina**

**AMBATO – ECUADOR**

**2023**



## AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Jairo Temístocles Manotoa Villares declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre PROPUESTA DE MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON TAPIAL como requisito para optar al grado de Arquitecto 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 10 días del mes de octubre de 2023, firmo conforme:



Firma: .....

Autor: Jairo Temístocles Manotoa Villares

Número de Cédula: 1804437174

Dirección: Tungurahua, Ambato

Correo Electrónico: jairomanotoa@hotmail.es

Teléfono: 0967986335



## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular PROPUESTA DE MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON TAPIAL, presentado por Jairo Temístocles Manotoa Villares, 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 octubre de 2023.

A handwritten signature in blue ink that reads "Ma. Augusta Rojas." The signature is written in a cursive style and is underlined.

ROJAS MOLINA MARIA AUGUSTA  
C.I. 0503355737



## 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 octubre de 2023

Jairo Temístocles Manótoa Villares  
C.I. 1804437174



## 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 TAPIAL 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, 10 de octubre de 2023

Msc. ING. FERNÁNDEZ DELGADO LUIS MANUEL.  
C.I. 1756769897

ARQ. BALSEGA CLAVIJO CLAUDIA RAFAELA





## DEDICATORIA

Dedico los resultados de este trabajo a mis padres por su apoyo constante, por inculcarme valores y enseñarme a nunca rendirme. Gracias por su apoyo constante y sacrificios para que este logro sea posible. A mi familia y amigos por su aliento y a lo largo de este viaje académico.

A mis profesores y mentores por su guía, paciencia y pasión por la enseñanza



## AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecido con la Universidad Tecnológica Indoamérica, a la Facultad de Arquitectura y Construcción por la oportunidad de realizar este proyecto de investigación.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis profesores por su guía experta y dedicación durante todo el proceso de investigación de este trabajo



## RESUMEN EJECUTIVO

Es menester acotar que la arquitectura sostenible implica el uso de tecnologías y materiales respetuosos con el medio ambiente durante el proceso de construcción, considerando las condiciones del sitio e incorporándolas al diseño, y desde luego minimizando el impacto ambiental. Es por este motivo que el presente trabajo de investigación se enfoca en generar un manual de procesos de laborabilidad con tapial en la Sierra de Ecuador, mediante levantamiento de información y pruebas de campo para la difusión de la técnica constructiva tradicional. La metodología propuesta emplea una base documental, cualitativa de índole descriptiva con actividades exploratorias y experimentales para el cumplimiento de los objetivos específicos. Las investigaciones experimentales abordan levantamientos en campo, documentación de información con expertos locales, albañiles y constructores con experiencia en tapial. Además de recopilar información sobre las técnicas utilizadas, materiales disponibles, desafíos comunes y soluciones tradicionales empleadas. La muestra seleccionada para la investigación fue pertinente mediante entrevista a dos expertos en construcciones con tapial. La aplicabilidad del presente trabajo de investigación radica su importancia en conocer el proceso de construcción con tapial, aplicado en zonas rurales de la región andina del país. Esta técnica se ha dejado de aplicar en las últimas décadas por diferentes razones como: evolución constructiva, industrialización y la falta de difusión de la técnica con tapial; por ende, es importante expandir su conocimiento para las nuevas generaciones.

DESCRIPTORES: Manual, tapial, técnica ancestral



## ABSTRACT

To be noted that sustainable architecture implies the use of environmentally friendly technologies and materials during the construction process, considering site conditions and incorporating them into the design. For this reason, the present research was focused on generating a manual of workability processes with “tapial” in the Ecuador- Highland region employing an extensive survey of information and field tests for disseminating the traditional construction technique. The proposed methodology was a documentary, qualitative, and descriptive base with exploratory and experimental activities to fulfill the specific objectives. On the other hand, experimental research involves field surveys, and documentation of information with local experts, masons, and builders with experience in “tapial”. In addition to collecting data on the techniques used, materials available, familiar challenges, and traditional solutions employed. The sample selected for the research was relevant by interviewing two experts in “tapial” construction. Finally, the applicability of this research work lies in its importance in knowing the construction process with mud, applied in rural areas of the Andes region of the country, as this technique has ceased to be used in recent decades for various reasons such as constructive evolution, industrialization and the lack of dissemination of the technique with mud; therefore, it is essential to expand its knowledge for new generations.

KEYWORDS: Ancestral technique, manual, tapial



## INDICE DE CONTENIDOS

|   |    |   |    |
|---|----|---|----|
| Índice de tablas.....   | 13 | 2.4 Fundamento legal.....   | 30 |
| Índice de figuras.....  | 13 | 2.4.1 Normativa de Tapial en Perú.....                                    | 30 |
| RESUMEN.....  | 10 | 2.4.2 Normativa de Tapial en España.....                                  | 31 |
| Abstract.....   | 11 | 2.4.3 Normativa de Tapial en Nueva Zelanda.....                           | 32 |
| INTRODUCCIÓN.....   | 16 | DISEÑO METODOLÓGICO.....  | 34 |
| EL PROBLEMA.....  | 16 | 3.1 Línea y Sub línea de investigación.....                               | 34 |
| Contextualización.....  | 16 | 3.2 Enfoque de investigación.....   | 34 |
| Contextualización Macro.....  | 16 | 3.3 Nivel de investigación.....   | 34 |
| Contextualización Meso.....   | 17 | 3.4 Tipo de investigación.....  | 35 |
| Contextualización Micro.....  | 17 | 3.5 Muestra.....  | 35 |
| Justificación.....  | 18 | 3.5.1 Muestreo no probabilístico.....                                     | 35 |
| Preguntas de investigación.....   | 20 | 3.5.2 Muestra de expertos.....  | 35 |
| Árbol o esquema de problematización.....  | 19 | 3.6 Plan de recolección y procesamiento de datos.....                     | 36 |
| Objetivos.....  | 20 | 3.6.1 Técnica de recopilación de datos.....                               | 36 |
| Objetivo General.....   | 20 | 3.6.1.1 Análisis documental.....  | 36 |
| Objetivos específicos.....  | 20 | 3.6.1.2 Instrumento a aplicar en la técnica: Ficha de contenido.....      | 36 |
| MARCO TEÓRICO.....  | 22 | 3.6.2 Diagramas.....  | 37 |
| 2.1 Estado del arte.....  | 22 | 3.6.3.1 Técnica de procesamiento de información: tabulación de datos..... | 37 |
| 2.1.1 Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas.....  | 22 | 3.6.1.3.2 Pictogramas.....  | 37 |
| 2.1.2 Comportamiento sísmico de edificaciones de tapia pisada reforzadas con marcos de madera y viga de coronación en concreto.....                       | 22 | 3.6.2 Técnica de recopilación de datos.....                               | 37 |
| 2.1.3 'Análisis experimental del comportamiento mecánico de la tierra como material de construcción'.....   | 23 | 3.6.2.1 Entrevista.....   | 37 |
| 2.1.4 La pertinencia de construir con tierra en el contexto actual.....   | 23 | 3.6.2.2 Instrumento a aplicar en la técnica: Guion de entrevista.....     | 37 |
| 2.1.5 Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas con capacidad portante.....  | 24 | 3.6.2.3 Técnica de procesamiento de información: Matriz de datos.....     | 38 |
| 2.1.6 Materiales alternativos empleados en la construcción de viviendas en Ecuador: una revisión.....   | 24 | 3.6.3 Técnica de recopilación de datos.....                               | 38 |
| 2.1.7 Construcción y Materiales de Construcción.....  | 25 | 3.6.3.1 Recolección de muestras.....                                      | 38 |
| 2.1.8 Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra.....             | 26 | 3.6.3.2 Instrumento a aplicar en la técnica: Tabla de resultados.....     | 38 |
| 2.1.9 Análisis de las características mecánicas y físicas de la unidad de construcción ancestral, denominada putuco, situada en el altiplano peruano..... | 26 | 3.6.3.3 Técnica de procesamiento de información: Tabulación de datos..... | 38 |
| 2.2 Fundamento conceptual.....  | 28 | Análisis y Resultados.....  | 42 |
| 2.2.1 Arquitectura sostenible.....  | 28 | 4.1 Objetivo específico 1.....  | 42 |
| 2.2.2 Construcción en tierra.....   | 28 | 4.2 Objetivo específico 2.....  | 52 |
| 2.2.3 Arquitectura andina.....  | 28 | 4.3 Objetivo específico 3.....  | 55 |
| 2.2.4 Patrimonio rural.....   | 28 | Bibliografía.....   | 59 |
| 2.2.5 Tapial.....   | 28 |   |    |
| 2.2.6 Manual de técnicas constructivas.....   | 29 |   |    |
| 2.3 Fundamento teórico.....   | 29 |   |    |



## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.-</b> Cuadro resumen estado del arte .....                  | 27 |
| <b>Tabla 2.-</b> Resumen metodología .....                             | 36 |
| <b>Tabla 3.-</b> Metodología .....                                     | 39 |
| <b>Tabla 4.-</b> Composición del tapial (prueba de sedimentación)..... | 43 |
| <b>Tabla 5.-</b> Composición del tapial (prueba de la cinta).....      | 43 |
| <b>Tabla 6.-</b> Composición del tapial (fibras).....                  | 44 |
| <b>Tabla 7.-</b> Entrevista (Tabulación de datos).....                 | 49 |
| <b>Tabla 8.-</b> Prueba de la cinta (tabulación de datos).....         | 54 |
| <b>Tabla 9.-</b> Prueba de sedimentación (tabulación de datos) .....   | 54 |



## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.-</b> Árbol de problema .....                                 | 19 |
| <b>Figura 2.-</b> Muro de tapial.....                                     | 42 |
| <b>Figura 3.-</b> Confort térmico.....                                    | 42 |
| <b>Figura 4.-</b> Pruebas en la tierra.....                               | 43 |
| <b>Figura 5.-</b> Encofrado de madera para la elaboración de tapial ..... | 44 |
| <b>Figura 6.-</b> Piedras planas.....                                     | 44 |
| <b>Figura 7.-</b> Altura del tapial.....                                  | 45 |
| <b>Figura 8.-</b> Tapia Calicostrada.....                                 | 46 |
| <b>Figura 9.-</b> Tapia singular reforzada con breccas y mampuestos.....  | 47 |
| <b>Figura 10.-</b> Tapial de hormigón de cal.....                         | 48 |
| <b>Figura 11.-</b> Tierra para la construcción.....                       | 52 |
| <b>Figura 12.-</b> Prueba de la cinta.....                                | 53 |
| <b>Figura 13.-</b> Prueba de sedimentación.....                           | 54 |
| <b>Figura 14.-</b> Portada del manual.....                                | 55 |



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

La construcción vernácula de tapial es un tipo de construcción tradicional que integra formas de construcción autónomas y materiales locales y que ha ido desapareciendo en las últimas décadas debido a la introducción de nuevos materiales de construcción. Este tipo de material sigue siendo común en las zonas rurales de la sierra, haciendo casas de uno a tres pisos de altura, brindando una solución constructiva de bajo costo.

Se sabe que el Medio Oriente fue el lugar donde se encontraron las primeras estructuras construidas vernáculas hechas de materiales locales. “La arquitectura vernácula no responde a un estilo arquitectónico específico como la arquitectura brutalista, sino que es arquitectura que se ha desarrollado en un área específica a partir de materiales y técnicas locales” (Bernal, 2021 p. 2), lo que indica que las construcciones vernáculas se diferencian de región a región, ya que dependen del contexto demográfico y de su cultura.

Las necesidades de la población y sobre todo la necesidad de mantener la tradición a través de la arquitectura sustentable, es importante desarrollar herramientas que brinden opciones sencillas que permitan a todos acceder y comprender las pautas a seguir en el campo de la construcción. Por ello, se considera muy importante la elaboración de un manual de construcción que oriente a las personas para que entiendan los pasos a seguir para el correcto diseño de construcciones con base en la tecnología tapial.

La construcción en general se convierte en un vasto sector cuyos principales pilares son los materiales, equipos y personal, los cuales desarrollan la creación de utilidad social de manera prescriptiva. Es por ello que el siguiente manual ha sido elaborado tanto con fines de consulta como para encontrar soluciones que faciliten el trabajo dentro de la construcción.

A través de esta investigación se ha intentado demostrar y documentar las técnicas de uso del tapial en la construcción en la sierra central del Ecuador, analizar su proceso y composición, determinar el estándar de su material para su

factibilidad en la construcción, su proceso y para analizar la estructura. por eso. Con el fin de adaptarlo a las nuevas tendencias con soluciones de bajo impacto ambiental, se analiza el comportamiento y vulnerabilidades del muro de tapial para encontrar posibles soluciones evaluando la vulnerabilidad a la que están expuestos.

## CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

### *Macro*

El tapial es una técnica local compleja para analizar el inicio de su construcción. Esta técnica de construcción con arcilla se desarrolló a lo largo de 9000 años, desde el 8000 - 600 ac. Se descubrieron viviendas en la región de Turkeistán en Asia Central. En el 5000 aC. los cimientos de tierra apisonada también se desarrollaron en la región Asiria, también podemos mencionar la Gran Muralla China que fue construida hace 4000 años, la cual inicialmente fue construida con tierra apisonada y posteriormente revestida con ladrillos y piedras naturales. En el pasado, estas culturas no solo desarrollaron casas a partir de este material, sino que también construyeron obras religiosas y fortalezas.

“La arcilla se utilizó en toda Europa central en la Edad Media (siglos XIII-XVII) como relleno para tableros de madera, así como para cubrir techos de paja para hacerlos resistentes al fuego” (Minke, 2005). Hay ciudades hechas de arcilla cruda alrededor del mundo como: Zuheros en España, Jericó en Palestina, Catal Huyuk en Turquía, Akhlett-Anton en Egipto, Babilonia en Irak, etc. Sin embargo, con el tiempo, las civilizaciones reemplazaron gradualmente la tierra con materiales como ladrillos cocidos.

En España “la crisis energética del petróleo del año 73, y la necesidad de buscar alternativas más sostenibles a una actividad constructora basada en una economía lineal, son motivos suficientes para salvar este material e investigar sus posibilidades” (Serrano, 2015).

En otras ciudades de Oriente Medio, en el llamado Creciente Fértil, hogar de las primeras civilizaciones de escritura conocidas, el tapial se ha utilizado ampliamente desde tiempos inmemoriales. Así como en el norte de África que se centra en la belleza de Kashbah, una ciudad fortificada de barro y adobe que se puede ver en Marruecos en la actualidad; muchos de ellos siguen en pie hoy en día. También vale la pena mencionar en África la magnífica



ciudad de Tombuctú, también construida de adobe, cerca del río Níger en Malí.

En América del Sur, el suelo nativo también se ha utilizado como elemento arquitectónico desde la época prehispánica. El uso de la tierra cruda es, por lo tanto, una técnica de construcción que está vinculada a las antiguas tradiciones locales en casi todos los lugares del mundo donde todavía se usa la tierra cruda (García, 2022).

### *Meso*

En la contextualización meso se sabe que "En las Américas, los métodos de construcción con tierra existieron y se practicaban desde épocas remotas, y se desarrollaban de manera totalmente independiente. Las ruinas comprueban que la construcción con tierra era practicada en gran escala en esta parte del mundo" (Garzón & Martins Neves, 2007).

Durante la conquista y colonización de América ya se tenía un amplio conocimiento sobre construcciones en tierra, esto por el contexto social y geográfico en que se encontraban las diferentes civilizaciones como: los mayas, incas, los aztecas, entre otros.

"Por eso, ni para conquistadores ni para conquistados la construcción en tierra fue una novedad. Más bien, las condiciones climáticas, las necesidades funcionales y el aprestamiento de la mano de obra fueron perfilando y adaptándose a las nuevas soluciones" (Salas, 1994), llegando así a unir las técnicas nativas con las de los colonizadores.

Posiblemente por su buen comportamiento frente a las adversidades climáticas, por la cuidadosa factura y el uso correcto que de ellos se hizo, son las obras de tapial las que más han durado (Salas, 1994) y se lo puede evidenciar a través del tiempo, aunque en los últimos años hubo que salvarlos del olvido.

En la época colonial la tradición constructiva con tierra fue siendo abandonada por diferentes razones: por el agote de minas como es el caso de Paraguay, sismos como el del año 1746 en Perú, o inundaciones. Para la época independentista se comenzó a difundir nuevas técnicas constructivas con nuevos materiales y con estilos arquitectónicos de la época. A finales del siglo XIX aun en la era de la industrialización se valora más la velocidad constructiva, "Por ello la tierra va siendo dejada

de lado, porque necesita mucha mano de obra, porque debe hacerse lentamente, porque exige cuidados de conservación desde el primer momento y porque debe trabajarse de manera particular en cada región" (Patrimonio histórico, 1994).

"Ciudades importantes como Quito, Cuzco, Popayán, Tlaxcala, no abandonaron la construcción con tierra pues su identidad estaba fuertemente marcada y tuvieron la sensatez de no adherirse a los cambios sin antes estudiar sus posibilidades en el contexto local" (Salas Serrano, 1994).

A nivel de Latinoamérica por ser países subdesarrollados en muchos puntos las técnicas de construcción con Tapial no han desaparecido, por lo que se considera que es una base de su cultura además los costos son bajos en relación a las construcciones contemporáneas, por otro lado, aplicar este tipo de técnica constructiva es sostenible con el medio ambiente ya que se utiliza materiales a base de la tierra.

### *Micro*

La temperatura máxima promedio en la región Sierra del Ecuador es de 24 grados, es una de las regiones más frías del país, se utilizan técnicas de construcción con materiales locales como: adobe, bahareque, piedra y tapial, estas técnicas se utilizan únicamente para las viviendas. Estas técnicas se utilizan no solo para viviendas, sino también en medianeras, se opta por la posibilidad de utilizar múltiples técnicas en una sola construcción.

En la zona, las comunidades indígenas realizaron reuniones de trabajo comunitario, denominadas "minga del tapial", con el principal objetivo de construir viviendas para cada una de las familias que conformaban la comunidad. Cuando las familias querían construir su propia casa, invitaban a sus familiares, vecinos y amigos, en fin a la gente más cercana y así construyeron la casa juntos, conviviendo en armonía con cada miembro de la comunidad (Cárdenas et al., 2017). "Así, la arquitectura es creada espontáneamente y de manera empírica por las personas debido a su imaginario colectivo ancestral, siempre buscando solventar una necesidad esencial de cobijo, o bien, la expresión actual de una tendencia innovadora hacia la arquitectura sustentable" (Lara M., 2017).

En el trabajo comunitario, las tareas de organización deben ser técnicas y de personas que dominen las mismas,

de forma que se asegure la calidad de la construcción y sea responsablemente organizado. Una tecnología aplicada en áreas rurales donde la construcción de movimiento de tierras es necesario adoptar tecnologías blandas para poder reproducir completamente nuevas obras promovidas por la comunidad o ampliaciones o reparaciones de obras existentes. Sin embargo, su aplicación plantea dificultades de otro orden, puesto que la tierra es un material que no confiere "estatus" a menos que se popularice entre las clases alta y media-alta, el tapial y el adobe consumen mucha superficie y el bahareque tiene el inconveniente del alto consumo de madera (Morán, 2022).

Por otro lado, para implementar un plan utilizando materiales como la tierra, se deben tener en cuenta otros factores que requieren un esfuerzo adicional, tales como: la tenencia de la tierra, la especulación del suelo, la reforestación con especies maderables de rápido crecimiento, cambios en las ordenanzas municipales, etc.

En la región central del Ecuador, además de algunas zonas rurales aledañas, también existen ciudades que utilizan esta técnica de tapial, sin embargo, esta técnica ha caído en desuso por diversas razones como: esfuerzo físico, migración, desconocimiento del proceso de manufactura. De acuerdo con las normas de escasez, se sabe que la tecnología fue desarrollada principalmente por los dueños de la hacienda, de los cuales solo unos pocos sobreviven en la región; hacienda el Rejo, hacienda San José.

Por otro lado, no debemos olvidar que la construcción con movimiento de tierras sigue siendo una técnica constructiva común en muchos países más que nada en zonas rurales, esto puede ser una solución para brindar viviendas dignas a las personas del tercer mundo, ya que el bajo costo es un factor decisivo en el desarrollo de esta técnica constructiva alternativa. La tierra debe ser vista como un material de construcción más, y como otros materiales debe ser estudiada e investigada para mejorar su calidad a través del progreso tecnológico (Fuentes, 2010)

A pesar de sus limitaciones en cuanto a propiedades mecánicas, la tierra no tiene dudas sobre sus excepcionales cualidades como material de construcción, así se lo conoce por ser un sistema constructivo muy utilizado en la antigüedad y en la actualidad especialmente en países del tercer mundo

y determinadas zonas rurales.

## JUSTIFICACIÓN

**La pertinencia** del trabajo investigativo radica en conocer el proceso de construcción con tapial en la zona sierra del Ecuador ya que una técnica de origen vernáculo, practicada en las zonas rurales de la región andina del país, esta técnica se fue perdiendo en las últimas décadas por diferentes razones como: extinción de las haciendas, evolución constructiva y la falta de difusión de la técnica con tapial, la importancia está en que es un material que funciona como aislante térmico, otra característica es que ayuda como aislante acústico natural. Este tipo de construcciones son mucho más silenciosas ya que, la tierra por lo general difumina el sonido, también reduce las emisiones de Co2, las construcciones con este tipo de técnica tienden a reducir el consumo de energía.

En base a **la relevancia**, lo que se busca en la documentación del proceso de construcción es la eficiencia de los procesos y la reducción de costos, tiempo. Estos procesos son una forma de optimizar todo el funcionamiento de una obra, haciendo más sencillo el seguimiento del rendimiento de los equipos y la propuesta de mejoras.

El impacto de esta investigación se dirige a los constructores que necesiten información acerca de las técnicas y procesos constructivos en tapial.

**La acotación** de la investigación contribuye a generar un manual de técnicas constructivas, el cual influenciara en la preservación y desarrollo del uso del tapial en proyectos a nivel de vivienda u otros usos en la zona de estudio (Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi) en la región sierra la cual es conocida por sus características climáticas y geográficas, también por estar rodeada por las montañas de la cordillera de los Andes, por lo que la mejor forma de hacer viviendas es utilizar materiales aislantes propios de la región como el tapial, ya que dentro del código de construcción ecuatoriana existe limitada información sobre esta técnica constructiva.

Se aborda **la viabilidad** de la investigación, ya que existe documentación, artículos científicos, tesis con estudios de casos nacionales y extranjeros relacionada con tapial,

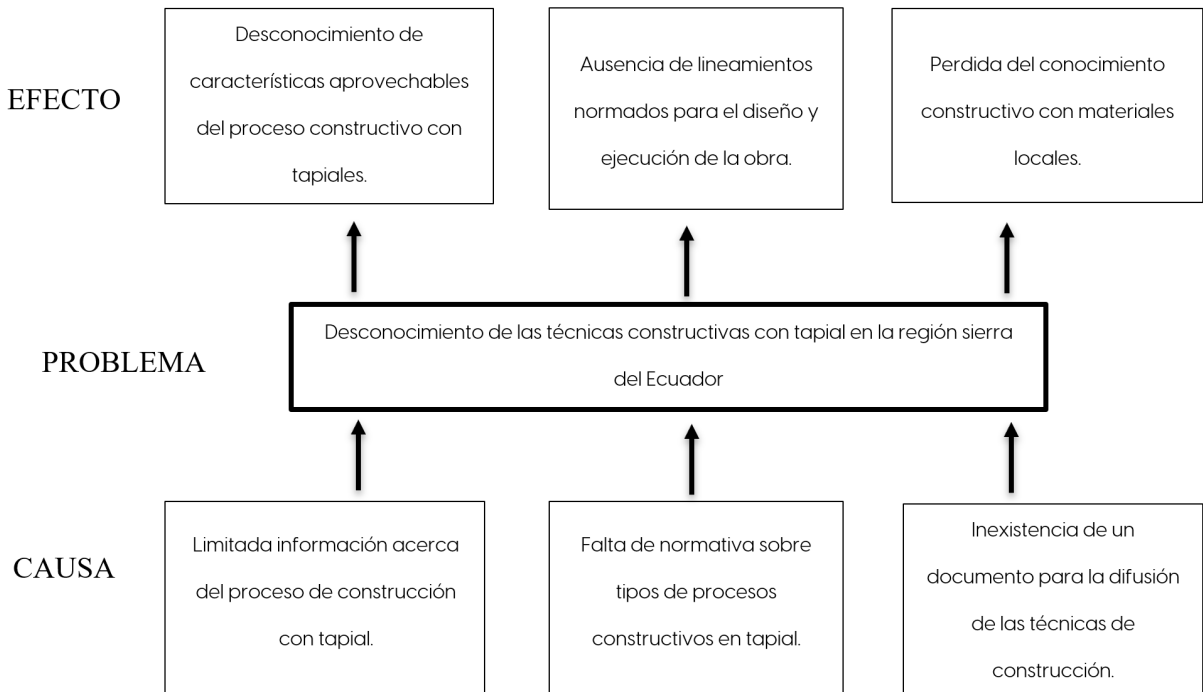
también se pueden realizar entrevistas a constructores y diseñadores involucrados en este sistema constructivo.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente documento se explica la base del proyecto de investigación, sobre el desconocimiento de las técnicas constructivas con tapial en la región sierra del Ecuador.

## ÁRBOL DE PROBLEMA

Figura 1. Árbol de Problema.



## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la técnica de construcción empleada con tapial en nuestro contexto?
2. ¿Cómo identificar las propiedades de la tierra para su utilización como material constructivo en el tapial?
3. ¿Cómo se mostrarán los resultados de la investigación planteada para la aplicación del tapial en construcción nueva?

## OBJETIVOS

### *Objetivo General*

Proponer un manual de técnicas constructivas con tapial aplicadas en la Sierra ecuatoriana, mediante la recopilación documental y experimental en el periodo 2022-2023 para la difusión de esta técnica constructiva tradicional, que sirva como guía de consulta para futuras construcciones,

### *Objetivos Específicos*

- Investigar información referente a los métodos de construcción con tapial, mediante revisión bibliográfica y entrevistas para obtener una comprensión completa de los procesos involucrados en los procesos constructivos.
- Analizar las propiedades de la materia prima para hacer tapial, mediante pruebas de campo con el propósito de desarrollar lineamientos para la selección del mismo como insumo base para la construcción.
- Desarrollar un manual de técnicas constructivas de tapial, para la guía de ejecución en obra nueva y su aplicación como una solución de construcción sostenible y de bajo impacto ambiental para las construcciones del país.

## CAPITULO II

## MARCO TEÓRICO

Este capítulo proporciona definiciones y términos básicos sobre técnicas, principios y reglamentos de construcción de movimiento de tierras, así como investigaciones de antecedentes o estudios de casos en los que se han obtenido resultados de pruebas o ensayos de campo.

### 2.1 Estado del arte

#### *2.1.1 Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas*

**Autor:** Marco Lenin Lara Calderón

**Año:** 2022

Escuela Politécnica Nacional

En base al análisis tipológico de las construcciones de adobe, tapial y bahareque de 50 edificaciones ubicadas en Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, los daños físicos, mecánicos, químico-biológicos y antropogénicos que afectan a los agentes atmosféricos y suelos. Se analizaron las edificaciones en los Andes ecuatorianos, así como su resistencia mecánica, características físicas y composición químico-mineral. Los resultados muestran que el 40% de las edificaciones se ven afectadas por el agua, principalmente por desperfectos al momento de la construcción como la ausencia de techo, que favorece la humedad en las partes bajas, o pequeños aleros, que no protegen contra el agua de lluvia, y revestimientos de adobe erosionados, particularmente los alféizares, que se ven exacerbados por la posición aislada de los edificios. Además, la dosis empírica de arcilla utilizada, con un tamaño de grano máximo de 15-18 mm y arena, supuso menos del 30% y algo más del 70% de arcilla y limo en las muestras de tapial; proporciones variables en Bahrek con aproximadamente 55% de grava-arena y 45% de finos; con resistencia a la compresión inferior a 3 MPa. Se recogieron los tipos de maderas, cañas y fibras utilizadas para construir el techo, armazón y refuerzo de mampostería. Las edificaciones rurales tienen más de 50 años, además el 82% de las edificaciones revisadas

presentan estado de abandono (Lara & Bustamante, 2022).

La investigación proporciona un análisis tipológico de construcciones de adobe, tapial y bareque en la Sierra de Ecuador, destacando los daños físicos, mecánicos y químico-biológicos causados por agentes atmosféricos y suelos. Se observa que el 40% de las edificaciones presenta problemas relacionados con el agua debido a defectos constructivos, y se identifican características físicas y composición químico-mineral de los materiales utilizados. Además, se señala que el 82% de las edificaciones estudiadas se encuentra en estado de abandono, y las construcciones rurales tienen más de 50 años. Estos hallazgos proporcionan información relevante para comprender las técnicas constructivas en la región y la necesidad de conservación y mejora.

#### *2.1.2 Comportamiento sísmico de edificaciones de tapia pisada reforzadas con marcos de madera y viga de coronación en concreto*

**Autores:** Cecilia López, Daniel Ruiz, Sandra Jerez, Sandra Aguilar, Juan Torres, Yezid Alvarado.

**Año:** 2020

Revista Informes de la construcción

Las construcciones a base de tierra se encuentran en todo el mundo, muchos de estos edificios están ubicados en zonas sísmicas y son muy vulnerables. Para reducir esta vulnerabilidad se propone una estrategia integral que incluye el refuerzo exterior con elementos de madera en ambos sentidos y a ambos lados de los muros (en el muro base), así como un diafragma rígido mediante soleras de hormigón. Se propone que la viga se realice con una transición entre tierra y hormigón para mejorar la compatibilidad. Los resultados de los ensayos en mesa vibratoria del modelo 1:6 y su homólogo no reforzado muestran una mejora significativa en el comportamiento global de la estructura (reducción de desplazamientos de hasta un 80% en el modelo reforzado), lo que permite lograr la contención manteniendo la estabilidad estructural. estabilidad (López et al., 2020).

El aporte del estudio es la implementación de una estrategia integrada para reducir la vulnerabilidad de las construcciones de tierra en zonas sísmicas. Esta estrategia

incluye refuerzo externo con elementos de madera a ambos lados de los muros, así como un diafragma rígido a través de vigas de cabeza de hormigón. Se propone una transición entre tierra y hormigón en la viga para mejorar la compatibilidad. Los resultados de las pruebas de mesa vibratoria muestran mejoras significativas en el comportamiento de las construcciones reforzadas, evitando el colapso y manteniendo la integridad estructural, con una reducción de hasta el 80 % en el desplazamiento en los diseños reforzados.

### *2.1.3 Análisis experimental del comportamiento mecánico de la tierra como material de construcción\**

**Autor:** José Daniel Rodríguez Mariscal

**Año:** 2021

Universidad de Sevilla

El objetivo de esta tesis es proporcionar datos experimentales para el desarrollo de métodos coherentes para la caracterización mecánica del movimiento de tierras como material de construcción. Actualmente se asiste a un importante resurgimiento de su uso debido a su valor ecológico y sus prestaciones arquitectónicas. Este artículo presenta estudios separados sobre el comportamiento estructural de la albañilería tradicional en barro crudo (adobe) y barro apisonado (tapia). La arcilla se recogió en las orillas del Guadalquivir en Sevilla (Andalucía, España) para el adobe y en los alrededores de Valverde de Burguillos (Extremadura, España) para el tapial. Estos sitios fueron seleccionados por un experto local en movimiento de tierras. Se realizó una caracterización mecánica basada en ensayos de compresión, ensayos de compresión diagonal, ensayos de tracción indirecta y ensayos no destructivos (sónicos y ultrasónicos). En esta tesis se derivan y analizan las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, módulo de Young, módulo de corte, módulo de Poisson y ley constitutiva tensión-deformación. Se discute la importancia y utilidad de varias estimaciones del módulo de Young y el módulo de corte. También se propone un método simplificado para estimar la relación tensión-deformación. La hipótesis de un estado de esfuerzo cortante puro en los ensayos de compresión diagonal de los

muros se valida mediante el análisis del campo de esfuerzos total medido por el sistema DIC. Por otro lado, para facilitar la aplicabilidad de técnicas de ensayos no destructivos, se ha desarrollado un procedimiento automatizado para el análisis de registros experimentales y la identificación de tiempos de tránsito de ondas sonoras y ultrasónicas. Este nuevo proceso incluye un sencillo algoritmo de análisis de señales que evita la laboriosa tarea de inspección manual de señales y reduce la incertidumbre de los resultados finales (Rodríguez, 2021).

El trabajo de titulación doctoral tiene como objetivo proporcionar datos experimentales para el desarrollo de métodos coherentes en la caracterización mecánica del movimiento de tierras como material de construcción. Propone un método simplificado para estimar la relación tensión-deformación y se desarrolla un procedimiento automatizado para el análisis de registros experimentales en ensayos no destructivos. El texto destaca la importancia de estos estudios para el resurgimiento del uso de la tierra como material de construcción y su aplicación en proyectos arquitectónicos sostenibles.

### *2.1.4 La conveniencia de construir con tierra en el contexto actual*

**Autor:** Andrea Marín

**Año:** 2021

Universidad Politécnica de Madrid

El autor pretende integrar este material ecológicamente responsable, técnicamente factible y económicamente amigable asociado con la arquitectura del pasado con el presente y estudiar su factibilidad en el contexto de un futuro ecológico, concluyendo finalmente cómo y qué tipos de viviendas y equipamientos se necesitan en ambos. países emergentes y países industrializados, ha sido capaz de resolver. Pretende responder a la siguiente pregunta: ¿Es la tierra un material relevante para la construcción hoy en día? Para ello, el libro se estructura por orden temporal en tres capítulos: pasado, presente y futuro de la arquitectura en tierra (Marín, 2021).

Se aborda esta técnica vinculada a la producción in situ, pero la producción mecanizada permitiría reducir y optimizar

los tiempos de ejecución, añadir mejoras relacionadas con el control de la calidad de ejecución, dosificaciones de agua y tierra o acabados (colores o texturas). Al realizarlo bajo techo, se controlan mejor los tiempos de secado. Es más flexible en cuanto al dimensionado de piezas y se podría incluso, integrar dentro de los muros instalaciones.

La desventaja es que supone un sobrecoste en comparación con la producción in situ y, exige condiciones específicas de empaquetado, almacenaje, carga, descarga y traslados mucho más cuidadosos. Como ya hemos visto, se debe buscar en todo caso una reducción de las distancias de transporte para reducir las emisiones contaminantes que este genera. El problema podría quedar resuelto si se aumenta la demanda y se justificaría el acercamiento de talleres a la zona de emplazamiento del proyecto. Incluso, se podría estudiar la viabilidad de montar talleres temporales directamente en el lugar de construcción y aprovechar la materia prima local (Marín, 2021).

### *2.1.5 Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas con capacidad portante*

**Autores:** Rodolfo Rotondaro y María Rosa Mandrini

**Año:** 2018

Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Arquitectura

Los autores explican que, desde hace más de 20 años, se está dando un creciente resurgimiento de la tecnología de la tierra como consecuencia de una paulatina toma de conciencia mundial de proteger el medio ambiente, de lograr un mayor equilibrio en el uso de los recursos naturales y de ahorrar energía en la producción de materiales industrializados.

La tapia es un tipo de muro de comportamiento monolítico que se construye in situ, sobre cimientos o sobrecimientos definitivos, con empleo de una moldería específica (moldes tapialeros) y un pisón. Dentro de este molde se colocan sucesivas capas de mortero preparado, que se van apisonando hasta que comienza a rebotar el pisón (rechazo), hasta completar el molde. Los muros se pueden construir de manera horizontal o vertical, y no es necesario ningún

mortero de unión entre tapia y tapia, es decir, no tiene juntas

### *2.1.6 Materiales alternativos empleados en la construcción de viviendas en Ecuador: una revisión*

**Autor:** Jacque Sornoza Tituano, Robert Zambrano Sacón, Beatriz Caballero Giler, José Veliz Párraga.

**Año:** 2022

Revista Polo de Conocimiento

Las revoluciones industriales trajeron grandes cambios en las sociedades, los sistemas de producción, los sistemas educativos, los sistemas económicos, los sistemas ambientales, etc. El campo del mantenimiento es el resultado de varias revoluciones industriales. Para mantener una alta productividad, uno de los elementos más importantes es el mantenimiento adecuado de los procesos de producción, desde el mantenimiento correctivo hasta el mantenimiento predictivo, que es un elemento importante.

Hoy en día, el mantenimiento industrial es una parte esencial de los procesos productivos, ya que minimiza u optimiza el desarrollo en cuestión. Además, se deben minimizar las fallas y averías de los sistemas que intervienen en el mantenimiento, lo que se traduce en costos e ingresos para la industria, por lo que se requiere una gestión del mantenimiento basada en procesos industriales. Este estudio de investigación en el contexto de Ecuador. El objeto del estudio es una revisión bibliográfica sistemática de 59 fuentes confiables de información sobre materiales de construcción alternativos, sujeto al acceso a documentos publicados en bases de datos indexadas como Google Scholar, Latendex, Redalyc, ScELO. y Science Direct (Sornoza et al., 2022).

Diversos estudios a nivel internacional, nacional y local sobre el uso de materiales alternativos en la construcción de viviendas considerando el impacto ambiental, la ecoeficiencia energética, el aislamiento térmico y acústico, etc. como opciones constructivas más ecológicas. Los residentes han implementado entornos que permiten el reciclaje de bajo costo y eficiencia energética, lo que demuestra que hay muchas opciones cuando se trata de viviendas familiares. De acuerdo al enfoque y diseño de la investigación, el total de tareas corresponden al tipo de investigación descriptiva.



A continuación, se describen los principales hallazgos contenidos en los materiales de construcción sostenible utilizados en la construcción de viviendas en el Ecuador.

Los autores comentan que, es un sistema constructivo también conocido como tapia pisada que utiliza tierra dispuesta en dos planchas verticales de madera (encofrados), las cuales son compactadas manualmente capa por capa, formando una cimentación de 0,50 m y 0,80 m, casi todos los suelos son aptos para el uso de esta ancestral técnica, a excepción de los suelos utilizados en la minería que contienen níquel y hierro que dificultan la compactación.

En el territorio ecuatoriano se pueden encontrar ejemplos constructivos en tierra cruda. El material utilizado para la investigación se ha basado en el levantamiento de las características más importantes: tipo, geo-referencia, materiales y procesos patológicos, entre otros, además, de la documentación fotográfica, y mapas explicativos de las lesiones, e histórica en su caso (Levicoy & Lira, 2020). En la ficha de recolección de datos se han dispuesto y agrupado las lesiones que permiten medir los daños y la incidencia en el estado de conservación tanto físicas, como mecánicas, químicas, biológicas y antrópicas.

Lesiones físicas. – “Las lesiones de tipo físico causadas principalmente por la entrada del agua, son las más frecuentes en el 40% de los inmuebles, que se manifiesta en la desintegración del material de tierra” (Lara, 2018, p.31).

Para la forma tipo VI elaboramos un murete según lo sugerido en la actualización de la norma Peruana E. 080 año 2017. Dicha norma pide elaborar un murete donde la altura debe ser igual a 3 veces su ancho; por lo que decidimos fabricar muretes de 60 x 60 x 20 cm. Los mismos se utilizaron para determinar la resistencia a la compresión a los 28 días. Estos muretes se fabricaron en una tapialera de escala real con una variación en las medidas de las tapas; esta tapialera se encuentra detallada en el ítem 3.5.1 (Cárdenas & Sarmiento, 2017)

Según Cárdenas & Sarmiento (2017) los procesos necesarios para la elaboración de muestras son:

- Tener un suelo apropiado.

- Preparar las tapialeras con materiales ligeros y resistentes.

- Elaborar un pistón de entre 5 y 10kg.

- Mezclar el material.

- Y finalmente la compactación.

“La humedad de filtración de agua de lluvia en el 18% de los inmuebles se produce principalmente por la ausencia de aleros en los testeros o de escaso vuelo, que expone a los muros directamente a la lluvia y salpicaduras constantes acelerando el proceso de erosión” (Lara, 2022, p.39).

El estudio realizado da como resultado que los muros deben ser de altura máximo ocho veces el ancho del muro, permitiéndonos entender sobre las dimensiones adecuadas.

### *2.17 Construcción y Materiales de Construcción*

**Autor:** C.T.S. Beckett, P.A. Jaqui & J.-C. Morel

**Año:** 2020

Revista Construcción y Materiales de Construcción

Las partes bajas resultan más afectadas por el escurrimiento del agua desde las partes altas, a las que suma el salpique en superficies duras o por estancamiento en las depresiones del suelo (Beckett et al, 2020).

El artículo citado anteriormente nos demuestra que es necesario aleros que sobresalgan de la fachada el cual ayude a desviar el agua de las lluvias evitando que caigan sobre el muro de tierra.

Continuando con el planteamiento de trabajo que se ha indicado en varias ocasiones, reproducir de la manera más exacta un tapial tradicional, se ha optado por construir moldes de madera como encofrado para ejecutar las probetas, elaborados con tableros de pinol de 18mm de espesor. Posteriormente se impregnan en aceite para evitar la succión del agua de las probetas por parte de la madera. Se utilizan dos moldes con dimensiones interiores 100x100 mm y 440 x 100 mm, siendo la altura controlada mediante una marca situada a 100 mm de base de molde (Arto, 2021)

Para compactar la tierra se usa un pisón que pesa de entre 8 a 12kg, "siendo habitualmente de madera con forma trapezoidal. el orden de los golpeteos de la compactación debía empezar por el perímetro y avanzar rítmicamente hacia el interior del espesor del muro" (Arto, 2021)

El estudio de la tesis doctoral de Ignacio Arto nos menciona que para su estudio se realizaron modelos de tapias tradicionales de diferentes tamaños en los que se pueden observar las diferentes partes que contiene como: travesaños, cuña, compuerta, codal, paral, aguja, tortolo, costado, traviesa, y finalmente la tierra.

El trabajo de tierra en compresión no tiene capacidad portante, dependerá del ancho de los elementos estructurales y de la estructura de la tierra. Dado que la tierra trabaja solo en compresión, se debe definir que la estructura horizontal de cualquier edificio construido con arcilla requerirá otros materiales (Catalán, 2018), si buscamos un material natural que sea compatible con la tierra este es la madera con el cual se podrán realizar bóvedas y cupulas.

Como se mencionó anteriormente, la resistencia a compresión de la tierra como material constructivo es una propiedad mecánica fundamental y su valor característico arroja información que es de gran utilidad para su puesta en obra.

### *2.1.8 Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales concernientes a la construcción con tierra*

**Autor:** María Guadalupe Cuitiño-Rosales, Rodolfo Rotondaro & Alfredo Esteves

**Año:** 2020

Se consiguen por medio de este aspecto revisar cifras de conductividad térmica de los materiales comúnmente empleados al momento de efectuar una construcción de tipo tradicional y/o convencional. Dentro de los cuales, el mejor referente es el poliestireno expandido, mismo con una menor conductividad térmica. la misma figura 2, se graficó el rango dentro del cual se hallan encuadrados los sistemas constructivos con tierra, y que varían entre los 0,46 W/mK y los 1,00 W/mK, lo cual muestra la poca variabilidad de la

conductividad térmica en las tipologías constructivas con tierra respecto a otros materiales utilizados comúnmente en la construcción tradicional (Cuitiño et al., 2020). El estudio menciona sobre la cantidad de calor que puede transmitir un muro de tierra

### *2.1.9 Análisis de las características mecánicas y físicas de la unidad de construcción ancestral, denominada putuco, situada en el altiplano peruano*

**Autor:** Andrea Gamio

**Año:** 2022

Un estudio titulado Tecnologías Sociales en Viviendas Urbanas con Poblaciones Pobres realizado en la ciudad de Buenos Aires sobre las características térmicas y mecánicas de materiales y elementos de construcción de tierra muestra que, si el material es escaso, la conductividad térmica también será baja. Esto se debe a la menor compactación del material ya la mayor presencia de huecos de aire, resultando un material más ligero y aislante que un material denso y muy compacto. Otra característica analizada por varios autores es el retardo térmico en los sistemas constructivos (Gamio, 2018).

El proceso constructivo se inicia con una cimentación de 50 a 60 cm de profundidad y con un espesor de 50 cm: Se vierte una mezcla de rocas, mortero de arena más cal, cuñas con fragmentos de roca y barro cocido. Se realiza el sobrecimiento, de aproximadamente 50 cm, para el que debe usarse un material rígido y resistente, se hace una mezcla de roca con mortero (Gamio, 2018), esto para proteger que el muro de tapial sufra daños por la humedad.

Está verificado que aproximadamente a los nueve meses de secado se obtiene la resistencia máxima. "Los huecos que se realicen en el muro hay que reforzarlos y, normalmente, las jambas de puertas o ventanas se ejecutan con mampostería de piedra o ladrillo, tomados con mortero de cal. Se recomienda aplicar a la cara exterior una capa de terminación también con mortero de cal" (Cortez, 2020).

A continuación se muestra el cuadro resumen del estado del arte (ver tabla 1)

**Tabla 1.** Cuadro Resumen Estado del Arte.

| Tipo            | Fuente/tema/concepto   | Autor   | Año  | Aporte a tu investigación   |
|-----------------|--|---|------|---|
| Revista         | Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas  | Marco Lara                                      | 2022 | Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas   |
| Revista         | Comportamiento sísmico de edificaciones de tapia pisada reforzadas con marcos de madera y viga de coronación en concreto                       | López, Ruiz, Jerez, Aguilar, Torres & Alvarado. | 2020 | Comportamiento sísmico de edificaciones de tapia pisada reforzadas con marcos de madera y viga de coronación en concreto                              |
| Tesis Doctoral  | Análisis experimental del comportamiento mecánico de la tierra como material de construcción   | José Rodríguez                                  | 2021 | Ensayos de especímenes de tapia a compresión  |
| Tesis           | La pertinencia de construir con tierra en el contexto actual   | Andrea Marín                                    | 2021 | Material ecológicamente responsable, técnicamente factible y económicamente amigable asociado con la arquitectura del pasado con el presente          |
| Revista         | Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas con capacidad portante  | Rotondaro R. & Mandrini M.                      | 2018 | Creciente resurgimiento de la tecnología de la tierra como consecuencia de una paulatina toma de conciencia mundial de proteger el medio ambiente     |
| Tesis           | Materiales alternativos empleados en la construcción de viviendas en Ecuador: una revisión   | Sornoza J, Zambrano R, Caballero B & Veliz J.   | 2022 | El objeto del estudio es una revisión bibliográfica sistemática de 59 fuentes confiables de información sobre materiales de construcción alternativos |
| Revista         | Construcción y Materiales de Construcción  | CTS Beckett, PA Jaquin, J-C. Morel              | 2020 | Capeando la tormenta: un marco para evaluar la resistencia de las estructuras de tierra al daño del agua  |
| Revista         | Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra             | Cuitiño, Rotondaro, Esteves                     | 2020 | Densidades y propiedades térmicas de algunos materiales y componentes de la construcción con tierra e industrializados                                |
| Tesis masterado | Análisis de las características mecánicas y físicas de la unidad de construcción ancestral, denominada putuco, situada en el altiplano peruano | Andrea Gamio                                    | 2022 | Tapial o tierra apisonada   |

## 2.2 Fundamento conceptual

### 2.2.1. *Arquitectura sostenible*

La arquitectura sostenible implica el uso de tecnologías y materiales respetuosos con el medio ambiente durante el proceso de construcción, considerando las condiciones del sitio e incorporándolas al diseño siempre que sea posible, y minimizando el impacto ambiental, impactos negativos de las edificaciones a través del consumo eficiente de energía y la ordenación del territorio (Arquima, 2018).

La arquitectura sostenible se refiere al diseño arquitectónico que tiene en cuenta la optimización de los recursos naturales para reducir el impacto ambiental de la construcción de edificios. Es una forma de diseñar la arquitectura de manera sostenible para optimizar los recursos naturales y los sistemas de construcción. El diseño sostenible incluye parámetros bioclimáticos, donde el propio diseño arquitectónico sirve para optimizar aspectos como la iluminación y ventilación natural, aprovechando las condiciones climáticas, la orientación del edificio, la hidrografía y la consideración del ecosistema circundante (Rosales, 2016).

### 2.2.2. *Construcción en tierra*

“La construcción con tierra es el método de construcción más validado por la historia y el más antiguo empleado por el hombre. Este fue sustituido por materiales mucho menos naturales en la búsqueda del progreso” (Catalán, 2018).

Existen otros nombres para la tierra como elemento de construcción, como arcilla que está hecha de arcilla, limo y arena muy fina; bloques de arcilla hechos de grava, arena y grava, bloques de arcilla hechos a mano y los bloques de arcilla o bloques comprimidos moldeados y cocidos en hornos de ladrillos. También presenta algunas características en el tamaño de sus partículas, lo que permite una mejor identificación ya que las arcillas tienen un diámetro menor a 0,002 mm, los limos entre 0,002 mm y 0,06 mm, seguidos de 0,06 mm y arenas con un diámetro entre 2 mm (Molina, 2020).

La construcción de viviendas surge de la necesidad de las personas de encontrar cobijo, protección y un lugar

donde afianzarse, y es aquí donde este material juega un papel muy importante, ya que posee características, cualidades y propiedades que permiten su uso para este fin con propósito en base al objetivo. En la actualidad, un tercio de la población mundial vive en casas de barro. En el Ecuador, en las zonas rurales de la región interandina, el 20% de las viviendas son de barro (Serrano, 2015).

### 2.2.3. *Arquitectura andina*

“La arquitectura andina es el estilo distintivo de los países que forman parte de la cordillera andina, desarrollada por las diversas culturas prehispánicas a lo largo de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina durante los siglos XIV y XV, asociando elementos iconográficos emblemáticos” (Mengual).

La arquitectura andina se caracteriza por la relación directa entre el hombre y los recursos que le brinda su entorno. Su cosmovisión les permite elegir la que mejor se adapta a sus necesidades en cuanto a distribución del espacio (Catalán, 2018).

La cosmología andina rige todos los parámetros en los que se desarrolla la vida humana. La arquitectura al estar en contacto inmediato con el medio ambiente tratará de promover un equilibrio entre el hombre, la sociedad y la naturaleza en su concepto, su forma y su utilidad (Cortez, 2020).

### 2.2.4. *Patrimonio rural*

“El patrimonio rural es el conjunto de elementos materiales/inmateriales, culturales/naturales, muebles/inmuebles (prácticas, sujetos, lugares/paisajes, expresiones) que un grupo social/étnico reconoce como significativo y asociado con lo rural” (Guastavino & Pérez, 2020).

### 2.2.5. *Tapial*

Tapial es un sistema constructivo formado por un encofrado de madera y tierra arcillosa que se vierte por capas. La estabilidad térmica y la resistencia del edificio se basarán en las dimensiones de las paredes (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Es una técnica tradicional de construcción en albañilería que se identifica por moldear el material exactamente donde se va a utilizar. El material, generalmente tierra, se compacta en un molde que descansa sobre el muro en construcción, que a su vez es el único soporte para las actividades de montaje, moldeado, desmontaje y traslado del encofrado al siguiente puesto de servicio de la obra. Como con cualquier otra técnica, se debe hacer un compromiso entre los requisitos de su rendimiento y los requisitos que debe cumplir la pared hecha de esta técnica. Así, como cualquier otra mampostería, tiene que ser erigida en hileras horizontales, sus juntas apoyadas, el aparejo de los ángulos apoyado, pero tiene que adaptarse a requisitos de sitio muy limitados debido a las restricciones de movilidad y la seguridad de los trabajadores que lo realizan, debido a la limitada superficie de apoyo que proporciona el muro que se está construyendo (Cortez, 2020).

Consiste en la compactación de la tierra en moldes similares a cofres llamados tapialeras para crear muros de carga de diferentes anchos. Actualmente, esta técnica constructiva es poco utilizada en nuestro país, pero algunas personas han heredado el conocimiento y continúan practicándolo, como es el caso de la Casa de la Macana (Catalán, 2018).

Como técnica tradicional, afinada con el tiempo, se puede suponer que este compromiso se habría logrado reduciendo el número de operaciones, gestos y elementos necesarios para la ejecución de la mampostería, sin pérdida de calidad de la propia mampostería, siendo construido. Las dimensiones de los muros, sus proporciones, el número óptimo de aros o geles requeridos para soportarlos, la forma de los muros, su movimiento en el muro, curvas y uniones, la forma exacta de los muros son todos temas relacionados con la racionalización sobre mampostería tradicional y tejido manufacturado (Jaramillo, 2014).

### *2.2.6. Manual de técnicas constructivas*

La idea de crear un manual de construcción es tener una herramienta que brinde opciones sencillas para que cualquier persona pueda acceder y comprender los lineamientos a seguir en el campo de la construcción. Esta herramienta es un documento que presenta, de manera sistemática y ordenada, información sobre la historia, organización,

políticas y procedimientos que se consideran necesarios para el mejor desempeño del trabajo (Ledesma, 2007).

## *2.3 Fundamento teórico*

Un aspecto de relevancia propicio a la investigación realizada es el acercamiento de una realidad eventual con la pérdida de tradiciones y culturas, además del progresismo y el desarrollo de todas las naciones del mundo se ha perdido gran parte de la cultura constructiva antigua por lo que se ha remplazado con una cultura moderna.

En los últimos años, ha emergido un nuevo enfoque en la relación entre la sociedad y la naturaleza, que podría describirse, en diversas formas y grados, como "sustentable". Este concepto busca corregir los errores acumulados durante un siglo de crecimiento desenfrenado y una sociedad orientada al consumo, haciendo un llamado a una visión de desarrollo que tenga en cuenta las oportunidades de las generaciones venideras (Delgado, 2017).

Desde la perspectiva del diseño, el objetivo es establecer conexiones entre los actores sociales, la tecnología y la eficiencia constructiva, construyendo con una identidad y tecnología contextual, utilizando materiales autóctonos reconocidos en nuestra región. Esto implica incorporar al proceso de diseño tanto los componentes físicos de la naturaleza, conocidos como bienes ecosistémicos, como los recursos intangibles y los mecanismos autorreguladores de la naturaleza, conocidos como servicios ecosistémicos.

El estudio detallado de los ecosistemas, la comprensión de su funcionamiento y el respeto por las especies que los componen no solo nos ayudan a apreciar lo que poseemos, sino que también nos proporcionan pautas para un uso responsable. Además, nos recuerdan que nuestra historia económica y cultural está estrechamente relacionada con la utilización de la biodiversidad (Delgado, 2017).

El sector de la construcción representa uno de los principales impulsores de la economía al desempeñar un papel crucial en la creación de empleo. Sin embargo, debido a la diversidad de tareas involucradas y a la amplia gama de materiales utilizados en los diversos procesos constructivos, la producción de residuos sólidos y sustancias contaminantes es significativamente mayor en comparación con otras

industrias. De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la construcción es responsable de la generación del 30% de los residuos sólidos a nivel global. Este hecho subraya la imperiosa necesidad de desarrollar métodos y adoptar prácticas que minimicen la cantidad de residuos generados, dada la limitación de espacios adecuados para su disposición (Mendoza, 2021).

Por otro lado, la economía de la sociedad actual en especial de los países subdesarrollados ha buscado nuevas técnicas de construcción que son más económicas y son amigables con el entorno es por ello que no se ha perdido todavía esta tradición, pero sigue siendo un problema social en el cual la pobreza se conforma en tener un espacio donde se puedan desenvolverse.

La importancia de conservar una tradición no por la necesidad económica si no por mantener una cultura y por llevar una arquitectura sostenible integrando materiales y procesos de construcción ambientalmente sostenibles, por ejemplo, minimizando el transporte y utilizando materiales locales, así como la gestión sostenible de los desechos de la construcción. Además, el diseño sostenible incluye el aislamiento de fachada y cubiertas de forma que se reduzca el uso de aire acondicionado y calefacción a través de los sistemas instalados, lo que también reduce el coste de estos servicios y la energía, aumenta la eficiencia y el confort. Los jardines verticales instalados en la fachada y los techos verdes también son características de la arquitectura sostenible. El edificio, diseñado según los principios del desarrollo sostenible, fomenta también el uso de energías renovables mediante instalaciones como la solar y la geotérmica, para el consumo eléctrico propio del edificio, la refrigeración, la calefacción y la prestación de los servicios eléctricos (Daza, 2010) es por ello por lo que el manual está orientado a técnicas de construcción del tapial.

## **2.4 Fundamento legal**

El tapial es un muro de barro mixto, según una técnica milenaria, en el que los muros se fabrican con tierra arcillosa húmeda mediante golpes de mortero, utilizando un encofrado de madera llamado tapial. El Ecuador aún posee una normativa limitada que describe la utilización del tapial en la construcción, por la cual la misma norma menciona que se debe considerar la normativa peruana E-080, el cual tuvo

su última actualización en el 2017.

Sin embargo, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) (MIDUVI, 2014), sección: "viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5 metros" capítulo 6.7.2 en lo que se refiere al tapial nos menciona que:

Es importante que el movimiento del muro de tierra apisonada permita crear un sistema de bloqueo para evitar planos verticales de falla.

Los muros de tierra congelada deben tener un refuerzo vertical de madera, carrizo o caña y un refuerzo horizontal flexible como alambre, malla, etc. Estos refuerzos permiten que el muro de tierra triturada resista los esfuerzos de compresión, corte y tracción, evitando la falla por corte y la separación del muro.

Para el diseño de muros en tapial se debe seguir el Código Peruano de Construcción de Tapia. E.O80 Norma para la Construcción con Tierra Apisonada (MIDUVI, 2014).

### **2.4.1 Normativa de Tapial en Perú**

En Perú, el reglamento técnico para la construcción de muros de contención es el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). El RNE establece los requisitos y especificaciones técnicas para la construcción de diversas estructuras, incluidos los muros de contención. Especifica los criterios de diseño, los materiales a utilizar, los métodos de construcción y las consideraciones de seguridad que deben observarse al construir un muro de contención. El objetivo de estas normas es garantizar la calidad de la construcción y la seguridad de las personas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021).

De igual manera este reglamento tiene varias normativas que se resumen a continuación.

La norma E.O80 Muros de carga escalonados de tierra apisonada, manifiesta las exigencias específicas para el diseño, cálculo, análisis y verificación de estructuras de muros de carga escalonados de tierra apisonada (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021).

### **Artículo 12.- Condiciones de la tierra a utilizar.**

El artículo 12 nos menciona sobre las pruebas a realizar para conocer las características de la tierra. Las pruebas son las siguientes: prueba cinta de barro, control de fisuras, contenido de humedad, también nos menciona sobre la composición de la tierra para la construcción.

#### **Artículo 13.- Unidades de tapial y encofrado.**

Los elementos de pared deben tener las siguientes dimensiones: ancho mínimo: 0,40 m, alto máximo: 0,60 m, largo máximo: 1,50 m y el espesor mínimo de las vigas de encofrado debe ser de 20 mm, con refuerzo exterior horizontal y vertical, para evitar deformaciones excesivas.

#### **Artículo 14.- Fabricación de la unidad de tapial**

Cada unidad de pared debe construirse en capas de suelo con una altura máxima de 0,15 m, compactándolas hasta alcanzar una altura de aproximadamente 0,10 m (por cada capa).

#### **Artículo 15.- Protección de las hiladas de tapial**

El artículo 15 nos menciona sobre el proceso de construcción y los cuidados al momento de verter las siguientes capas, tiempo aproximado de secado y prevenciones como es el caso de no construir en épocas de lluvia.

#### *2.4.2 Normativa de Tapial en España*

La norma aplicable para la construcción de muros en España es el Código Técnico de la Edificación (CTE), que constituye el marco normativo que establece los requisitos básicos en materia de calidad, seguridad y habitabilidad, en los que se rigen los edificios, sus instalaciones, incluidas, deberá cumplir con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Edificación. El CTE consta de dos partes: la Parte I, que contiene las disposiciones generales aplicables a todo el CTE, y la Parte II, que contiene los documentos fundacionales que desarrollan cada uno de los requisitos fundacionales (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

De igual manera el CTE se basa en varias normas concisas que se describen a continuación.

DB SE-AE Actuaciones en Edificación, es una norma que precisa las actuaciones para tener en cuenta en el diseño y ejecución de edificaciones y los criterios para su valoración.

La norma DB SE-F, asigna las condiciones que deben cumplir las estructuras de mampostería, es decir, que sean de piezas pequeñas mediante mortero u otros sistemas (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

DB SI Seguridad ante Incendios, es la norma que dicta las circunstancias que deben cumplir los edificios para reducir el riesgo de incendio para sus ocupantes o para terceros dentro de unos límites aceptables (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023), el tapial es incombustible y el fuego no lo afecta, también se debe tener en cuenta que la tierra cruda es más resistente al fuego que el acero o el ladrillo.

La norma DB SU Seguridad de uso y acceso, establece las condiciones que deben reunir los edificios para prevenir accidentes y facilitar el uso y acceso de todas las personas (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

DB HS Health, esta norma insta a las condiciones que deben cumplir los edificios para proteger la salud humana de condiciones que puedan causar enfermedades o molestias (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023), el tapial no genera polvo ya que la tierra se compacta y seca en el proceso de construcción.

La norma DB HE Ahorro Energético, expone el uso racional de la energía que requieren los edificios para su correcto uso y funcionamiento (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023). El tapial tiene una gran inercia térmica, lo que significa que puede almacenar calor o frío y luego cederlos lentamente al medio ambiente. Esto hace que las casas construidas con tapial tengan temperaturas interiores más estables y sean más eficientes energéticamente. Además, el tapial es higroscópico, lo que significa que puede absorber y liberar humedad, ayudando a controlar la humedad en el hogar.

DB HR Ruido, es la norma que establece las condiciones que deben cumplir los edificios para proteger a sus ocupantes del ruido procedente del exterior o del propio edificio (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

Debido a sus grandes espesores, el tapial funciona bien como aislante acústico. Un muro de tapial de 40 cm, por ejemplo, puede reducir el sonido en 56 decibelios para una frecuencia de 500 Hz.

Para las paredes, se sugiere utilizar paneles de madera contrachapada de 16 mm de espesor con barras de 4 x 2". Estos paneles estarán soportados por una estructura de postes y vigas de 4 x 4". Las tarimas de madera contrachapada se sujetarán a la estructura de correas de tal manera que puedan resistir el golpe causado por la caída accidental del material. Las láminas de madera contrachapada en las paredes verticales se unirán directamente a los montantes. Además, se colocarán postes cada 2,44 m para muros horizontales y cada 1,22 m para muros verticales, fijados en su base al suelo o al pavimento existente, o mediante rigidizadores de madera fijados a las bases.  $C = 150 \text{ kg/cm}^2$  con una sección de 30 x 30 cm de lado y 30 cm de profundidad, o según se indique en el proyecto ejecutivo o supervisión. La madera se puede utilizar entre cinco y hasta ocho veces, siempre que reciba el mantenimiento adecuado para mantenerla en buenas condiciones, sujeto a la aprobación del supervisor antes de cada uso (Secretaría de Educación Pública, 2021).

### *2.4.3 Normativa de Tapial en Nueva Zelanda*

En las regulaciones de tapias en Nueva Zelanda existen consejos sobre el uso de tierra apisonada como lo es, el protocolo de ensayos para materiales de construcción con tierra: adobe, btc, tapial y mortero, este libro que explica los aspectos técnicos y normativos del tapial en Perú, pero que también incluye un apartado sobre el criterio de las normas NZS de Nueva Zelanda para BTC y ladrillos de adobe, tapial y mortero (Canaves, 2018).

Los Estándares NZS de Nueva Zelanda son estándares técnicos que establecen los requisitos y características de calidad, seguridad y desempeño de varios productos, servicios, procesos y procedimientos en Nueva Zelanda. Los estándares NZS son desarrollados y publicados por New Zealand Standards, el organismo nacional de estándares de Nueva Zelanda. Los estándares NZS pueden ser voluntarios u obligatorios según lo requiera la ley o regulación aplicable. Algunas normas NZS se derivan o se adaptan de otras normas internacionales, como las normas ISO o IEC (Ministry



## CAPITULO III

## DISEÑO METODOLÓGICO

El proceso metodológico empleado en el desarrollo del presente trabajo de investigación parte sobre el criterio de Hernández (2018) como punto de partida se investigan los conceptos básicos sobre los cuales se va a fundamentar la investigación descrita en el fundamento conceptual. La investigación se ha sustentado en textos físicos, textos online, revistas dedicadas a la construcción en tierra, videos explicativos, discursos, sitios web, entrevistas y visitas de campo para tener una mejor perspectiva del elemento analizado.

El primer enfoque se centró en los procesos de formación de la tierra, sus técnicas, algunos datos históricos y las características especiales de la tierra, luego se centró específicamente en la tierra apisonada, sus características, sus técnicas especiales y sus innovaciones.

### *3.1 Línea y Sub línea de investigación*

**Línea de investigación: Línea 2. Diseño, técnica y sostenibilidad (DITES).**

“Esta línea de investigación apunta a buscar respuestas a problemáticas relacionados con: el hábitat social, los materiales y sistemas constructivos, los materiales locales, la arquitectura bioclimática, la construcción sismo resistente, el patrimonio, la infraestructura e instalaciones urbanas, el equipamiento social.” (Universidad Tecnológica Indoamérica, 2020).

**Línea de investigación: Línea 3. Teoría, crítica y Patrimonio Cultural (EPAC, Estudios de Patrimonio y Cultura)**

Plantea el estudio y conservación del Patrimonio Cultural de la humanidad, material e inmaterial, lo tangible que engloba los bienes muebles e inmuebles. Del mismo modo, busca comprender lo intangible que abarca el lenguaje, costumbres y tradiciones de las culturas (Universidad Tecnológica Indoamérica, 2020).

Como parte de un plan de desarrollo fuerte, se debe establecer un análisis de los tapiales, así como un análisis

económico, social, histórico y morfológico que aporte características que contribuyan a la mejora de construcciones por medio de tapiales.

Dentro del diseño metodológico, se aborda el enfoque de la investigación, los niveles de esta y el tipo de investigación que se disponen a ser utilizado y empleado en la presente investigación.

### *3.2 Enfoque de investigación*

Investigación cualitativa: La investigación cualitativa requiere procedimientos de recopilación de datos que den como resultado principalmente información abierta y no numérica que se analice a través de métodos no estadísticos, adicional, la investigación cualitativa busca prioritariamente la descripción más no la generalización (Rodas, 2019).

La investigación cualitativa me permite obtener datos descriptivos y permite teóricamente comprender e interpretar la intersubjetividad como formas de obtener la verdad de la realidad.

### *3.3 Nivel de investigación*

**El nivel de investigación descriptiva:** Empleado comúnmente para describir, en todos sus componentes principales, una realidad (Guevara et al., 2020). La investigación descriptiva será útil para describir y caracterizar las técnicas de fabricación de tapial que se utilizan actualmente en la Sierra del Ecuador.

Esto implica recopilar información sobre los materiales utilizados, las herramientas, los pasos del proceso constructivo, las dimensiones y cualquier otro detalle relevante. La investigación descriptiva también puede incluir la documentación de casos de estudio o ejemplos concretos de obras donde se ha aplicado la técnica.

**El nivel de investigación exploratoria:** Por su parte se caracterizan en su manera de analizar aspectos concretos de la realidad que aún no han sido analizados en profundidad (Castro et al., 2018). La investigación exploratoria será beneficiosa para obtener información adicional y explorar nuevas ideas o enfoques en relación con las técnicas de fabricación de tapial en la Sierra Centro de Ecuador.

Para identificar de mejor forma situaciones concretas, se utilizarán técnicas como la realización de entrevistas o visitas a constructores locales, expertos en técnicas constructivas tradicionales o investigadores relacionados con la construcción en la región y se describirán posteriormente. El objetivo es descubrir posibles innovaciones, adaptaciones o mejoras en las técnicas existentes, así como identificar desafíos o limitaciones que requieran una mayor investigación.

### *3.4 Tipo de investigación*

El tipo de investigación que se va aplicar en el proyecto se usan investigaciones de campo y documentales.

**Investigaciones de campo** es una técnica investigativa que se utiliza para obtener datos directamente de la fuente de estudio en su contexto natural (Pérez, 2021). Se tomará información directamente en el sitio de los hechos, en ese sentido, se realizará un levantamiento de datos a expertos locales, albañiles o constructores que tengan experiencia en la fabricación de tapiales en la Sierra de Ecuador. Además de recopilar información sobre las técnicas utilizadas, los materiales disponibles, los desafíos comunes y las soluciones tradicionales empleadas.

En el tipo de investigación de campo, se emplean técnicas como la observación directa, la experimentación y demás acciones en campo que permiten obtener información primaria. Dentro del presente trabajo, se usan la técnica de recolección de información a través de instrumentos como entrevistas; para su posterior revisión y análisis, asimismo, se emplean fichas de observación. Con el uso de este tipo de investigación, se consigue generar tablas con los resultados en los que se comparen los materiales de diferentes zonas del país.

De manera secundaria, el tipo de **investigación documental**, se respalda con los documentos indagados de repositorios y bases de datos científicas, que brinda información de soporte para el desarrollo de la parte documental e investigativa del trabajo.

Para desarrollar adecuadamente cada una de estas técnicas se emplean fuentes como bases de datos y buscadores académicos, los mismos que permitirán tener un acercamiento con los documentos pertinentes al tema

de investigación. Con este tipo de investigación se busca tener una redacción que me ayuden a generar el manual de técnicas constructivas

### *3.5 Muestra*

Según Hernández, Fernández & Baptista (2010) la muestra en la investigación cualitativa es un grupo de personas de los cuales se obtendrán datos, estos no necesariamente son representativos del universo de estudio.

Se utilizó un muestreo no probabilístico por las características de la investigación.

#### *3.5.1 Muestreo no probabilístico*

No se basan en un proceso de azar, sino que es el investigador el que elige la muestra. La elección puede realizarse de diferentes formas utilizando la información previa del investigador o buscando maneras sencillas de selección (Abascal & Grande, 2005, pág. 69)

En el muestreo no probabilístico se seleccionan individuos según el criterio del investigador, esto se realiza ampliamente en las investigaciones de tipo cualitativo

#### *3.5.2 Muestra de expertos*

En ciertos estudios es necesaria la opinión de individuos expertos en un tema. Estas muestras son frecuentes en estudios cualitativos y exploratorios para generar hipótesis más precisas o la materia prima del diseño de cuestionarios (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 397).

Para esta investigación se seleccionará un muestreo cualitativo de 2 expertos en el área de construcción del tapial, los mismos que responderán al instrumento definido.

**Arq. Carolina Rodas.** - Co fundadora de RAMA estudio y TORNO Co. Lab. arquitecta, constructora y gestora, realiza estudios y construcciones con materiales sostenibles, sus proyectos más relevantes con tapial para esta investigación son casa Lasso ubicado en Latacunga y casa Taller ubicado en Guápulo.

**Arq. Alejandro Sánchez.** - Co fundador de Atelier Std. Maestrante de Arquitectura con mención en Construcción Sostenible. Investigador sobre materiales y procesos constructivos vernáculos.

la técnica de procesamiento de datos. A continuación, se muestra la tabla resumen de la metodología aplicada (ver tabla 2).

### 3.6 Plan de recolección y procesamiento de datos

Para alcanzar los objetivos de investigación se estableció las técnicas de recolección de datos con su instrumento y

**Tabla 2.** Resumen metodología.

| Técnicas de recopilación de datos a utilizar | Instrumento a aplicar en la técnica | Técnica de procesamiento de datos |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Análisis documental                          | Fichas de contenido                 | Tabulación de datos               |
|  | Diagramas                           | Pictogramas                       |
| Entrevista                                   | Guion de entrevista                 | Matriz de datos                   |
| Recolección de muestras                      | Tabla de resultados                 | Tabulación de datos               |

Nota: Elaboración propia

#### 3.6.1 Técnica de recopilación de datos

##### 3.6.1.1 Análisis documental

Hernández (2020) lo define como la operación que consiste en seleccionar ideas relevantes a nivel informativo con el fin de descubrir la información contenida en un documento para expresar de manera clara su contenido.

El análisis documental es el conjunto de operaciones que afectan al contenido y a la forma de los documentos originales, para transformarlos en otros documentos representativos de aquellos, que facilitan al usuario su identificación precisa, su recuperación y su difusión.

Es claro que los objetivos del análisis documental van más allá del procesamiento de la información, para lo cual en la presente investigación ayudará a recopilar información

relevante sobre las técnicas constructivas del Tapial.

##### 3.6.1.2 Instrumento a aplicar en la técnica:

###### 3.6.1.2.1 Ficha de contenido.

La ficha de contenido es un instrumento que permite, de manera funcional y organizada, consignar información proveniente de libros, folletos, revistas, periódicos, videos, audiovisuales y, en general, todo tipo de documento escrito o grabado (Galeano, 2020).

Este instrumento nos ayuda a segregar la información en diferentes partes como historia, elementos constructivos, referentes bibliográficos, obteniendo lo más destacado y lo más puntual para la investigación y que sea atractivo

para el lector (ver anexo 1). Contienen comentarios sobre los conceptos más relevantes de una obra, o los más útiles a los efectos de una obra en particular, lo que los convierte en documentos concisos y muy sistemáticos. Así, expandir las hojas ahorra tiempo, ya que evita tener que recurrir a las fuentes originales cada vez que se necesita.

### **3.6.2.2 Diagramas**

Un diagrama es cualquier clase de gráfico que se utiliza para representar ideas. No existe una lista cerrada de tipos de diagramas, aunque desde luego hay excelentes taxonomías que intentan poner un poco de orden sobre ellas (Codina, 2019)

Los diagramas mediante la observación permiten percibir la información con más rapidez

### **3.6.1.3 Técnica de procesamiento de información:**

#### **3.6.1.3.1 tabulación de datos**

La tabulación de datos puede catalogarse como un proceso que permite estatificar las variables de estudio en busca de un análisis más detallado. Esto es efectuado con base en un criterio de orientación definido por el investigador, y al frente de cada valor o atributo se coloca la frecuencia (Yamir, 2022).

Según Hernández (2018) procesar información significa analizarla, delimitar hechos, conceptos, aislar las principales posiciones, argumentos del autor, sistematizar o reorganizar lógicamente el material, resumirlo. El procesamiento de la información es un continuo que va desde el procesamiento superficial pasando por el procesamiento intermedio hasta el procesamiento semántico más profundo. Por lo tanto, niveles de análisis más profundos permiten que la información sea más detallada, más sólida y permanente.

Para el procesamiento de datos se revisan los documentos y así obtener la información de los métodos de construcción con tapial.

#### **3.6.1.3.2 Pictogramas**

Son un tipo particular de signos icónicos que

están creados con el propósito de una establecer una comunicación eficiente sin la mediación del lenguaje verbal o palabras (Beltrán et al., 2015)

Permite una presentación gráfica de fenómenos de una forma más atractiva por medio de signos convencionales o dibujos

### **3.6.2 Técnica de recopilación de datos**

#### **3.6.2.1 Entrevista**

Según Acevedo & Lopez (2004) se la ha venido definiendo como la visita que se hace a una persona para interrogarla sobre ciertos aspectos y, después informar al público de sus respuestas. Las entrevistas estructuradas se definen como herramienta de investigación que son rígidas en su funcionamiento y dejan poco o ningún margen para animar a los participantes a obtener y analizar resultados.

Las entrevistas estructuradas son ampliamente empleadas al referirnos y catalogar la información de manera coherente entre las sesiones de entrevista. Los diferentes tipos de respuestas pueden incluir preguntas cerradas para evaluar las preferencias del usuario, mientras que se pueden incluir preguntas abiertas para obtener detalles sobre una sección particular de la entrevista (Hernández 2018).

En la investigación se aplican entrevistas a los expertos en técnicas constructivas en tapial mencionados anteriormente en la muestra y permitirán identificar y analizar situaciones sobre el lugar recabando información relevante sobre el proceso de construcción.

#### **3.6.2.2 Instrumento a aplicar en la técnica: Guion de entrevista**

Según Garcia (2019), un guion de entrevista es la lista de los puntos a tratar y las preguntas que un entrevistador va a formular al entrevistado según la muestra: Arq. Carolina Rodas y Arq. Alejandro Sánchez, las cuales deben generar respuestas coherentes de acuerdo con la finalidad de la entrevista.

Un guion de preguntas es un texto que tiene la forma de una lista de preguntas que un entrevistador le hará

al encuestado y los temas que se discutirán durante esa conversación, esto permitirá recabar datos de las técnicas constructivas del tapial para establecer información útil y relevante para el manual. (ver anexo 2)

### **3.6.2.3 Técnica de procesamiento de información: Matriz de datos**

La matriz de datos es el cruce de unidades con variables: tiene N filas para las unidades que se desea explorar y m columnas para las variables utilizadas para explorarlas (Vallejos et al., 2011)

Dentro de la matriz se revisan patrones en las respuestas, y se llegan a conclusiones generales. Con esta técnica se llega a la deducción de los supuestos iniciales del trabajo, consiguiendo responder a las preguntas de investigación.

### **3.6.3 Técnica de recopilación de datos**

#### **3.6.3.1 Recolección de muestras**

La recolección de muestras de tierra, depende de las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e hidrogeológicas en el sitio, la profundidad y accesibilidad del sitio de estudio y de los requerimientos analíticos acerca de la cantidad y calidad de las muestras (Mendoza & Espinoza, 2017).

Este estudio permite observar el comportamiento o acciones de una muestra de tierra en un entorno específico con el fin de comprender y registrar lo observado y las relaciones entre los procesos, las personas y sus situaciones, experiencias o circunstancias, eventos y patrones que ocurren a lo largo del tiempo.

#### **3.6.3.2 Instrumento a aplicar en la técnica: Tabla de resultados**

El concepto de tabla suele estar asociado al de entidad. Una entidad es cualquier cosa que puede ser identificada, ya sea del mundo físico o conceptual, y que por tanto posee atributos que pueden adquirir una serie de valores (Codina, 2019)

Es una herramienta de investigación de campo donde

el investigador se dirigirá al área de estudio, observará ejemplares y analiza la composición de la tierra de forma organizada, esto con la utilización de recursos naturales con las que se realizará pruebas de campo (ver anexo 3).

Para el análisis de las tablas se debe en primer lugar determinar el objeto de estudio, los objetivos, recabar los datos de mayor importancia analizar e interpretar los datos y establecer conclusiones.

#### **3.6.3.3 Técnica de procesamiento de información: Tabulación de datos**

Según Romero Rodríguez (2011) tabular consiste en recolectar datos y ordenar mediante filas y columnas con la ayuda de cuadros o tablas

Los datos obtenidos serán clasificados de forma ordenada lo que permitirá recabar información sobre la técnica constructiva a base del tapial y así generar lineamientos constructivos.

Tras la investigación, se consigue desarrollar un manual de técnicas constructivas de tapial para su aplicación como construcciones de bajo impacto ambiental.

A continuación, se muestra el cuadro de la metodología (ver tabla 3).

Tabla 3. Metodología.

| Objetivos específicos  | Enfoque     | Actividades  | Tipo (documental/ de campo) | Técnicas de recopilación de datos a utilizar | Instrumento a aplicar en la técnica | Técnica de procesamiento de datos | Resultados esperados  |
|--|-------------|--|-----------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| Investigar información referente a los métodos de construcción con tapial, mediante revisión bibliográfica y entrevistas para obtener una comprensión completa de los procesos involucrados en los procesos constructivos. | Cualitativa | Investigar bibliografías, referentes, libros o artículos científicos del tapial    | Documental                  | Análisis documental                          | Fichas de contenido                 | Tabulación de datos               | Redacción que me ayuden a generar el manual de técnicas constructivas         |
|  |             | Recoger datos existentes con relación al estudio en tapial.                        | Campo                       | Entrevista                                   | Guion de entrevista                 | Matriz de datos                   |   |
|  |             | Revisión de la normativa existente sobre construcción con materiales de tierra     | Documental                  | Análisis documental                          | Fichas de contenido                 | Tabulación de datos               |   |
| Analizar las propiedades de la materia prima para hacer tapial, mediante pruebas de campo con el propósito de desarrollar lineamientos para la selección del mismo como insumo base para la construcción.                  | Cualitativa | Recoger datos existentes con relación al estudio en tapial.                        | Documental                  | Análisis documental                          | Fichas de contenido                 | Tabulación de datos               | Tablas con los resultados en los que se comparen las propiedades del material |
|  |             | Realizar mezclas con diferente relación con los componentes que contiene el tapial | Campo                       | Recolección de muestras                      | Tabla de resultados                 | Tabulación de datos               |   |
|  |             | Analizar la materia prima de la tierra como material de construcción               | Campo                       | Recolección de muestras                      | Tabla de resultados                 | Tabulación de datos               |   |

---

Desarrollar un manual de técnicas constructivas de tapial, para la guía de ejecución en obra nueva y su aplicación como una solución de construcción sostenible y de bajo impacto ambiental para las construcciones del país.



---

Nota: Elaboración propia



## CAPITULO IV

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 4.1 Objetivo específico 1

*Investigar información referente a los métodos de construcción con tapia, mediante revisión bibliográfica y entrevistas para obtener una comprensión completa de los procesos involucrados en los procesos constructivos.*

La tapia es un tipo de muro de comportamiento monolítico que se construye in situ, sobre cimientos o sobrecimientos definitivos, con empleo de una moldería específica (moldes tapialeros) y un pisón (ver figura 2). Dentro de este molde se

Figura 2. Muro de Tapia.



Nota: Rotondaro & Mandrini, 2019

colocan sucesivas capas de mortero preparado, que se van apisonando hasta que comienza a rebotar el pisón (rechazo), hasta completar el molde. No es necesario ningún mortero de unión entre tapia y tapia, es decir, no tiene juntas (Rotondaro & Mandrini, 2019).

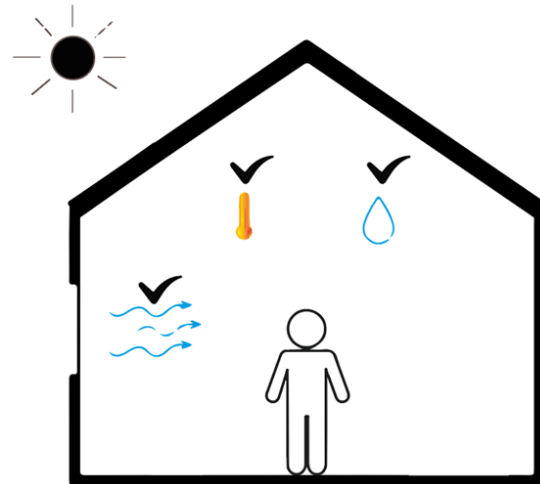
La materia prima se lo consigue en el lugar mismo de la

construcción por lo que es abundante dando una identidad cultural del sitio, no necesita de tecnologías o avances industriales para su obtención abaratando los costos en la construcción. Al ser un material de bajo impacto ambiental no contamina ya que su producción de residuos es mínima. Es un material con buen comportamiento bioclimático otorgando calidez y confort a los usuarios. Según Caicedo (2020) los materiales vernáculos como la piedra, la madera y fibras vegetales reducen el consumo de energía por iluminación, refrigeración y calefacción (ver figura 3).

Según Hernández (2016) la tierra es un material excelente como aislante térmico, ayuda a que la temperatura en el interior sea estable.

Existen criterios constructivos que dan protección a los muros exteriores siendo el agua es el que más lo afecta. Las

Figura 3. Confort térmico



Nota: Elaboración propia

construcciones deben contar con un zócalo o sobrecimientos que debe medir mínimo 30 cm a partir del suelo. La norma EO80 nos menciona que el sobrecimiento debe elevarse 30cm o más sobre el nivel del suelo y debe tener un ancho

mínimo de 40cm, estos pueden ser con albañilería de piedra concreto ciclópeo. Otro criterio constructivo son el adecuado diseño de las cubiertas ya que estos brindaran protección a la construcción contra la lluvia.

Para el proceso de construcción de muros en tapial es necesario primero limpiar el terreno en donde se va a construir, debido a que se debe cimentar sobre terrenos firmes.

Según Minke (2001) para emplazar una vivienda se debe evitar construir en cortes de una pendiente ya que los sismo provocarían impactos horizontales y por ende el derrumbamiento del muro adyacente. En el caso de la construcción sobre una pendiente se deben crear plataformas con suficiente distancia hacia los bordes.

Para seleccionar el material constructivo "es necesario tener en consideración que el material tenga adecuada cantidad de arena, arcilla y limo que influyen mucho en la compactación y resistencia por lo que se debe verificar mediante las pruebas necesarias"(Ordoñez & Contreras, 2021). Gamio (2018) nos menciona que una propiedad muy importante debe ser la impermeabilidad, en las pruebas mecánicas realizadas demuestra como los muros resistieron al paso del tiempo y a las inundaciones.

**Figura 4.** Pruebas en la tierra



Nota: Elaboración propia

La selección de tierra es muy importante, por lo que hay que tener en cuenta los porcentajes adecuados de arcilla, arena y limo (ver figura 4).

A continuación, se ha realizado una tabla resumen de diferentes autores y sus sugerencias de composiciones para la construcción con tapial. (ver tabla 4, 5 y 6)

**Tabla 4.** Composición del tapial (prueba de sedimentación)

| Autor                      | Arena     | Arcilla   | limo      |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Lara M. (2022)             | 30%       | 35%       | 35%       |
| Gamio A. (2018)            | 40%       | 5% a 35%  | 0% a 20%  |
| Norma E-O80 (2017)         | -         | 10% a 30% | -         |
| Pineda (2017)              | 40% a 50% | 15% a 25% | 20% a 35% |
| Ordoñez & Contreras (2021) | 55% a 70% | 10% a 20% | 15% a 25% |

Nota: Elaboración propia

**Tabla 5.** Composición del tapial (prueba de la cinta)

| Autor                       | Rompimiento |
|-----------------------------|-------------|
| UAEH (2020)                 | 0 – 3 cm    |
| Cárdenas & Sarmiento (2017) | 0 – 5 cm    |

Nota: Elaboración propia

Las herramientas utilizadas son las mismas que se han venido usando desde hace varios siglos: pala, pico, rastrillo, cesta de mimbre, pisón, tapialera; cuña, riostras, codal, palo, cuerda, costal, panel, compuerta (ver figura 5). Según AIS (2013) para construir con tapial se necesita de cuatro personas: pisón y contrapisón que son los encargados de la

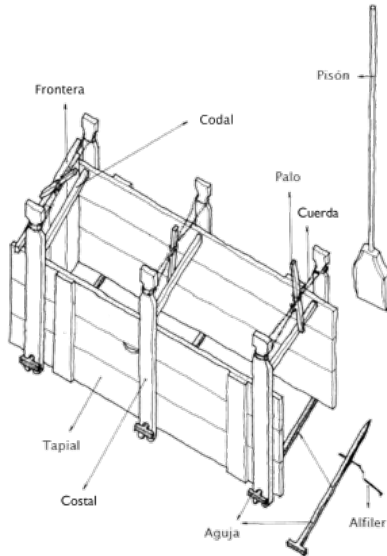
**Tabla 6.** Composición del tapial (fibras)

| Autor               | Fibras                          |
|---------------------|---------------------------------|
| Catalán             | Paja y fibras de plantas        |
| Gamio               | Paja, chiji, quemelo            |
| Norma E-O80         | Paja (5cm)                      |
| Pineda              | Fibras de Bombonaje             |
| Ordoñez & Contreras | Tallo de la cebada (paja) (2cm) |

Nota: Elaboración propia

compactación, el zurroneo que es el que vierte la tierra en el encofrado y el preparador de tierra que es el encargado de la extracción de la tierra.

**Figura 5.** Encofrado de madera para la elaboración de tapial.



Nota: Rabaud, 2014

En el proceso de levantamiento de muros de tapial se inicia por el nivelamiento del terreno seguido de la excavación para el cimiento que tendrá una profundidad dependiendo del tipo de suelo y serán de hormigón o piedra. Para Gamio (2020) la cimentación deberá tener entre 50 a 60 cm de profundidad y 50 cm de espesor.

En la sobrecimentación se deben colocar piedras planas (ver figura 6) para asegurar la unión de los dos materiales,

Se le hecha la tierra en el interior del encofrado 30 cm aproximadamente y con un pisón de madera el cual pesa según Ontiveros Ortega, Valverde Espinosa, & Pardo, (2015) de entre 6 a 8 kg y tiene forma trapezoidal se presiona la tierra hasta que la capa quede de 8 a 10 cm de altura y así poder trabajar todo el perímetro del muro. Al terminar cada hilada se hacen surcos de 1 cm en la parte superior, esto ayudará a la unión con la siguiente hilada.

**Figura 6.** Piedras planas



Nota: RAMA estudio, 2018

La arcilla utilizada para la compactación debe estar húmeda, siendo el proceso verterla entre las paredes de madera, esparcir manualmente en capas de 10 a 17 cm de espesor y compactar con apisonadoras o prensas mecánicas. Una vez completado el encofrado, se deberá retirar del muro y desplazar horizontalmente para seguir construyendo, existe otra medida de encofrado que está entre 90 cm de alto, 50 cm de ancho y 300 cm de largo teniendo en cuenta sus dimensiones y se reforzará para resistirlo. La fuerza horizontal producida al comprimir la tierra (Sornoza et al., 2022).

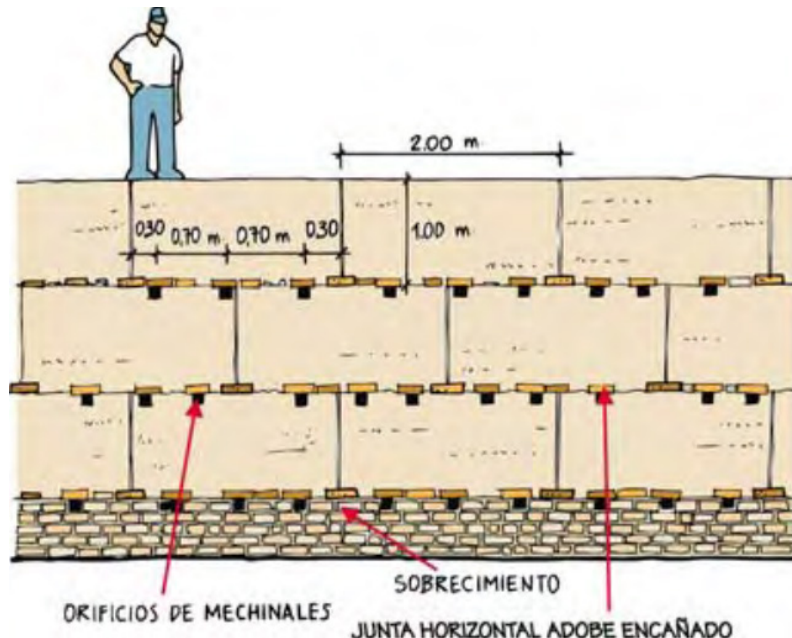
En el proceso constructivo de las hiladas se debe tener en cuenta el peso de cada adobón o tapial. Éste no debe superar los 25 kg, siendo la altura aproximada de 75-85 cm. No existe realmente un principio que pueda limitar la altura, está en cierta forma definida para facilitar el trabajo en obra. Es importante tener en consideración el peso de las hiladas de tapial, las dimensiones máximas: L = 150-170 cm, A = 75-85 cm y H = 75-85 cm, con un peso de 25 kg cada una. Las

medidas mencionadas no son definitivas, son sugeridas por algunas edificaciones tradicionales medidas (Gamio, 2018). (ver figura 7)

Para el aparejo del tapial hay que tener en cuenta que el muro tiene el mismo comportamiento como cualquier otra mampostería es por esto que las juntas de la hilada superior deben quedar en el centro del bloque de la hilada inferior (ver figura 7). Estas juntas pueden ser: juntas avance inclinadas o mediante machimbrado. La norma E-080 de "Diseño y construcción con tierra" recomienda que las juntas de avance inclinadas deben ser de 45° aproximadamente.

Según estudios realizados en modelos de viviendas a escala con sistemas de refuerzo en los muros se propone combinar el reforzamiento de los muros con entramados de madera. Esto ayudara a mejorar la estructura brindando integridad después de un movimiento dando una mejor distribución frente a las fuerzas sísmicas.

Figura 7. Altura del Tapial.



Nota: Ais, 2013



Según Sornoza et al., (2022) el desafío de la nueva construcción es incorporar materiales amigables con el ambiente con un enfoque ambiental que promueva el descubrimiento de procesos más sustentables para el área de la construcción, enfocándose en el material y su calidad.

Hace algunas décadas, la tierra se consideraba un material que no era apto para estructura. Fue que a través de resultados obtenidos de investigaciones y esfuerzos los que guiaron este material a obtener una la calidad poniéndolo a la vanguardia en el área estratégica desarrollo de proyectos en estos últimos años.

Gracias a las propiedades constructivas de la tierra se pueden obtener condiciones adecuadas de confort y, también garantiza un aislamiento que son acústico y térmico, superiores a los materiales convencionales. La tierra gracias

a su "masa térmica" obtiene la característica de enfriarse y calentarse muy lentamente, este actúa como acumulador el cual libera la temperatura de a poco, haciendo que los cambios climáticos efectuados entre en el transcurso del día y la noche o entre las estaciones sea de forma natural sin gasto energético.

#### **Técnica tradicional:**

La tierra se solía extraer del lugar en donde se iba a realizar la construcción, esto con el único objetivo de determinar las propiedades que tiene ese suelo, la tierra extraída debía ser a 60 cm de la superficie, alcanzando así la capa de tierra arcillosa situado bajo el estrato vegetal. Según el lugar de extracción, existen diferentes tipos de tapia, con colores y estructuras variadas (Mileto & Vegas, 2014). Cada arcilla tiene propiedades mecánicas diferentes, que influyen

**Figura 8.** Tapia calicostrada



Nota: Font, 2013

de cara a la elaboración de técnicas diversas. Esas técnicas están condicionadas también por el clima, la humedad, los medios humanos y animales, así como la herencia cultural.

Al secarse el encofrado, el muro adquiere ciertas propiedades de resistencia, sobre todo si a la mezcla de la tierra se le añade a su compuesto un aditivo como por ejemplo la cal.

#### **Tapia Calicostrada:**

Este muro se construye vertiendo previamente una capa de mortero de cal, formando una cuña contra las paredes del tapial, esto se le conoce también como encofrado. Posteriormente, se realiza el vertido y apisonado de la tierra. Este paso se repite a cada tongada, con el único fin de ir obteniendo una sección de muro muy característica. A pesar

de verter el mortero de cal en forma de tongadas, quedan unidas por la cara exterior los muros, formando una capa continua de cal que sirve como recubrimiento que protege el interior del muro de tierra (Restapia, 2010) (ver figura 8)

En ocasiones, solo se realizaba la costra por el lado exterior y se enlucía con yeso el interior. Para el mantenimiento de la costra se utilizaba un procedimiento de encalaba o se le aplicaban revocos de distinta índole.

#### **Tapia con juntas reforzadas:**

Se trata de un muro de tapia con revoque de estuco de yeso o cal, aplicado a lo largo de las juntas verticales y horizontales de cada cajón con el objetivo de proteger estos puntos débiles de posibles entradas o infiltraciones de agua frente a la intemperie (Restapia, 2010). Esta técnica es

**Figura 9.** Tapia singular reforzada con brenclas y mampuestos



Nota: Sánchez, 2016

utilizada comúnmente para evitar el agrietamiento de las mismas por efecto de la retracción que se produce durante el secado al aire libre.

#### **Tapia singular reforzada con brencas y mampuestos:**

Este tipo de tapia reforzado con brencas que no acostumbran a atravesar el espesor total del muro ayuda como elemento estético a mejorar la fachada en el encofrado. Su contenido de cal lo hace más resistente al grado de deterioro en cuanto al aspecto físico de los muros (Estévez, 2015) (ver figura 9).

#### **Tapia de tierra cruda:**

Es uno de los tipos de muro más comunes, que es relativamente sencillo, el único material que se utiliza es la tierra con la que se construye el muro, y no se le añaden otros materiales voluminosos más que pequeñas piedras o grava. Este tipo de muros suele presentarse como un cerramiento entre contrafuertes de yeso, evitando la ejecución de las esquinas y consiguientes complicaciones. Esta técnica es común en construcciones de tipo agrícola o menor (Jové, 2015).

#### **Tapia de hormigón de cal:**

Estos son muros o elementos de construcción que se forman vertiendo mortero de cal con mampostería de varios tamaños para formar componentes muy resistentes y duraderos. Esta técnica constructiva suele ser invisible y suele utilizarse para construir los cimientos de elementos defensivos o el refuerzo de determinadas piezas (Jové, 2015)(ver figura 10)

En base a la información bibliográfica recolectada para esta investigación en cuanto a los métodos de construcción de tapial se sabe que este trabaja con diferentes materiales para su composición, por lo que se emplea cal, yeso, tierra cruda, brencas y hormigones y morteros de cal, pero el uso de estos elementos también depende de la necesidad que surge en la población de mantener este tipo de estructuras de tierra más compactas y duraderas que otras, por lo que en muchos de los casos son beneficiosos por su sostenibilidad ambiental que ha venido ganando auge a lo largo del tiempo, ya que utiliza materiales naturales que pueden durar

por años debido a su alta resistencia.

Este proceso en conjunto con sus diferentes tipos de tapial es utilizado en la arquitectura de tierra, pero para ser manejada se debe tomar en cuenta los aspectos positivos y negativos de este procedimiento. Para lo cual se recomienda hacer una evaluación tomando en cuenta el lugar y el tipo de proyecto que se va a realizar.

En la zona Sierra del Ecuador la técnica del tapial es un poco deficiente ya que existe una valoración escasa de esta, por lo que se ha perdido estos procesos ancestrales en lo que respecta a construcción con tierra y demás componentes. En nuestro país esta técnica ha sido de origen vernáculo, por lo

**Figura 10.** Tapia de hormigón de cal





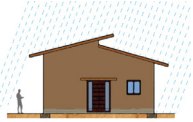
Nota: Canales, 2018

que en la provincia de Loja en el sector rural aún son usuales encontrar este tipo de construcciones.

En base a la información obtenida mediante las entrevistas realizadas a los expertos en construcción con tapial (ver anexo 5), se ha realizado una matriz de datos la cual se muestra a continuación (ver tabla 7).



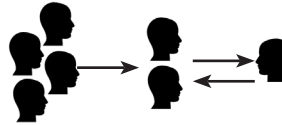
Tabla 7. Matriz de datos (entrevista)

| Pregunta/Nombre   | Arq. Carolina Rodas  | Arq. Alejandro Sánchez   |
|---|--|--|
| ¿Cuál es su opinión del tapial como material de construcción? | Al ser una técnica con un impacto técnico y apegado a la cultura, el cual conjuga la técnica ancestral y la visión medioambiental que en la actualidad tienen un fundamento cada vez más fuerte. | La parte sostenible es fundamental, nos deja una baja huella de carbono y la inercia térmica que nos deja en las viviendas son muy buenas. |
|   |  <p>Bajo impacto ambiental</p>  |  |
| ¿Qué normativa aplicaron?                                     | No hay una normativa para aplicar el tapial, tienes que regirte y probar con normativas cercanas como: Chile, Perú, Colombia, California, si es de madera o si es tierra.                        | Ecuador no cuenta con una normativa propia, la que he ocupado es la norma E O80 diseño y construcción con tierra reforzada de Perú.        |
|   |  <p>Uso de normativas cercanas como la de Perú</p>  |  |
| ¿Consideraciones que toman al diseñar con tierra (tapial)?    | Distancias mínimas, contrafuertes para lo estructural, selección de la materia prima alturas máximas, protección para humedades o capilaridad.   | Sobrecimiento de unos 30 cm, los volados, el clima.  |
|   |  <p>Protección contra la humedad</p>  |  |

¿Puede explicar el proceso de construcción del tapial, mano de obra local/artesanos?

Lastimosamente es una técnica que se va perdiendo, porque ya la gente no se construye mucho en tierra. Pero logramos conseguir un grupo de tapialeros y fue bastante fácil e interesante, ellos se acordaban de cómo construían con sus abuelos, etc.

Busqué gente que trabajé en tapial, lamentablemente ya se ha ido perdiendo mucho el valor, entonces por ende es muy limitada la gente con este conocimiento.



Escasas personas con el conocimiento

¿En la ejecución de los tapiales que cuidados se ha tenido ante los cambios de temperatura y el clima extremo en nuestro país?

Nada, en la construcción lo único que hay que tener en cuenta es que tienes que tapar, no le puedes dejar a la intemperie.

Al momento de construir, básicamente es tener plásticos al lado, porque estás recién trabajando el muro y todavía no está bien compactado. Entonces lo que hacemos es que llueve, pues es natural esperar que pase y seguir.



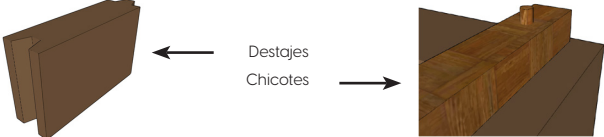
Uso de plásticos para protección

¿Qué tipo de fibras o material orgánico utilizaron?

En la casa Lasso decidimos no poner aglomerantes naturales (paja), nos pareció interesante un estudio que decía que al momento que la paja se descompone, genera porosidad y eso debilita el tapial.

Estoy trabajando con fibras de cabuya, fibras de arroz, ahorita mismo estoy haciendo el listado exacto en el cual se cogen y se analizan cada una de las fibras para ver cuál sería la mejor para poder trabajar.



|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>¿Cómo fue el proceso de curación?</p>   | <p>Una vez que ya seques poco a poco, con una esponja húmeda, se va uniformando a la textura,</p>   | <p>El curado que se le hace es rociarle agua uniformemente, pero con la manguera con el rociado más leve. Tienes que mojarle todo el muro una vez al día durante 7 días</p>                 |
| <p>¿Como es la unión con otros materiales?<br/>(madera, hormigón)</p>              | <p>La solera que es en hormigón tiene un destaje en la mitad del muro y genera una t, entonces va la solera y el piquito de la T queda embebido, eso hace que sea un amarre, entonces, como un machimbre.</p> | <p>En lo constructivo, normalmente se deja chicotes, los chicotes que se utiliza en todo el lado. Asimismo, en la madera, se perforan, se le ponen las varillas y se va a sujetar bien.</p> |
|  |   |   |

Nota: Elaboración propia

Se conoce que el material de construcción tapial es un componente muy bueno usado en la arquitectura ya que brinda resistencia y es sustentable en cuanto a la técnica que se utilice con la tierra. De acuerdo con la opinión de los entrevistados el tapial tiene baja huella de carbono y menor emisión de CO<sub>2</sub>. La normativa por la que se rige el tapial es el calculista donde se usan parámetros de un muro para evitar la torsión de este. En el Ecuador no se cuenta con una normativa propia para la técnica de tapial por lo que se usa una normativa aprobada de países cercanos como Perú. En la actualidad el Ecuador cuenta con especificaciones generales y nos recomienda guiarnos con información complementaria para la técnica de tapial con tierra. Para

lo cual se toma como referencia la Norma E.080. Muros de carga escalonados de tierra apisonada, manifiesta las exigencias específicas para el diseño, cálculo, análisis y verificación para muros de tierra. De esta norma se destacan las referidas a bloques comprimidos de tierra que deben cumplir con las características establecidas.

Entre las consideraciones que se toman en cuenta para el diseño con tapial son la altura máxima que este debe tener por la solera de amarre, ya que este debe estar situado sobre un zócalo menor de cincuenta metros, la mezcla que se ocupa debe ser maleable para que no se degrade y obtener un producto final adecuado. Otra consideración importante

es la cubierta ya que esta deberá proteger los muros de tierra

La construcción con el tapial se ha ido perdiendo porque hoy en día se edifica con otro tipo de materiales diferentes de la tierra por lo que lo hace un proceso simple. Donde se mezcla algunos componentes con agua y cal para formar la mezcla compacta. Depende de la necesidad a esta mezcla se le puede incorporar otros elementos como la paja para ser más resistente y aglomerante. El uso del tapial se da por su buen comportamiento térmico, fresco y cálido. De igual forma por ser un material resistente a los desgastes y punzonamiento.

En la construcción con técnicas de tapial no es necesario tener en cuenta ningún cuidado más que no dejar la mezcla a la intemperie para que no se seque. Por otro lado es importante considerar la lluvia que es algo natural, por lo que es importante proteger los materiales y los muros con plásticos

Para esto también se debe tener en cuenta la realización de contrafuertes en forma de T o L para que ayuden a mantener la construcción y no se venga abajo.

Samaniego, en su investigación describe las ventajas y desventajas del uso de técnicas con tapial para la construcción. Por lo que recomienda antes de nada evaluar la tierra apisonada y las condiciones medioambientales, para lo cual se debe tomar en cuenta la homogeneidad del muro, el espesor en una operación, estabilidad, contracción en el secado y la aceptable subsistencia ante incendios. Ya que en malas condiciones ambientales y en sitios con precipitaciones pluviales altas, las construcciones que se van a realizar en tapial pueden quedar vulnerables.

Dentro del proceso de curación, se lo realiza con un proceso de secado lento, para un proceso posterior de limpieza con una esponja con el cual se podrá obtener un acabado uniforme, asimismo, en caso de requerir alguna especificación estética como un acabado más colorido, se desarrolla durante el proceso agregando pigmentos para cambiar el color de la tierra. Por otro lado, la unión que tienen con otros materiales es aceptable ya que al mezclarse dan resultados satisfactorios, por ejemplo, con el yeso, el hormigón la madera o la piedra.

## 4.2 Objetivo específico 2

*Analizar las propiedades de la materia prima para hacer tapial, mediante pruebas de campo con el propósito de desarrollar lineamientos para la selección del mismo como insumo base para la construcción.*

Al examinar las propiedades de la materia prima principal para el tapial se consideran sustancias no tóxicas que se encuentran de manera natural para que no dañen negativamente la salud de los habitantes. Comúnmente se utiliza tierra tratada o que haya estado en la intemperie durante un año para que esta se compacte y tenga buenos resultados al realizar la mezcla para elaborar los muros de tapial.

El suelo es una mezcla de materia orgánica que es generada por los seres vivos y la inorgánica que es un proceso en el cual no es intervenida por la vida, por lo tanto, no todos los tipos de tierra son aptos para hacer construcciones. Es por esto que se debe seleccionar la tierra antes de construir (ver figura 11).

Figura 11. Tierra para la construcción



Nota: Elaboración propia

Para examinar las propiedades de la tierra se ha realizados dos pruebas de campo, las mismas que se las realizó en el mismo lugar en el que se recogieron las muestras. Para extraer la tierra es necesario que esta se obtenga a partir de los 40cm de profundidad ya que no debe contener raíces ni restos vegetales.

Estas muestras se tomaron de tres provincias diferentes: Tungurahua (Quisapincha y Juan Benigno), Chimborazo (Urbina y Chambo) y Cotopaxi (Pijili). Se escogió estos lugares ya que en su arquitectura existen gran cantidad de casas vernáculas (adobe, bahareque y tapial); en el caso de Chambo también por la existencia de artesanos que aun fabrican y trabajan con estas técnicas.

#### *Prueba de la cinta*

La finalidad de la prueba de la cinta es para conocer el grado de plasticidad del material. Para realizar la prueba de la cinta se requiere de algunos materiales como: chisguete con agua, tamizador con malla # 4, flexómetro o cinta métrica y la muestra de tierra. Para extraer la tierra es necesario que esta se obtenga a partir de los 40cm de profundidad ya que no debe contener raíces ni restos vegetales.

Primero tomar una porción de tierra, con la ayuda de un rastrillo o con la mano retirar materiales orgánicos, después con el tamizador retirar las piedras que superen los 2mm. Así la muestra nos quedara lista para realizar la prueba.

Humedecerlo con agua y amasarlo. Sobre una superficie lisa: puede ser una mesa, realizar un rollo cilíndrico de aproximadamente 25cm de largo, colocarlo sobre sobre un papel en el filo de una mesa y deslizar lentamente el rollo hasta que este se rompa (ver figura 12). Si se rompe hasta los 3cm el suelo será adecuado para realizar muros en tapial. Se tomará en consideración la tabla mostrada anteriormente. (ver tabla 4)

En el caso de que la muestra se corte a más de 5cm se deberá agregar más arena.

#### *Prueba de sedimentación*

De igual manera para la prueba de sedimentación la tierra debe pasarse por un tamizador para eliminar materia orgánica y piedras superior a los 2mm. Con esta prueba se puede conocer la composición del suelo por medio de la

Figura 12. Prueba de la cinta



Nota: Elaboración propia

decanación.

Para realizar la prueba se introduce la muestra de tierra en un frasco de vidrio transparente y mezclarlo con agua. Se debe agitar el frasco aproximadamente 15 segundos hasta mezclarlo bien y dejarlo reposar hasta que el agua quede clara (ver figura 13). A los 15 segundos después se decantarán primero las arenas por ser las partículas más pesadas, aproximadamente 15 minutos después se podrá notar la capa de los limos, al transcurrir las 24 horas se podrá observar las arcillas que son las partículas más ligeras.

El orden de las capas es: arena en la parte inferior, limo en la parte media y arcilla en la parte superior.

Las pruebas realizadas para la investigación y conociendo las pruebas realizadas por distintos autores nos ayudan a comprender las características de la tierra en diferentes

zonas de la sierra ecuatoriana (Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi) los resultados en la prueba de sedimentación nos indican que las muestras tomadas contienen de entre 50% a 84.9% de arena, de 9.4% a 33.3% de limo y de 5.6% a 16.6% de arcilla los cuales se encuentran dentro del rango moderado para construcciones de muros con tapial.

De igual manera en la prueba de la cintilla el punto de quiebre de las muestras no sobrepasan los 5cm, lo cual nos quiere decir que las muestras tomadas poseen un alto

**Figura 13.** Prueba de sedimentación



Nota: Elaboración propia

contenido de arena siendo óptimos para construcciones en tapial.

A continuación, se presenta los cuadros con la tabulación de datos en las pruebas de la cinta y sedimentación (ver tabla 8 y 9).

**Tabla 8.** Prueba de la cinta (tabulación de datos)

| Lugar donde se tomaron las muestras | Prueba de la cinta rompimiento (cm) |             |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
|                                     | Tungurahua                          | Quisapincha |
|                                     | Juan Benigno                        | 3.5         |
| Chimborazo                          | Urbina                              | 4.5         |
|                                     | Chambo                              | 4.5         |
| Cotopaxi                            | Pujilí                              | 4           |

Nota: Elaboración propia

**Tabla 9.** Prueba de sedimentación (tabulación de datos)

| Lugar donde se tomaron las muestras | Prueba de Sedimentación |        |           |      |
|-------------------------------------|-------------------------|--------|-----------|------|
|                                     | arena %                 | limo % | arcilla % |      |
| Tungurahua                          | Quisapincha             | 84.9   | 9.4       | 5.6  |
|                                     | Juan Benigno            | 62     | 16        | 22   |
| Chimborazo                          | Urbina                  | 75     | 15        | 10   |
|                                     | Chambo                  | 66.7   | 22.3      | 11.1 |
| Cotopaxi                            | Pujilí                  | 50     | 33.3      | 16.6 |

Nota: Elaboración propia

Se puede comparar los resultados con las tablas 3 y 4 sobre la composición del tapial según varios autores.

### 4.3 Objetivo específico 3

*Desarrollar un manual de técnicas constructivas de tapial, para la guía de ejecución en obra nueva y su aplicación como una solución de construcción sostenible y de bajo impacto ambiental para las construcciones del país.*

Se diseñó un manual como resultado de una exhaustiva investigación en el campo de la construcción con tapial.

Figura 14. Portada del manual



Nota: Elaboración propia

últimos años. A medida que enfrentamos los desafíos del cambio climático y la creciente escasez de recursos naturales, la industria de la construcción busca constantemente alternativas que minimicen su impacto ambiental y promuevan prácticas más responsables. En este contexto, el tapial emerge como una técnica constructiva ancestral que resurge con fuerza, ofreciendo soluciones innovadoras para la edificación de baja huella ecológica.

A través de un minucioso análisis de información y una cuidadosa revisión de los procesos constructivos, se desarrolló este manual completo y detallado para la ejecución de obras nuevas con un enfoque en la construcción de bajo impacto ambiental en nuestro país.

La construcción sostenible y respetuosa con el medio ambiente se ha convertido en una prioridad global en los

A lo largo de las páginas del manual, se comunicará los conocimientos adquiridos a través de la presente investigación y se explorará los principios fundamentales del tapial. La técnica de tapial se basa en la compactación de tierra cruda en moldes para formar paredes sólidas y resistentes. Su simplicidad y eficiencia la convierten en una opción atractiva para construcciones de bajo impacto ambiental, ya que utiliza materiales locales y requiere una

cantidad mínima de energía. Además, el tapial puede ser aplicado en una variedad de contextos geográficos y climáticos, lo que lo convierte en una alternativa versátil y adaptable.

### *MANUAL DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON TAPIAL*

#### **Introducción del manual**

El manual es realizado como herramienta para la construcción con tapial, garantizando el cumplimiento de los pasos adecuados para su correcta ejecución esto de acuerdo con información extraída de diferentes documentos y experimentos de campo, es importante desarrollar ya que aportan alternativas sencillas que permiten que cualquier persona pueda acceder y entender los lineamientos que se deben seguir en el área de la construcción. Es por esto que es de gran importancia diseñar un manual de construcción que oriente y guíe a las personas para que puedan comprender el proceso para un correcto diseño de una obra arquitectónica.

#### **Objetivo del manual**

Desarrollar un manual de técnicas constructivas con tapial con especificaciones técnicas que sirvan como guía para las construcciones utilizando una base técnica localmente aceptable.

#### **Índice de contenidos del manual**

1. Introducción
2. Objetivo
3. Glosario
4. Instrumentos y Herramientas
5. Material
6. Materia prima
7. Tipos de tierra en base al tamaño de su grano
8. Selección del material
9. Prueba de sedimentación
10. Prueba de la cinta
11. Pigmentos para cambiar el color de la tierra
12. Prueba de la bola
13. Construcción
14. Limpieza del terreno
15. Emplazamiento de una construcción en una pendiente
16. Nivelación
17. Replanteo por estacas
18. Replanteo por balizas
19. Excavación
20. Relleno del cimiento
21. Sobrecimiento
22. Recomendaciones del hormigón ciclópeo en sobre cimiento
23. Preparación de la materia prima
24. Encofrado
25. Armado del encofrado
26. Llenado del encofrado
27. Compactación
28. Aparejo del tapial
29. Encuentros de los muros
30. Vanos de puertas y ventanas
31. Muro de tapial
32. Refuerzo con geomallas
33. Curación de los muros



- 34. Unión entre vigas cadena en las esquinas
- 35. Entrepiso
- 36. Cubierta
- 37. Instalaciones eléctricas
- 38. Análisis de referente constructivo
- 39. Bibliografía

**Link del manual:** [https://drive.google.com/file/d/1xqXBe\\_xpyTKVgAxTfzRMVG2lOmlDkB9w/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1xqXBe_xpyTKVgAxTfzRMVG2lOmlDkB9w/view?usp=sharing)

Código QR del Manual



# CAPITULO V

## BIBLIOGRAFÍA

- Abascal, E., & Grande, I. (2005). Análisis de encuestas. Madrid, España: ESIC.
- Aguirre, Baeza. (07 de 09 de 2018). Aguirre & Baeza. Obtenido de Patologías constructivas: <https://www.aguirrebaeza.com/blog-aguirrebaeza/patologias-constructivas/#:~:text=Las%20patolog%C3%ADas%20constructivas%20son%20las,humedad%2C%20suciedad%20o%20la%20erosi%C3%B3n>.
- AIS. (2013). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. Colombia.
- Arquima. (2018). Qué es la arquitectura sostenible. arquima, 1-32.
- Arquitectura Sostenible. (13 de Enero de 2020). Arquitectura Sostenible. Obtenido de Arquitectura Sostenible: <https://arquitectura-sostenible.es/tapial-tecnica-construccion-sostenible/>
- Arto Torres, I. (2021). Caracterización mecánica del tapial y su aplicación a estructuras existentes mediante el uso de ensayos no destructivos .
- Beckett, C., Jaquin, P., & Morel, J.-C. (10 de Mayo de 2020). Capeando la tormenta: un marco para evaluar la resistencia de las estructuras de tierra al daño del agua. Materiales de Construcción y Construcción.
- Beltrán Vega, F., Durán Arias, M., Figueroa Palau, C., Gutiérrez Pérez, M., & Zuleta González, P. (2015). Pictogramas de señalización. (F. Beltrán Vega, & M. Durán Arias, Edits.) Colombia: Tadeo Lozano.
- Bernal, L. (2021, Septiembre). ¿Qué es la arquitectura vernácula? Características y ejemplos. Retrieved from Moove Magazine: <https://moovemag.com/2021/09/que-es-la-arquitectura-vernacula-caracteristicas-y-ejemplos/>
- Bernardini, M., & Cecconi, A. (2013). TIERRA AGUA ARQUITECTURA construir en tierra cruda en Italia. Buenos Aires, Argentina: Nobuco.
- Canaves, L. E. (2018). Protocolo de Ensayos para Materiales de Construcción con Tierra.
- Capel, H. (2002). Ciudades, arquitectura y espacio urbano. Barcelona: Cajamar.
- Cárdenas, A. A., & Sarmiento, J. I. (2017). EL TAPIAL ALIVIANADO. Cuenca.
- Castro, A., Meléndez, L., López, G., Soto, I., & Muñoz, R. (2018). La investigación exploratoria aplicada como estrategia didáctica en el laboratorio. Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación, 5(10), 1-9. Obtenido de <https://www.cagi.org.mx/index.php/CAGI/article/download/184/364/909>
- Catalán, R. (2018). Construcción con tierra. Madrid.
- Cobo, A. (2007). Identificación de riesgos laborales medidas preventivas y evaluación en la construcción de puentes y tuneles.
- Codina, L. (6 de Diciembre de 2019). Lluís Codina. Obtenido de Lluís Codina: <https://www.lluiscodina.com/tablas-diagramas-investigacion-cualitativa/>
- Cortez, J. (13 de Enero de 2020). Arquitectura sostenible. Obtenido de Arquitectura sostenible: <https://arquitectura-sostenible.es/tapial-tecnica-construccion-sostenible/>
- Daza, P. (2010). Construcción sostenible de edificios: una alternativa responsable para el desarrollo urbano de Quito. Quito.
- EcolInventos. (2022). EcolInventos. Recuperado el Julio de 2023, de <https://ecoinventos.com/construccion-con-tierra-cruda-adobe-tapia/>
- Estévez, R. (2015). Eco inteligencia. Recuperado el 18 de Julio de 2023, de <https://www.ecointeligencia.com/2012/08/tapial-y-la-construccion-sostenible/>

- Font, F., & Hidalgo, P. (2011). La tapia en España. Técnicas actuales y ejemplos. Informes de la Construcción, 1.
- Fuentes, R. (2010). Dialnet, 32(3). Recuperado el Julio de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=63782>
- Galeano, M. (2020). Diseño de proyectos de investigación cualitativa. Fondo Editorial.
- Gamio, A. (2018). Analisis de las características mecanicas y físicas de la unidad de construccion ancentral. Universidad Politecnica de Madrid.
- García, M. (2022). Univerdidad de Valencia, Madrid. Recuperado el Julio de 2023
- Garnier, T. (1948). Arquitectura moderna. Francia: Studio Vista. Obtenido de Arquitectura y arte.
- Garzón, L. E., & Martins Neves, C. M. (2007). Investigar, formar, capacitar y transferir. Los grandes desafíos de la arquitectura y construcción con tierra. Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural.
- Guastavino, M., & Pérez, C. (2020). Patrimonio Rural. Diccionario del agro lberoamericano.
- Guevara G., Verdesoto A, & Castro N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, 163-173.
- Hernandez, S. (2018). Metodología de la investigación. Mexico: MC Grae Hill.
- Hernández R., Fernández C., & Baptista M. (2010). METODOLOGÍA de la investigación (Quinta ed.). Mexico.
- Jaramillo, F. (2014). Construcción de muros en tapia y bahareques. Manizales: Universidad Católica de Manizales.
- Jové, F. &. (2015). Construcción con Tierra Investigación y Documentación. (C. d. Campos, Ed.) España. Recuperado el Julio de 2023, de <https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2015/OO7vazquez.pdf>
- Lara, L., & Bustamante, R. (2022). Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas. Revista Politécnica, 1.
- Lara, M. (2017). Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana. AUC, 32.
- Ledesma, P. (2007). La tecnica constructiva en la arquitectura. Legado, 21-37.
- López, A. (2002). Metodología de la investigación contable (Tercera ed.).
- López, C., Ruiz, D., Jerez, S., Aguilar, S., Torres, J. F., & Alvarado, Y. A. (2020). Comportamiento sísmico de edificaciones de tapia pisada reforzadas con marcos de madera y viga de coronación en concreto. Revista Informes de la Construcción, 1.
- Lynch, K. (2008). La Imagen de la Ciudad (Primera ed.). Buenos Aires: Infinito.
- Maiztegui, B. (12 de Mayo de 2020). archdaily. Obtenido de archdaily: <https://www.archdaily.co/co/939361/los-muros-de-tierra-en-las-casas-contemporaneas-de-ecuador>
- Marín A. (2021). La pertinencia de construir con tierra en el contexto actual. Universidad Politécnica de Madrid, 1-123. doi:[https://oa.upm.es/67717/1/TFG\\_Jun21\\_Marin\\_Arredondo\\_Andrea\\_1de2.pdf](https://oa.upm.es/67717/1/TFG_Jun21_Marin_Arredondo_Andrea_1de2.pdf)
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para Muestreo de Suelos. Nicaragua .
- Mengual, A. (s.f.). UrBiPediA. Obtenido de Arquitectura andina: [https://www.urbipedia.org/hoja/Arquitectura\\_andina](https://www.urbipedia.org/hoja/Arquitectura_andina)
- MIDUVI. (2014). NEC-SE-VIVIENDA. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (26 de mayo de 2023). Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Obtenido de Normas estatales y autonómicas de vivienda y urbanismo: <https://www.>

- mitma.gob.es/areas-de-actividad/arquitectura-vivienda-y-suelo/normativa/normas-estatales-y-autonomicas-de-vivienda-y-urbanismo
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (25 de O4 de 2018). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de Qué es Tapial: <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/SeminarioN/3.%20Norma%20E.080%20Dis%C3%B1o%20y%20Construcci%C3%B3n%20con%20Tierra%20Reforzada.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (4 de noviembre de 2021). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Ministry of Business, Innovation & Employment. (2023). Ministry of Business, Innovation & Employment. Obtenido de Explaining standards: <https://www.standards.govt.nz/about/explaining-standards/>
- Minke, G. (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Kassel, Alemania.
- Minke, G. (2005). MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TIERRA. Fin de Siglo.
- Miño, C. (2012). El espacio público y la arquitectura. Cuenca: Alexandra Kennedy-Troya (ed.).
- Molina, D. (2020). La tierra como material de construcción, propiedades y estabilizantes. Quito.
- Morán, E. (2022). Revista Invi, 18(7), parr:15.
- Ontiveros E., Valverde I., & Pardo, E. S. (s.f.). Tapial.
- Ordoñez, A., & Contreras, F. (2021). Parámetros de resistencia mecánica de muros de tapial con un % en volumen de adición de tallos de cebada, Yauli - Huancavelica. Universidad Continental Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 34.
- Perèz, E. (2000). Países en nuestras ciudades. Revista Botánico Urbano Territorial, 1-5.
- Pérez, G. (19 de Agosto de 2021). GPL Research. Obtenido de GPL Research: <https://gplresearch.com/investigacion-de-campo/>
- Puig R. (2014). MOVIMIENTO DE TIERRAS. La Habana.
- Ramos, C. (2020). Los alcances de una investigación. CienciAmérica, 9(3). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Reinoso J. (2020). Materiales vernáculos en el diseño interior de la vivienda. Ambato.
- Rodas, F. (2019). Breves consideraciones sobre la Metodología de la Investigación para investigadores principiantes. Innova, 170-184. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v4.n3.2019.974>
- Rodríguez J. D. (2021). Análisis experimental del comportamiento mecánico de la tierra como material de construcción. Universidad de Sevilla, 1.
- Romero L. (2011). Metodología de la investigación en Ciencias Sociales. (U. J. Tabasco, Ed.) México.
- Rosales, M. (2016). Relación entre arquitectura. Zulia.
- Rotondaro, R., & Mandrini, M. (2019). Tierra comprimida en encofrado o tapia. Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas.
- Ruiz, B., & Perret, S. (1995). Manual de Plantación de Árboles en Áreas Urbanas. Santiago de Chile: Primera Edición.
- Salas Serrano, J. (1994). PATRIMONIO HISTÓRICO. HABITERRA, 39.
- Samaniego, C. & (2019). "Evaluación de tapial estabilizado con cemento ante la adición de aditivos comerciales". Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Sánchez, A. (2016). Books Google. Recuperado el Julio de 2023, de <https://books.google.es/?id=SA9hCgAAQBAJ&pg=PA820&lpg=PA820&dq#v=onepage&q&f=false>

- Secretaría de Educación Pública. (2021). Secretaría de Educación Pública. Obtenido de NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E : [https://www.inifed.gob.mx/doc/pdf/2021/Normatividad/VOLUMEN\\_6\\_TOMO\\_II\\_OBRAS\\_PRELIMINARES\\_2021.pdf](https://www.inifed.gob.mx/doc/pdf/2021/Normatividad/VOLUMEN_6_TOMO_II_OBRAS_PRELIMINARES_2021.pdf)
- Serrano, P. (29 de Septiembre de 2015). Tierra comprimida y normativa para construir edificios. Obtenido de Certificados energeticos: <https://www.certificadosenergeticos.com/tierra-comprimida-normativa-construir-edificios>
- Sika. (20147). Técnicas y Materiales. Sika.
- Sornoza, J., Zambrano, R., Caballero, B., & Veliz, J. (2022). Materiales alternativos empleados en la construcción de viviendas en Ecuador: una revisión. Polo del Conocimiento, 7(4), 1072-1097. doi:10.23857/pc.v7i4.3875
- Tuvsud. (2021). Ensayos Mecánicos. Tuvsud.
- UNESCO. (2021). UNESCO. Obtenido de Patrimonio cultural: <https://es.unesco.org/fieldoffice/santiago/cultura/patrimonio>
- Usal. (2020). 1 El índice y la Tabla de Contenidos Índice de contenidos. Buenos Aires.
- Vallejos A., Agudo Y., Mañas B., Arribas J., & Camarero L. (2011). Investigación social mediante encuestas. (E. U. Areces, Ed.) Madrid, España: Editorial Universitaria Ramón Areces.

## ANEXOS

### *Anexo 1 Fichas de contenido*

| FICHA DE CONTENIDO |  | No.              |
|--------------------|--|------------------|
| Descripción:       |  | Palabras claves: |
| Contenido:         |  |                  |
| Observaciones:     |  |                  |
| Elaborado por:     |  | Tipo de ficha:   |

Nota: Elaboración propia

## Anexo 2. Guion de entrevista

1. ¿Cuál es su opinión del tapial como material de construcción?
2. ¿Qué normativa aplicaron?
3. ¿Consideraciones que toman al diseñar con tierra (tapial)?
4. ¿Puede explicar el proceso de construcción del tapial, mano de obra local/artesanos?

5. ¿En la ejecución de los tapiales que cuidados se ha tenido ante los cambios de temperatura y el clima extremo en nuestro país?

6. ¿Qué tipo de fibras o material orgánico utilizaron?

7. ¿Cómo fue el proceso de curación?

8. ¿Como es la unión con otros materiales? (madera, hormigón)

## Anexo 3. Tabla de resultados

|           |        | Prueba de Sedimentación |        |           | Prueba de la cinta |
|-----------|--------|-------------------------|--------|-----------|--------------------|
|           |        | arena %                 | limo % | arcilla % | rompimiento (cm)   |
| Provincia | Ciudad |                         |        |           |                    |
|           | Ciudad |                         |        |           |                    |
| Provincia | Ciudad |                         |        |           |                    |
|           | Ciudad |                         |        |           |                    |
| Provincia | Ciudad |                         |        |           |                    |
|           | Ciudad |                         |        |           |                    |

| Identificación de la tierra |                | Fotos   |            |
|-----------------------------|----------------|---------|------------|
| Ubicación                   |                |         |            |
| Operador                    |                |         |            |
| Fecha de colecta            |                |         |            |
| Fecha de ejecución          |                |         |            |
| Observaciones               |                |         |            |
| Test                        | Interpretación |         |            |
| Sedimentación %             | Arena: %       | Limo: % | Arcilla: % |
| Cinta                       |                |         |            |

Nota: Elaboración propia



## Anexo 4. Fichas de contenido

### Fichas de contenido

| FICHA DE CONTENIDO  | No. 01  |
|---|---|
| <p>Descripción: Reinoso Caicedo, J. (2020). <i>Materiales vernáculos en el diseño interior de la vivienda</i>. Ambato.</p>  | <p>Palabras claves:</p> <p>Ecoeficiencia<br/>Sostenibilidad<br/>Mantenimiento</p> |
| <p>Contenido:</p> <p>Materiales vernáculos en el diseño interior de la vivienda contemporánea del cantón Patate</p> <p>La evolución arquitectónica ha perjudicado en gran medida al patrimonio del lugar, el tema del urbanismo y las nuevas conductas sociales dinamizan considerablemente el uso de nuevos materiales para la construcción de viviendas y la influencia de nuevas culturas y técnicas. Generando la desvalorización de los materiales propios del cantón, lo que se puede evidenciar claramente en la vivienda contemporánea, pues actualmente son pocas las que usan materiales vernáculos, manteniendo y reflejando la identidad cultural del cantón (Reinoso Caicedo, 2020).</p> |   |
| <p>Observaciones: el desafío de la nueva construcción es incorporar materiales amigables con el ambiente con un enfoque ambiental que promueva el descubrimiento de procesos más sustentables para el área de la construcción, enfocándose en el material y su calidad.</p>   |   |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>  | <p>Tipo de ficha: Textual</p>   |

| FICHA DE CONTENIDO   | No. 02  |
|--|---|
| <p>Descripción: Puig Martínez, R. (2014). <i>MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>. La Habana.</p>   | <p>Palabras claves:</p>                         |
| <p>Contenido:</p> <p><b>MOVIMIENTO DE TIERRAS (PRIMERA PARTE)</b></p> <p>El que un suelo esté más o menos denso, influirá en su laborabilidad por los equipos de movimiento de tierras. La densidad, como propiedad de la tierra, está indisolublemente unida a la compacidad del terreno. A medida que un suelo esté más compacto, mayor será su densidad y más difícil su laboreo (Puig Martínez, 2014).</p> | <p>Arcillas<br/>Areniscas<br/>Tierra húmeda</p> |
| <p>Observaciones: para el movimiento de tierras los suelos se diferencian según su densidad</p>  |   |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>   | <p>Tipo de ficha: Textual</p>                   |

| FICHA DE CONTENIDO  | No. 03  |
|---|---|
| <p>Descripción: Arquitectura Sostenible. (13 de Enero de 2020). <i>Arquitectura Sostenible</i>. Obtenido de <i>Arquitectura Sostenible</i>: <a href="https://arquitectura-sostenible.es/tapial-tecnica-construccion-sostenible/">https://arquitectura-sostenible.es/tapial-tecnica-construccion-sostenible/</a></p>   | <p>Palabras claves:<br/>Antaño<br/>Sostenible<br/>Tradicional</p> |
| <p>Contenido:<br/>Tapial, una técnica de construcción sostenible</p> <p>Una de las premisas de la arquitectura sostenible es la utilización de materiales naturales y respetuosos con el medioambiente. Así, algunos materiales que se utilizaban antaño, como el barro, el corcho o la piedra, han ido ganando cada vez más protagonismo en el sector gracias al auge de la sostenibilidad. Lo mismo sucede con determinadas técnicas constructivas. Ejemplo de ello es el tapial, una tradicional técnica de construcción con tierra cuyo origen se remonta al Neolítico (Arquitectura Sostenible, 2020).</p> |   |
| <p>Observaciones: se pretende integrar este material ecológicamente responsable, técnicamente factible y económicamente amigable asociado con la arquitectura del pasado con el presente y estudiar su factibilidad en el contexto de un futuro ecológico</p>   |   |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>  | <p>Tipo de ficha: Textual</p>                                     |

| FICHA DE CONTENIDO  | No. O4   |
|---|--|
| <p>Descripción: Gamio, A. (2018). <i>Análisis de las características mecánicas y físicas de la unidad de construcción ancestral</i>. Universidad Politécnica de Madrid.</p>   | <p>Palabras claves:<br/>Composición<br/>Ensayo<br/>Plasticidad</p> |
| <p>Contenido:</p> <p>ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FÍSICAS DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN ANCESTRAL, DENOMINADA PUTUCO, SITUADA EN EL ALTIPLANO PERUANO</p> <p>La clasificación de su composición es un suelo limo de baja plasticidad (ML), que cuenta con un porcentaje de arcilla de 17 % a 25%, que le da esa plasticidad necesaria para poder ser usado como material de construcción. Además, en la Norma E-80 del Reglamento nacional de Perú RNE [33], se exige que el adobe u/o tapial, tengan entre un 10% a 30% de arcilla en la fabricación (Gamio, 2018, pág. 103).</p> <p>El uso de fibras naturales como: paja, chiji, quemello es opcional.</p> |  |
| <p>Observaciones: el análisis de granulometría de un terreno permite reagrupar las partículas que lo constituyen en determinadas clases de tamaño, de manera de poder determinar una distribución porcentual de los gránulos de acuerdo con su tamaño (Bernardini &amp; Cecconi, 2013, pág. 37)</p>   |  |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>  | <p>Tipo de ficha: Textual</p>                                      |

| FICHA DE CONTENIDO   | No. O5  |
|--|---|
| <p>Descripción: Minke, G. (2001). <i>Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra</i>. Kassel, Alemania.</p>   | <p>Palabras claves:</p> <p>Anclaje<br/>Estabilizar<br/>Refuerzo</p> |
| <p>Contenido:</p> <p>Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra</p> <p>Una solución para estabilizar muros de barro contra los impactos horizontales del sismo es utilizar elementos verticales de madera o bambú dentro del muro, anclados con el sobrecimiento y fijados al encadenado.</p> <p>Los elementos de refuerzo horizontal son poco efectivos e incluso pueden ser peligrosos, debido a que no se puede apisonar bien la tierra debajo de los mismos y ya que el elemento de refuerzo no tiene un anclaje con la tierra se debilita la sección en estos puntos y pueden aparecer quiebres horizontales durante el sismo (Minke, 2001, pág. 19).</p> |   |
| <p>Observaciones: las vigas de coronación en los muros de tapial suelen ser de madera o concreto y ayudan a transmitir las cargas verticales y horizontales sobre los muros.</p>   |   |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>   | <p>Tipo de ficha: Textual</p>                                       |

| FICHA DE CONTENIDO   | No. O6  |
|--|---|
| <p>Descripción: AIS. (2013). <i>Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada</i>. Colombia.</p>  | <p>Palabras claves:</p>                         |
| <p>Contenido:</p> <p>Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada</p> <p>Esta técnica se basa en compactar tierra en capas de 0.10 m. La compactación se hace con una herramienta elaborada en obra denominada pisón. Se trata de un instrumento de madera similar a un remo, aunque la forma y el peso varían de una región a otra, La compactación se hace dentro de una formaleta denominada tapial que consta de dos tableros de madera de 2.0 m de largo por 1.0 m de alto llamados hojas de tapial y dos compuertas que dan el ancho del muro. Las dimensiones de las hojas de tapial no son estándar. Varían de una región a otra al igual que el pisón (AIS, 2013, págs. 2-3).</p> | <p>Compactación</p> <p>Parales</p> <p>Pisón</p> |
| <p>Observaciones: los muros en tapial están formados por tierra arcillosa que es introducida en un encofrado de madera y compactada con un pisón con forma trapezoidal</p>   |   |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>   | <p>Tipo de ficha: Textual</p>                   |

| FICHA DE CONTENIDO   | No. 07  |
|--|---|
| <p>Descripción: Ontiveros Ortega, E., Valverde Espinosa, I., &amp; Pardo, E. S. (s.f.).</p> <p style="text-align: center;"><i>Tapial.</i></p>  | <p>Palabras claves:</p> <p>Clasificación</p> <p>Densidad</p> <p>Durabilidad</p> |
| <p>Contenido:</p> <p>Tapial</p> <p>Otros parámetros básicos de interés son la densidad y el grado de absorción de agua, directamente relacionados con la compactación y su durabilidad. A su vez, la compactación está directamente relacionada con el índice de poros, índice de plasticidad y grado de formación de las estructuras químicas neoformadas (Ontiveros Ortega, Valverde Espinosa, &amp; Pardo, pág. 177).</p> |   |
| <p>Observaciones: según (Arto Torres, 2021) mediante ensayos no destructivos podemos obtener información sobre la resistencia mecánica en estructuras en el patrimonio, conociendo así la capacidad de carga mecánica del material de construcción sin provocar cambios en los mismos.</p>   |   |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>   | <p>Tipo de ficha: Textual</p>   |

| FICHA DE CONTENIDO  | No. 08  |
|---|---|
| <p>Descripción: Maiztegui, B. (12 de Mayo de 2020). <i>archdaily</i>. Obtenido de <i>archdaily</i>: <a href="https://www.archdaily.co/co/939361/los-muros-de-tierra-en-las-casas-contemporaneas-de-ecuador">https://www.archdaily.co/co/939361/los-muros-de-tierra-en-las-casas-contemporaneas-de-ecuador</a></p>   | <p>Palabras claves:</p> <p>Energético<br/>Optimizar<br/>Tipología</p> |
| <p>Contenido:</p> <p>Los muros de tierra en las casas contemporáneas de Ecuador</p> <p>La tierra es un elemento que se ha utilizado para materializar construcciones desde tiempos inmemoriales. Su bajo impacto ambiental y la variedad de técnicas existentes para trabajar este material han permitido la trascendencia de su uso en proyectos de arquitectura a lo largo de todo el mundo. Ya sea mediante tapiales, muros de tierra apisonada, paredes erguidas con sistemas de bahareque o estructuras en adobe, numerosos proyectos contemporáneos reelaboran y reinterpretan estos métodos tradicionales para dar forma a sus espacios (Maiztegui, 2020).</p> |   |
| <p>Observaciones: según (Lara, 2017) en Ecuador existen varios ejemplos de construcciones en tierra cruda, y su investigación se basó en construcciones en las que tuvo acceso por parte del propietario del inmueble</p>   |   |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>  | <p>Tipo de ficha: Textual</p>   |



| FICHA DE CONTENIDO  | No. 09   |
|---|--|
| <p>Descripción: Ordoñez, A., &amp; Contreras, F. (2021). Parámetros de resistencia mecánica de muros de tapial con un % en volumen de adición de tallosde cebada, Yauli - Huancavelica. <i>Universidad Continental Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil</i>, 34.</p>   | <p>Palabras claves:</p> <p>Compactar<br/>Hilada<br/>Juntas</p> |
| <p>Contenido:</p> <p>Parámetros de resistencia mecánica de muros de tapial con un % en volumen de adición de tallos de cebada, Yauli - Huancavelica, 2021</p> <p>Los procesos constructivos de muros de tapial para viviendas se requieren de distintas herramientas, materiales y el sistema constructivo. Para este trabajo primero se seleccionó el suelo adecuado, se realizó pruebas de tierra en campo y laboratorio, preparación de tierra, encofrado, compactación y secado de muros(especímenes).</p> <p>Para la selección de tierra o suelo es necesario tener en consideración que el material tenga adecuada cantidad de arena, arcilla y limo que influyen mucho en la compactación y resistencia por lo que se debe verificar mediante las pruebas necesarias (Ordoñez &amp; Contreras, 2021)</p> |  |
| <p>Observaciones: la plasticidad del suelo se determina mediante dos ensayos: liquidez y plasticidad.</p> <p>La plasticidad se lo realiza con la tierra que pase por el tamiz de 0.4 mm de abertura</p>   |  |
| <p>Elaborado por: J. Manotoa</p>  | <p>Tipo de ficha: Textual</p>                                  |

## **Anexo 5. Entrevista estructurada**

Entrevistas dirigidas a expertos locales, albañiles o constructores que tengan experiencia en la fabricación de tapiales en la Sierra de Ecuador.

### *Entrevista 1. RAMA ESTUDIO (Arq. Carolina Rodas)*



#### **1. ¿Cuál es su opinión del tapial como material de construcción?**

Es un material que se ha venido usando en nuestra arquitectura, el material es muy bueno térmicamente por el tema de masa, es sísmico resistente, dependiendo del tipo de técnica que ocupes con la tierra. Claro, con sus limitaciones en altura.

A parte es material sustentable y sostenible. Es un material con muy baja huella de carbono, emisión Co2, se puede trabajar en el mismo terreno.

Permite recuperar, como un montón de memorias colectivas en torno a la construcción, la tecnología del Tapial y la construcción en tierra es parte de nuestra construcción vernácula, entonces, hay una cosmovisión también de qué significa construir en tierra, creemos que tenía un montón de beneficios por los cuales utilizar el tapial, no había un contra o un por qué no. Entonces, más que por qué usamos, es

porque realmente el ocupar un material con tantos beneficios a la final es coherente con lo que cualquier arquitectura que estamos haciendo.

#### **Comentario:**

En base a lo comentado, se entiende que, al ser una técnica con un impacto técnico y apegado a la cultura, el cual conjuga la técnica ancestral y la visión medioambiental que en la actualidad tienen un fundamento cada vez más fuerte.

#### **2. ¿Qué normativa aplicaron?**

No hay una normativa para aplicar el tapial. Tenemos cálculo estructural, el calculista lo que hace es utilizar parámetros de un muro portante, obviamente entendiendo que es un muro aportante, pero tiene sus limitaciones en carga, y aparte trabaja con contrafuertes, que eso es lo importante, porque si no, básicamente tendríamos problemas a torsión, pero los contrafuertes de alguna manera hacen que se sostenga.

Pero tranquilamente funciona bajo una normativa de muro portante (corrido), mientras manejes de eso, no hay problema.

¿hicieron uso de la normativa de Perú?

Sí, usualmente en trabajos con materiales que no hay normativa acá te mandan a probar Chile, Perú, Colombia, California, si es de madera o si es tierra. Tienes que regirte a las normativas más cercanas.

#### **Comentario:**

En resumidas cuentas, se hace referencia a normativas peruanas, y otras de la región, que refuerzan el carácter técnico que se le quiere dar a esta técnica implementada hace ya varios años atrás.

Asimismo, para su revisión, se encuentran similitudes aplicables, con el uso de normas de muros portantes, siempre que se tenga en consideración las particularidades en las que se quiera aplicar.

### **3. ¿Consideraciones que toman al diseñar con tierra (tapial)?**

Consideraciones de distancias mínimas, entendiendo que debes poner contrafuertes para que funcionen estructuralmente, alturas también máximas sabiendo que tienes que tener una solera de amarre para que funcione eso como caja también y que no funcionen independientemente. Entender que siempre debe estar sobre un zócalo no menor a unos cincuenta centímetros, obviamente, por humedades o una capilaridad. Entender que tienes que cubrir arriba, debes tener un techo en el tapial para que dure más por el agua, entonces puedes tener cubierta o aleros. Y la mezcla, hacer pruebas de la tierra previamente, no puede ser muy limosa y tampoco puede ser muy arenosa. Debe permitir que sea maleable, entonces, hacer las pruebas con antelación y si es necesario mejorar la tierra, el mejoramiento de tierra no es complicado, porque a la final, pues, si es muy arenosa, necesita mejorarla con un poco de arcilla, un poco de limo. No es muy complejo y sobre todo que haya un buen proceso de mezcla para que no se degraden.

#### **Comentario:**

Se revisan características particulares dentro del diseño con tapiales, una de las más relevantes es la maleabilidad de la mezcla, siendo esta mezcla la clave para el adecuado funcionamiento del producto final.

### **4. ¿Puede explicar el proceso de construcción del tapial, mano de obra local/artesanos. Casa Lasso - Latacunga?**

Bueno, nosotros empezamos con el tapial, porque la mano de obra de Pujilí es entorno a la tierra y vienen los mejores tapialeros, lastimosamente es una técnica que se va perdiendo, porque ya la gente no construye mucho en tierra, entonces, ya los abuelos y los papás ya no transmiten de generación a generación. Pero logramos conseguir un grupo de tapialeros y fue bastante fácil y fue interesante por no ir como instruir a gente aledaña. Y se acordaban, obviamente, de cómo se construyeron con los abuelos, etc. El proceso es bastante simple una vez que se hacen las pruebas de la tierra. La tierra necesita tener ciertos agregados y ciertos aglomerantes, entonces, puedes trabajar con agua, con porciones de cal, hay ciertas mezclas que tienen melaza, hay

otros que agregan paja para que se genere como una malla y a partir de la mezcla que tú decidas, porque no es que haya una sola receta, y es prueba y error hasta que tú decides por cuál irse.

Después, es importante la modulación de las tapialeras, entender que el tapial funciona con módulos, puede ser recto, en T o en L, justamente por ser estructurante.

### **5. ¿En la ejecución de los tapiales que cuidados se ha tenido ante los cambios de temperatura y el clima extremo en nuestro país?**

Nada, en la construcción lo único que hay que tener en cuenta es que tienes que tapar, no le puedes dejar a la intemperie, sino que tiene que secarse poco a poco, porque donde se te seca de una, se te puede desquebrajar, porque es como un cambio brusco, entonces lo que hacemos es tapar, porque generas un microclima hasta que se vaya secando poco a poco. Y por eso se hace hilera tras hilera, las tapialeras tienen un metro de alto y vas como que haciendo metro, metro, metro y vas como por semana a semana, entonces va la obra apareciendo en otra capa, en otra capa, como tú sabes el tapial se hace con porciones de treinta centímetros que se apisonan a diez adentro en la tapialera y después te vas a otro lado y haces lo mismo.

#### **Comentario:**

Se explica que, la consideración fundamental es cuidar los materiales de las inclemencias del clima, evitando que este se deje a la intemperie.

### **6. ¿Qué tipo de fibras o material orgánico utilizaron?**

Nosotros decidimos no poner aglomerantes naturales (paja) porque nos pareció interesante un estudio que decía que al momento que la paja se descompone, genera porosidad y eso debilita el tapial, a diferencia de muchos que ocuparon la paja como para unir nosotros solo utilizamos la tierra, utilizamos porciones de agua, poco de cal y empezamos con el apisonado. Exactamente no usamos paja y utilizamos cola blanca como aglomerante, no pusimos melaza y eso justamente por los Bichos. Porque si bien es cierto, hace lo mismo y es más natural, también es una comida buenísima para cualquier insecto y al ser orgánico

se descompone y después desaparece las propiedades de aglomerante.

### **7. ¿Es necesario algún tipo de refuerzo en lo que se refiere a lo estructural?**

Si, si no haces contrafuertes se te puede caer como unas fichas de dominó. Porque el problema del tapial no es a comprensión, sino a tracción. O sea, si tiene problemas en torsión, entonces, como un sismo se te pueden caer, tienes que tener contrafuertes, por eso funciona con L, con T o contrafuerte.

#### **Comentario:**

Se hace referencia a contrafuertes, para el tema de refuerzo estructural al momento de emplear la técnica con tapiales.

### **8. ¿Cómo fue el proceso de curación?**

Una vez que ya seques poco a poco, con una esponja húmeda, vas uniformando a la textura, si quieres. Si es que no, la idea del encofrado es que te queden las franjas de hecho, tú en el encofrado podrías ir trabajando tipos y colores de tierra y te queda el tapial cada franja diferente color.

Ya depende del diseño arquitectónico que tú quieras. Y si no quieres ver las franjas le esponjeas con una esponja y agua, simplemente le pasas, le vas homogenizando cualquier cosa y se le sella con un hidrofugante y eso se pone con una bomba de fumigar plantas.

#### **Comentario:**

Dentro del proceso de curación, se lo realiza con un proceso de secado lento, para un proceso posterior de limpieza con una esponja, asimismo, en caso de requerir alguna especificación estética, se lo desarrollará durante el proceso.

### **9. ¿Como es la unión con otros materiales? (madera, hormigón)**

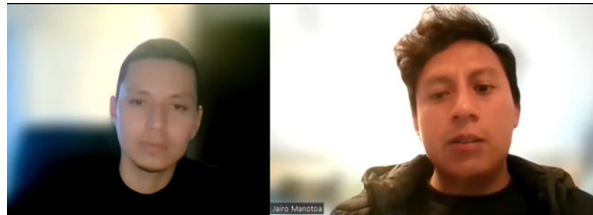
La solera que es en hormigón tiene un destaje en la mitad del muro y genera una t, entonces va la solera y el piquito de

la T queda embebido, eso hace que sea un amarre, entonces, como un machimbre. Igual en las maderas, primero se pone la solera, se pone una superficie que de alguna manera permita hacer uniformes las cargas y ahí se pone la madera.

#### **Comentario:**

Se hace referencia a otros materiales como la madera y el hormigón, con los cuales, se han tenido resultados satisfactorios.

### *Entrevista 2. Atelier Std (Arq. Alejandro Sánchez)*



### **1. ¿Cuál es su opinión del tapial como material de construcción?**

El tapial como material constructivo yo considero personalmente que la parte sostenible en este tema es fundamental, el tapial nos deja una baja huella de carbono, esto es algo que hay que tener mucho en cuenta, o sea, la baja huella de carbono que nos deja el trabajar con estos este tipo de materiales en sí.

En el hecho de que siempre lo tengamos a disposición, por ejemplo, utilizamos básicamente tierra en este trabajo. Entonces las ventajas en sí, por ejemplo, como la inercia térmica que nos da dentro de las viviendas son bastante buenas

### **2. ¿Como seleccionar la tierra?**

El proceso de importante, hay muchos métodos de selección de suelo, por ejemplo, el más fácil, digamos es el de la botella. Tienen una botella con agua, podemos decir que es 1/3 de tierra y 2/3 de agua, se le agita bastante y se le deja

reposar.

Luego de un par de horas ya vamos a tener una idea de qué tipo de tierra es esto lo que necesitamos nosotros para que sea buen material, bien trabajable es que sea arcilloso no demasiado, porque se vuelve un poco fangoso también, pero tiene que contener arcilla en una gran proporción en toda esta tierra.

Les va a dar unas después del agitado en la botella, después que se comienza a sedimentar todo, abajo va a quedar lo más grueso y luego mientras va subiendo va a quedar lo más fino. Entonces ahí ustedes van a tener una idea de qué tipo de tierra es.

### **3. ¿Qué normativa aplicaron?**

Claro, en Ecuador como tal no contamos con una normativa, por ejemplo, un buen tema de tesis, eso me lo me lo recomendaron a mí también, pero no lo hice, es quizás crear una normativa.

Se podría hacer, pero en Ecuador no contamos con una normativa propia. Hay ciertas reglas, por así decir que está incluida en la norma de la construcción que te da ciertos parámetros para que tú puedas utilizar la tierra, pero no es una normativa en sí, la que se ocupa aquí la que he ocupado es la norma peruana, la E O8O diseño y construcción con tierra reforzada de Perú. Esta norma se aplica muchísimo en el Perú para todas las cuestiones de tierra, allá si está normado, entonces por la cercanía que tenemos regionalmente se la puede utilizar. Hay muchas normas al alrededor del mundo, pero Perú sería una buena referencia para poder utilizarla.

### **4. ¿Consideraciones que toman al diseñar con tierra (tapial)?**

Normalmente yo lo que hago es construir un sobrecimiento de unos 30 cm que es suficiente y a partir de ahí ya se toca con la tierra, esto puede ser obviamente en piedra en bloque, depende lo que se adapte para la construcción que estoy haciendo. Luego ya el buen sombrero que se le dice ya son los volados. Tú puedes hacer un análisis, por ejemplo, de clima es ver más o menos cómo está la inclinación en general porque no se puede tener a

detalles, pero sí puedes verle más o menos en qué dirección llueve a lo largo del año, donde te pegue más puedes alargarte un poquito más en los aleros, entonces, de esta manera es cuando más se protege de la lluvia, básicamente.

### **5. ¿Qué pruebas realizaron para encontrar la tierra adecuada como insumo de la construcción?**

Claro, se hacen pruebas de laboratorio, es importante hacer pruebas de laboratorio, por ejemplo, yo lo que hice para el tapial, para la tesis de la Universidad. Lo que hice fue tomar distintos tipos de tierra. Me hice un encofrado en mi casa con un apisonador.

Entonces, básicamente fue una prueba bastante artesanal, digamos, entonces comencé a apisonar. Ya hice unas 3 paredes de bloque y con el tipo de tierra y diferentes dosificaciones, entonces ahí fui viendo más o menos la resistencia. Tengo una pared en mi patio que sigue ahí de pie, entonces y justo fue la pared que puse como mejor resistencia, es la que ha funcionado ahí está todavía la pared, es una pequeña, pero está bien. Ahora en el BTC en lo que estoy acabando ahora en la tesis de la maestría tengo una máquina que fabrica btc, entonces igual sé lo que se hace, es distintas dosificaciones, un montón de muestras y se compacta con la máquina, entonces estas estas piezas al ser más pequeñas de formatos más pequeños se pueden llevar a un laboratorio para que te hagan pruebas, ahí te van a dar cuál es la resistencia de este bloque. Me parece que la norma te pide que tenga 3 mega pascales de resistencia, pero actualmente los bloques con los que he trabajado me están dando 6 mega pascales de resistencia, entonces quiere decir que están por sobre la norma casi el doble, entonces eso es bastante bueno.

### **6. ¿Qué tipo de fibras o material orgánico utilizaron?**

Mi tesis de ahorita de la maestría se basa en eso, está enfocada en recoger fibras de la mayoría de regiones que me quedan alrededor, por ejemplo, Guaranda, Riobamba, Latacunga.

Entonces se está trabajando, por ejemplo, con fibras de cabuya hay fibras de arroz también que se ve que se está utilizando, entonces ahorita mismo estoy haciendo el listado exacto porque no puedo agrandarme mucho en el listado

porque imagínate no va a terminar nunca porque tengo que hacer unas 10 o 15 formatos para probar con el tipo de tierra que escogí y con cada fibra, entonces es muchísimo, muchísimo muestreo.

Entonces, ahorita mismo lo que estoy cogiendo es analizando cada una de las fibras que tengo en la lista y ver cuál sería la mejor para poder trabajar con unas cuatro de todas las que tengo, por ejemplo. Pero la cabuya me ha dado buenos resultados.

### **7. Puede explicar el proceso de construcción del tapial, mano de obra local/artesanos?**

Cuando empecé con esto yo busqué gente que trabaje, lamentablemente estas técnicas ya se han ido perdiendo mucho el valor, entonces por ende ya la gente que conoces este tipo de construcción ya no hay mucha. Ahorita actualmente se está revalorizando nuevamente y está empezando nuevamente a surgir la mano de obra, pero es muy limitada. Entonces yo, por ejemplo, encontré personas que eran buenísimas en esto en Pasa, pero ya estaban muy viejitos las personas, entonces realmente no, no pude tener un buen contacto, entonces básicamente todo ha sido experimentación, por ejemplo, mi patio atrás de mi casa está llenito de tierra de porque donde iba cogía tierra, traía y ponía en valdes y todas las muestras se hacían experimentación, probaba con una y probaba con otra. Entonces si básicamente lo hago todo yo solo, por eso te decía que para mí es muy cómodo trabajar con BTC, porque al final sigue siendo tierra. No trabaja con maquinaria que use gasolina ni nada de eso por un poco que sea sostenible que es de lo que trata mi maestría también. Y sí, en el patio de mi casa, muy cansado, es un trabajo muy cansado, pero al final, cuando se tiene los bloquitos hechos son satisfactorios en realidad.

### **8. ¿Cuál es el proceso que ejecutan en obra entre cada capa del tapial?**

Lo principal es un buen encofrado, mientras mejor sea el encofrado, mejor acabado te va a dar. Si tú quieres un acabado bastante rústico, pues no tienes que preocuparte mucho de esto, pero por ejemplo a mí me gusta que sean los acabados los más pulcros posibles. Entonces, sí tengo un

encofrado y luego tengo una lámina de tool para que salga todo liso. Entonces nada, básicamente es un buen encofrado para que tú puedas ir escalando, escalando cada vez más hasta donde quieran llegar de altura.

El tema de unión es también importante. La unión te va a quedar muy visto, entonces tienes dos opciones o dejarle como detalle bien trabajado o a su vez, preparar una mezcla con tierra, igual que se hace como una pasta y puedes taparles con una esponja húmeda con esto le pierdes totalmente esas líneas y se ve como que si fuera una sola pared.

### **9. ¿En la ejecución de los tapiales que cuidados se ha tenido ante los cambios de temperatura y el clima extremo en nuestro país?**

Al momento de construir normalmente lo que yo he hecho, por ejemplo, básicamente es tener plásticos al lado por lo que estás recién trabajándole y todavía no está bien compactado, o sea, es básicamente seguir trabajando.

Entonces lo que hacemos es que llueve, pues es natural esperar que pase y seguir. Ahora los cuidados posteriores a una construcción ya hecha se suelen decir que siempre toda construcción con tierra, incluso con madera, debe tener unas buenas botas y un buen sombrero. Con unas buenas botas se refiere que debes prever que no le vaya a llegar el agua directamente, por ejemplo.

### **10. ¿Cómo fue el proceso de curación?**

Yo he utilizado cemento, que es una dosis menor al 10%, podemos dejarlo en un 5%, al utilizar cemento para la mezcla para obviamente para hacerle más resistente necesita un jurado.

El curado que se le hace es rociarle agua uniformemente, pero con la manguera con el rociado más leve, como que fue una llovizna pequeñita.

Tienes que mojarle todo el muro una vez al día durante 7 días es lo que yo he hecho, algunos hacen más, algunos hacen menos, se le pone también un plástico negro. Este plástico negro, lo que hace es conservar más tiempo la humedad uniformemente, como te digo, dentro de todo lo

que le mojaste.

Obviamente si descubres te pega el sol, por ejemplo, en una en una cara y lo que yo he visto es que cuando se seca más rápido a un lado que el otro te varía de color, si lo que quiere es mantener un solo color, pues lo ideal es taparle con el plástico negro he ir secándole poco a poco y como te digo hay regarle agua totalmente una vez al día

## II. ¿Como es la unión con otros materiales (madera, hormigón)?

Se une muy bien con la piedra, por ejemplo, pero con la madera no he logrado que se pierda. Lo que se hace normalmente es ponerle una malla esta malla que se utiliza para para la construcción. Entonces lo que hace es ponerle y le das una capa también de esta preparación de tierra con agua. Entonces, de alguna manera se puede perder allí, eso en lo estético.

Ahora en lo constructivo, pues lo normalmente se deja Chicotes básicamente, los chicotes que se utiliza en todo


el lado. Asimismo, se le deja en la madera, por ejemplo, se perforan, se le ponen las varillas y se le va preparando todo eso y se va a sujetar bien.

Como te decía yo lo que hago en el encofrado es ponerle dentro en las paredes donde tiene contacto con la tierra una placa de tool, esto me va a dar un mejor acabado en cuanto a la estética. Me ha pasado que a veces cuando le dejo sin esta plancha de tool no le he dejado secar correctamente y cuando saco el encofrado la tierra un poco se queda pegado en las irregularidades de la madera.

Entonces, por eso yo creo que es importante poner esta plancha de tool porque ahí no se va a pegar y te va a dar un buen acabado.

## Anexo 6. Tabla de resultados de pruebas de campo



| Identificación de la tierra |  | Fotos   |               |
|-----------------------------|--|---|---------------|
| Ubicación                   | Tungurahua – Quisapincha<br>Coordenadas geográficas<br>-1.245089, -78.653471 |  |               |
| Operador                    | Jairo Manotoa  |   |               |
| Fecha de colecta            | 18/08/2023   |   |               |
| Fecha de ejecución          | 18/08/2023   |   |               |
| Observaciones               | La muestra se tomó después de los 40cm del nivel del suelo.                  |   |               |
| <b>Test</b>                 | <b>Interpretación</b>  |   |               |
| Sedimentación %             | Arena: 84.9%   | Limo: 9.4%  | Arcilla: 5.6% |
| Cinta                       | La muestra se rompió a los 4 cm  |   |               |

| Identificación de la tierra |   | Fotos  |              |
|-----------------------------|---|--|--------------|
| Ubicación                   | Tungurahua – Juan Benigno<br>Coordenadas geográficas<br>-1.303399, -78.698904 |  |              |
| Operador                    | Jairo Manotoa   |  |              |
| Fecha de colecta            | 18/08/2023  |  |              |
| Fecha de ejecución          | 18/08/2023  |  |              |
| Observaciones               | La muestra se tomó después de los 40cm del nivel del suelo.                   |  |              |
| <b>Test</b>                 | <b>Interpretación</b>   |  |              |
| Sedimentación %             | Arena: 62%  | Limo: 16%  | Arcilla: 22% |
| Cinta                       | La muestra se rompió a los 3.5 cm   |  |              |

| Identificación de la tierra |   | Fotos   |              |
|-----------------------------|---|---|--------------|
| Ubicación                   | Chimborazo – Urbina<br>Coordenadas geográficas<br>-1.485603, -78.710779 |  |              |
| Operador                    | Jairo Manotoa   |   |              |
| Fecha de colecta            | 24/07/2023  |   |              |
| Fecha de ejecución          | 24/07/2023  |   |              |
| Observaciones               | La muestra se tomó después de los 40cm del nivel del suelo.             |   |              |
| <b>Test</b>                 | <b>Interpretación</b>   |   |              |
| Sedimentación %             | Arena: 75%  | Limo: 15%   | Arcilla: 10% |
| Cinta                       | La muestra se rompió a los 4.5cm  |   |              |



| Identificación de la tierra |   | Fotos   |  |   |   |
|-----------------------------|---|---|--|---|---|
| Ubicación                   | Chimborazo – Chambo<br>Coordenadas geográficas<br>-1.731195, -78.590155 |  |  |  |  |
| Operador                    | Jairo Manotoa   |   |  |   |   |
| Fecha de colecta            | 24/07/2023  |   |  |   |   |
| Fecha de ejecución          | 24/07/2023  |   |  |   |   |
| Observaciones               | La muestra se tomó después de los 40cm del nivel del suelo.             |  |  |  |  |
| <b>Test</b>                 | <b>Interpretación</b>   |   |  |   |   |
| Sedimentación %             | Arena: 66.7%  | Limo: 22.3%   | Arcilla: 11%   |   |   |
| Cinta                       | La muestra se rompió a los 4.5cm  |   |  |   |   |

| Identificación de la tierra |   | Fotos  |   |  |  |
|-----------------------------|---|--|---|--|--|
| Ubicación                   | Cotopaxi – Pujilí<br>Coordenadas geográficas<br>-0.952783, -78.699120 |  |  |  |  |
| Operador                    | Jairo Manotoa   |  |   |  |  |
| Fecha de colecta            | 24/07/2023  |  |   |  |  |
| Fecha de ejecución          | 24/07/2023  |  |   |  |  |
| Observaciones               | La muestra se tomó después de los 40cm del nivel del suelo            |  |   |  |  |
| <b>Test</b>                 | <b>Interpretación</b>   |  |   |  |  |
| Sedimentación %             | Arena: 50%  | Limo: 33.3%  | Arcilla: 16.6%  |  |  |
| Cinta                       | La muestra se rompió a los 4 cm                                       |  |   |  |  |





Universidad  
Indoamérica

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA Y  
CONSTRUCCIÓN