



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE ARQUITECTURA

TRABAJO DE TITULACIÓN:

Título del proyecto:

**“APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN
TIERRA: TAPIA POST-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR
CHORRERA MIRADOR- PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

Trabajo de Titulación para optar al título de **Arquitecto**

Autor(es):

Pastuña Guanotuña Josseline Johanna

Vallejo Caicedo Joana Evelyn

Tutor:

Mgs. Arq. Cecibel González

Riobamba - Ecuador

Año 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros Josseline Johanna Pastuña Guanotuña y Joana Evelyn Vallejo Caicedo, con cédula de ciudadanía 050365353-7 y 1805369970, autores del trabajo de investigación titulado: **“APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POST-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR- PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterio, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos, La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 21 de noviembre del 2022



Josseline Johanna Pastuña Guanotuña

C.I: 050365353-7



Joana Evelyn Vallejo Caicedo

C.I: 1805369970

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POST-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR- PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**, por Josseline Johanna Pastuña Guanotuña y Joana Evelyn Vallejo Caicedo, con cédula de ciudadanía 050365353-7 y 180536997-0, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisando y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de sus autores; no teniendo más nada que observar. De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 21 de noviembre del 2022.

Mgs. Arq. Cecibel del Cisne González Camacho
TUTOR

Mgs. Arq. Carlos Andrés Macas Peñaranda
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mgs. Ing. Alexis Iván Andrade Valle
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mgs. Arq. Hector Manuel Cepeda Godoy
DELEGADO DEL SR. DECANO

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POST-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR- PROVINCIA DE CHIMBORAZO**”, por Josseline Johanna Pastuña Guanotuña y Joana Evelyn Vallejo Caicedo, con cédula de ciudadanía 050365353-7 y 1805369970, bajo la tutoría de Mgs. Arq. Cecibel del Cisne González Camacho; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 21 de noviembre del 2022.

Mgs. Arq. Carlos Andrés Macas Peñaranda
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Mgs. Ing. Alexis Iván Andrade Valle
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Mgs. Arq. Hector Manuel Cepeda Godoy
DELEGADO DEL SR. DECANO





CERTIFICACIÓN

Que, **PASTUÑA GUANOTUÑA JOSSELINE JOHANNA** con CC: **050365353-7**, estudiante de la Carrera de **ARQUITECTURA, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POST-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR- PROVINCIA DE CHIMBORAZO**", cumple con el 2%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 7 de noviembre de 2022

Mgs. Arq. Cecibel del Cisne González Camacho
TUTOR(A) TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICACIÓN

Que, **VALLEJO CAICEDO JOANA EVELYN** con CC: **180536997-0**, estudiante de la Carrera de **ARQUITECTURA, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POST-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR- PROVINCIA DE CHIMBORAZO"**, cumple con el 2%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 7 de noviembre de 2022

Mgs. Arq. Cecibel del Cisne González Camacho
TUTOR(A) TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios, a la Virgen del Quinche, por ser la luz en mi camino y darme sabiduría.

A mis padres Miguel Pastuña y Carmen Guanotuña por su amor, trabajo y todo el sacrificio que hicieron en todos estos años, gracias a su esfuerzo he logrado llegar hasta aquí y cumplir una de mis metas. Ha sido un orgullo y un privilegio de ser su hija, son los mejores padres.

A mi hermano Oscar por siempre estar presente con su apoyo infinito y por haber confiado en mí y en mis deseos de superación; muchos de mis logros te los debo a ti hermanito.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a mi ángel en el cielo Efraín, sé que donde sea que estes, estas orgulloso de tu pequeña hermanita.

Josseline Johanna Pastuña Guanotuña

A:

Mi Mamina, mi reina Elisa Caicedo, que con su ejemplo me ha enseñado a tener un corazón bondadoso.

Mi Papi, Leonidas Vallejo, quien con su sacrificio me ha enseñado a valorar el esfuerzo hasta de las cosas más simples y se ha convertido en mi más grande super héroe.

Mi hermosa hermanita Mikaela, que sin darse cuenta se convirtió en una segunda madre para mí, con sus consejos y abrazos me animo cada minuto, y Mathy mi pequeño saltamontes, espero ser tu ejemplo como Arquitecta.

Les dedico todo mi esfuerzo de los años de carrera que me han visto y no han permitido que desfallezca en el intento. Este logro es mas suyo que mío.

LOS AMO MUCHISIMO.

Joana Evelyn Vallejo Caicedo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quién me ha guiado y me ha dado fortaleza para seguir adelante.

A mis padres, que con a su inmenso amor me han impulsado a continuar durante este camino, ya que sin ellos todo esto no hubiera sido posible.

A mis hermanos, que han sido una gran motivación y ejemplo para mí, gracias por todo su cariño y por siempre haber creído en mí.

A mi mejor amigo, enamorado y amor de mi vida, José H. Tu apoyo incondicional, ha sido guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera.

Me agradezco a mí, por mi valentía, mi resiliencia, por demostrarme una y otra vez ser más fuerte de lo que creía.

Josseline Johanna Pastuña Guanotuña

A:

Dios por llevarme de la mano en este camino que ha elegido para mí.

A mi familia, mis abuelitos, mi mami, mi papi y mis hermanos, sin los que todos mis sueños serian imposibles de haberlos logrado y me motivaron constantemente por alcanzar todos mis anhelos.

A mi tutora Cecibel, quien depositó su confianza y ayudó con su conocimiento para el desarrollo de este tema.

A las personas que me ayudaron al proceso de elaboración y ejecución de esta investigación, cada granito de arena fue muy valioso para la culminación de este trabajo.

Un agradecimiento especial a Mr. B, gracias por acompañarme en esta etapa de mi profesión y de mi vida, te agradezco todas las traspasadas que me acompañaste mientras hacia mi tesis. Te amo Guevarita.

Joana Evelyn Vallejo Caicedo

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	17
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
Problemática	19
Justificación	19
1.2. OBJETIVOS	21
1.2.1. Objetivo General	21
1.2.2. Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	22
2.1. Construcción en tierra en Ecuador	22
2.1.1. Técnica de construcción en adobe	22
2.1.2. Técnica de construcción en tapial	23
2.2. Factores determinantes en la construcción de tapial	27
2.2.1. Comportamiento ante el agua	28
2.2.2. Comportamiento térmico / inercia térmica	28
2.3. Ventajas y desventajas de la construcción en tapial	29
2.4. Refuerzos del tapial	30
2.4.1. Tapial con refuerzo con carrizo	30
2.4.2. Tapial con suelo cemento	30
2.4.3. Tapia con refuerzo con geomalla	31
2.4.4. Tapial postensado	32
2.5. Comportamiento estructural del tapial	33

2.5.1. Características mecánicas del tapial	33
2.5.2. Compresión axial.....	33
2.5.3. Esfuerzo cortante	34
2.5.4. Mecanismos de falla	34
2.6. Tipos de falla	35
Falla por flexión.....	35
Falla por cortante	35
Falla por volteo	35
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	36
3.1. Tipo de investigación	36
3.2. Nivel de investigación	36
3.3. Diseño experimental	36
3.3.1. Tipo de diseño	36
3.4. Investigación práctica en suelo cemento para la técnica constructiva contemporánea.....	38
3.4.1. Toma de muestras de suelo Chorrera Mirador - Provincia Chimborazo	38
3.4.2. Análisis de suelo	41
3.4.3. Materia Prima	43
3.4.4. Diseño de dosificación.....	45
3.4.5. Elaboración de probetas y ensayos	50
3.5. Desarrollo y diseño del sistema constructivo muro tapial postensado	54
3.5.1. Elaboración del muro de tapial postensado con suelo cemento a escala	54
3.5.2. Caso de estudio de vivienda en el Sector Chorrera Mirador}	60

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
4.1. Caracterización de muestras del Sector Chorrera Mirador.....	62
4.1.1. Resultado del ensayo contenido de humedad	62
4.1.2. Resultado del ensayo granulométrico.....	63
4.2. Resultados del ensayo de compresión de las probetas tipo I y II	67
4.2.1. Resultados de la Probeta tipo I con 9% - 30% - 40% de cemento	67
4.2.2. Resultados de la Probeta tipo II con 10% - 40% de cemento.....	68
4.3. Resultados de la resistencia de la varilla postensada.....	70
4.4. Resultados del ensayo de compresión del muro de tapial postensado con suelo cemento.....	71
4.4.1. Cálculo de la resistencia a compresión con carga perpendicular al plano....	71
4.4.2 Esfuerzo de rotura mínimo para medir la resistencia	72
4.4.3 Fuerza aplicada en el muro con carga perpendicular al plano en horizontal.	73
4.4.4. Mecanismos de falla	74
4.5. Aplicación del sistema constructivo contemporáneo tapial de suelo-cemento postensado modelado virtual 3D – caso estudio de vivienda en el Sector Chorrera Mirador	77
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1. Conclusiones.....	79
5.2. Recomendaciones	80
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS:.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentajes en volumen para adobe.....	23
Tabla 2 Técnica de construcción con tapial.....	24
Tabla 3 Composición mineralógica.....	25
Tabla 4 Cuadro de granulometría recomendadas	26
Tabla 5 Límite líquido e índice de plasticidad para la construcción en tapial.....	27
Tabla 6 Ventajas y desventajas de la construcción en tapial	29
Tabla 7 Tipos de falla del tapial	35
Tabla 8 Toma de muestra 1	39
Tabla 9 Toma de muestra 2	39
Tabla 10 Toma de muestra 3	40
Tabla 11 Toma de muestra 4	40
Tabla 12 Tipos de ensayos físicos y sus normativas	41
Tabla 13 Límites de Atterberg- Consistencia del suelo.....	43
Tabla 14 Composición del mampuesto.....	44
Tabla 15 Clasificación de la muestra de suelo a usar en los mampuestos.....	45
Tabla 16 Tabla de cemento según HBR (Highway Research Borad, Inglaterra).....	45
Tabla 17 Porcentaje de cemento a usar según la clasificación cualitativa de suelos.....	46
Tabla 18 Porcentaje de cemento en 1cm ³	47
Tabla 19 Número de probetas tipo I establecidas para la dosificación.....	50
Tabla 20 Número de probetas tipo II establecidas para la dosificación	52
Tabla 21. Elaboración del postensado	57
Tabla 22. Contenido de humedad	62
Tabla 23. Análisis granulométrico de la muestra 1	63
Tabla 24. Datos y resultados del ensayo de Proctor estándar de la muestra 1	65

Tabla 25. Esfuerzos de las muestras M1, M2 Y M3 de 5, 7 y 28 días	67
Tabla 26. Esfuerzos de las muestras M1 y M2 de 5, 7 y 28 días.....	69
Tabla 27. Resultados del ensayo de compresión del muro de tapial postensado con suelo cemento.....	72
Tabla 28. Fuerza aplicada en el muro horizontal.....	73
Tabla 29. Falla del muro I.....	75
Tabla 30. Falla del muro II	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estados de consistencia. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	26
Figura 2: La tierra absorbe agua, empieza a hincharse Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	28
Figura 3: Comportamiento térmico / inercia térmica. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	29
Figura 4: Tapial con refuerzo con carrizo. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022.....	30
Figura 5: Combinación para suelo cemento. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	30
Figura 6: Tapia con refuerzo con geomalla. Fuente: Norma E80, 2022.....	31
Figura 7: Compactación con mazo de madera. Fuente: Imhoff Felipe, 2010.....	32
Figura 8: Esquema de la metodología de la investigación. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	37
Figura 9: Ubicación gráfica de las muestras tomadas. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	38
Figura 10: Proceso - Ensayo contenido de humedad. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	41
Figura 11: Proceso - Ensayo de granulometría. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	42
Figura 12: Proceso – Ensayo de Proctor Básico. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	42
Figura 13: Proceso – Ensayo consistencia del suelo. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	43
Figura 14: Estructura del volumen del mortero. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	48
Figura 15: Relación de cemento, arena y agua. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	48
Figura 16: Proceso de elaboración de probetas tipo I. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	50
Figura 17: Ensayo de resistencia a la compresión y muestras probeta tipo I. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022.....	51

Figura 18: Proceso de elaboración de probetas tipo II. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	52
Figura 19: Ensayo de resistencia a la compresión y muestras probeta tipo II. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	53
Figura 20: Elaboración del encofrado para el muro 1m x1m de tapial postensado con suelo cemento a escala. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	54
Figura 21: Compactación del muro de tapial postensado con suelo cemento a escala. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	55
Figura 22: Prueba de caída Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	55
Figura 23: Mezclado del material. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	56
Figura 24: Esquema de la aplicación de la fuerza. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	58
Figura 25: Aplicación de la fuerza del muro 2 en ambas varillas. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	58
Figura 26: Fuerza aplicada al muro1 Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	59
Figura 27: Fuerza aplicada al muro1 Fuente: Pastuña & Vallejo,2022	59
Figura 28: Planos estado actual y propuesta. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	61
Figura 29: Porcentaje de límite de humedad. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	63
Figura 30: Curva Granulométrico de la muestra 1. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022.	64
Figura 31: Curva: Densidad seca vs contenido de humedad de la muestra 1. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	66
Figura 32: Porcentajes del contenido de humedad de 4 muestras. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	66
Figura 33: Esfuerzos promedios de las muestras M1, M2 Y M3 de 5, 7 y 28 días. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	68

Figura 34: Esfuerzos promedios de las muestras M1 y M2 de 5, 7 y 28 días. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	69
Figura 35: Planos estado actual y propuesta. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022	78

RESUMEN

Este trabajo de investigación se basa en el estudio de las propiedades del suelo del sector Chorrera –Mirador, como contenido de humedad, granulometría, proctor estándar y límites de consistencia, asegurando un correcto conocimiento base del material, de tal manera que se clasifica el suelo (agregado) que es la muestra de trabajo con el que se realiza los especímenes.

Se propone crear una propuesta alternativa (tapial de suelo cemento post-tensado), se realizaron dos tipos de probetas con distintas dimensiones, variando sus porcentajes de cemento (9%, 30% y 40%), los mismos que fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión, donde las que poseían el 40% de cemento tendieron a presentar un incremento en su resistencia a la compresión. A partir de estos resultados base, se elaboró un muro de tapial postensado a escala (1x1x0.25m), con el 40% de cemento, que de igual manera fue sometido a ensayo de resistencia a la compresión.

En esta investigación se exponen importantes resultados demostrando que el suelo cemento compactado con un sistema postensado mejora la resistencia a la compresión permitiendo la combinación de técnicas tradicionales y contemporáneos, lo cual permite avanzar en una propuesta constructiva alternativa.

Palabras clave:

Tapial de suelo cemento post-tensado, resistencia a la compresión, muro de tapial, compactado, técnicas tradicionales y contemporáneos.

ABSTRACT

This research work is based on the study of the soil properties of the Chorrera-Mirador sector, such as moisture content, granulometry, standard proctor, and consistency limits, ensuring a correct base knowledge of the material in such a way that the soil is classified. (added) which is the working sample with which the specimens are made.

It is proposed to create an alternative proposal (post-tensioned cement soil rammed earth). Two types of specimens with different dimensions were made, varying their percentages of cement (9%, 30%, and 40%). The same % was subjected to compressive strength, whereas those with 40% cement tended to present an increase in their compressive strength. From these base results, a post-tensioned rammed earth wall was made to scale (1x1x0.25m) with 40% cement, which was also subjected to a compressive strength test. In this research, significant results are presented, demonstrating that the cement soil compacted with a post-tensioned system improves the compressive strength, allowing the combination of traditional and contemporary techniques to advance in an alternative construction proposal.

Keywords:

Post-tensioned cement soil rammed earth, compressive strength, rammed earth wall, compacted, traditional and contemporary techniques.



Firmado electrónicamente por:
MARCELA PATRICIA
GONZALEZ ROBALINO

Reviewed by:
Mgs. Marcela González Robalino
English Professor
c.c. 0603017708

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La tierra cruda es utilizada como material de construcción desde el inicio de la humanidad, al ser de fácil obtención y encontrarse disponible en gran cantidad en cualquier lugar, como material base.

En la actualidad aun 1/3 de la población mantiene a este material como base de sus edificaciones, conservando lo sistemas constructivas tradicionales y otros que han implementado experimentación e investigación para la innovación de dichas construcciones a base de nuevas tecnologías.

La tierra como elemento para materializar construcciones han permanecido, su bajo impacto ambiental y la variedad de técnicas existentes para trabajar este material han permitido la transcendencia de su uso en demandas habitacionales a lo largo de todo el mundo, no ha estado exenta de la innovación a partir de la investigación, ejemplos como Martin Rauch y Marcelo Cortes, que se han dedicado a este tipo de construcciones, así como a nivel Ecuador encontramos a Ramma, Arquitectura X, entre otros, que son estudios que se dedican a construir a base de tierra en los diferentes sistemas constructivos vernáculos en el país.

A partir de este material como base en la construcción y la selección de un sistema constructivo tradicional basado en muros de carga, la presente investigación se basa en el estudio del suelo del sector Chorrera Mirador, donde se encuentran viviendas con características constructivas vernáculas y la tierra como principal material constructivo, por ende se pretende implementar un estudio de suelo cemento post tensado para verificar las propiedades de la tierra del lugar con el fin de que la comunidad aproveche tanto cultural, constructiva y económicamente este tipo de investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Problemática

La construcción con tierra es una técnica tradicional, económica, accesible y bastante versátil, que a pesar de sus abundantes cualidades, ha perdido interés y credibilidad frente a la evolución tecnológica, debido a que esta técnica tradicional lleva asociados algunos prejuicios ya que en el ámbito popular puede ser relacionada con la pobreza, con su poca durabilidad, con su falta de resistencia ante impactos naturales, por ello se percibe cómo las técnicas tradicionales, mano de obra limitado y el uso del material (tierra) se va perdiendo y van tomando lugar construcciones con materiales convencionales.

Actualmente es preocupante ver como a tierra ha sido un material de evolución lenta en comparación al resto ya que no es un material estandarizado, esto depende de la ubicación ya que la composición de la tierra puede variar en gran medida. Esto evita una normalización de la preparación de la tierra cruda y se requiere de conocimiento del campo.

Justificación

Riobamba aún posee comunidades con descendencia Puruhá, como es el caso del sector Chorrera-Mirador 2/3 de su población aún viven en casas edificadas en un sistema constructivo tradicional y que su población en un 13.4% (Cecibel González, n.d.), se dedica al área de construcción. Se reconoce al lugar como un pueblo lleno de cultura, tradición e historia, que con el pasar de los años ha ido en decadencia su arquitectura vernácula, al existir problema de nivel económico las nuevas generaciones salen en busca de alternativas para fuentes de ingreso, al poseer bases para la construcción, regresan a su origen con nuevas tecnologías insertando otros materiales al medio que no se comparan

con las características mecánicas de los materiales autóctonos utilizados en sus casas tradicionales.

Una nueva propuesta, presentado como alternativa para el sector, es que se utilice una técnica constructiva en tapial, reutilizando material del lugar, para poder rescatar la arquitectura existente y conservar las características de habitar, mejorando sus propiedades mecánicas como material de construcción a la tierra.

Mediante esta investigación se pretende llegar a la concientización de una cultura que no se ha dejado vencer a pesar de los tiempos y las circunstancias, implantados en un lugar con características térmicas bajas, y sus viviendas han sido la manifestación de tipo cultural con el que se les ha caracterizado, y que es indispensable que sean preservadas a través del tiempo, por lo que se tiene como objetivo brindar un documento que les permita reconocer la factibilidad de construcción usando un sistema constructivo tradicional (tapial) incrustado con nuevas tecnologías constructivas como es el suelo cemento y el pos-tensado, con el cálculo de ensayos que ofrecen los datos de resistencia y la metodología para realizar una dosificación adecuada a las características mecánicas de la tierra, como un ejemplo virtual en 3D con el que se pueden guiar para ejecutar una construcción a nivel macro diseñado a las necesidades y entorno del lugar.

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Investigar las propiedades del suelo de La Chorrera –Mirador para el uso en el sistema constructivo contemporáneo tapial de suelo-cemento post-tensado.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las muestras de tierra cruda del Sector Chorrera Mirador.
- Analizar la dosificación de materia prima y elaborar un módulo a escala para ensayos de prueba.
- Aplicación del sistema constructivo contemporáneo tapial de suelo-cemento post-tensado modelo virtual a escala de un caso de estudio de vivienda en el Sector Chorrera Mirador.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Construcción en tierra en Ecuador

La tierra es el material más abundante y disponible en poblaciones rurales del Ecuador, según (Gatti, 2012) “Considera a la tierra como un material técnico por su versatilidad que permite obtener una gran variedad de posibilidades en cualquier proyecto”. A pesar de sus abundantes cualidades, la tierra perdió el interés y la credibilidad debido al rechazo que tuvo a partir de la industrialización en el sector de la construcción.

La sociedad y varios investigadores han vuelto a la mirada hacia la tierra cruda como material de construcción e investigación buscando rescatar el conocimiento de técnicas utilizadas en el pasado e implementando técnicas contemporáneas e innovadoras haciéndolos más simples y sencillos.

2.1.1. Técnica de construcción en adobe

Según la definición de la Norma Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) “Es una unidad o elemento sólido de tierra disecada con forma de prisma regular, normalmente reforzado por fibras vegetales o sintéticas de acuerdo con norma vigente; la tierra deberá cumplir con la granulometría apropiada, según norma de construcción con adobe en la sección 10.5.7 de esta norma.”

Los adobes son piezas de tierra compuesto por arena, arcilla y gravas de diferentes tamaños, también contienen fibra vegetal como paja; por lo general se realizan mediante moldes y no son apisonados; posteriormente son sumergidos en agua por un determinado tiempo para luego extraer el bloque y simplemente se dejar secar al sol.

2.1.1.1. Tipos de tierra

Según La norma peruana NTE E.080, como requerimiento general propone porcentajes en volumen para la unidad de adobe:

Tabla 1 *Porcentajes en volumen para adobe*

Arcilla 10%	Limo 15%	Arena 55-70%
-------------	----------	--------------

Fuente: (Norma et al., 2006)

2.1.2. Técnica de construcción en tapial

El tapial fue usado principalmente por comunidades andinas, mismo que se caracterizan por su clima templado y frío; Por ende, el espesor del muro confiere a éste, es adecuada ya que responde muy bien a la inercia térmica para controlar los picos de temperatura en estos tipos de climas.

Para entender la definición de la técnica del tapial (ver Tabla 2), actualmente esta técnica de construcción en el Ecuador es raramente usada ya que muy pocas personas han heredado el conocimiento de esta técnica.

La información de la técnica en mención es muy limitada dentro de la norma técnica ecuatoriana (INEN), no obstante, se sugiere revisar a la norma peruana E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada).

Tabla 2 *Técnica de construcción con tapial*

<i>TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN CON TAPIAL</i>	
	Extracción de tierra cruda y tamizado de la misma.
	Es amasada con agua, para formar una mezcla homogénea.
	Se vierte al encofrado que consiste en paredes laterales con espesores (de 30 a 50cm) y dimensiones determinadas.
	El suelo es vertido en capas de 15 cm y se compacta la tierra mediante un pisón hasta llegar a 10cm aproximadamente.
	Finalmente se desmolda y se adecua para el siguiente tapial.

Fuente: (Mendoza Garcia & Torrealva Dávila)

2.1.2.1. Componentes del tapial

Para aumentar la resistencia a la compresión del material es apisonando con el fin de comprimirla y obtener un elemento más denso esto se puede hacer de manera manual o mecánico. Este material se compone por gravas y arena que cumplen con la función de transmisión de cargas y las arcilla actúan como una unidad cohesiva.

A. Composición mineralógica

Existen diferentes tipos de tierra y no todas son adecuadas para la construcción, una de las características principales de la tierra es que no debe tener humus para un mejor funcionamiento, y la composición de esta se conforma de arena, limos y arcilla.

Tabla 3 *Composición mineralógica*

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	
Gravas y arenas 	Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm (según Normas Técnicas Peruanas y/o las mallas N° 30 y N° 4 ASTM) que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado.
Limos 	Son suelos de partículas entre 0.002 mm y 0.08 mm, cuyo material es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendidos
Arcillas 	Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menos de 0.055mm que al contacto con el agua tienen la capacidad de convertirse en plásticas, dúctiles y maleables.

Fuente:(Wilfredo Chuqui Paucar; Ronald Augusto Ruelas, 2018)

B. Suelos adecuados para construir con tapial

Por lo general para la correcta selección de suelo para la construcción de elementos estructurales (muros de tapial), se realiza por métodos específicos como mecánica de suelos, estudiando el comportamiento de este mediante ensayos de granulometría.

B.1. Granulometría

En la composición granulométrica se hallan los porcentajes de cada tamaño de partícula de grava, arenas y limos, mismos que se representa en una curva de distribución granulométrica.

Existen varias recomendaciones de autores acerca de las composiciones granulométricas para muros de tapial.

Tabla 4 Cuadro de granulometría recomendadas

CLASIFICACIÓN	% CRATERRE	% CEET Y DES	% SAZS 724	% PIET*
Grava	0-15	5-20	50-70	10-20
Arena	40-50	40-65		10-40
Limo	35-20	15-25	15-30	20-40
Arcilla	15-25	10-30	5-15	10-40

Fuente: (Wilfredo Chuqui Paucar; Ronald Augusto Ruelas, 2018)

B.2. Plasticidad

Atterberg desarrollo ensayos que nos permiten conocer de la forma más sencilla ciertas propiedades de la tierra que ayudan a medir los valores de humedad del suelo en diversos estados de consistencias, Albert demostró que la plasticidad de una arcilla se deduce en dos parámetros:

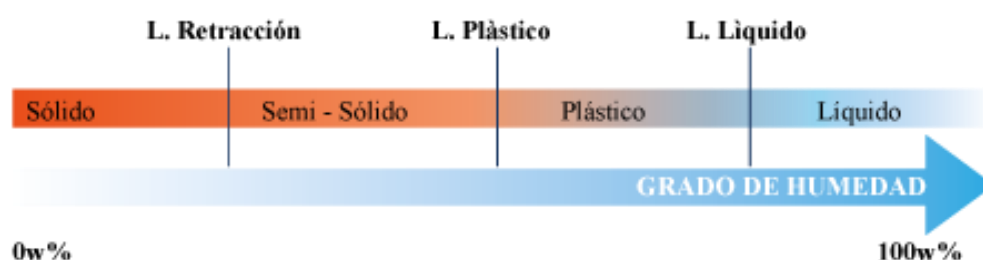


Figura 1: Estados de consistencia. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

1. Índice de plasticidad, indica los intervalos de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica. (Puy Santín, 2005)
2. Límite líquido, es la humedad que contiene un suelo mismo que se comporta como un material plástico, donde su viscosidad esta enteramente regida por la temperatura.

Tabla 5 *Límite líquido e índice de plasticidad para la construcción en tapial*

REFERENCIA	PLASTICIDAD	
	Límite Líquido	Índice Plástico
Piet 70	<40	6-22
Houben y Guillaud	25-46	2-30

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

B.3. Compactación

La compactación del suelo se enfoca en eliminar espacios vacíos, amentando así su densidad y, en consecuencia, la capacidad de soporte siendo capaz de soportar distintos pesos y fuerzas como también mejorando la estabilidad de las propiedades del suelo entre otros beneficios más, como el aumento de la resistencia y disminución de la deformación.

2.2. Factores determinantes en la construcción de tapial

La tierra por ser un material natural a simple vista se desconoce su composición, mismo que dependerá de factores que hayan incidido en ella. Es recomendable extraer la tierra bajo la capa vegetal, es decir sin raíces y restos vegetales. (Raquel Catalán Diez, 2012)

Es importante conocer los porcentajes en las que se presenta cada componente de tierra, ya que de esto dependerá del tipo de material que se obtenga.

En la proporción del material todos toman un papel fundamental. La arcilla que actúa como un conglomerante natural, aportando cohesión y plasticidad, esto ayuda a que el

muro de tapial actúe de manera eficiente y sea lo necesariamente solido para soportar esfuerzos, En cambio, la arena aporta resistencia frente a cualquier carga y fortalece el material de construcción. (Raquel Catalán Diez, 2012)

2.2.1. Comportamiento ante el agua

Como bien se sabe el agua es el componente clave para este tipo de construcción ya que es el elemento que activa las fuerzas de cohesión de la mezcla de tierra, por ende, hay que tomar muy en cuenta a la hora de construir, debido a que la tierra tiene gran capacidad para absorber vapores de agua.

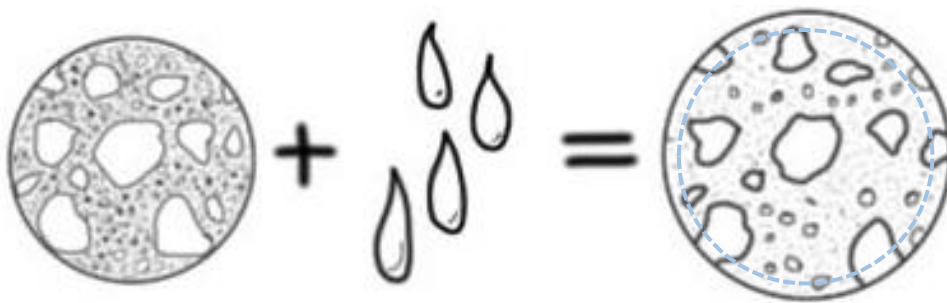


Figura 2: La tierra absorbe agua, empieza a hincharse Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Por lo general las construcciones que son hechas con tierra se ven obligados a proteger ya sea mediante estabilizadores o aglomerantes que permitan la impermeabilidad ante el contacto con el agua con el fin de asegurar la durabilidad de los muros de tapia.

2.2.2. Comportamiento térmico / inercia térmica

El muro de tapial resulta ser pesado, aislante y transpirable, permite la acumulación de una gran cantidad de calor, que puede ser liberada gradualmente y también ayuda a regular el contenido de humedad de los espacios interiores mejorando el confort de la vivienda (ver Figura 3).

La inercia de la tierra que compone el muro permite mitigar las pérdidas y ganancias de temperatura del interior respecto al exterior de la construcción. (Castellarnau, 2013)

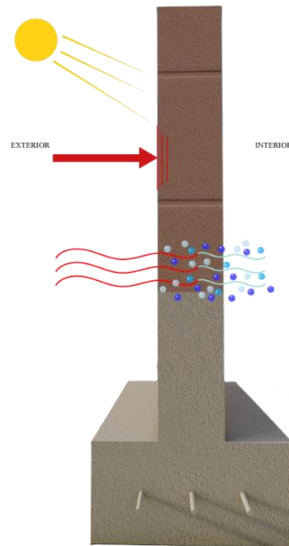


Figura 3: Comportamiento térmico / inercia térmica. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

2.3.Ventajas y desventajas de la construcción en tapial

Tabla 6 *Ventajas y desventajas de la construcción en tapial*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Materia prima fácil, abundante y económica	Durabilidad
Proceso de fabricación	Limitaciones estructurales
Bajo impacto ambiental, ecológico	Poca aceptación social en general
Buen comportamiento bioclimático, Higroscópico y saludable	La tierra se agrieta al secarse
Aislante ignifugo	La necesidad de mayor material de encofrado
Fonoabsorbente	La necesidad de contar con andamiaje en todo el perímetro de la obra

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

2.4. Refuerzos del tapial

2.4.1. Tapial con refuerzo con carrizo

Antiguamente se usaban refuerzos vegetales verticales como el carrizo que eran colocados dentro del muro para aumentar su estabilidad, eran colocados aproximadamente de 2 cm de espesor, estos eran anclados con el sobrecimiento y fijados en el encadenado, como resultado se obtenía un elemento que tiene aproximadamente 4 veces más resistencia. (Gernot Minke, 2001)

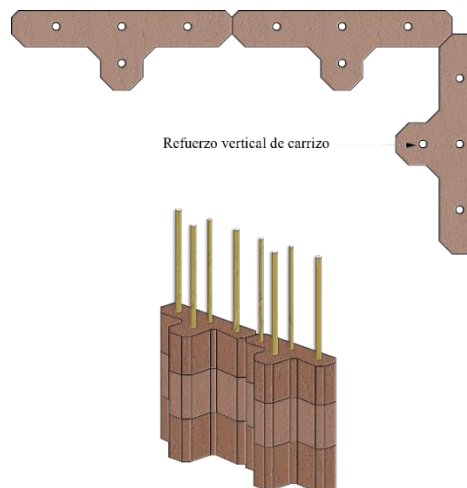


Figura 4: Tapial con refuerzo con carrizo. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

2.4.2. Tapial con suelo cemento

La tierra que a pesar de tener características aislantes y resistentes puede estar sometida a un proceso de estabilización, adicionando cemento portland y agua, mismo que produce reacciones físico y químicas teniendo como resultado densidades altas y produciendo un endurecimiento más efectivo. (Pablo Barro & Felipe Imhoff, n.d.)

Este nuevo material permite soportar esfuerzos a la compresión, en cuanto a su durabilidad reacciona positivamente ante la acción de los agentes atmosféricos.



Figura 5: Combinación para suelo cemento. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

2.4.3. Tapia con refuerzo con geomalla

La aplicación de la geomalla (mallas sintéticas de nudos integrados) debe ser externo y embutido en el enlucido, como refuerzo del tapial, por consiguiente, se analiza la norma peruana Norma Técnica E.080 (Nacional De Edificaciones, n.d.) del RNE para tener las siguientes consideraciones:

Como material de refuerzo debe cumplir con características tales como:

- Debe tener una retícula rectangular o cuadrada, con o sin diagonales interiores, con una abertura máxima de 50 mm. Y nudos integrados
- Capacidad de tracción mínima de 3.5 kN/m, (356.9 kgf/m) en ambas direcciones, elongación de 2%
- Garantizar la flexibilidad y durabilidad de uso embutido en la tierra.

Condiciones de uso:

- Los muros portantes y no portantes, incluyendo los vanos, deben envolverse con las geomallas tensadas uniformemente, se deben conectar en ambas caras con cuerdas sintéticas, con una separación de 0.3m.
- La malla debe estar anclada al sobrecimiento y a la viga respectivamente, se ser posible traslapada.
- El uso de la malla, que sea de otro tipo, será permitido si se acredita su capacidad sismorresistente en ensayos cíclicos a escala natural.

Una vez concluido con el trabajo se limpia el muro y se prosigue a renovar un poco de barro. (De et al., n.d.).

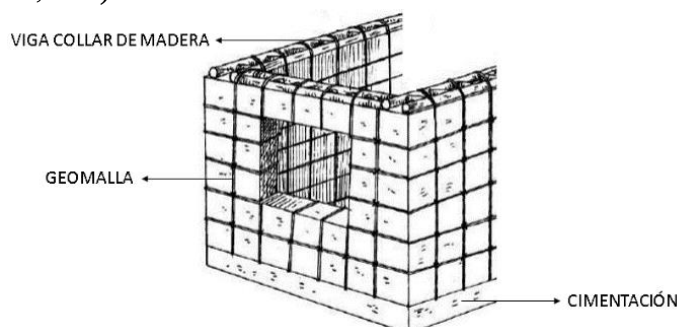


Figura 6: Tapia con refuerzo con geomalla. Fuente: Norma E80, 2022

2.4.4. Tapial postensado

El sistema constructivo ingenieril consiste en la aplicación de fuerzas de tensión en tensores colocados verticalmente en cavidades dentro del muro, esta solución permite mejorar la estabilidad equilibrando las fuerzas laterales aplicadas, así que, se coloca tendones de acero o varillas de $\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ " revestidas de tubo PVC que reposan en un sobrecimiento con una durmiente de madera y un anclaje inferior, la distancia entre tensores no posee un cálculo en específico, varía de 45 a 55cm, una vez fabricado el encofrado, se procede con la compactación de la tierra por capas entre 10 y 15 cm, con un mazo de madera de alrededor 10kgf. El ancho del muro varía según la altura de este.

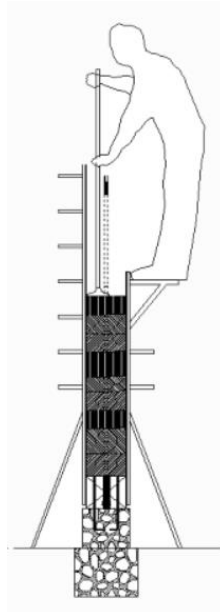


Figura 7: Compactación con mazo de madera. Fuente: Imhoff Felipe, 2010

El esfuerzo al que se somete la varilla es opuesto a la fuerza producida por las cargas de trabajo lo que provoca aumentar la capacidad de carga, induciendo así la eficiencia y durabilidad del sistema.

Se puede utilizar menos cantidad de tensores a mayores distancias, es una de las ventajas de utilizar el postensado, incluso ayuda con la esbeltez necesaria en algunos proyectos.

En la presente investigación se determinará la caracterización del suelo de la comunidad Chorrera Mirador, y mediante el estudio de los antecedentes en muros de tapial, aplicar refuerzos verticales en acero postensado, con ensayos científicos, analizar si la resistencia se encuentra dentro de la normativa, para la factibilidad constructiva con la técnica contemporánea en tapial postensado en el sector.

2.5.Comportamiento estructural del tapial

Para compresión el tapial actúa de manera eficiente, lo que le permite soportar las cargas de gravedad, la resistencia del muro de tapial depende de su capacidad de absorber esfuerzos de corte, sin embargo, para cuando debe soportar cargas laterales perpendicularmente al plano del muro, provoca fallas en el mismo.

Para el diseño con muros de tapial es necesario considerar la esbeltez, luces, vanos y esquinas, se adaptan para que no se produzcan pandeos o se debilite la estructura.

2.5.1. Características mecánicas del tapial

Para interpretar las características mecánicas del tapial, se refieren a la capacidad que posee el material para resistir fuerzas ejercidas sobre ella. En el tapial por lo general actúan dos o más esfuerzos a la vez, que son: axiales con flectores, axiales con torsores, flectores con torsores o axiales con torsores y flexores, es importante identificar estas combinaciones, para identificar si son el resultado de esfuerzos cortantes o esfuerzos normales.

2.5.2. Compresión axial

El esfuerzo a la compresión resulta de la tensión o presión que existe dentro de un sólido deformable, se caracteriza porque se reduce el volumen del cuerpo o existe un acortamiento del cuerpo denominado coeficiente de Poisson.

Las estructuras que son portante de tierra soportan sin ningún problema los esfuerzos de compresión, dependiendo de factores como: las características que influye

la mezcla; la proporción de la cantidad de la mezcla en especial el del agua; el resultado de la mezcla; colocación y compactación de la mezcla.

2.5.3. Esfuerzo cortante

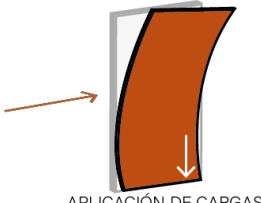
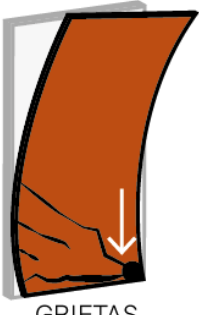
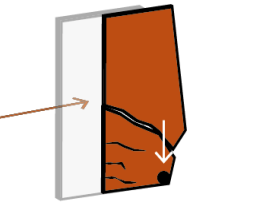
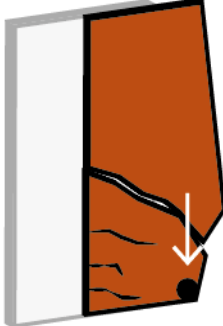
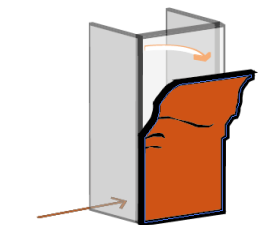
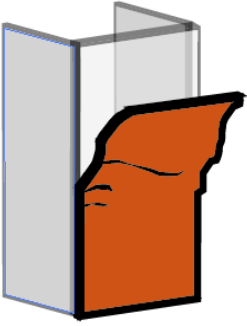
El esfuerzo cortante se produce por el deslizamiento de una sección al lado contrario de la otra, las mismas actúan de manera paralelas al plano donde se asienta. Cuando existe una fuerza que provoque una fuerza aplicada directamente, y se ejerce de manera que se deslice sobre la sección adyacente, el corte ocurre paralela a la carga aplicada.

2.5.4. Mecanismos de falla

Las construcciones de tapial a lo largo de la historia se han visto vinculada a eventos de vulnerabilidad ya sea por agentes patógenos o por actividad sísmica, lo que ha llevado al deterioro de los materiales.

2.6. Tipos de falla

Tabla 7 Tipos de falla del tapial

TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN DE ESFUERZOS	APARICIÓN DE GRIETAS
Falla por flexión	Se producen por la aparición de grietas en las esquinas superiores en los encuentros de los muros, producido por fuerzas externas que actúan y debido a la poca resistencia a la tracción del tapial.	 APLICACIÓN DE CARGAS	 GRIETAS
Falla por cortante	Cuando se somete a esfuerzos horizontales, que actúa paralelo al plano del muro, se generan estas grietas, por lo general se presentan de manera escalonada, ubicadas en unión de vanos y esquinas	 APLICACIÓN DE CARGAS	 GRIETAS
Falla por volteo	Se producen estas fallas al ser elementos totalmente independientes, cuando se somete a grandes esfuerzos, como los sísmicos, se producen momentos siendo mayor al momento resistente, el muro colapsa generando la pérdida total por ser un sistema constructivo estructural.	 APLICACIÓN DE CARGAS	 GRIETAS

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La metodología proyectada es de tipo cuantitativa, ya que las variables dependientes serán sometidas a experimentación mediante las etapas de elección de la toma de muestras, ensayos, y análisis de datos, para conocer las propiedades del suelo, y comprobar la factibilidad para aplicar a la construcción del sistema constructivo en tapial, y mejorar las características de este, mejorando el suelo con una correcta dosificación y posterior el muro con refuerzos verticales postensados.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es experimental, se usa los datos recolectados para comprobar la factibilidad del suelo, en la aplicación del sistema constructivo de tapial postensado, aplicando los ensayos necesarios para la comprobación de datos que favorezcan a la construcción con este sistema tradicional contemporáneo en la comunidad Chorrera Mirador.

3.3. Diseño experimental

3.3.1. Tipo de diseño

El proceso metodológico de la presente investigación se desarrolla mediante la aplicación de una investigación mixta que permite unir dos etapas de carácter cuantitativo y cualitativo para la obtención de resultados y datos requeridos. Este tipo de investigación permite el desarrollo completo, mientras se interpreta los datos a la par de los objetivos general y específicos.

Comprende las premisas para una posterior elaboración del muro post tensado, con la finalidad de que la materia prima sea la óptima.

Se analiza el comportamiento del suelo cemento aplicado al muro con la técnica constructiva contemporánea en tapial postensado y la elaboración de un modelado virtual de una vivienda analizada en el sector Chorrera Mirador.

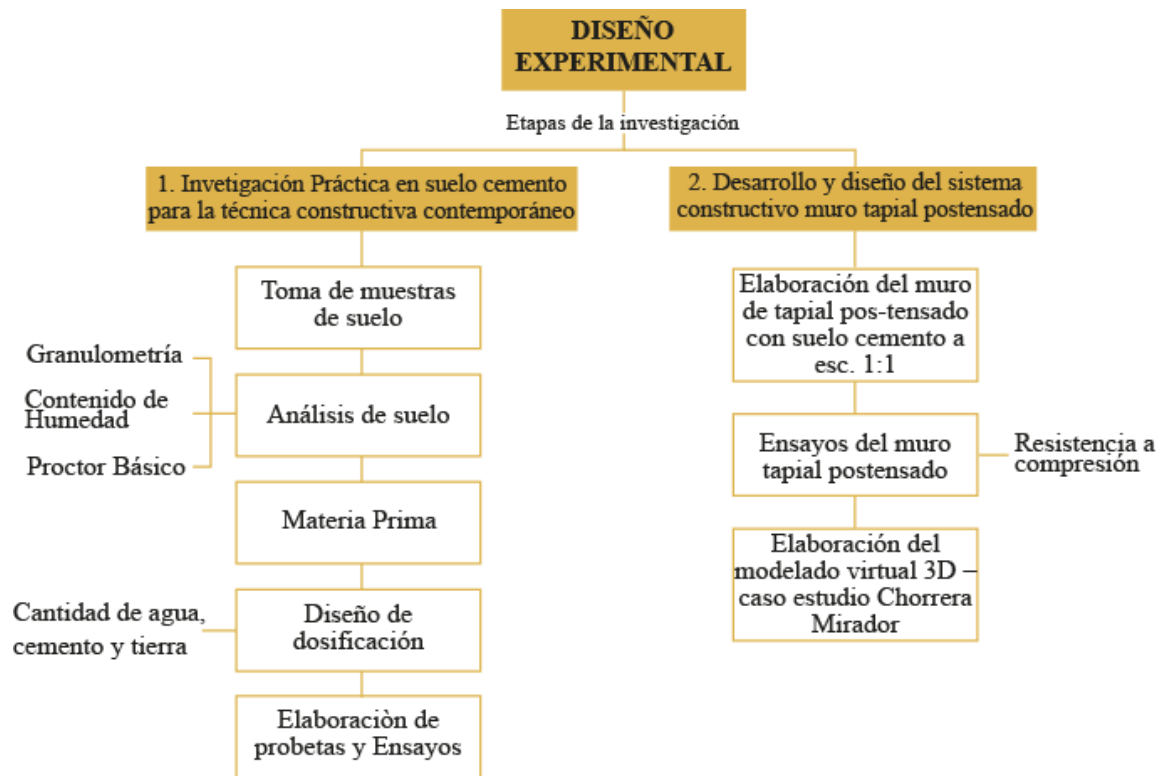


Figura 8: Esquema de la metodología de la investigación. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

3.4. Investigación práctica en suelo cemento para la técnica constructiva contemporánea

3.4.1. Toma de muestras de suelo Chorrera Mirador - Provincia Chimborazo

Ubicación grafica de las muestras tomadas del sector Chorrera Mirador, en la Avda. Panamericana (E492) ruta Riobamba – Guaranda.



Figura 9: Ubicación gráfica de las muestras tomadas. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

El número de muestra son (mín. 3 – máx. 5) según la norma INEN. Para esta investigación se tomaron 4 muestras siendo un valor intermedio, la extracción de estas se realizaron con excavaciones manuales hasta el estrato competente, con herramientas menores.

Se ha realizado la toma de muestras de 4 lugares para verificar si en el sector se caracteriza por poseer cualidades similares del suelo, y elaborar una dosificación en base a una clasificación general que beneficie el estudio.

Tabla 8 Toma de muestra 1

Muestra 1 (M1)			
Coordenadas:	X: 740477.70	Y:9830568.3	Z:3891
			

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

Tabla 9 Toma de muestra 2

Muestra 2 (M2)			
Coordenadas:	X: 740672.50	Y: 9830317.5	Z:3865
			

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

Tabla 10 Toma de muestra 3

Muestra 3 (M3)			
COORDENADAS:	X: 740684.70	Y: 9830291.4	Z:3844
			

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

Tabla 11 Toma de muestra 4

MUESTRA 4 (M4)			
Coordenadas:	X: 740845.30	Y: 9830792.20	Z:3934
			

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

3.4.2. Análisis de suelo

Es prescindible conocer las propiedades mecánicas mediante ensayos científicos para que con los resultados podamos determinar la composición de este.

Tabla 12 Tipos de ensayos físicos y sus normativas

TIPO	NOMBRE DEL ENSAYO	NORMATIVA NACIONAL	NORMATIVA INTERNACIONAL
NORMAS PARA ANALIZAR LA TIERRA	Ensayo Contenido de Humedad	NTE INEN 862	ASTM 2216
	Ensayo de Granulometría	NTE INEN 0697	ASTM D-422-63 / AASHTO T 88
	Ensayo de Proctor Básico		ASTM - D698

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

3.4.2.1. Contenido de humedad natural

Se conoce al contenido de humedad (w) de mediante la relación del peso natural del suelo y el peso secado al horno, es determinado mediante un método termogravimétrico, cuando se determina la pérdida de peso a la evaporación de la humedad, la temperatura del horno debe ser controlada a 110 ± 5 °C, la fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$w = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

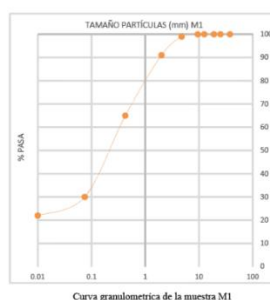


Figura 10: Proceso - Ensayo contenido de humedad. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

3.4.2.2. Ensayo de Granulometría

Este ensayo consiste conocer el porcentaje en peso, la distribución de las partículas del suelo. Las muestras de suelo pasan por varios tamices de manera descendente hasta el tamiz (No. 200), las partículas retenidas en cada bandeja se pesan para obtener el porcentaje en peso, estos resultados se representan a través de una curva granulométrica, en este caso se muestra la cantidad de arena, limos y arcillas de la muestra (M1), (ver anexos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).

ENSAYO GRANULOMÉTRICO



M1	
% de Grava	1
% de Arena	69
% de Finos	30



Lavado de muestras Tamices previamente ordenados Vertimos la muestra



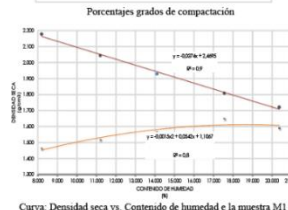
Agitamos los tamices por 10min Clasificamos el material retenido en cada tamiz Pesamos y calculamos el % retenido

Figura 11: Proceso - Ensayo de granulometría. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

3.4.2.3. Ensayo de Proctor Básico

La norma ASTM D – 698, establece que este método de ensayo es para determinar una relación entre la densidad seca y contenido de humedad, proporcionándonos bases para conocer el porcentaje de agua con el que alcanza su máximo grado de compactación. (Ver anexos 12, 13, 14,15).

ENSAYO DE PROCTOR BÁSICO



Curva: Densidad seca vs. Contenido de humedad e la muestra M1



Muestra seca en horno a 110 °C eliminamos terrones de la muestra Agregamos el 0%, 3%, 6%, 9% y 12% de agua



Colocamos tres capas, compactamos con 56 golpes con el pistón Nivelamos y registramos su peso Tomamos una muestra de suelo en dos taras y secamos en el horno

Figura 12: Proceso – Ensayo de Proctor Básico. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

3.4.2.4. Consistencia del suelo utilizando límites de Atterberg

Del ensayo granulométrico realizado anteriormente se reserva las partículas de suelo retenidas en el tamiz N°200, donde se utilizó para conocer los límites de Atterberg, pero al momento de realizar la mezcla del suelo seco más agua, se observó que, debido a las características del suelo, no existe una cohesión de las partículas, por lo tanto, es un suelo no plástico.

Tabla 13 Límites de Atterberg- Consistencia del suelo

AUMENTO DE HUMEDAD	SUELO	IP	LÍMITES DE ATTERBERG	PORCENTAJE
	ARENA LIMOSO	<4	Límite Líquido	100
			Límite Plástico	0
			Índice de Plasticidad	

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)



Figura 13: Proceso – Ensayo consistencia del suelo. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

3.4.3. Materia Prima

Para obtener una materia prima optima existen indicadores en cuanto a la caracterización, en la tabla 14 se muestra datos que recomiendan granulometrías adecuadas de suelo para hacer estabilizados con la adición de un material resistente que permite mejorar las propiedades de la tierra cruda.

Para esta investigación es importante que la tierra se estabilice con la adición de cemento para mejorar las características del suelo ver tabla, que sea resistente y que al secarse se comprima muy poco.

Tabla 14 *Composición del mampuesto*

<i>MATERIAL</i>	<i>RECOMENDACIÓN</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Suelo	Recolección de suelo que cumpla con ciertas características: Arcilla 10% Arena 70% Limos 20% Selección de suelos con capacidades seguras para ser seleccionado como estructural según (CORRAL, 2008)	Las 4 muestras extraídas se analizaron en laboratorio y los datos arrojados resultan ser suelos Arenosos Limosos (SM), en los 4 casos, por ende, se determina trabajar con esta clasificación general como conclusión a los ensayos elaborados y datos promediados.
Cemento Porlant	Que cumpla con los requerimientos de la norma INEN 152 “Cemento requisitos”	
ADITIVO: Plastificante 161 HE	Sustancia química, liquido, que reduce el agua, acelerando la resistencia, que cumple la norma ASTM C-494 Tipo E.	

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

3.4.4. Diseño de dosificación

A partir de los resultados del suelo de las propiedades físicas y mecánicas, se utilizó una dosificación acorde las particularidades de la tierra, por lo cual se realizó el diseño de dosificación con una de las muestras, siguiendo la clasificación del suelo, que se dispuso para la determinar del porcentaje de cemento a usar. (CORRAL, 2008)

Tabla 15 *Clasificación de la muestra de suelo a usar en los mampuestos.*

<i>SISTEMA DE CLASIFICACIÓN</i>	<i>TIPO DE SUELO</i>
SUCS	Arena limosa pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad
AASHTO	A-2-5 arena y grava arenosa o arcillosa
HBR	A-2 arena – limosa

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

Tabla de tipos de suelo según:

Tabla 16 *Tabla de cemento según HBR (Highway Research Borad, Inglaterra)*

<i>Tipo de suelo HBR</i>		<i>RANGO ESTIMADO DE CEMENTO</i>		<i>Contenido de cemento</i>
		% según el volumen	% según el peso	Recomendación en % de peso
A-1-a	Rocas, gravas, arenas	5 a 7	3 a 5	5
A-1-b		7 a 9	5 a 8	6
A-2	Grava y arena arcillosa o limosa	7 a 10	5 a 9	7
A-3	Arena fina	8 a 12	7 a 11	9 10
A-4	Suelos limosos	8	7 a 77	10
A-5		a 12	8 a 13 9 a 15	
A-6	Suelos arcillosos	10 a 14	10 a 16	12
A-7				13

Fuente: (Corral, 2008)

Tabla 17 Porcentaje de cemento a usar según la clasificación cualitativa de suelos

<i>TIPO DE SUELO</i>	<i>CANTIDAD DE CEMENTO SEGÚN EL PESO %</i>
Roca triturada, grava con arena y arcilla bien graduada	0.5 a 2
Arena bien graduada	2 a 4
Arena pobremente graduada	4 a 6
Arcilla arenosa	4 a 6
Arcilla limosa	6 a 8
Arcilla con plasticidad media	8 a 12
Arcilla con plasticidad alta	12 a 15
Suelos orgánicos	15

Fuente: (Corral, 2008)

Según la clasificación SUCS es Arena Limosa pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad, pero debido al diseño de dosificación que se realizó por volumen se examinó la recomendación establecida en el sistema HBR de tal forma que se consideró un 9% de cemento correspondiente al tipo de suelo A-2 cuyo porcentaje por volumen es de 7 – 10% y el porcentaje de cemento por peso es de 4 – 6%.

3.4.4.1. Dosificación usada

Se presento necesario el uso de dos dosificaciones para la elaboración de suelo cemento con la finalidad de realizar y presentar resultados mediante una dosificación basada en investigaciones previos de naturaleza similar, y otra dosificación investigativa-experimental siendo así que el diseño realizado es una dosificación a volumen debido a que los materiales que poseen diferentes densidades. Se plantearon diferentes muestras cuya variación fue del 10%, 30% y 40%, en la adición de cemento.

A) Primera dosificación:

Está basada en la bibliografía de Corral, y según la clasificación HBR como resultado de un suelo A-2 arenoso limoso, con una relación de peso para la cantidad de arena – cemento y una variable de cemento del 9 %, siendo la cantidad más alta debido al bajo índice de plasticidad del suelo del sector.

B) Segunda dosificación:

Corresponde a la experticia experimental donde esta se fundamenta a partir de los resultados obtenidos en la caracterización del suelo usada en la elaboración de los mampuestos, combinada con investigaciones bibliográficas a partir de una construcción realizada por (Tudela et al., 2012). La relación usada es cada 0.15 m³ de arena equivale a 4% de cemento, donde su dosificación permite llegar a la resistencia 20 kg/cm² por lo cual esta dosificación está dentro de los estándares óptimos para un sistema constructivo estructural. Sin embargo, la tierra del Sector Chorrera Mirador posee un suelo Arenoso – Limoso, siendo estas friables por tal motivo se vio oportuno agregar un 10% más a la dosificación establecida obteniendo así una resistencia favorable.

Tabla 18 Porcentaje de cemento en 1cm³

0.15CM ³	4%	
1CM ³	X	=26.6 ≈ 30%

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

3.4.4.2. Cálculo de la dosificación

Se explica que el volumen de mortero siempre será menor, esto se debe a que los huecos del cemento son rellenados por agua y a su vez los huecos entre los granos de arena son rellenados por cemento. Ingresando unos dentro de otros.

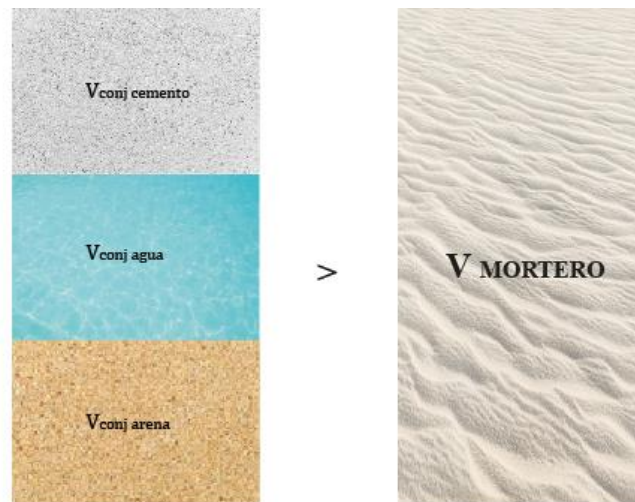


Figura 14: Estructura del volumen del mortero. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Entonces, se presume que el volumen del mortero es igual al volumen de arena, Es decir que para el muro de tapial requerimos 1m³ de arena y de mortero.

$$V_{arena} = V_{mortero}$$

La relación de componentes que manejamos para el muro de tapial en volumen o en peso es de 1:3:0.5, se calculó las cantidades correctas de cada uno de los elementos.

$$Relación = c ; a ; w$$

Donde:

c= cemento

a= arena

w= agua

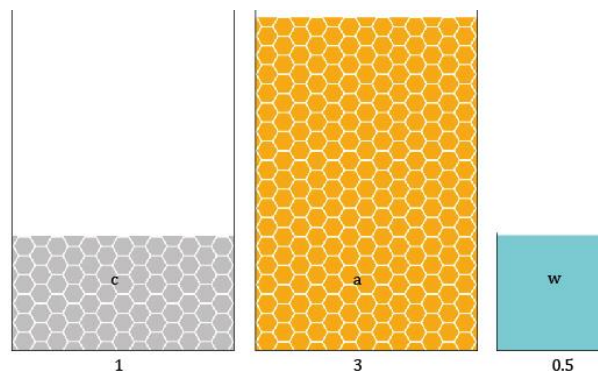


Figura 15: Relación de cemento, arena y agua. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Para determinar la cantidad exacta del cemento y del agua para el muro de tapial se calcula con las siguientes ecuaciones:

Donde:

$$V_{arena} = 1\text{m}^3$$

$$c = 1$$

$$a = 3$$

$$w = 0.5$$

$$V_{cemento} = \frac{V_{arena}}{a} \times c$$

$$V_{agua} = \frac{V_{arena}}{a} \times w$$

Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad que la cantidad de pasta puede ser superior al volumen de poros. Por consiguiente, se realizó una comprobación para demostrar que la cantidad de pasta cabe dentro de los poros de arena o no; por lo que se determina el volumen de los poros de la arena con la siguiente ecuación:

$$V_{poros\ arena} = V_{arena} - V_{real}$$

Es necesario determinar el volumen real que ocupa cada material, debido a que los materiales poseen distintas densidades, ya que la densidad aparente toma en consideración el volumen de poros mientras que la densidad real excluye a los mismos. Con la ecuación $d=p/v$, se puede determinar el volumen real que ocupa cada material.

$$Densidad = \frac{Peso}{Volumen}$$

$$V_{real} = \frac{Peso}{Densidad_{real}} = \frac{V_{material} * Densidad_{aparente}}{Densidad_{real}}$$

$$V_{pasta} = V_{real\ cemento} + V_{agua}$$

$$V_{poros} > V_{pasta} = \text{Cumple la teoría expuesta}$$

3.4.5. Elaboración de probetas y ensayos

A) Probeta tipo I

Para las probetas tipo I utilizamos moldes uno de acero y otro de plástico, los cuales cumplen con la norma INEN 488, el mismo que recomienda probetas con dimensiones de 0.05m x 0.05m x 0.05m (ancho largo y profundidad).

En la elaboración de las muestras simulamos la técnica tradicional utilizando tres capas y apisonando cada una de ellas. Se fabricaron 9 muestras para cada dosificación. (ver Tabla 19) las mismas que fueron desencofrados al siguiente día de su producción.

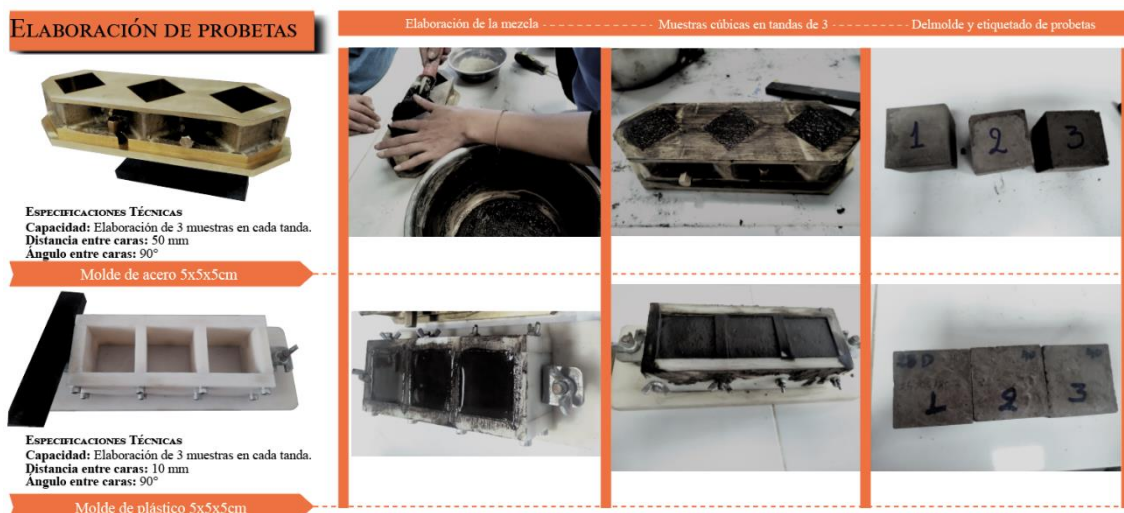


Figura 16: Proceso de elaboración de probetas tipo I. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Tabla 19 Número de probetas tipo I establecidas para la dosificación

PROBETAS NORMALIZADAS INEN 488			
Ensayos de Laboratorios	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
	Dosificación 9%	Dosificación 30%	Dosificación 40%
Compresión a 5 días	3	3	3
Compresión a 7 días	3	3	3
Compresión a 28 días	3	3	3

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

Ensayo de resistencia a la compresión para la probeta tipo I

Se elaboraron un total de 27 muestras (ver figura 17), cuyo objetivo fue someter a ensayo cada: 5, 7, 28 días por dosificación, para entender el comportamiento de las muestras y ver

como varía la resistencia a la compresión con relación al tiempo de secado, para el cual se realizó el siguiente procedimiento:

- Una vez pesado y medido, se ubica la muestra en un punto medio de la placa superior y la placa inferior para que la fuerza se aplique uniformemente.
- Una vez programada la velocidad de la carga aplicada que fue de 3mm/s, se procede a aplicar la carga.
- La placa superior se acomoda con relación a la muestra y empieza a dar carga. hasta deformar la muestra.

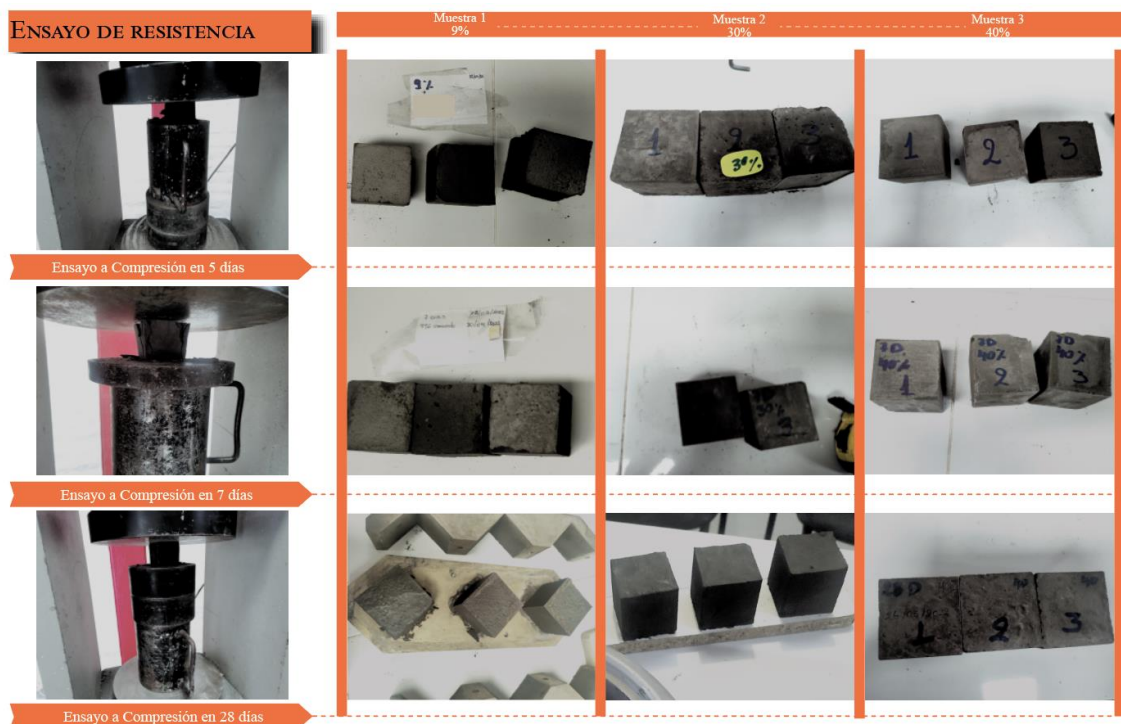


Figura 17: Ensayo de resistencia a la compresión y muestras probeta tipo I. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

El objetivo principal de realizar estas probetas tipo I (ver figura 17), fue para determinar el valor de la resistencia a la compresión de una muestra mínima de tapial con suelo cemento.

B) Probeta tipo II

Para la probeta tipo II, se realizó ladrillos de tapia, según la norma NE-SE-VIVIENDA Parte 2, el cual recomienda seguir la norma peruana E-80 para la elaboración de las probetas con dimensiones de 0.1m x 0.1m x 0.15m para ensayos a compresión.

Se consideró pertinente realizar 6 especímenes por dosificación (ver Tabla 20), como sugiere la norma E.080, los cuales fueron desmoldados al siguiente día.



Figura 18: Proceso de elaboración de probetas tipo II. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Tabla 20 Número de probetas tipo II establecidas para la dosificación

PROBETAS NORMALIZADAS E-80		
Ensayos de Laboratorios	Muestra 1	Muestra 2
	Dosificación	Dosificación
	10%	40%
Compresión a 5 días	3	3
Compresión a 7 días	3	3

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

Ensayo de resistencia a la compresión para la probeta tipo II

Se fabricaron 12 muestras en total para garantizar mejores resultados en su resistencia a los 5 y 7 días de secado y entender su comportamiento tras los días de secado que fueron sometidos cada uno.

La norma peruana E.080, establece que para los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la resistencia del material (probeta tipo II) a la compresión se realiza el siguiente procedimiento:

- La velocidad de carga aplicada fue de 3mm/s
- Las muestras ensayadas para este caso fueron 6 para cada mezcla, se descarta las dos peores y con las cuatro restantes se obtiene un promedio de resistencia.
- En este caso en específico se sugiere comprimir las muestras con golpes de un mazo de 5kg de peso, simulando la técnica del tapial.



Figura 19: Ensayo de resistencia a la compresión y muestras probeta tipo II. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Gracias a estas pruebas pudimos observar la variación que existe entre las probetas tipo I y II, en cuanto a su resistencia a la compresión, se observó que entre más esbelto sea el elemento, mayor será su resistencia, es decir mientras más rígido sea la muestra, menores serán sus deflexiones por lo cual el muro de tapial postensado dependerá principalmente del tamaño de las secciones transversal y longitudinal.

3.5. Desarrollo y diseño del sistema constructivo muro tapial postensado

3.5.1. Elaboración del muro de tapial postensado con suelo cemento a escala.

3.5.1.1. Dimensiones y proporciones de la unidad de tapial

Las dimensiones del muro de tapial se calcularon a partir del espesor, el mismo que dependerá de la altura es decir $d \geq h/8$ según la norma E80. Por lo que la altura tradicional de un entrepiso es 2.20 m como mínimo, sin embargo, en el sector Chorrera mirador la altura promedio es 2.00 m.

Entonces: $\frac{2.00 \text{ m}}{8} = 0.25\text{m}$ ancho del muro de tapial.

A) Encofrado

El encofrado para realizar el muro se realizó de manera tradicional utilizando madera de monte con las medidas calculadas para el alto, ancho y espesor (20 x 120 x 2) cm, se procedió al anclaje mediante clavos y amarres con alambre para posteriormente resanar con aceite quemado para un fácil desencofrado.

Para las soleras se utilizó tabloncillos de 5cm de espesor, colocado pletinas en modulo inferior al que se atornilla la varilla con rosca de 1" con arandela y perno, luego se procedió a ensamblar los tableros en los laterales, ajustando con alambre para obtener un desencofrado fácil.

Proceso de la elaboración del encofrado. (ver Figura 20).



Figura 20: Elaboración del encofrado para el muro 1m x1m de tapial postensado con suelo cemento a escala. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

B) Compactación

Según la norma E.80 para elaborar un tapial recomienda compactar con un pisón de peso de 10kgf aproximadamente. En este caso el número de golpes para el apisonado de cada capa se percibe un rebote del pisón que definirá la compactación total de este.

Para esta investigación se realizó 10 capas debido al tamaño de la muestra, cada capa se hizo de 0.15m de altura, que al compactarse llega hasta una altura de 0.10m aproximadamente por capa con el fin de lograr una mejor compactación de los componentes.



Figura 21: Compactación del muro de tapial postensado con suelo cemento a escala. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Mezclado del material

En este paso se procedió mezclar la tierra seca con el cemento para obtener una mejor homogeneidad de la mezcla, seguidamente se agregó agua y el porcentaje de aditivo propuesto en la dosificación. Hasta alcanzar su humedad óptima; esto se puede comprobar con la prueba de la caída de una bola de mezcla mismo que se rompió en más de 5 fracciones demostrando que la cantidad de humedad es correcta.



Figura 22: Prueba de caída Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

MEZCLA SUELO-CEMENTO

Mezcla de tierra y cemento

Agua y aditivo

Integración homogénea de la mezcla



Figura 23: Mezclado del material. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

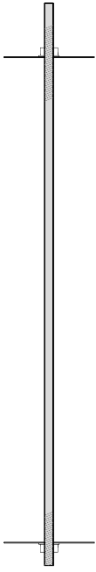
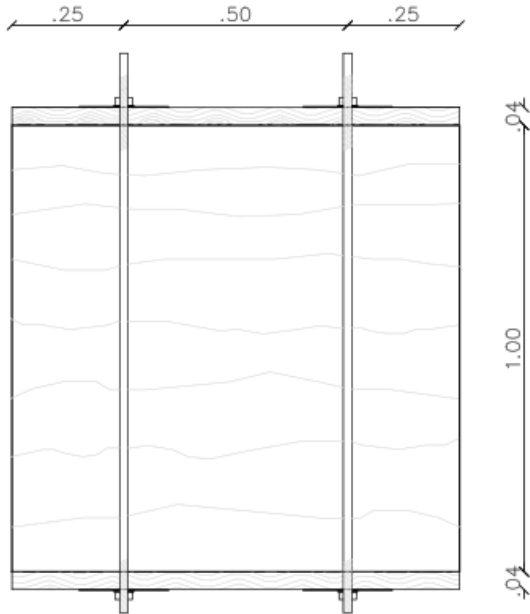
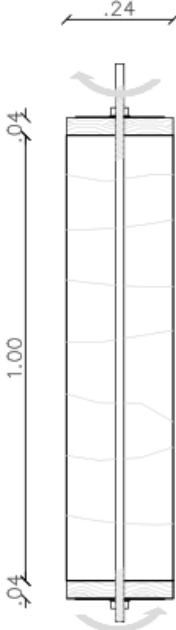
C) Postensado del muro

Para este proceso consistió en implantar en el alma del muro un anclaje de placas de 2mm de espesor, en donde se insertó tensores de varilla de $\frac{3}{4}$ " atravesando el muro de abajo hacia arriba, se colocó a una distancia de 50 cm entre ellos. Seguidamente se colocó un tablón que cumple la función de cadena perimetral, donde los tensores atraviesan el mismo y son asegurados con arandelas y tuercas. Seguido de esto se procedió a justar mediante una llave inglesa en el extremo superior, y aplicar una fuerza que ejerza una torsión a la misma para que se produzca estrés en la varilla y la misma trabaje a tensión debido a que la tierra trabaja mejor a compresión, con eso provoca que se mejore la resistencia y rigidez del muro, y obtener una estructura unitaria.

La viga superior que sujeta el muro trabaja como solera o viga de soporte para el muro unitario y para soportar la cubierta de la construcción.

A continuación, se describe la secuencia constructiva del sistema postensado.

Tabla 21. *Elaboración del postensado*

1. VARILLA	2. MURO CON VARILLA	3. POSTENSADO
		
1. Se planifica el encofrado con la colocación del tensor, Se coloca una pletina en la solera que se usara como base.	2. Para el muro de 1m se colocó previamente 2 tensores, aislados con un tubo de plástico y ajustados a la solera inferior de manera fija, con una distancia de 50 cm entre ellos, manteniendo la verticalidad entre cada apisonamiento con un nivel de mano colocado tiempo que se ejecutó el apisonamiento, para evitar la torsión por un mal movimiento al apisonar la tierra.	3. El postensado se realiza inmediatamente terminado el apisonamiento luego de la colocación de la solera, con la torsión en cada extremo de una llave inglesa aplicado la fuerza contraria en la parte superior de los tensores.

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

La carga del postensado se ejecutó de la siguiente manera:

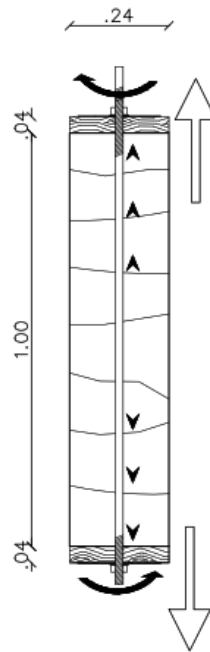


Figura 24: Esquema de la aplicación de la fuerza. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Mediante la sujeción del pasivo inferior con perno y arandela sujetado a la pletina, se logró estabilizar la varilla, para que mediante el secado de la mezcla inmediatamente luego del apisonamiento de la última capa de tierra se realiza la aplicación de fuerza en torque al activo.

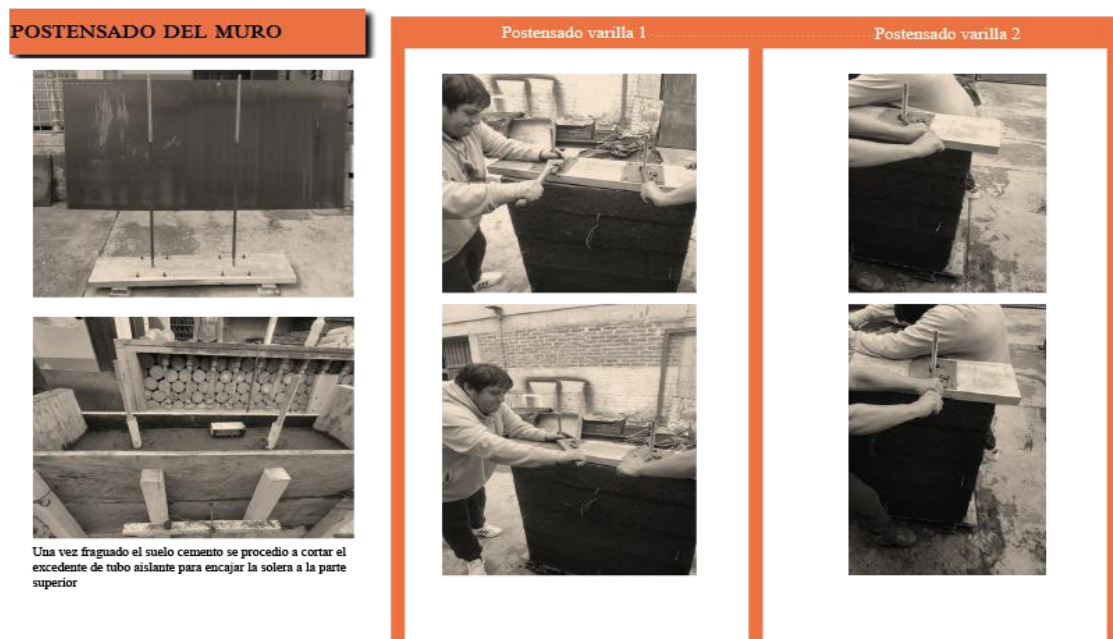


Figura 25: Aplicación de la fuerza del muro 2 en ambas varillas. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Para conocer el cálculo del esfuerzo aplicado a la varilla se desarrolla de la siguiente manera:

$$\sigma_{\text{tensionado}} = \frac{\text{Fuerza tensión}}{\text{Área tensionada}}$$

Donde el área tensionada es igual a dos veces diámetro de la varilla.

Entonces: $\text{área tensionada} = 2 \left[\pi \frac{D^2}{4} \right]$.

D) Ensayo de resistencia a la compresión

Según la norma E.80 para la aplicación de ensayos que verifica la rotura mínima para medir la resistencia al esfuerzo de compresión, se realiza mediante el siguiente proceso:

La resistencia última es de 0.6 Mpa) 6.12kgf/cm². El ensayo de compresión la altura es igual a tres veces menor dimensión de la base (aproximadamente). El esfuerzo admisible del murete es 1.25 fm.

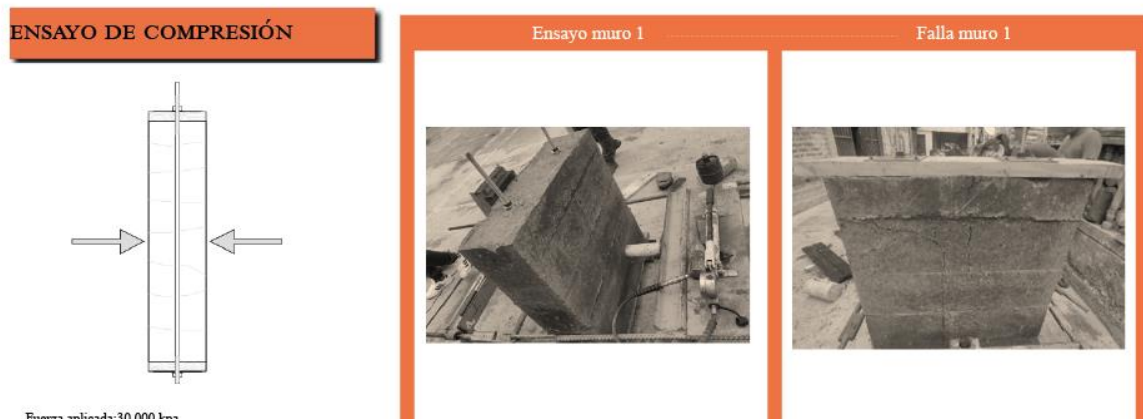


Figura 26: Fuerza aplicada al muro1 Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Fueron aplicadas dos fuerzas distintas para la comprobación de la resistencia del muro.



Figura 27: Fuerza aplicada al muro1 Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

3.5.2. Caso de estudio de vivienda en el Sector Chorrera Mirador}

Los muros de tapial del sector Chorrera Mirador brindaban un confort térmico, considerando el clima de la zona, que comprende el estudio, también brindan una funcionalidad espacial, puesto que en un solo espacio ofrecen una distribución de distintos ambientes que conforma la vivienda. Los muros al ser de tierra apisonada y reforzados con madera, ofrecen una funcionalidad estructural como muros portantes o muros autosoportantes.

Se observó que el campo de aplicación para este tipo de sistema constructivo se orienta principalmente a la construcción de viviendas de geometrías simples (formas compactas) de un solo nivel. La vivienda analizada es de forma rectangular y se encuentra semienterrada, posee muros de tierra, techos de paja, pisos de tierra compactada, rompe vientos de piedras. etc.

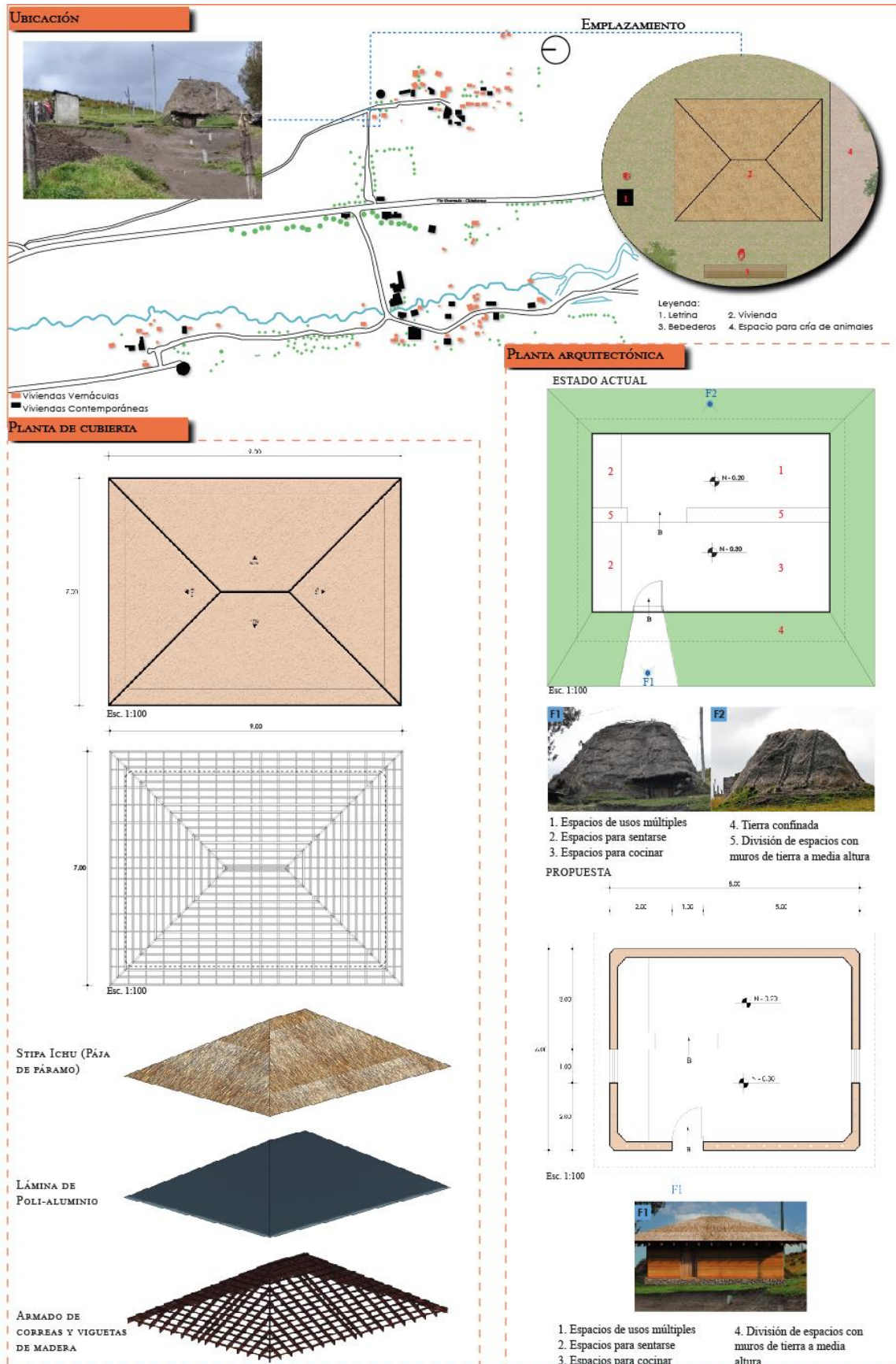


Figura 28: Planos estado actual y propuesta. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de exponer los resultados, en cuanto a lo planteado en la investigación, se exponen los resultados en cuanto a la investigación de las propiedades del suelo, adicionalmente se analiza los ensayos de compresión realizado suelo cemento para verificar el porcentaje optimo en comparación a la resistencia para la elaboración del muro de tapia postensado.

4.1. Caracterización de muestras del Sector Chorrera Mirador

4.1.1. Resultado del ensayo contenido de humedad

El contenido de humedad del suelo es la relación que existe entre el peso del agua al peso de partículas sólidas expresado en porcentaje.

Es importante determinar el porcentaje de humedad del suelo para utilizar el porcentaje adecuado para la aplicación al elaborar la dosificación y lograr llegar a la resistencia que la normativa nos dice.

Tabla 22. *Contenido de humedad*

CONTENIDO DE HUMEDAD								
	Rec N°	Masa(gr)	Rec+ SH	Rec+ SS	Peso Del Agua	Peso del Suelo Seco	Contenido de Humedad	Promedio
M1	1	6,87	86,35	73,26	6,22	66,39	17,87%	19%
	2	6,83	107,29	89,9	10,56	83,07	19,34%	
M2	3	6,88	111,75	95,36	9,51	88,48	17,19%	
	4	6,89	88,15	83,99	-2,73	77,1	4,95%	
M3	5	6,76	95,76	76, 77	12,23	70,01	24,74%	
	6	6,81	95,4	76,25	12,34	69,44	25,11%	
M4	7	6,86	88,3	72,3	9,14	65,44	22,13%	
	8	6,65	95,59	78,62	10,32	71,97	21,58%	

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

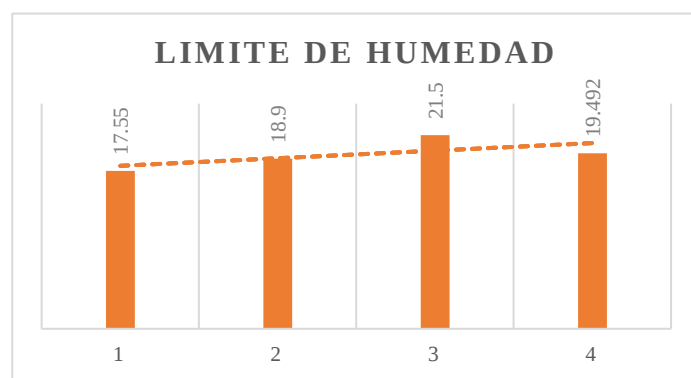


Figura 29: Porcentaje de límite de humedad. **Fuente:** Pastuña & Vallejo, 2022

4.1.2. Resultado del ensayo granulométrico

Para conocer la distribución de las partículas de cada uno de los suelos realizamos un tamizado de este, luego del ensayo obtuvimos los porcentajes retenidos en cada tamiz. (ver Tabla 31), Posteriormente ya con los resultados obtenidos, graficamos estos valores y obtuvimos la curva granulométrica. (ver Figura 16).

Tabla 23. Análisis granulométrico de la muestra 1

ABERTURA TAMIZ		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASA
INGLÉS	ASTM					
(plg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-	100
1"	25.000	-	-	-	-	100
3/4"	19.000	-	-	-	-	100
1/2"	12.500	-	-	-	-	100
3/8"	9.500	1.20	1.20	-	-	100
No. 4	4.750	3.11	4.31	1	1	99
No. 8	2.360	-	4.31	-	1	99
No. 10	2.000	48.56	52.87	8	9	91
No. 16	1.180	-	52.87	-	9	91
No. 30	0.600	-	52.87	-	9	91
No. 40	0.425	158.92	211.79	26	35	65
No. 50	0.300	-	211.79	-	35	65
No. 80	0.180	-	211.79	-	35	65
No. 100	0.150	-	211.79	-	35	65
No. 200	0.075	214.40	426.19	35	70	30
BANDEJA		48.18	474.37	8	78	22

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

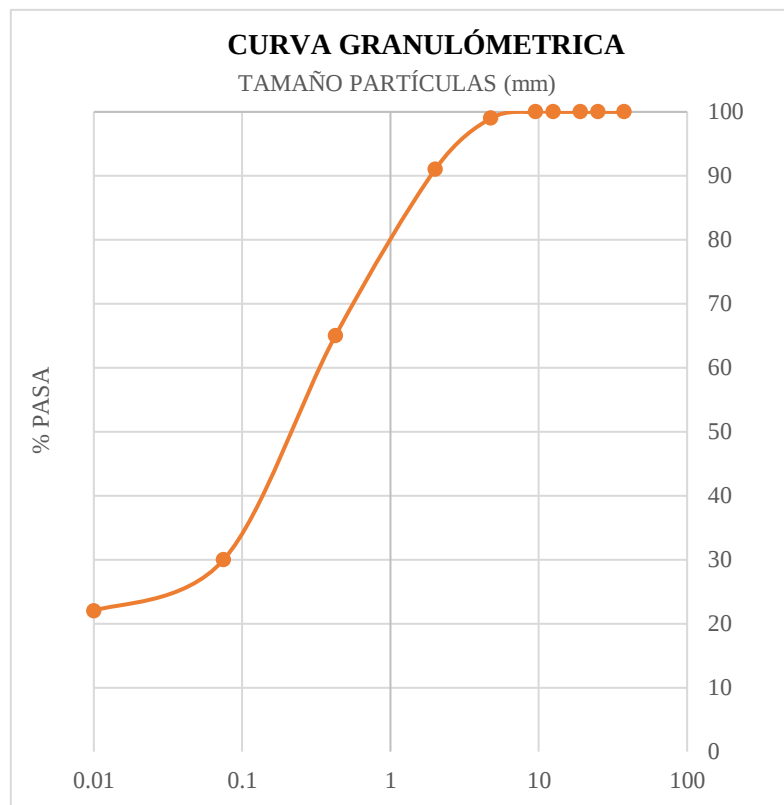


Figura 30: Curva Granulométrica de la muestra 1. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Por medio de la tabla 31, es posible concluir que el mayor porcentaje se queda en los tamices, 3/8,4,10,40,200 y bandeja. En este caso, la muestra analizada según la clasificación SUCS son (SM) suelos Arenosos Limosos [$>12\%$ pasa malla No.200] - límites Atterberg debajo línea A o $IP < 4$ y según AASHTO estos suelos son A-2-5 = [No.200 <35] - $LL > 41$ - $IP < 10$ - gravas y arenas limosas y arcillosas.

El rango aceptable del módulo de finura para concreto es de 2.2 a 2.8 los que producen concretos de buena trabajabilidad y de reducida segregación o las que están entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia, los resultados tenemos que en la muestra 1 =2.39, en la muestra 2 =3.78, en la muestra 3 =4.32, en la muestra 4 =2.67, es decir que nuestro suelo está en el rango de conseguir una resistencia favorable.

Se considero el módulo de finura del concreto, por considerar el cemento como parte de la mezcla para el muro de tapial.

4.1.3. Resultado del ensayo de proctor estándar

Como mencionamos anteriormente, el ensayo de proctor estándar determina el grado máximo de compactación. En este ensayo se utilizó poca energía y una cantidad menor de golpes, suficientes para poner probar el suelo.

Tabla 24. Datos y resultados del ensayo de Proctor estándar de la muestra 1

DATOS Y RESULTADOS DE ENSAYO											
MASA MUESTRA INICIAL: 10 KG	U	COMPACTACIÓN 1		COMPACTACIÓN 2		COMPACTACIÓN 3		COMPACTACIÓN 4		COMPACTACIÓN 5	
Peso molde sin anillo:	g	6,530.00		6,530.00		6,530.00		6,530.00		6,530.00	
Incremento volumen agua:	ml (%)	0%		3%		6%		9%		12%	
Peso sin anillo + muestra compactada:	g	9,880.00		10,100.00		10,310.00		10,630.00		10,580.00	
Recipiente no.:	g	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Peso recipiente:		5.54	5.41	5.52	5.32	5.45	5.58	5.38	5.47	5.58	5.42
Peso recipiente + muestra:		26.66	26.31	36.08	29.76	30.85	37.78	31.46	31.28	33.22	42.62
Peso seco 24h (recipiente+ muestra):		25.06	24.73	32.99	27.31	27.71	33.80	27.55	27.44	28.59	36.26
Peso compactado + agua:	g	3,350.00		3,570.00		3,780.00		4,100.00		4,050.00	
Volumen del molde 6":	cm ³	2,116.00		2,116.00		2,116.00		2,116.00		2,116.00	
Peso del agua:	g	1.60	1.58	3.09	2.45	3.14	3.98	3.91	3.84	4.63	6.36
Peso neto suelo seco tara:	1.648	19.52	19.32	27.47	21.99	22.26	28.22	22.17	21.97	23.01	30.84
% w contenido agua:	%	8.20	8.18	11.25	11.14	14.11	14.10	17.64	17.48	20.12	20.62
Comprobación 1: al promedio		OK		OK		OK		OK		OK	
% w contenido agua promedio:	%	<u>8.187</u>		<u>11.195</u>		<u>14.105</u>		<u>17.557</u>		<u>20.372</u>	
Comprobación 2: a la humedad		OK		OK		OK		OK		OK	
densidad húmeda:	g/cm ³	1.583		1.687		1.786		1.938		1.914	
Curva de saturación:	g/cm ³	2.178		2.044		1.929		1.809		1.721	
Densidad seca:	g/cm ³	<u>1.463</u>		<u>1.517</u>		<u>1.566</u>		<u>1.648</u>		<u>1.590</u>	

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

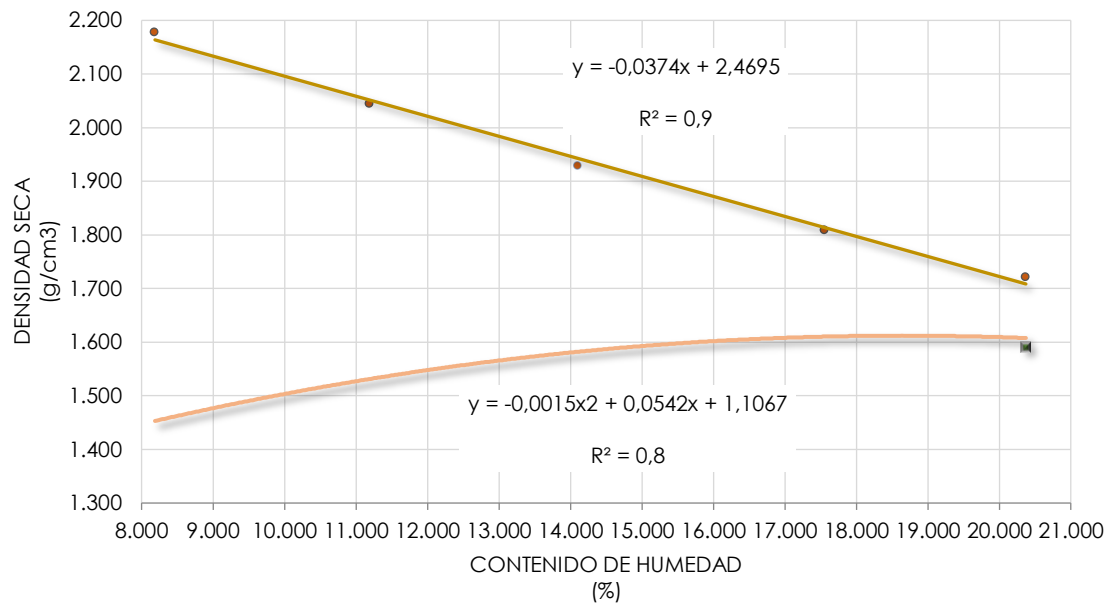


Figura 31: Curva: Densidad seca vs contenido de humedad de la muestra 1. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

A partir de la compactación nos permite conocer el porcentaje promedio del contenido de humedad, en la Figura 18, se puede notar la relación entre las 4 muestras la media es el 9% de cantidad de agua donde se obtiene el quiebre de la curva de densidad seca vs el contenido de humedad.

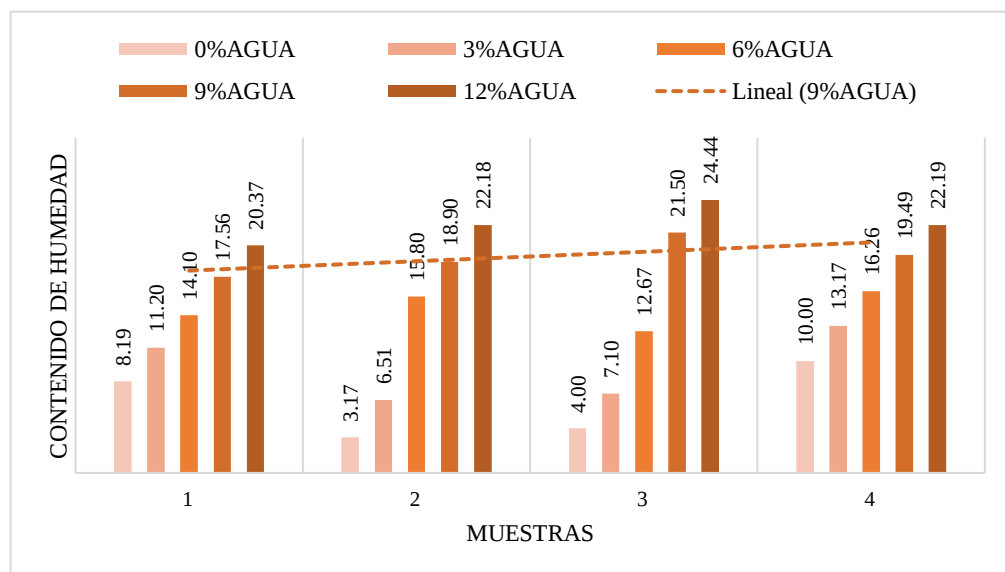


Figura 32: Porcentajes del contenido de humedad de 4 muestras. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

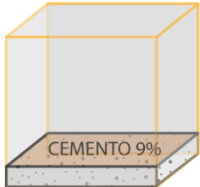
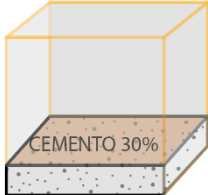
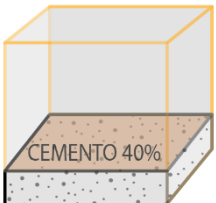
4.2. Resultados del ensayo de compresión de las probetas tipo I y II

4.2.1. Resultados de la Probeta tipo I con 9% - 30% - 40% de cemento

Para entender el comportamiento de las probetas tipo I (5x5x5cm) en función al tiempo de secado y su variación a la resistencia a la compresión, se elaboró varias probetas cada muestra con su respectiva dosificación las mismas que fueron sometidas a ensayos cada 5, 7 y 28 días.

Por otro lado, la norma INEN 488, precisa considerar que para morteros en cubos de 50mm de arista, el promedio de la resistencia a la compresión de todos los especímenes de la misma muestra debe ser de 1 kgf/ cm².

Tabla 25. Esfuerzos de las muestras M1, M2 Y M3 de 5, 7 y 28 días

<i>Tipo I</i>		<i>MUESTRA</i>	<i>5 DÍAS</i> (kgf/cm ²)	<i>7 DÍAS</i> (kgf/cm ²)	<i>28 DÍAS</i> (kgf/cm ²)
M1		1	0.61	0.5	0.4
		2	0.5	0.61	0.4
		3	0.81	0.61	0.4
		Promedio	0.64	0.57	0.4
M2		1	6.52	5.2	6.42
		2	6.11	5	10.91
		3	4.48	6.62	12.84
		Promedio	5.70	5.60	10.05
M3		1	19.57	20.80	21.21
		2	19.06	19.78	21.82
		3	15.80	15.70	20.39
		Promedio	18.32	18.76	21.14

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

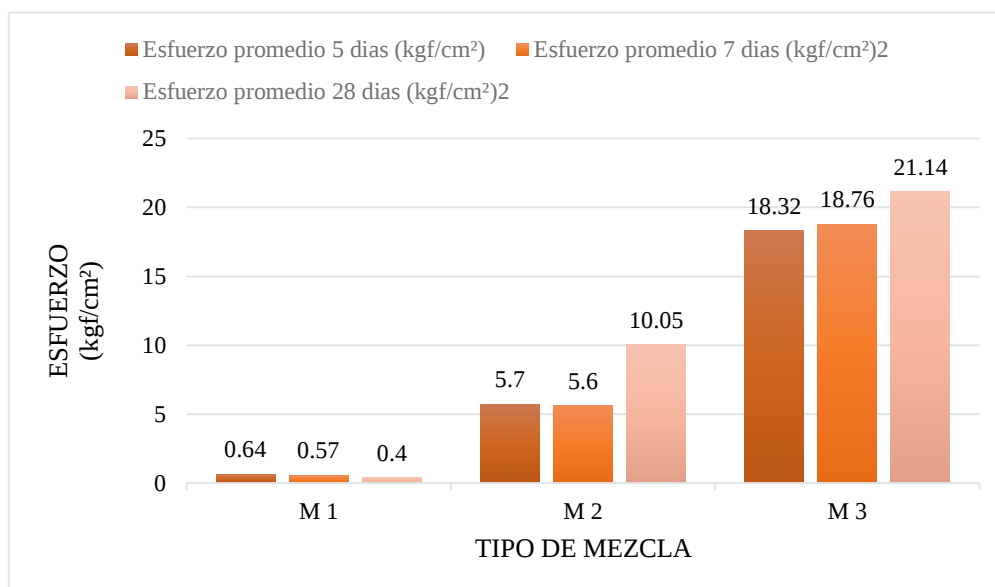


Figura 33: Esfuerzos promedios de las muestras M1, M2 Y M3 de 5, 7 y 28 días. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

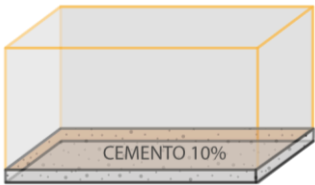
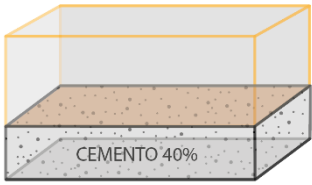
De los datos obtenidos se realizó un promedio de cada una de las probetas tipo I (M1, M2, M3), se compararon los resultados promedio de los tapiales estabilizados con el 9%, 30% y 40% de cemento (ver Tabla 33). En el primer caso con el 9% de cemento se observó que la resistencia tiende a disminuir proporcionalmente con relación al tiempo, mientras que las muestras M2 Y M3 fue posible observar que la resistencia a la compresión tiende a incrementar a medida que se aumenta su contenido de cemento (ver Figura 19) y también va en función a los días de secado, el valor más alto es a los 28 días en las muestras con el 30% y 40% de contenido de cemento con un esfuerzo de 10.05kgf/cm² y 21.14kgf/cm², respectivamente.

4.2.2. Resultados de la Probeta tipo II con 10% - 40% de cemento

Para el caso de las probetas tipo II (0.1x0.1x0.15m) se realizó 6 muestras para cada dosificación cuyos especímenes fueron sometidos a ensayos cada 5 y 7 días, con respecto al valor alcanzado a los 7 días se estableció como 65% a la resistencia a la compresión y con este valor se calculó el esfuerzo a los 28 días siendo este el 100% su resistencia final.

Ahora bien, como punto de partida se toma el valor de la resistencia de 10.71 kgf/cm², en base a estudios realizados por (Estefanía et al., n.d.), el cuál considera este valor a la resistencia a la compresión.

Tabla 26. Esfuerzos de las muestras M1 y M2 de 5, 7 y 28 días

Tipo I		MUESTRA	5 DÍAS (kgf/cm ²)	7 DÍAS (kgf/cm ²)	28 DÍAS (kgf/cm ²)
M1		1	2.65	2.14	3.25
		2	2.24	2.44	3.71
		3	2.44	2.44	3.71
		Promedio	2.44	2.34	3.55
M2		1	7.64	6.83	10.40
		2	8.15	7.74	11.78
		3	8.56	8.15	12.41
		Promedio	8.11	7.57	11.53

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

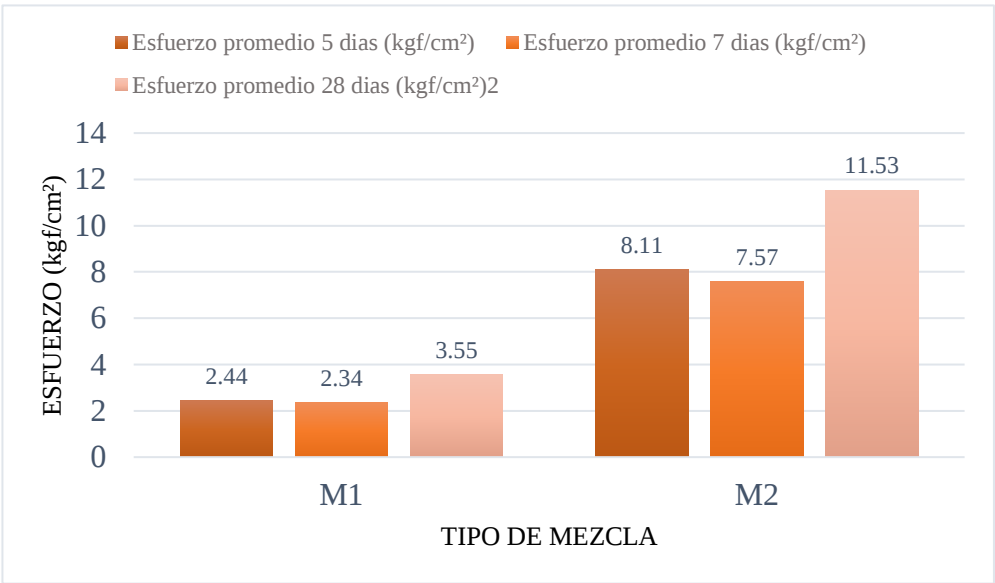


Figura 34: Esfuerzos promedios de las muestras M1 y M2 de 5, 7 y 28 días. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

Al analizar las probetas tipo II (M1 Y M2), se observó que M1 con el 10% de cemento no alcanza una resistencia a la compresión favorable. Por otro lado, la mezcla M2 estabilizado con el 40% de cemento presenta un aumento significativo de su resistencia a la compresión a los 28 días, de tal manera que mientras más sea porcentaje de cemento será más resistente a compresión.

Sin embargo, se observó que en el día 7, en ambos casos tienden a disminuir su resistencia a la compresión, esto se debe a varias causas, ya sea por perdida de humedad o a su vez por condiciones atmosféricas.

4.3. Resultados de la resistencia de la varilla postensada

Este cálculo se realiza para conocer la fuerza de rotura del muro y calcular la resistencia a la rotura que posee la varilla.

Entonces: *el área tensionada es igual a* $2 \left[\pi \frac{D^2}{4} \right]$.

Reemplazando: *área de tensionado* $= 2 \left[\pi \frac{2.54^2 cm^2}{4} \right] = 10.13 cm^2$

Para el caso del muro 1, en el cual se ejerció la fuerza perpendicular al plano del muro, tenemos que, la fuerza de rotura es:

$$\sigma_{tensionado} = \frac{\text{Fuerza tensión}}{\text{Área tensionada}}$$

$$\sigma_{tensionado} = \frac{338.18 Kgf/cm^2}{10.13 cm^2}.$$

$$\sigma_{tensionado} = 33.38 kgf.$$

$$\sigma_{tensionado} = 2937.86 Kgf/cm^2$$

Para el caso del muro 2, en el que se aplicó la fuerza paralela al plano, tenemos que la fuerza de rotura es:

$$\sigma_{tensionado} = \frac{\text{Fuerza tensión}}{\text{área tensionada}}.$$

$$\sigma_{\text{tensionado}} = \frac{387.50 \text{ Kgf/cm}^2}{10.13 \text{ cm}^2}.$$

$$\sigma_{\text{tensionado}} = 38.25 \text{ Kgf}.$$

$$\sigma_{\text{tensionado}} = 2563.81 \text{ Kgf/cm}^2$$

Según la norma E80. La resistencia con relación a refuerzos verticales considerando materiales vegetales, su resistencia ultima de la guadua es un 1020 kgf/cm², que comparando con los resultados del refuerzo en el muro I de 2937.86 kgf/cm², y el muro II de 2563.81 kgf/cm². Es decir que se logra triplicar el valor mediante el uso de acero, dando un valor de mayor resistencia a la rotura para considerarle un esfuerzo admisible.

Por lo que el criterio de diseño del muro basado en la resistencia se mejora tomando en cuenta la disposición de utilizar refuerzos verticales que distribuyen la carga en el muro, logrando resistir tanto las fuerzas sísmicas horizontales en el plano como las fuerzas perpendiculares en el plano.

4.4. Resultados del ensayo de compresión del muro de tapial postensado con suelo cemento.

4.4.1. Cálculo de la resistencia a compresión con carga perpendicular al plano

La compresión axial del muro se obtiene dividiendo la carga máxima entre el área bruta de la sección transversal.

$$F = \frac{P_{\text{max}}}{A}$$

Donde: F= resistencia a compresión axial (Kgf/cm²)

Pmax= carga máxima aplicada que resiste el murete (Kgf)

A= área transversal(cm)²

Según la norma E80, la resistencia ultima es de 0.6 MPa o 6.12 Kgf/cm², entonces aplicado al muro de tapial obtenemos que:

4.4.2 Esfuerzo de rotura mínimo para medir la resistencia

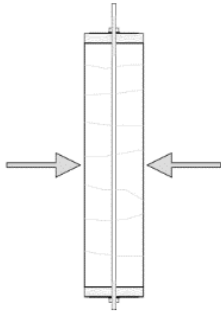
En el primer caso se aplicó la fuerza perpendicular al muro plano vertical.

Fuerza:

$$f_m = \frac{338.18 \text{ Kg/cm}^2}{2 \times 24 \text{ cm}^2}$$
$$f_m = 7.05 \text{ Kg/cm}^2$$

La resistencia nos arroja un resultado de 7.05 kg/cm², aplicado en el muro por lo que el resultado del muro ensayo I, es favorable para la realización de muro estabilizado con esta dosificación para tapial postensado con suelo cemento. Llegando con este resultado a sobrepasar el promedio de la norma.

Tabla 27. Resultados del ensayo de compresión del muro de tapial postensado con suelo cemento.

1. PUNTO DE CARGA AXIAL EN EL MURO	
	
2. FUERZA APLICADA AL MURO	
La fuerza que se aplicó mediante gatas mecánicas fue 30.300 Kpa	

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

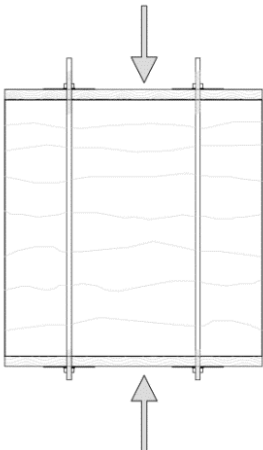
4.4.3 Fuerza aplicada en el muro con carga perpendicular al plano en horizontal.

$$f_m = \frac{387.50 \text{ Kg/cm}^2}{2 \times 24 \text{ cm}^2}$$

$$f_m = 8.07 \text{ Kg}$$

La resistencia nos arroja un resultado de 8.07 kg/cm² aplicado en el muro por lo que el resultado del muro ensayo II, es favorable para la realización de muro estabilizado con esta dosificación para tapial postensado con suelo cemento.

Tabla 28. Fuerza aplicada en el muro horizontal.

1. PUNTO DE CARGA AXIAL EN EL MURO	
	
2. FUERZA APLICADA AL MURO	
La fuerza que se aplicó mediante gatas mecánicas fue 30.580 kpa	

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

4.4.4. Mecanismos de falla

La falla de los dos muros ensayados se originó en la aparición de grietas verticales en el centro como se puede ver en las figuras (ver figura 29 y 30), esto se debe al aplicarse la fuerza mediante una carga puntual en el dentro de las mismas, y se denota claramente que las roturas se generan cuando los esfuerzos de corte promedio originados por las cargas en el plano alcanzan altos valores superando el promedio que debería superar dando a entender que donde no se encontraban los refuerzos verticales, era donde sufría el mayor daño del muro estructural, estas grietas verticales se acompañaron de grietas verticales que iniciaban en las soleras de apoyo y se unía a la grieta mayor por lo que se le puede asociar a un esfuerzo de tensión.

A pesar de que las grietas verticales fueron similares en los dos muros, existe una distribución diferente. En el primer muro, se generó una fisura vertical, (ver tabla 29) acompañadas de pequeñas fisuras diagonales que terminan en los extremos del muro, en el segundo muro (ver tabla 30) se puede notar la fisura en el centro donde se aplicó la fuerza se expandió hacia el exterior generando una grieta hacia el exterior derecho, además se presentan varias fisuras menores en las soleras de apoyo.

En los dos casos los muros mediante los ensayos pseudodinámicos no llegaron al colapso, debido a que se llegó alcanzar los desplazamientos máximos del sistema de aplicación de cargas, las fallas presentadas en los extremos superiores, se podría dar por que no existió un adecuado apisonamiento, o se debería sellar con algún material que no permita penetrar agentes externos al muro ya que los mismo alteran la integridad de la tierra.

Tabla 29. *Falla del muro I*

3. FALLA DEL MURO I	
Conos en un extremo, fisuras verticales en cabecera	
Fisura vertical en ambos extremos	

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

Tabla 30. *Falla del muro II*

3. FALLA DEL MURO II	
Conos en un extremo, fisuras verticales en cabecera	 The figure consists of two photographs of concrete test specimens. The top photograph shows a rectangular specimen with a horizontal crack near the top and several vertical cracks. The bottom photograph shows a similar specimen with a horizontal crack near the bottom and several vertical cracks. Both specimens are dark grey and appear to be made of concrete.

Fuente: (Pastuña & Vallejo, 2022)

4.5. Aplicación del sistema constructivo contemporáneo tapial de suelo-cemento postensado modelado virtual 3D – caso estudio de vivienda en el Sector Chorrera Mirador

El modelado virtual se realizó a partir del caso de estudio, de la información levantada de una vivienda vernácula del sector Chorrera Mirador (ver anexo 51), aplicando características del sistema constructivo propuesto y resultados obtenidos en el proceso de esta investigación (muro de tapial postensado).

Los muros actualmente contruidos en el sector limitan la apertura de vanos, por este motivo no existen ventanas, ni luz y sus puertas son bajas, dando una sensación de una caverna.

La aplicación de este estudio muestran que en comparación el sistema constructivo tradicional y la implementación de muros postensados para futuras viviendas mantiene las mismas características tales como: el sistema constructivo del tapial (tierra apisonada), la utilización de materiales en sitio como son el agua y tierra, dejando a un lado la paja, reemplazándolo por cemento y reforzando mediante estructuras verticales (postensado), su confort térmico, funcionamiento espacial y su capacidad estructural.

La implementación del muro de tapial postensado en la construcción de la vivienda facilita la apertura y dimensionamiento de los vanos, pues al ser estructuras independientes se puede considerar las aberturas de puertas y ventanas de piso a techo, en este caso de estudio se deja libre 1m de ancho para permitir el acceso y paso de ventilación e iluminación a la vivienda, dejando atrás la sensación de caverna.

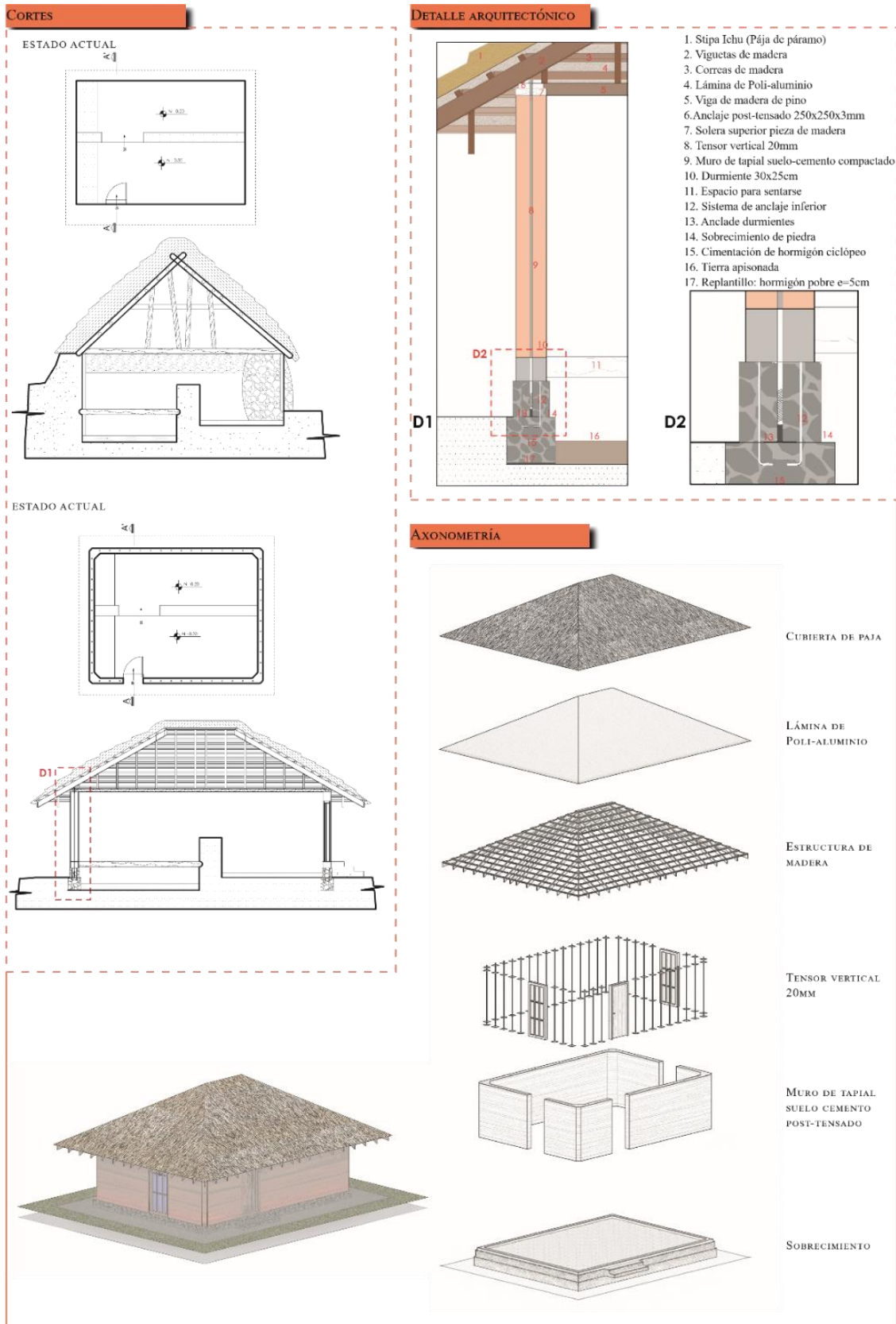


Figura 35: Planos estado actual y propuesta. Fuente: Pastuña & Vallejo, 2022

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se cumple en gran medida el objetivo principal de esta investigación experimental el cual consistió en analizar las propiedades del suelo del Sector Chorrera –Mirador, y desarrollar un sistema constructivo (suelo – cemento postensado).

En la presente investigación se determinó mediante ensayos normados en el laboratorio que la tierra del sector Chorrera –Mirador, según el Sistema Unificado de clasificación de Suelos SUCS es un suelo arenoso – limoso, adicional a esto mediante el ensayo de Proctor estándar se determinó un porcentaje de humedad de compactación máxima (9% de cantidad de agua).

La dosificación optima que permite obtener muros de suelo – cemento postensado con la adición del 40% de cemento, con una dosificación de 1:3:0.5, puesto que en algunos resultados a la compresión de las probetas tipo I (18 kgf/cm²) y tipo II (11 kgf/cm²) superan los parámetros a cumplir.

Adicionalmente, los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión muestran resistencias

En esta investigación se determinó que la resistencia promedio a compresión de las probetas tipo I (5x5x5cm), obtenidas al ensayar especímenes a los 28 días, es de 21.14 kgf/cm². De igual manera se determinó, la resistencia promedio de las probetas tipo II (10x10x15 cm), siendo la forma más eficiente para determinar la resistencia al ensayar las muestras a los 28 días, alcanzando 11.53 kgf/cm².

Se logró determinar la resistencia de rotura basados en los criterios de diseño frente a la fuerza sísmica en el muro I perpendicular al plano, con un resultado de 2937.86 kgf/cm^2 , y en el muro II aplicado en el muro horizontal con un resultado de 2563.81 kgf/cm^2 , logrando con estos resultados sobrepasar un 300% el esfuerzo mínimo de rotura estudiado en la norma con la caña guadua con un estudio de 1020 kgf/cm^2 , dando resultados satisfactorios para los refuerzos en acero.

En esta indagación se ha determinado que la resistencia a esfuerzo de compresión axial del muro obtenidas en el ensayo tipo I es de 7.05 kgf/cm^2 , siendo este resultado mayor en comparativa con la resistencia ultima según la norma E80, comprobando que la dosificación usada mejora la estabilidad del tapial, y es adecuada para utilizar en un caso real.

En este estudio se ha determinado que la resistencia a esfuerzo de compresión axial del muro obtenidas en el ensayo tipo II es de 8.07 kgf/cm^2 , siendo este resultado mayor en comparativa con la resistencia ultima según la norma E80, comprobando que el muro soporta cargas aproximadas de 387.50 kg/cm^2 , antes de su falla al corte.

Por lo tanto, se ha demostrado que es posible mejorar el suelo del sector Chorrera Mirador, para la aplicación de una técnica constructiva contemporánea en tapial postensado, mejorando la estabilidad y resistencia de los muros, y es posible aplicar a un caso estudio real, para la conservación de la tipología arquitectónica.

5.2. Recomendaciones

Para la selección de suelo con el que se va a trabajar, es mejor reconocer uno que posee con propiedades mecánicas, que favorezcan a la elaboración del tapial, a su adherencia, y compactación.

En la elaboración de las probetas tipo I y II, es importante garantizar consistencia adecuada, por lo que se sugiere controlar el tiempo de compactación y a su vez utilizar como capas de compactación como mínimo tres de igual grosor, como también controlar el contenido óptimo de agua, el mismo que garantice una mezcla homogénea.

Es importante encontrar un área adecuado de exposición para el secado de los especímenes ya que las condiciones ambientales influyen de manera directa en sus características y a su vez en sus propiedades físicas y mecánicas.

Con respecto al curado de las probetas tanto del tipo I y II, cuyo proceso es controlar la pérdida de agua, para ello es aconsejable llevarlo a cabo de manera adecuada ya que es importante mantener la hidratación total del cemento, si no caso contrario se verá afectada la resistencia final de los mismos.

Para la elaboración del tapial se recomienda usar la dosificación dependiendo la clasificación de la textura si se desea emplear otro suelo acorde a la caracterización según el tipo de suelo.

Para mejorar los resultados en cuanto a la elaboración del tapial se recomienda tener conocimientos previos, para saber la consistencia de la mezcla, en cuanto al apisonamiento se pone a consideración a usar un pisón mecánico para obtener un apisonamiento regular por prevención de errores humanos.

Para el desarrollo de los ensayos se recomienda tener una base de datos de los lugares donde sea posible realizar este tipo de pruebas, utilizando más recursos técnicos y mecanizados, para evitar el desfase de error que puede ocasionar las técnicas tradicionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Castellarnau, Á. (2013). CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA CON MUROS DE TAPIAL EN AYERBE, HUESCA. FASE 1: ESTRUCTURA Y CERRAMIENTOS.” En: Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012. [online]. *Construcción Con Tierra Pasado, Presente y Futuro*.
- Cecibel González. (n.d.). *UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA ÁREA TÉCNICA*.
- CORRAL, J. T. (2008). CONSTRUCCIÓN (Ground-Cement as a construction material) José Toirac Corral *. *Ciencia Y Sociedad*, XXXIII, 53.
- De, L. R., de Adobe, M., Alejandra, P., Salamea, E., Rafael, C., Chuquimarca, R., Patricio, E., & Castro, H. (n.d.). *USO DE GEOMALLAS Y ELEMENTOS DE MADERA EN Tesis previa a la obtención del título de Arquitecto*.
- Estefanía, C., Galindo, S., Xavier, I., Cárdenas, R., Nicole, H., & Moscoso, S. (n.d.). *UNIVERSIDAD DE CUENCA Facultad de Arquitectura y Urbanismo Trabajo de titulación previo a la obtención de título de Arquitecto “Evaluación de tapial estabilizado con cemento ante la adición de aditivos comerciales.”*
- Gatti, F. (2012). Arquitectura y construcción en tierra. Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en Tierra. *Universidad Politécnica de Catalunya*, 101.
- Gernot Minke. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*.
- Nacional De Edificaciones, R. (n.d.). *2 NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA*. www.vivienda.gov.co.
- Norma, E., Alcance, A., & Generales, R. (2006). *Normas legales 320937*.
- Pablo Barro, & Felipe Imhoff. (n.d.). *Tapial en suelo cemento post tensado*.

Puy Santín. (2005). *CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN*.

Raquel Catalán Díez. (2012). Construcción con Tierra. *Centro de Investigación Hábitat y Energía*, 167. <https://core.ac.uk/download/pdf/151807279.pdf#page=35>

Tudela, A., Iglesias, S., González, C., & de Blas, R. (2012). *Construir con tapial: piscina en Toro*. www.boletinacademico.com

Wilfredo Chuqui Paucar; Ronald Augusto Ruelas. (2018). Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco Escuela De Postgrado. *Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco*, 230. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/2874/253T20171097.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS:



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 1

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

RESPONSABLE TÉCNICO: ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

ENSAYO

1/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

08/02/2022

NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

Ensayo contenido de humedad



Ensayo contenido de humedad



Ensayo contenido de humedad

OBJETIVO:

Determinar el porcentaje de humedad contenida en los suelos.

MATERIALES:

- Taras
- Balanza de precisión de 5kg. x 0.1 gr. de sensibilidad
- Horno

PROCEDIMIENTO:

- Pesamos la tara
- Se pesa una pequeña cantidad del suelo húmeda (SH), de todas las muestras.
- Se seca la muestra pesada en el horno a una temperatura 110 ± 5 °C, aproximadamente por 24h.
- Se pesa el suelo seco (SS) y se obtiene el resultado.
- Finalmente determinamos el porcentaje de humedad restando (SH - SS), multiplicamos por 100 y dividimos por el (SS).

FÓRMULAS:

$$\%H = (SH - SS) * 100 / (SS)$$

RESULTADOS:

No.	TARA		TARA + SH (gr)	TARA + SS (gr)	HUMEDAD w (%)
	Muestras	MASA (gr)			
1	M1	6.87	86.35	73.26	17.87
2		6.83	107.29	89.90	19.34
3	M2	6.88	111.75	95.36	17.19
4		6.99	88.15	83.99	4.95
5	M3	6.76	95.76	76.77	24.74
6		6.81	95.40	76.25	25.11
7	M4	6.86	88.30	72.30	22.13
8		6.65	95.59	78.62	21.58



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 2

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

RESPONSABLE TÉCNICO: ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

Ensayo de granulometría



Ensayo de granulometría



Ensayo contenido de humedad

OBJETIVO:

Separar las partículas según tamaños, de tal manera que se pueda conocer las cantidades de arenas, limos y arcillas que posee el suelo

MUESTRAS:

Las muestras de suelo deben estar en condiciones de humedad seca.

MATERIALES:

- Horno a temperatura 105 °C
- Serie de tamices (1", 3/4", 3/8", 4", 10", 40", 200", fondo y tapa).
- Recipientes para colocación de muestras
- Bandejas
- Balanza de precisión
- Muestra de tierra

PROCEDIMIENTO:

- Colocamos poco más de 600gr de tierra de cada muestra para lavarlo con un chorro de agua de grifo, hasta que el material esté limpio
- La muestra limpia la secamos en el horno a 105 °C de temperatura, aproximadamente por 24h.
- Tomamos la muestra y colocamos en los tamices previamente ordenados descendientemente y agitamos los tamices por 10 minutos
- Finalmente pesamos por separado la cantidad de material retenido en cada tamiz
- Calculamos el % de retenido para cada tamiz, multiplicando el peso retenido por 100 y dividiendo entre el peso total de la muestra



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 3

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOSRESPONSABLE TÉCNICO:
ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M1.1:

ABERTURA TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
INGLÉS	ASTM	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
(pulg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-	100
1"	25.000	-	-	-	-	100
3/4"	19.000	-	-	-	-	100
1/2"	12.500	-	-	-	-	100
3/8"	9.500	1.20	1.20	-	-	100
No. 4	4.750	3.11	4.31	1	1	99
No. 8	2.360	-	4.31	-	1	99
No. 10	2.000	48.56	52.87	8	9	91
No. 16	1.180	-	52.87	-	9	91
No. 30	0.600	-	52.87	-	9	91
No. 40	0.425	158.92	211.79	26	35	65
No. 50	0.300	-	211.79	-	35	65
No. 80	0.180	-	211.79	-	35	65
No. 100	0.150	-	211.79	-	35	65
No. 200	0.075	214.40	426.19	35	70	30
BANDEJA		48.18	474.37	8	78	22

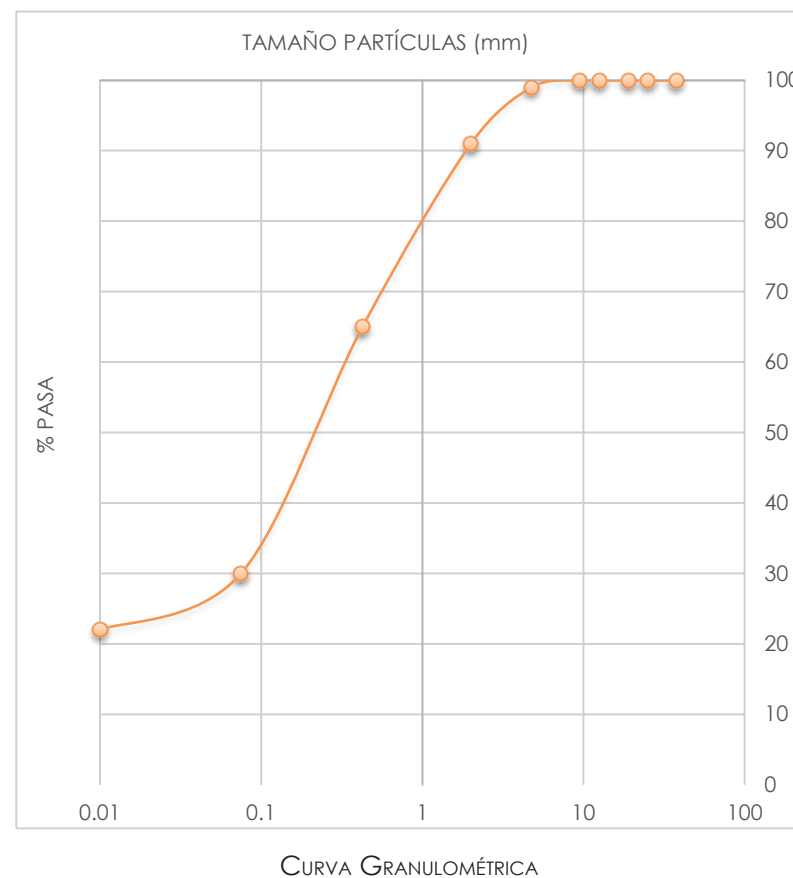
SUCS SM

AASHO A-2-5

% Grava = 1

% Arena = 69

% Finos = 30





APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 4

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOSRESPONSABLE TÉCNICO:
ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M1.2:

ABERTURA TAMIZ	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
INGLÉS	ASTM	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO
(plg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-
1"	25.000	-	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	-	-
3/8"	9.500	14.65	14.65	2	2
No. 4	4.750	15.97	30.62	2	4
No. 8	2.360	-	30.62	-	4
No. 10	2.000	107.54	138.16	16	20
No. 16	1.180	-	138.16	-	20
No. 30	0.600	-	138.16	-	20
No. 40	0.425	197.88	336.04	30	50
No. 50	0.300	-	336.04	-	50
No. 80	0.180	-	336.04	-	50
No. 100	0.150	-	336.04	-	50
No. 200	0.075	183.09	519.13	28	78
BANDEJA		20.31	539.44	3	81

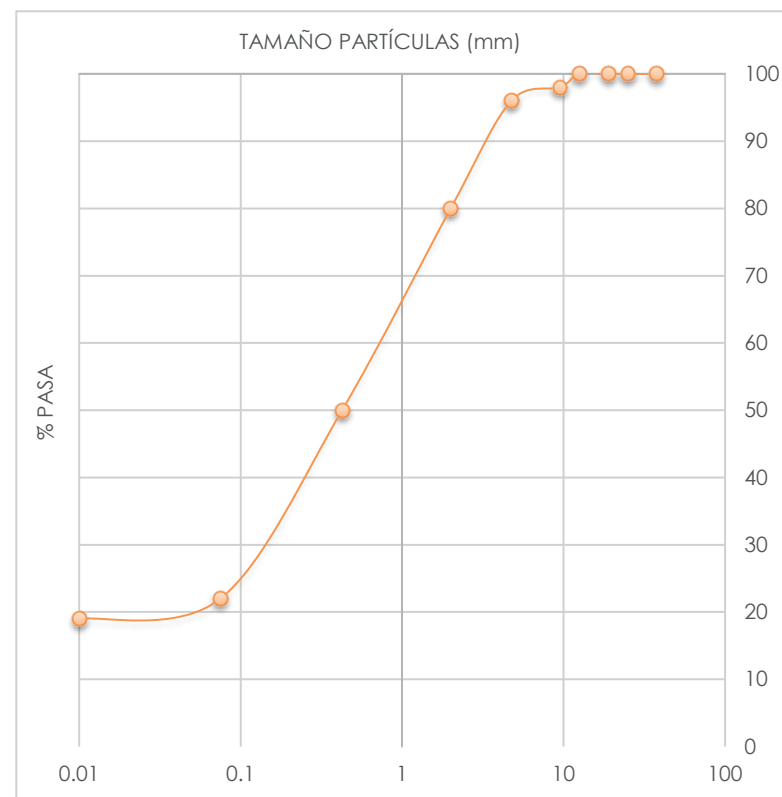
SUCS SM

AASHO A-2-5

% Grava = 4

% Arena = 74

% Finos = 22



CURVA GRANULOMÉTRICA



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 5

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

RESPONSABLE TÉCNICO: ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M2.1:

ABERTURA TAMIZ	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
INGLÉS	ASTM	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO
(pulg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-
1"	25.000	-	-	-	-
3/4"	19.000	7.89	7.89	2	2
1/2"	12.500	-	7.89	-	2
3/8"	9.500	20.48	28.37	4	6
No. 4	4.750	32.37	60.74	7	13
No. 8	2.360	-	60.74	-	13
No. 10	2.000	72.52	133.26	15	28
No. 16	1.180	-	133.26	-	28
No. 30	0.600	-	133.26	-	28
No. 40	0.425	90.72	223.98	18	46
No. 50	0.300	-	223.98	-	46
No. 80	0.180	-	223.98	-	46
No. 100	0.150	-	223.98	-	46
No. 200	0.075	138.26	362.24	28	74
BANDEJA		39.01	401.25	8	82

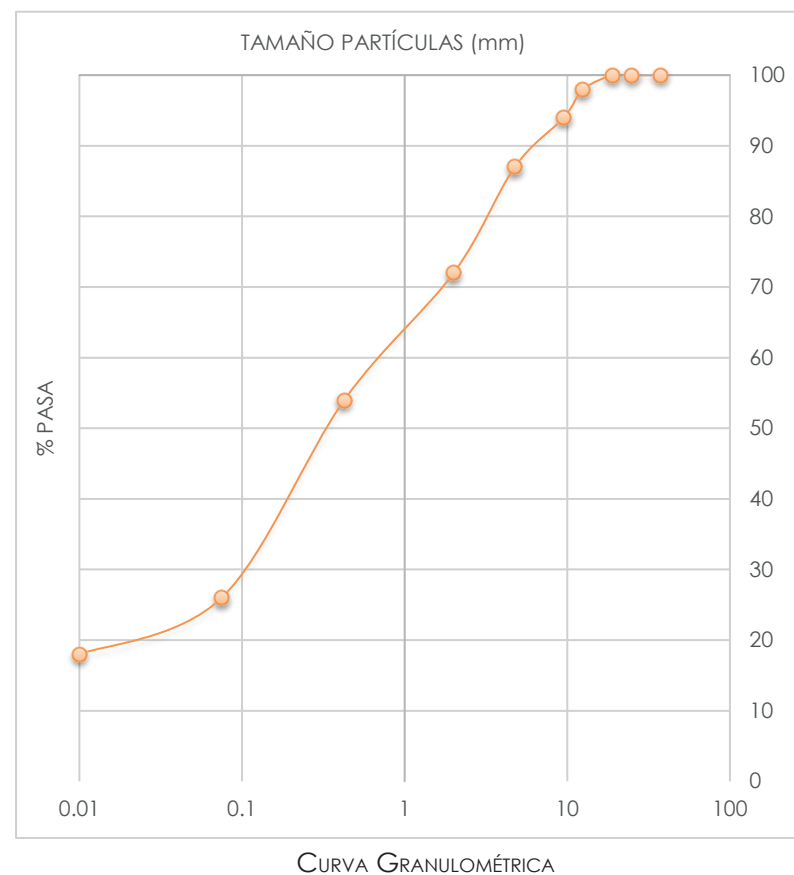
SUCS SM

AASHTO A-2-5

% Grava = 13

% Arena = 61

% Finos = 26





APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 6

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOSRESPONSABLE TÉCNICO:
ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

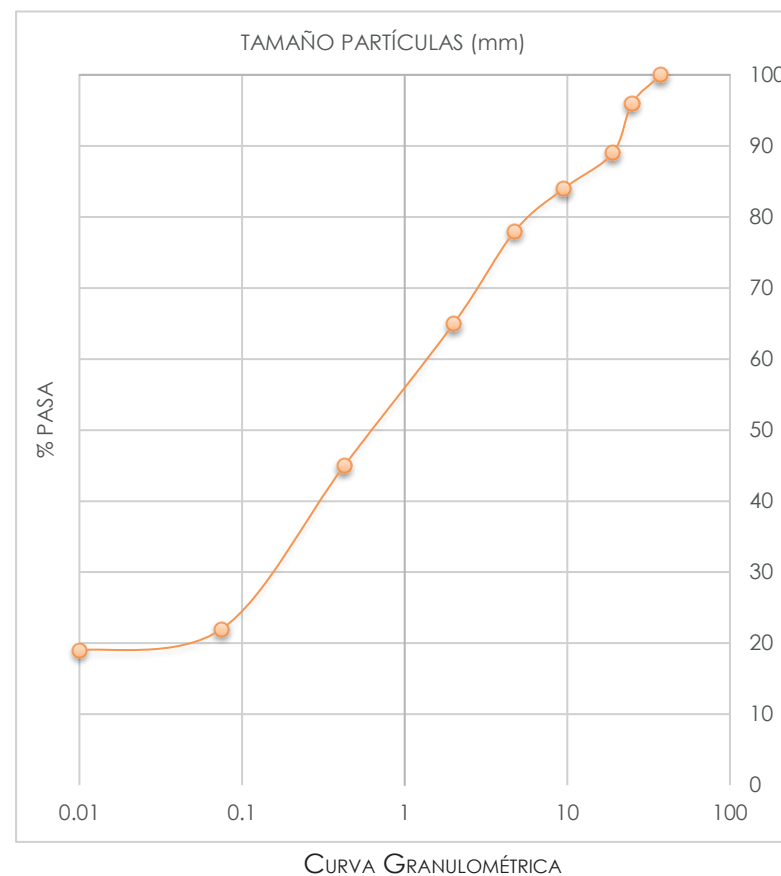
NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M2.2:

ABERTURA TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
INGLÉS	ASTM	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
(pulg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-	100
1"	25.000	30.20	30.20	4	4	96
3/4"	19.000	45.37	75.57	7	11	89
1/2"	12.500	-	75.57	-	11	89
3/8"	9.500	37.38	112.95	5	16	84
No. 4	4.750	43.75	156.70	6	22	78
No. 8	2.360	-	156.70	-	22	78
No. 10	2.000	90.59	247.29	13	35	65
No. 16	1.180	-	247.29	-	35	65
No. 30	0.600	-	247.29	-	35	65
No. 40	0.425	135.08	382.37	20	55	45
No. 50	0.300	-	382.37	-	55	45
No. 80	0.180	-	382.37	-	55	45
No. 100	0.150	-	382.37	-	55	45
No. 200	0.075	155.19	537.56	23	78	22
BANDEJA		19.72	557.28	3	81	19

SUCS	SM
AASHTO	A-2-5
% Grava =	22
% Arena =	56
% Finos =	22





APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 7

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOSRESPONSABLE TÉCNICO:
ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M3.1:

ABERTURA TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
INGLÉS	ASTM	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
(plg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-	100
1"	25.000	-	-	-	-	100
3/4"	19.000	4.35	4.35	1	1	99
1/2"	12.500	-	4.35	-	1	99
3/8"	9.500	21.26	25.61	3	4	96
No. 4	4.750	33.63	59.24	5	9	91
No. 8	2.360	-	59.24	-	9	91
No. 10	2.000	131.30	190.54	20	29	71
No. 16	1.180	-	190.54	-	29	71
No. 30	0.600	-	190.54	-	29	71
No. 40	0.425	196.65	387.19	31	60	40
No. 50	0.300	-	387.19	-	60	40
No. 80	0.180	-	387.19	-	60	40
No. 100	0.150	-	387.19	-	60	40
No. 200	0.075	137.20	524.39	21	81	19
BANDEJA		12.50	536.89	2	83	17

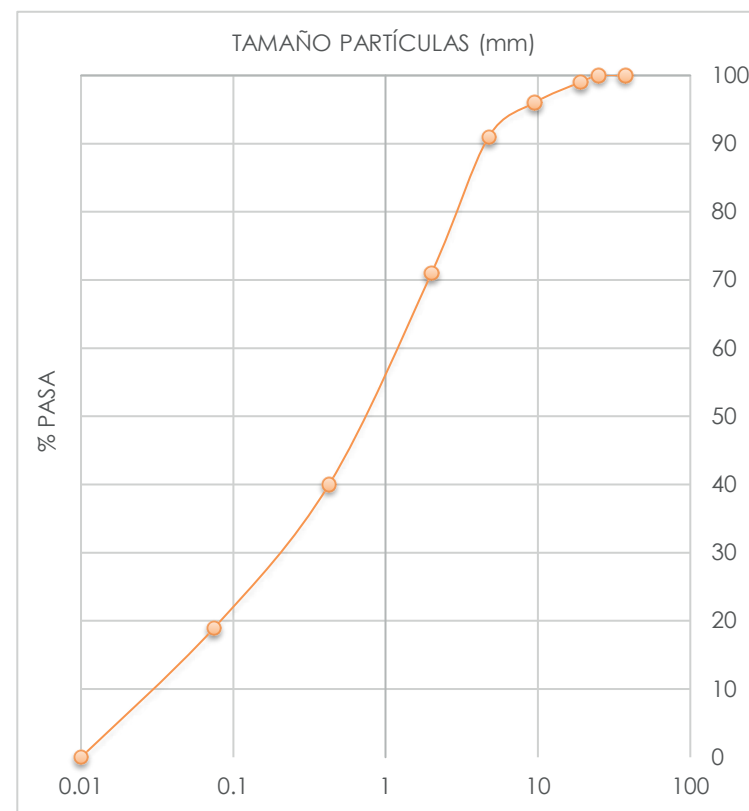
SUCS SM

AASHO A-2-5

% Grava = 9

% Arena = 72

% Finos = 19



CURVA GRANULOMÉTRICA



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 8

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

RESPONSABLE TÉCNICO: ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M3.2:

ABERTURA TAMIZ	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
INGLÉS	ASTM	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO
(plg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-
1"	25.000	-	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	-	-
3/8"	9.500	19.62	19.62	3	3
No. 4	4.750	35.03	54.65	5	8
No. 8	2.360	-	54.65	-	8
No. 10	2.000	129.91	184.56	18	26
No. 16	1.180	-	184.56	-	26
No. 30	0.600	-	184.56	-	26
No. 40	0.425	188.10	372.66	27	53
No. 50	0.300	-	372.66	-	53
No. 80	0.180	-	372.66	-	53
No. 100	0.150	-	372.66	-	53
No. 200	0.075	132.59	505.25	19	72
BANDEJA	-	24.70	529.95	3	75

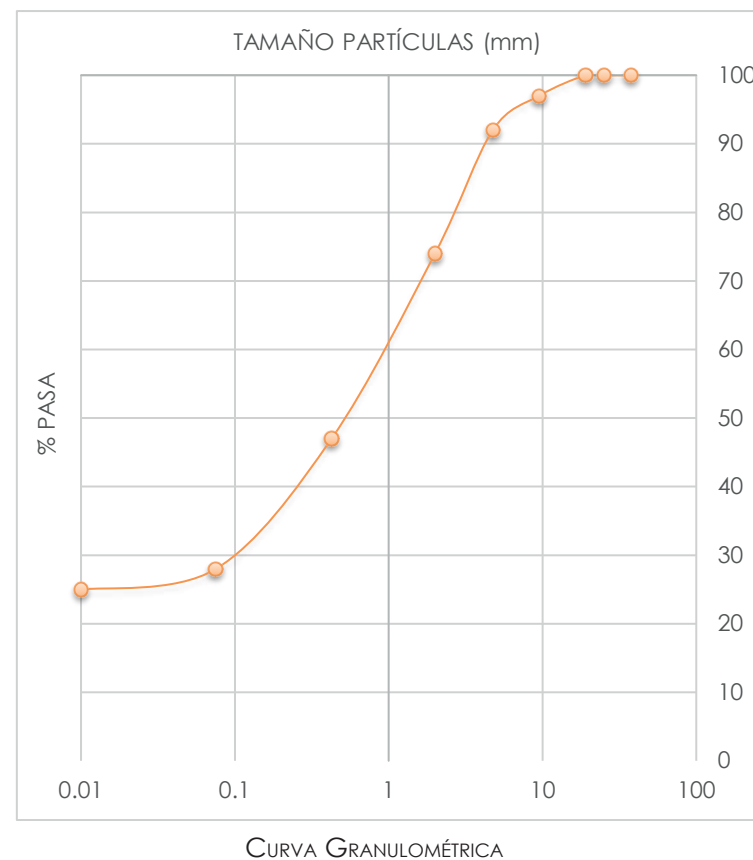
SUCS SM

AASHTO A-2-5

% Grava = 8

% Arena = 64

% Finos = 28





APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 9

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOSRESPONSABLE TÉCNICO:
ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

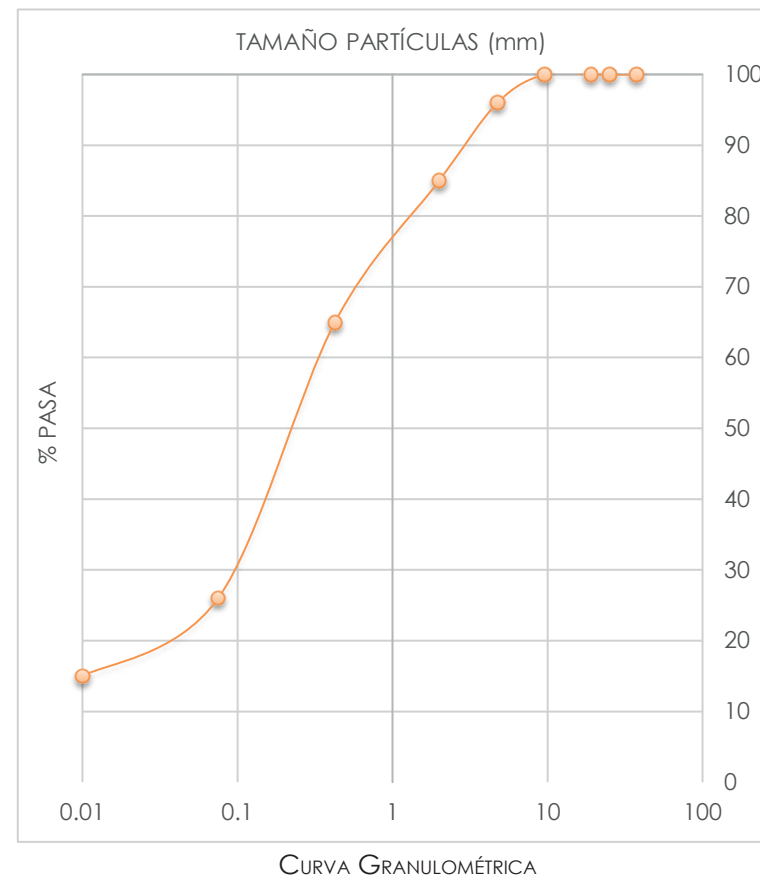
NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M4.1:

ABERTURA TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
INGLÉS	ASTM	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
(plg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-	100
1"	25.000	-	-	-	-	100
3/4"	19.000	-	-	-	-	100
1/2"	12.500	-	-	-	-	100
3/8"	9.500	1.55	1.55	-	-	100
No. 4	4.750	19.52	21.07	4	4	96
No. 8	2.360	-	21.07	-	4	96
No. 10	2.000	51.96	73.03	11	15	85
No. 16	1.180	-	73.03	-	15	85
No. 30	0.600	-	73.03	-	15	85
No. 40	0.425	91.82	164.85	20	35	65
No. 50	0.300	-	164.85	-	35	65
No. 80	0.180	-	164.85	-	35	65
No. 100	0.150	-	164.85	-	35	65
No. 200	0.075	180.33	345.18	39	74	26
BANDEJA		49.47	394.65	11	85	15

SUCS	SM
AASHTO	A-2-5
% Grava =	4
% Arena =	70
% Finos =	26





APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 10

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

RESPONSABLE TÉCNICO: ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

ENSAYO

2/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

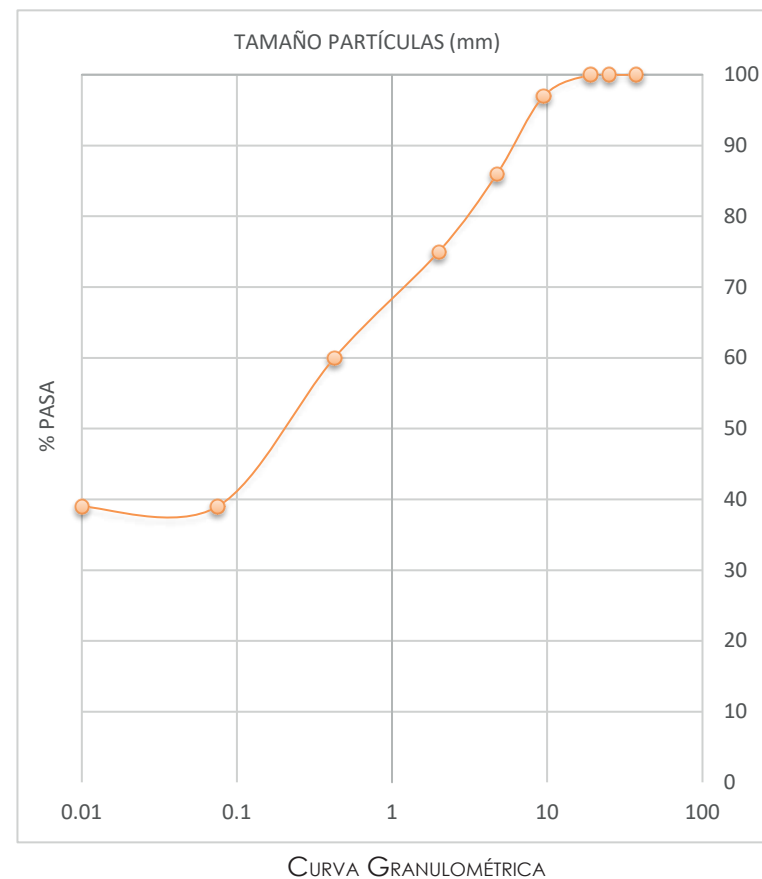
NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M4.1:

ABERTURA TAMIZ	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
INGLÉS	ASTM	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO
(pulg)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)
1 1/2"	37.500	-	-	-	-
1"	25.000	-	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	-	-
3/8"	9.500	21.85	21.85	3	3
No. 4	4.750	87.44	109.29	11	14
No. 8	2.360	-	109.29	-	14
No. 10	2.000	86.89	196.18	11	25
No. 16	1.180	-	196.18	-	25
No. 30	0.600	-	196.18	-	25
No. 40	0.425	120.51	316.69	15	40
No. 50	0.300	-	316.69	-	40
No. 80	0.180	-	316.69	-	40
No. 100	0.150	-	316.69	-	40
No. 200	0.075	168.00	484.69	21	61
BANDEJA	-	2.25	486.94	-	61

SUCS	SM
AASHTO	A-2-5
% Grava =	14
% Arena =	47
% Finos =	39





APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 11

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

RESPONSABLE TÉCNICO: ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR ESTÁNDAR

ENSAYO

3/3

FECHA DE REALIZACIÓN: 08/02/2022

NORMATIVA: ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

Ensayo próctor estándar



Ensayo contenido de humedad



Ensayo contenido de humedad

OBJETIVO:

Determinar la relación entre la densidad seca de los suelos compactados Vs. su % de humedad

MATERIALES:

- Molde de 15cm de diámetro, con collarín
- Pisón de 5 kg
- Balanza de precisión 0.1gr.
- Horno a temperatura 110 °C
- Bandejas
- Taras

PROCEDIMIENTO:

- Secamos el material en horno a temperatura 110 °C.
- Usando mini pisón trituramos levemente las muestras, con el fin de eliminar los terrones.
- Seguidamente agregamos agua con el 0%, 3%, 6%, 9% y 12%, para cada una de las muestras de suelo.
- Colocamos en el molde tres capas de la muestra, cada una de ellas compactamos mediante 56 golpes con un pisón de 5kg, el cual caerá de una altura de 15cm, de esta manera el suelo es sometido a un esfuerzo de compactación 600kN/m³.
- Retiramos el collarín, nivelamos y registramos su peso, para luego retirar la base del molde.
- Finalmente en el proceso tomamos una muestra de suelo en las taras, para ponerlo a secar en horno por 24h.

PESO DEL MOLDE:
(gr)VOLÚMEN:
(cm³)

DE CAPAS:

DE GOLPES:

6,530

2,116

3

56



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 12

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOSRESPONSABLE TÉCNICO:
ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR ESTÁNDAR

ENSAYO

3/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

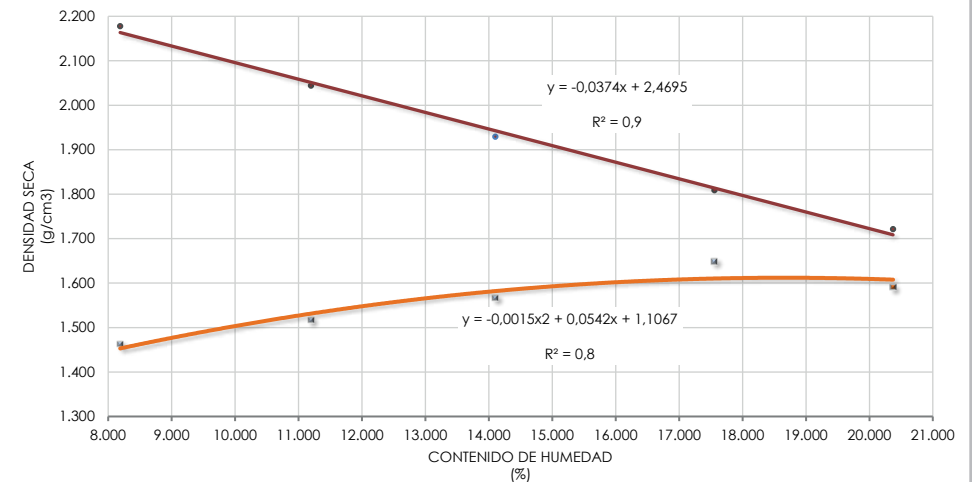
NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M1:

DATOS Y RESULTADOS DE ENSAYO											
MASA MUESTRA INICIAL: 10 kg	U	COMPACTACIÓN 1		COMPACTACIÓN 2		COMPACTACIÓN 3		COMPACTACIÓN 4		COMPACTACIÓN 5	
PESO MOLDE SIN ANILLO:	g	6,530.00		6,530.00		6,530.00		6,530.00		6,530.00	
INCREMENTO VOLUMEN AGUA:	ml (%)	0%		3%		6%		9%		12%	
PESO SIN ANILLO + MUESTRA COMPACTADA:	g	9,880.00		10,100.00		10,310.00		10,630.00		10,580.00	
RECIPiente No.:	g	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
PESO RECIPiente:		5.54	5.41	5.52	5.32	5.45	5.58	5.38	5.47	5.58	5.42
PESO RECIPiente + MUESTRA:		26.66	26.31	36.08	29.76	30.85	37.78	31.46	31.28	33.22	42.62
PESO SECO 24h (RECIPiente+ MUESTRA):		25.06	24.73	32.99	27.31	27.71	33.80	27.55	27.44	28.59	36.26
PESO COMPACTADO + AGUA:	g	3,350.00		3,570.00		3,780.00		4,100.00		4,050.00	
VOLUMEN DEL MOLDE 6":	cm3	2,116.00		2,116.00		2,116.00		2,116.00		2,116.00	
PESO DEL AGUA:	g	1.60	1.58	3.09	2.45	3.14	3.98	3.91	3.84	4.63	6.36
PESO NETO SUELO SECO TARA:	1.648	19.52	19.32	27.47	21.99	22.26	28.22	22.17	21.97	23.01	30.84
% W CONTENIDO AGUA:	%	8.20	8.18	11.25	11.14	14.11	14.10	17.64	17.48	20.12	20.62
COMPROBACIÓN 1: AL PROMEDIO		OK		OK		OK		OK		OK	
% W CONTENIDO AGUA PROMEDIO:	%	8.187		11.195		14.105		17.557		20.372	
COMPROBACIÓN 2: A LA HUMEDAD		OK		OK		OK		OK		OK	
DENSIDAD HÚMEDA:	g/cm3	1.583		1.687		1.786		1.938		1.914	
CURVA DE SATURACIÓN:	g/cm3	2.178		2.044		1.929		1.809		1.721	
DENSIDAD SECA:	g/cm3	1.463		1.517		1.566		1.648		1.590	

RESULTADOS ENSAYO

HUMEDAD ÓPTIMA (%):
17.557DENSIDAD MÁXIMA: kg/cm3
1.648

CURVA: DENSIDAD SECA VS. CONTENIDO DE HUMEDAD



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 13

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

RESPONSABLE TÉCNICO: ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR ESTÁNDAR

ENSAYO

3/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

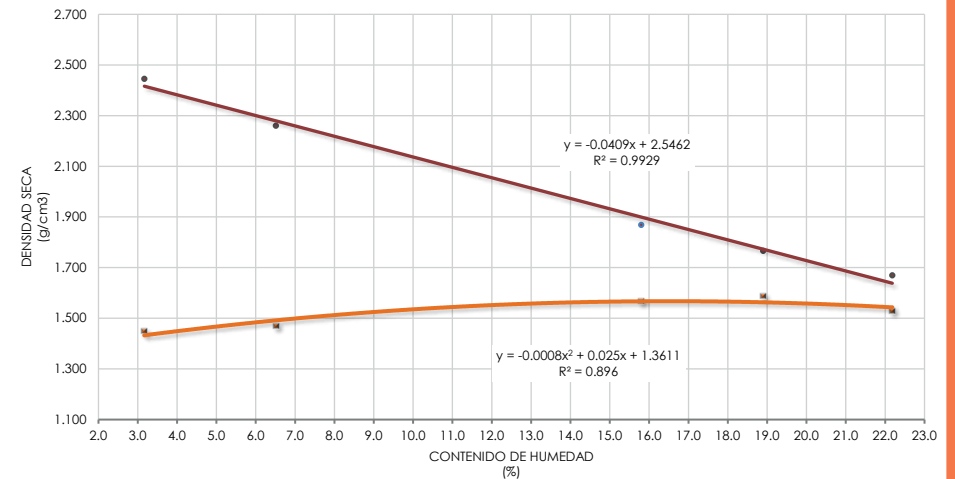
NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M2:

DATOS Y RESULTADOS DE ENSAYO											
MASA MUESTRA INICIAL: 10 kg	U	COMPACTACIÓN 1	COMPACTACIÓN 2	COMPACTACIÓN 3	COMPACTACIÓN 4	COMPACTACIÓN 5					
PESO MOLDE SIN ANILLO:	g	6,530.00	6,530.00	6,530.00	6,530.00	6,530.00					
INCREMENTO VOLUMEN AGUA:	ml (%)	0%	3%	6%	9%	15%					
PESO SIN ANILLO + MUESTRA COMPACTADA:	g	9,690.00	9,840.00	10,370.00	10,520.00	10,480.00					
RECIPIENTE No.:	g	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
PESO RECIPIENTE:		7.63	6.53	6.69	6.75	6.67	6.78	7.93	7.16	7.55	6.79
PESO RECIPIENTE + MUESTRA:		85.47	83.08	79.05	83.62	68.83	69.36	64.09	60.02	65.47	72.80
PESO SECO 24h (RECIPIENTE+ MUESTRA):		83.07	80.74	74.54	79.01	60.26	60.91	55.15	51.63	61.19	55.19
PESO COMPACTADO + AGUA:	g	3,160.00	3,310.00	3,840.00	3,990.00	3,950.00					
VOLUMEN DEL MOLDE 6":	cm3	2,116.00	2,116.00	2,116.00	2,116.00	2,116.00					
PESO DEL AGUA:	g	2.40	2.34	4.51	4.61	8.57	8.45	8.94	8.39	4.28	17.61
PESO NETO SUELO SECO TARA:	g	75.44	74.21	67.85	72.26	53.59	54.13	47.22	44.47	53.64	48.40
% W CONTENIDO AGUA:	%	3.18	3.15	6.65	6.38	15.99	15.61	18.93	18.87	7.98	36.38
COMPROBACIÓN 1: AL PROMEDIO		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	REPETIR
% W CONTENIDO AGUA PROMEDIO:	%	3.167	6.513	15.801	18.900	22.182					
COMPROBACIÓN 2: A LA HUMEDAD		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DENSIDAD HÚMEDA:	g/cm3	1.493	1.564	1.815	1.886	1.867					
CURVA DE SATURACIÓN:	g/cm3	2.445	2.260	1.868	1.766	1.669					
DENSIDAD SECA:	g/cm3	1.448	1.469	1.567	1.586	1.528					

RESULTADOS ENSAYO

HUMEDAD ÓPTIMA (%):
18.900DENSIDAD MÁXIMA: kg/cm3
1.586

CURVA: DENSIDAD SECA VS. CONTENIDO DE HUMEDAD



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 14

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOSRESPONSABLE TÉCNICO:
ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR ESTÁNDAR

ENSAYO

3/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

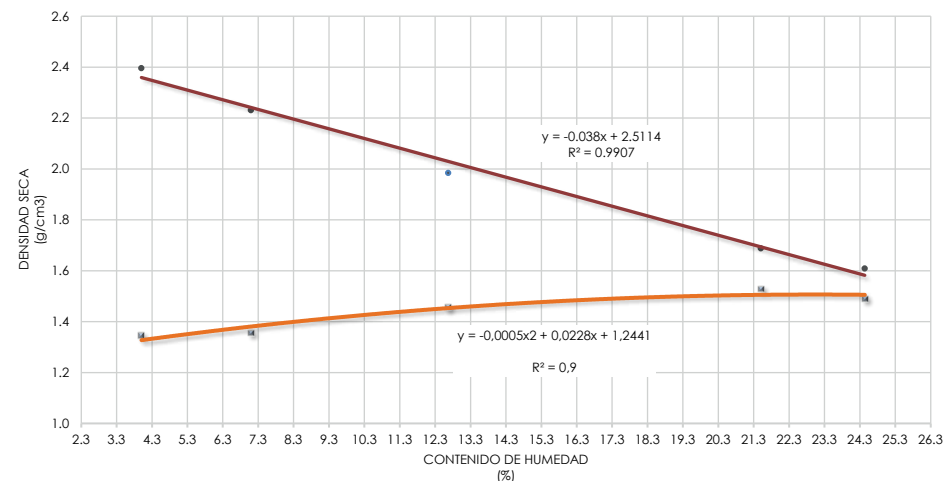
NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M3:

DATOS Y RESULTADOS DE ENSAYO											
MASA MUESTRA INICIAL: 10 kg	U	COMPACTACIÓN 1		COMPACTACIÓN 2		COMPACTACIÓN 4		COMPACTACIÓN 5		COMPACTACIÓN 5	
PESO MOLDE SIN ANILLO:	g	6,530.00		6,530.00		6,530.00		6,530.00		6,530.00	
INCREMENTO VOLUMEN AGUA:	ml (%)	0%		3%		9%		18%		12%	
PESO SIN ANILLO + MUESTRA COMPACTADA:	g	9,490.00		9,600.00		10,000.00		10,460.00		10,450.00	
RECIPIENTE No.:	g	T1	T2	T3	T4	T7	T8	T9	T10	T9	T10
PESO RECIPIENTE:		7.64	6.69	6.75	6.87	6.67	7.67	6.76	7.68	5.33	5.53
PESO RECIPIENTE + MUESTRA:		95.85	83.46	63.90	66.52	61.30	68.36	66.28	80.73	34.64	34.88
PESO SECO 24h (RECIPIENTE+ MUESTRA):		92.53	80.44	60.09	62.59	55.06	61.64	55.79	67.75	28.81	29.19
PESO COMPACTADO + AGUA:	g	2,960.00		3,070.00		3,470.00		3,930.00		3,920.00	
VOLUMEN DEL MOLDE 6":	cm3	2,116.00		2,116.00		2,116.00		2,116.00		2,116.00	
PESO DEL AGUA:	g	3.32	3.02	3.81	3.93	6.24	6.72	10.49	12.98	5.83	5.69
PESO NETO SUELO SECO TARA:	g	84.89	73.75	53.34	55.72	48.39	53.97	49.03	60.07	23.48	23.66
% W CONTENIDO AGUA:	%	3.91	4.09	7.14	7.05	12.90	12.45	21.40	21.61	24.83	24.05
COMPROBACIÓN 1: AL PROMEDIO		OK		OK		OK		OK		OK	
% W CONTENIDO AGUA PROMEDIO:	%	4.003		7.098		12.673		21.502		24.439	
COMPROBACIÓN 2: A LA HUMEDAD		OK		OK		OK		OK		OK	
DENSIDAD HÚMEDA:	g/cm3	1.399		1.451		1.640		1.857		1.853	
CURVA DE SATURACIÓN:	g/cm3	2.396		2.230		1.984		1.688		1.608	
DENSIDAD SECA:	g/cm3	1.345		1.355		1.455		1.529		1.489	

RESULTADOS ENSAYO

HUMEDAD ÓPTIMA (%):
21.502DENSIDAD MÁXIMA: kg/cm3
1.529

CURVA: DENSIDAD SECA VS. CONTENIDO DE HUMEDAD



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 15

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOSRESPONSABLE TÉCNICO:
ING. MARÍA FERNANDA LEMA

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR ESTÁNDAR

ENSAYO

3/3

FECHA DE REALIZACIÓN:

11/02/2022

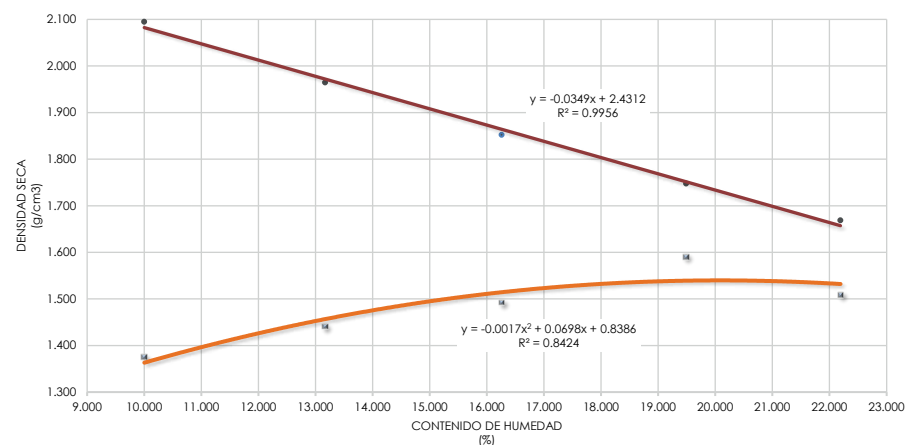
NORMATIVA:

ASTM C136
AASHTO T27
NEVI 181INVE 107 - INVE 123
INEN 688 - INEN 696

RESULTADOS M4:

DATOS Y RESULTADOS DE ENSAYO											
MASA MUESTRA INICIAL: 10 kg	U	COMPACTACIÓN 1		COMPACTACIÓN 2		COMPACTACIÓN 3		COMPACTACIÓN 4		COMPACTACIÓN 5	
PESO MOLDE SIN ANILLO:	g	6,530.00		6,530.00		6,530.00		6,530.00		6,530.00	
INCREMENTO VOLUMEN AGUA:	ml (%)	0%		3%		6%		9%		12%	
PESO SIN ANILLO + MUESTRA COMPACTADA:	g	9,730.00		9,980.00		10,200.00		10,550.00		10,430.00	
RECIPIENTE No.:	g	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
PESO RECIPIENTE:		7.57	7.13	5.73	5.81	5.69	7.47	7.39	5.45	5.14	5.39
PESO RECIPIENTE + MUESTRA:		36.15	39.93	28.94	32.27	33.08	43.00	40.30	32.45	32.29	31.98
PESO SECO 24h (RECIPIENTE+ MUESTRA):		33.55	36.95	26.24	29.19	29.28	37.99	34.89	28.08	27.37	27.14
PESO COMPACTADO + AGUA:	g	3,200.00		3,450.00		3,670.00		4,020.00		3,900.00	
VOLUMEN DEL MOLDE 6":	cm3	2,116.00		2,116.00		2,116.00		2,116.00		2,116.00	
PESO DEL AGUA:	g	2.60	2.98	2.70	3.08	3.80	5.01	5.41	4.37	4.92	4.84
PESO NETO SUELO SECO TARA:	g	25.98	29.82	20.51	23.38	23.59	30.52	27.50	22.63	22.23	21.75
% W CONTENIDO AGUA:	%	10.01	9.99	13.16	13.17	16.11	16.42	19.67	19.31	22.13	22.25
COMPROBACIÓN 1: AL PROMEDIO		OK		OK		OK		OK		OK	
% W CONTENIDO AGUA PROMEDIO:	%	10.000		13.169		16.262		19.492		22.193	
COMPROBACIÓN 2: A LA HUMEDAD		OK		OK		OK		OK		OK	
DENSIDAD HÚMEDA:	g/cm3	1.512		1.630		1.734		1.900		1.843	
CURVA DE SATURACIÓN:	g/cm3	2.095		1.964		1.852		1.747		1.669	
DENSIDAD SECA:	g/cm3	1.375		1.441		1.492		1.590		1.508	

RESULTADOS ENSAYO

HUMEDAD ÓPTIMA (%):
19.492DENSIDAD MÁXIMA: kg/cm3
1.590

CURVA: DENSIDAD SECA VS. CONTENIDO DE HUMEDAD



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 16

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

1/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 22/04/22

FECHA DE ENSAYO: 27/04/22

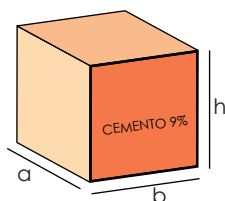
COMPOSICIÓN

AGUA: 0.81%

CEMENTO: 9.00%

ARENA: 90.19%

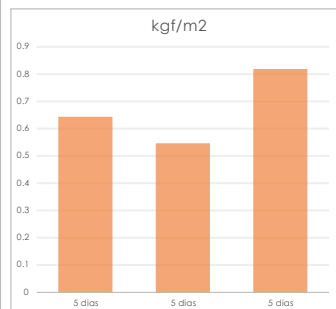
TIPO I



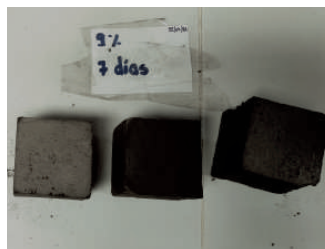
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M1 9% CEMENTO	1	5 días	157.07	4.85	4.7	4.9	0.15	0.06	0.64	3
	2	5 días	157.02	4.95	5	4.9	0.13	0.054	0.54	3
	3	5 días	158.01	4.98	5	5	0.2	0.08	0.81	3

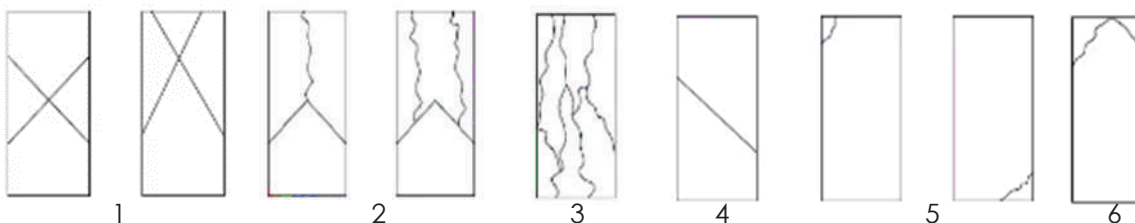
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 17

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

2/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 22/04/22

FECHA DE ENSAYO: 29/04/22

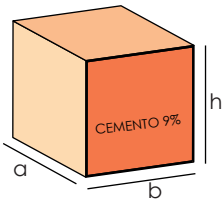
COMPOSICIÓN

AGUA: 0.81%

CEMENTO: 9.00%

ARENA: 90.19%

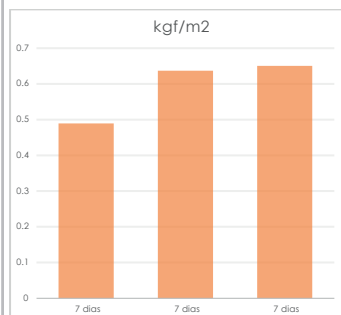
TIPO I



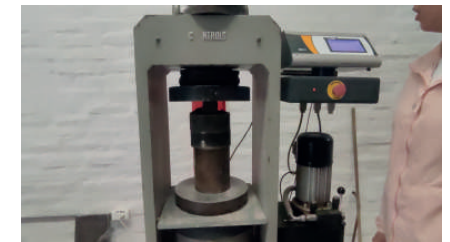
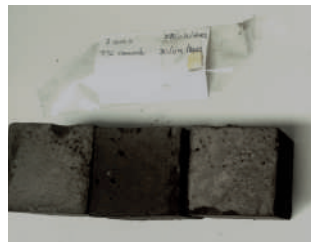
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M1 9% CEMENTO	1	7 días	155.75	5	5	5	0.12	0.05	0.48	3
	2	7 días	154.74	4.8	4.9	4.9	0.15	0.06	0.63	3
	3	7 días	155.26	4.9	4.9	4.8	0.15	0.06	0.65	3

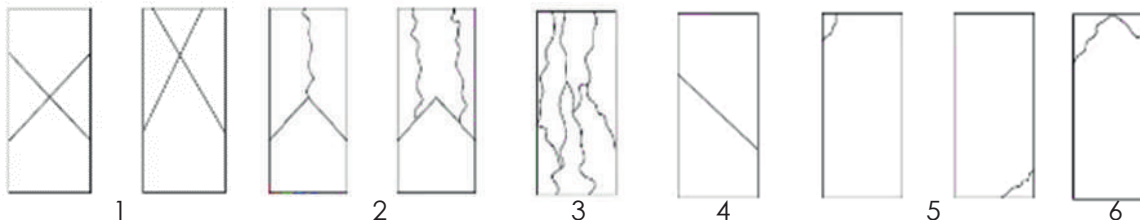
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 18

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

3/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 22/04/22

FECHA DE ENSAYO: 19/05/22

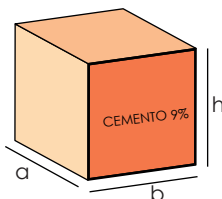
COMPOSICIÓN

AGUA: 0.81%

CEMENTO: 9.00%

ARENA: 90.19%

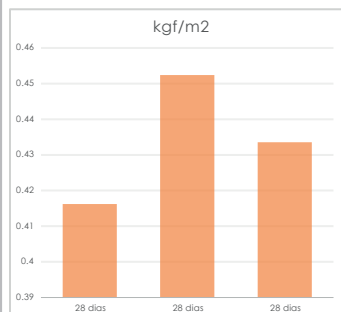
TIPO I



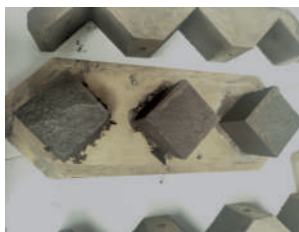
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M1 9% CEMENTO	1	28 días	154.75	4.7	4.9	5	0.1	0.04	0.4	3
	2	28 días	153.74	4.7	4.9	4.6	0.1	0.04	0.4	3
	3	28 días	154.26	4.8	4.8	4.9	0.1	0.04	0.4	3

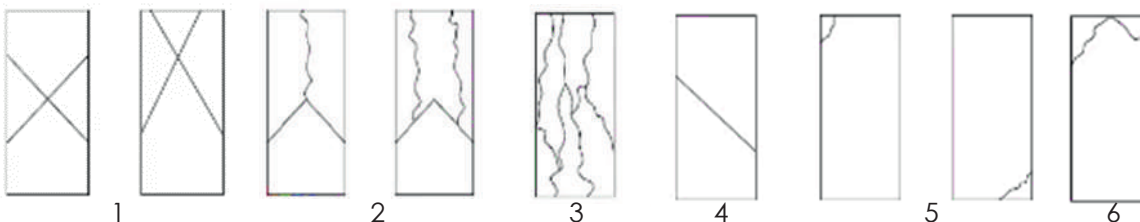
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 19

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

4/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 23/04/22

FECHA DE ENSAYO: 28/04/22

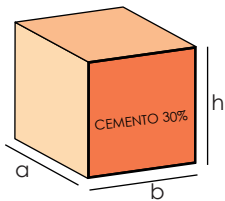
COMPOSICIÓN

AGUA: 2.7%

CEMENTO: 30.00%

ARENA: 67.30%

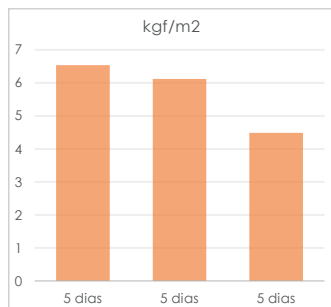
TIPO I



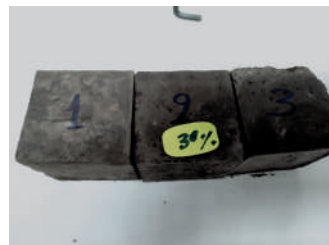
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M2 30% CEMENTO	1	5 días	154.75	5	5.1	5.2	1.70	0.64	6.52	3
	2	5 días	165.2	4.8	5	5	1.50	0.60	6.11	3
	3	5 días	164.77	4.95	5	5	1.10	0.44	4.48	3

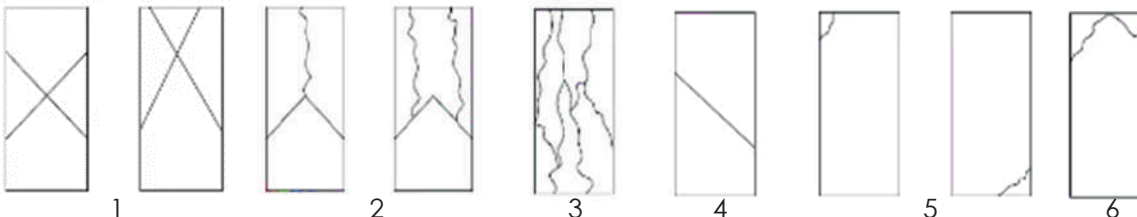
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 20

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

5/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 23/04/22

FECHA DE ENSAYO: 30/04/22

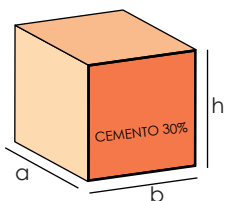
COMPOSICIÓN

AGUA: 2.7%

CEMENTO: 30%

ARENA: 67.30%

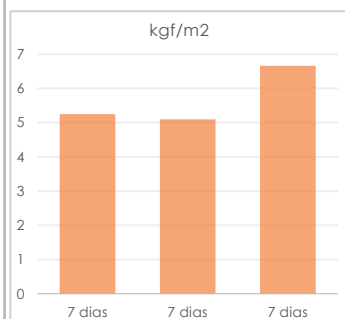
TIPO I



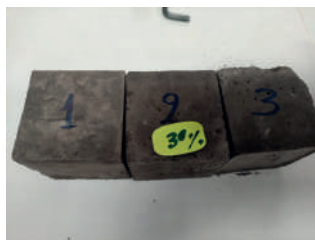
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M2 30% CEMENTO	1	7 días	176.99	4.95	5.1	5.1	1.30	0.50	5.2	3
	2	7 días	178.9	5	4.95	4.95	1.60	0.65	5	3
	3	7 días	168.54	4.95	5.1	5.1	1.30	0.50	6.6	3

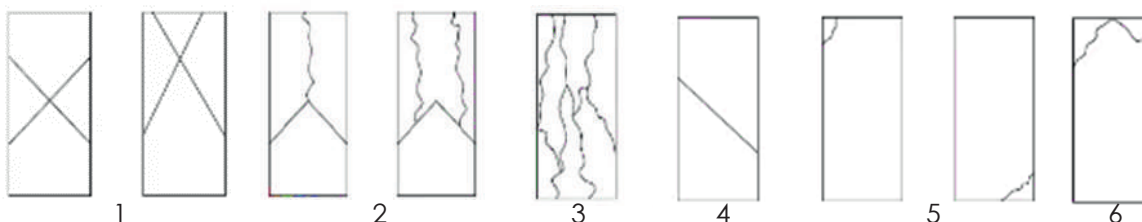
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 21

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

6/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 23/04/22

FECHA DE ENSAYO: 20/05/22

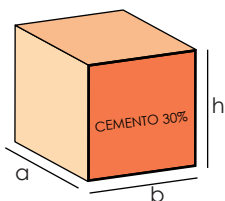
COMPOSICIÓN

AGUA: 2.70%

CEMENTO: 30.00%

ARENA: 67.30%

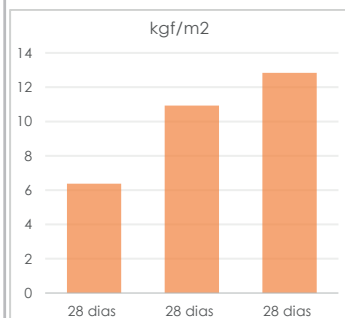
TIPO I



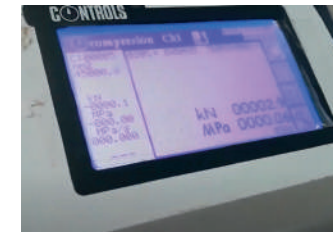
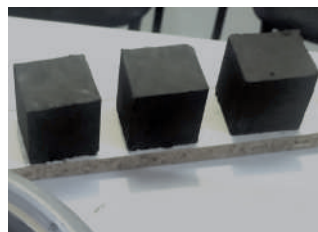
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M2 30% CEMENTO	1	28 días	162.48	5	4.8	5	1.50	0.63	6.3	3
	2	28 días	164.15	4.9	4.95	4.9	2.60	1.07	10.93	3
	3	28 días	162.82	5	4.9	4.7	2.90	1.26	12.8	3

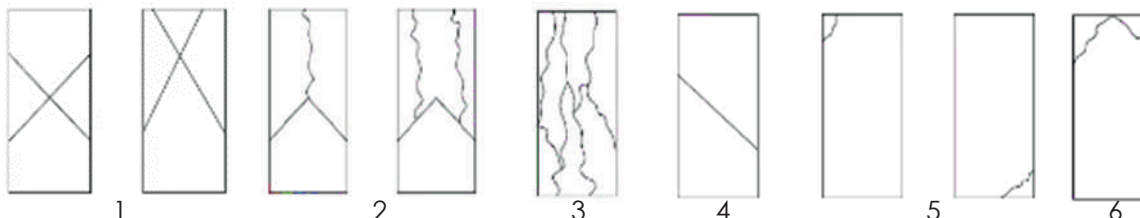
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 22

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

7/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 24/04/22

FECHA DE ENSAYO: 29/04/22

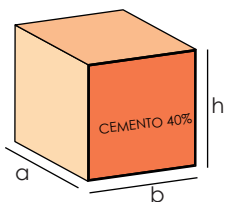
COMPOSICIÓN

AGUA: 3.60%

CEMENTO: 40.00%

ARENA: 56.4%

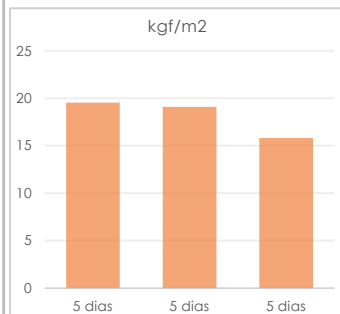
TIPO I



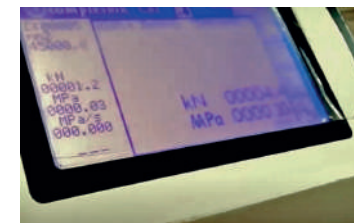
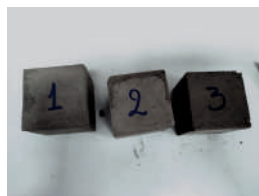
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M3 40% CEMENTO	1	5 días	183.42	5	5	4.8	4.60	1.92	19.5	3
	2	5 días	181.67	5	4.7	5	4.40	1.87	19.09	3
	3	5 días	177.33	5.1	4.9	5	3.80	1.55	15.81	3

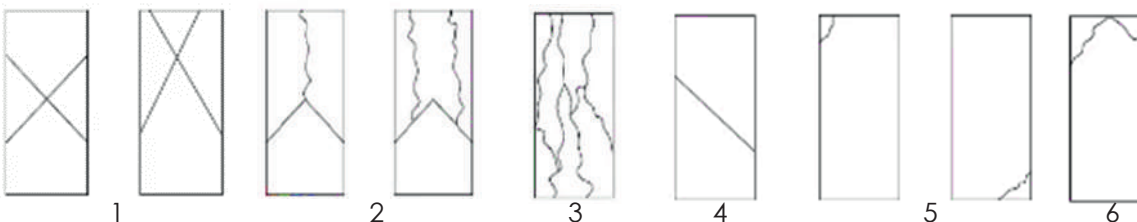
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRAFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 23

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

8/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 24/04/22

FECHA DE ENSAYO: 01/05/22

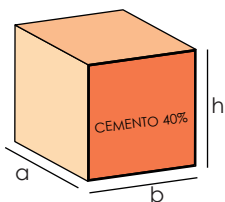
COMPOSICIÓN

AGUA: 3.60%

CEMENTO: 40.00%

ARENA: 56.40%

TIPO I



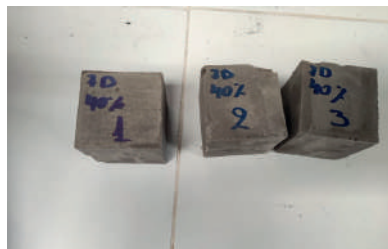
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M3 40% CEMENTO	1	7 días	182.44	5.05	5	5	5.10	2.04	20.8	3
	2	7 días	175.44	4.9	4.95	5	4.80	1.94	19.77	3
	3	7 días	181.26	5	5.05	5	3.90	1.54	15.75	3

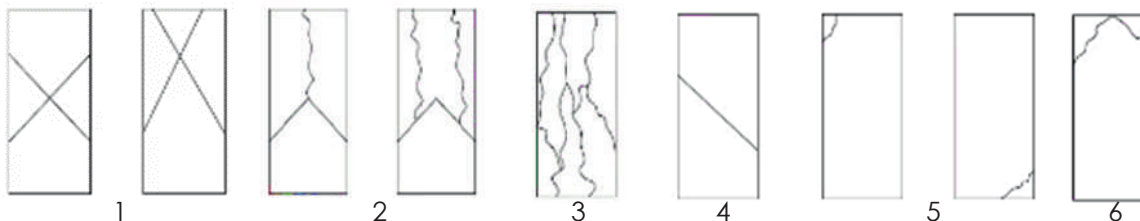
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 24

ELABORADO POR: PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANAREALIZADO EN: LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA: INEN 488

ENSAYO DE CUBOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN MORTERO

MUESTRA

9/9

FECHA DE ELABORACIÓN: 24/04/22

FECHA DE ENSAYO: 21/05/22

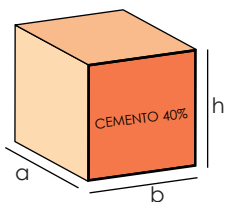
COMPOSICIÓN

AGUA: 3.60%

CEMENTO: 40.00%

ARENA: 56.40%

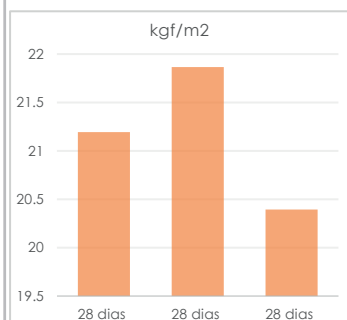
TIPO I



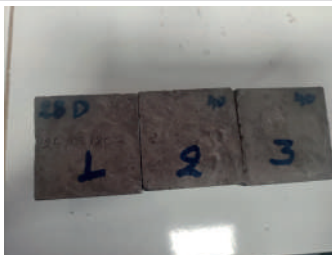
RESULTADOS

Muestra	código	edad de ensayo	peso	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión kgf/cm2	Tipo de falla
				a	b	h				
M3 40% CEMENTO	1	28 días	171.23	5	5	5.1	5.30	2.08	21.2	3
	2	28 días	170.42	5	4.85	5	5.20	2.14	21.86	3
	3	28 días	169.55	2	4.9	5	4.90	2.00	20.39	3

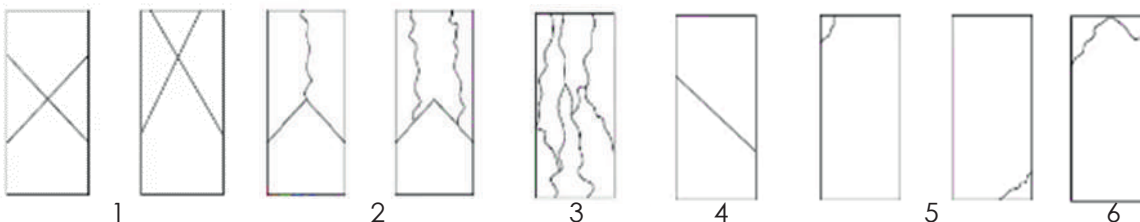
TABLA CON ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 25

ELABORADO POR:

PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANA

REALIZADO EN:

LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA :

E80

ENSAYO DE LADRILLOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN TAPIA

MUESTRA

1/4

FECHA DE ELABORACIÓN:

01/06/22

FECHA DE ENSAYO:

08/06/22

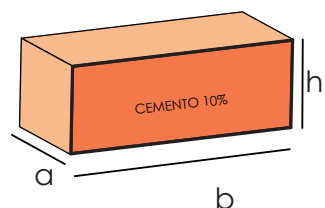
AGUA: 0.01%

CEMENTO: 0.10%

ARENA: 0.89%

ADITIVO: 0.001%

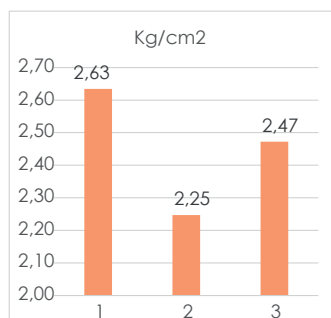
TIPO 2



RESULTADOS

Muestra	código	fecha de ensayo	edad de ensayo	peso (gr)	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión Kg/cm ²	Tipo de Falla
					Base	Altura	Profundidad				
M1 10% CEMENTO	1	2-jun-22	5 días	2,81	10,2	10,2	14,8	3,9	0,26	2,63	2
	2	2-jun-22	5 días	2,98	10,02	10,05	14,9	3,3	0,22	2,25	6
	3	2-jun-22	5 días	2,72	10	10,06	14,8	3,61	0,24	2,47	6

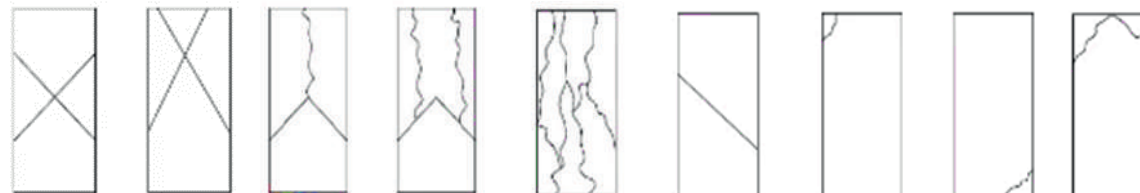
TABLA DE ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 26

ELABORADO POR:

PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANA

REALIZADO EN:

LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA :

E80

ENSAYO DE LADRILLOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN TAPIA

MUESTRA

2/4

FECHA DE ELABORACIÓN:

29/05/22

FECHA DE ENSAYO:

03/06/22

COMPOSICIÓN

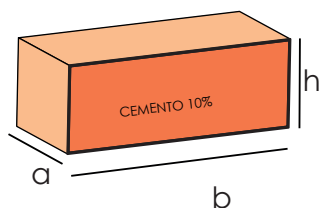
AGUA: 0.01%

CEMENTO: 0.10%

ARENA: 0.89%

ADITIVO: 0.001%

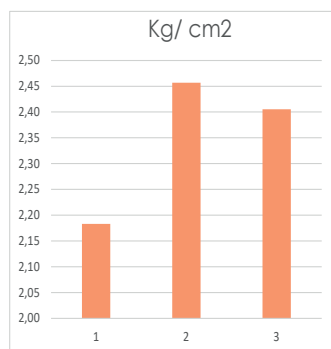
TIPO 2



RESULTADOS

Muestra	código	fecha de ensayo	edad de ensayo	peso (gr)	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión Kgf/cm2	Tipo de Falla
					Base	Altura	Profundidad				
M1 10% CEMENTO	1	8-jun-22	7 días	2,82	9,8	10,1	14,8	3,2	0,21	2,18	3
	2	8-jun-22	7 días	2,93	9,9	10,06	15,06	3,65	0,24	2,46	3
	3	8-jun-22	7 días	2,85	10	10,01	14,95	3,53	0,24	2,41	6

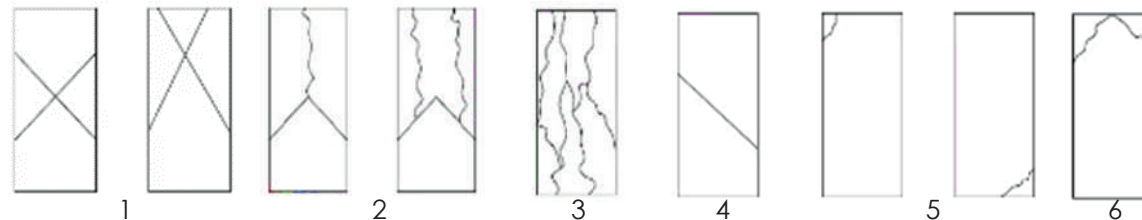
TABLA DE ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 27

ELABORADO POR:

PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANA

REALIZADO EN:

LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA :

E80

ENSAYO DE LADRILLOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN TAPIA

MUESTRA

3/4

FECHA DE ELABORACIÓN:

31/05/22

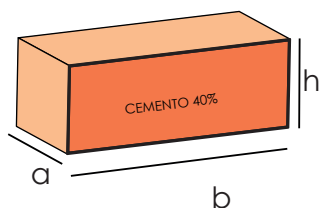
FECHA DE ENSAYO:

07/06/22

COMPOSICIÓN

AGUA: 0.01% CEMENTO: 0.56% ARENA: 0.60% ADITIVO: 0.001%

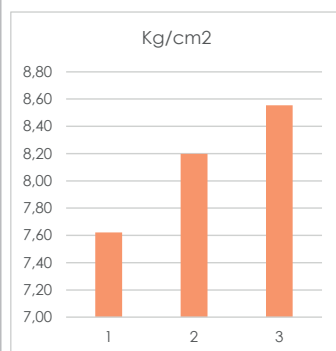
TIPO 2



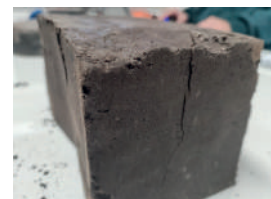
RESULTADOS

Muestra	código	fin de curado	fecha de ensay	edad de ensayo	peso (gr)	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión Kgf/cm2	Tipo de Falla
						Base	Altura	Profundidad				
M1 40% CEMENTO	4	29-may-22	3-jun-22	5 días	2,81	9,95	9,9	15	11,1	0,75	7,62	2
	5	29-may-22	3-jun-22	5 días	2,98	10,5	10,2	15	12,3	0,80	8,20	6
	3	29-may-22	3-jun-22	5 días	2,72	10,1	10	14,9	12,5	0,84	8,55	6

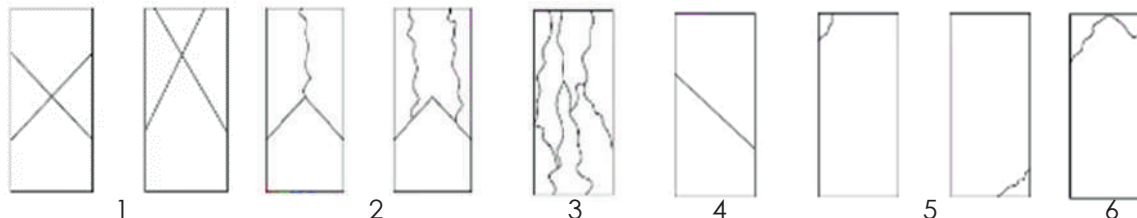
TABLA DE ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 28

ELABORADO POR:

PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANA

REALIZADO EN:

LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA :

E80

ENSAYO DE LADRILLOS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA EN TAPIA

MUESTRA

4/4

FECHA DE ELABORACIÓN:

28/05/22

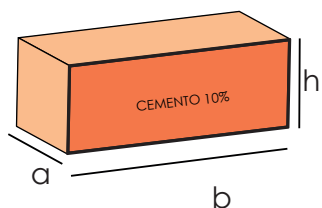
FECHA DE ENSAYO:

02/06/22

COMPOSICIÓN

AGUA: 0.01% CEMENTO: 0.56% ARENA: 0.60% ADITIVO: 0.001%

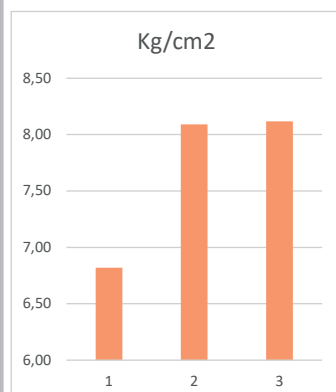
TIPO 2



RESULTADOS

Muestra	código	fin de curado	fecha de ensayo	edad de ensayo	peso (gr)	Dimensiones (cm)			Carga kN	Esfuerzo a la compresión Mpa	Esfuerzo a la compresión Kgf/cm2	Tipo de Falla
						Base	Altura	Profundidad				
M1 40% CEMENTO	1	31-may-22	7-jun-22	7 días	2,49	10,01	10	15,1	10,1	0,67	6,82	6
	2	31-may-22	7-jun-22	7 días	2,55	10,5	10	15	11,9	0,79	8,09	2
	3	31-may-22	7-jun-22	7 días	2,59	10	10	15,2	12,1	0,80	8,12	2

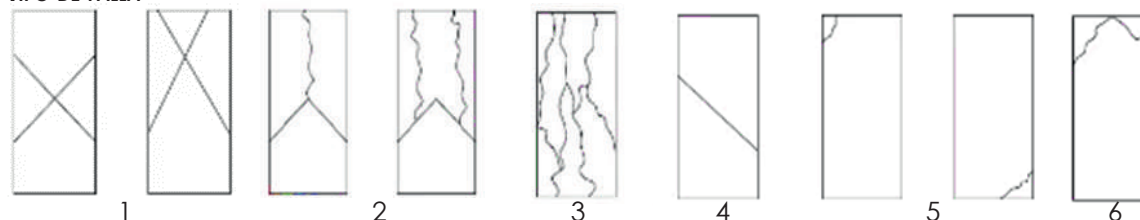
TABLA DE ESFUERZOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



DESCRIPCIÓN TIPO DE FALLA

- 1.- Conos en ambos extremos. Fisuras en cabecera < 25mm
- 2.- Conos en un extremo. Fisuras verticales en cabecera
- 3.- Fisura vertical en columna ambos extremos
- 4.- Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes
- 5.- Fractura a los lados en el extremo superior o en el inferior
- 6.- Similar al tipo "5.-" pero en el un extremo esta la punta



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 29

ELABORADO POR:

PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANA

REALIZADO EN:

LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA :

E80

POSTENSADO DE VARILLA PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA A ROTURA

MUESTRA

1 / 1

FECHA DE ELABORACIÓN:

28/06/22

FECHA DE ENSAYO:

28/06/22

COMPOSICIÓN

MATERIAL:

ACERO

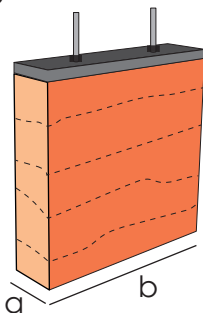
TEXTURA :

LISA

LONGITUD :

1.20 m

MURO



RESULTADOS

$$\text{ÁREA TENSIONADA} = \frac{\text{FUERZA DE Tensión}}{\text{ÁREA TENSIONADA}} = \frac{338.18 \text{ KGf/cm}^2}{10.13} = 33.38 \text{ KGf} = 2937.86 \text{ KGf}$$

RESULTADOS

$$\text{ÁREA TENSIONADA} = \frac{\text{FUERZA DE Tensión}}{\text{ÁREA TENSIONADA}} = \frac{338.18 \text{ KGf/cm}^2}{10.13} = 38.25 \text{ KGf} = 2563.81 \text{ KGf}$$

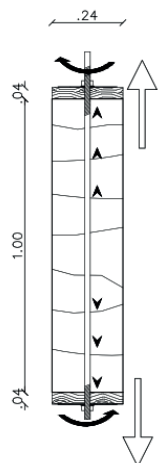
ANEXOS FOTOGRÁFICOS



ANEXOS FOTOGRÁFICOS



VARILLA





APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 30

ELABORADO POR:

PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANA

REALIZADO EN:

LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA :

E80

ENSAYO DE MURETE PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TAPIAL

MUESTRA

1/2

FECHA DE ELABORACIÓN:

28/05/22

FECHA DE ENSAYO:

06/06/22

COMPOSICIÓN

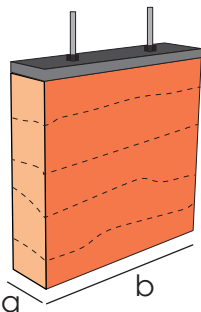
AGUA: 0.01%

CEMENTO: 0.56%

ARENA: 0.60%

ADITIVO: 0.001%

MURO



RESULTADOS

psi	kgf	área promedio	cm2	kgf/cm2
	carga del muro	área aplicada la fuerza		resultado
5500	387,500775	24*100	24	8,07

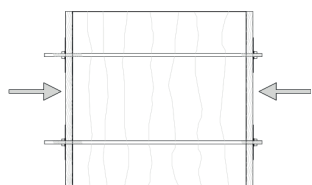
ANEXOS FOTOGRÁFICOS



TIPO DE FALLA



APLICACION DE FUERZA EN EL MURO



387,500775 KGF



APLICACIÓN DE TÉCNICA CONSTRUCTIVA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA: TAPIA POS-TENSADA CON SUELO DEL SECTOR CHORRERA MIRADOR - PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

ANEXO: 31

ELABORADO POR:

PASTUÑA JOSSELINE
VALLEJO JOANA

REALIZADO EN:

LABORATORIO CORPORACIÓN
ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

NORMATIVA :

E80

ENSAYO DE MURETE PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TAPIAL

MUESTRA

1/2

FECHA DE ELABORACIÓN:

06/07/22

FECHA DE ENSAYO:

06/07/22

COMPOSICIÓN

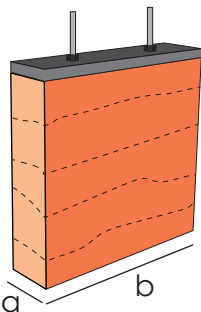
AGUA: 0.01%

CEMENTO: 0.56%

ARENA: 0.60%

ADITIVO: 0.001%

MURO



RESULTADOS

psi	kgf	área promedio	cm2	kgf/cm2
	carga del muro	área aplicada la fuerza		resultado
5500	333,182494	24*100	24	7.05

ANEXOS FOTOGRÁFICOS

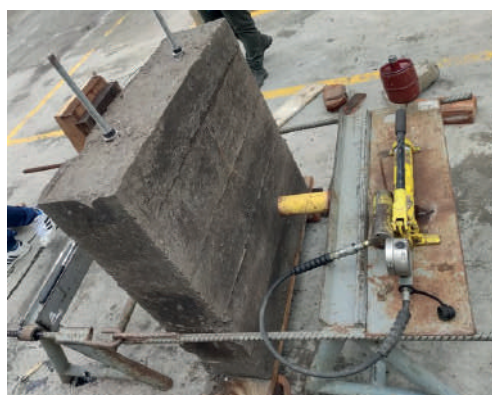
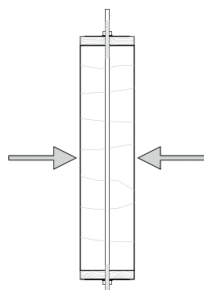


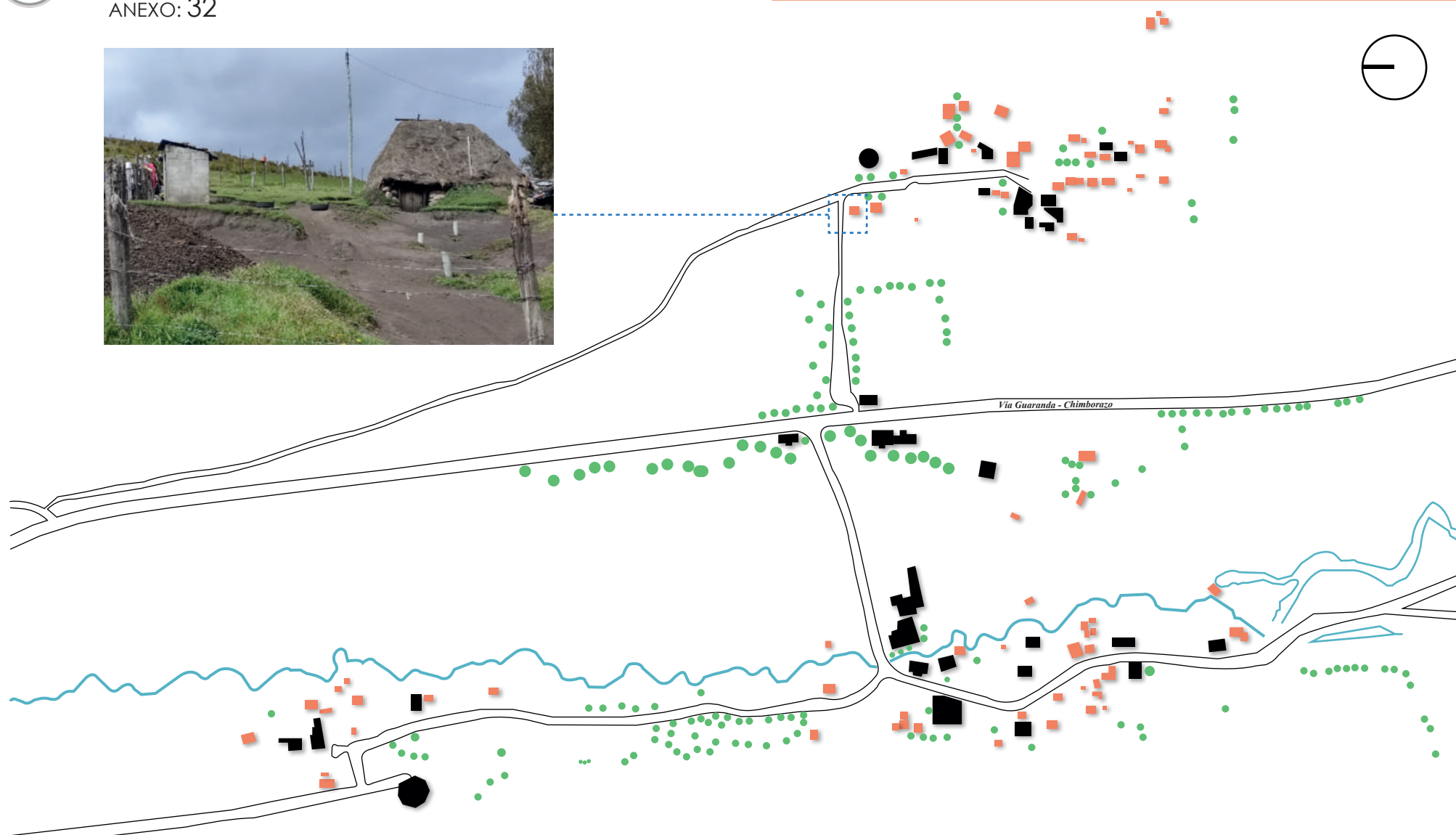
TABLA DE ESFUERZOS



387,500775 KGF

TIPO DE FALLA



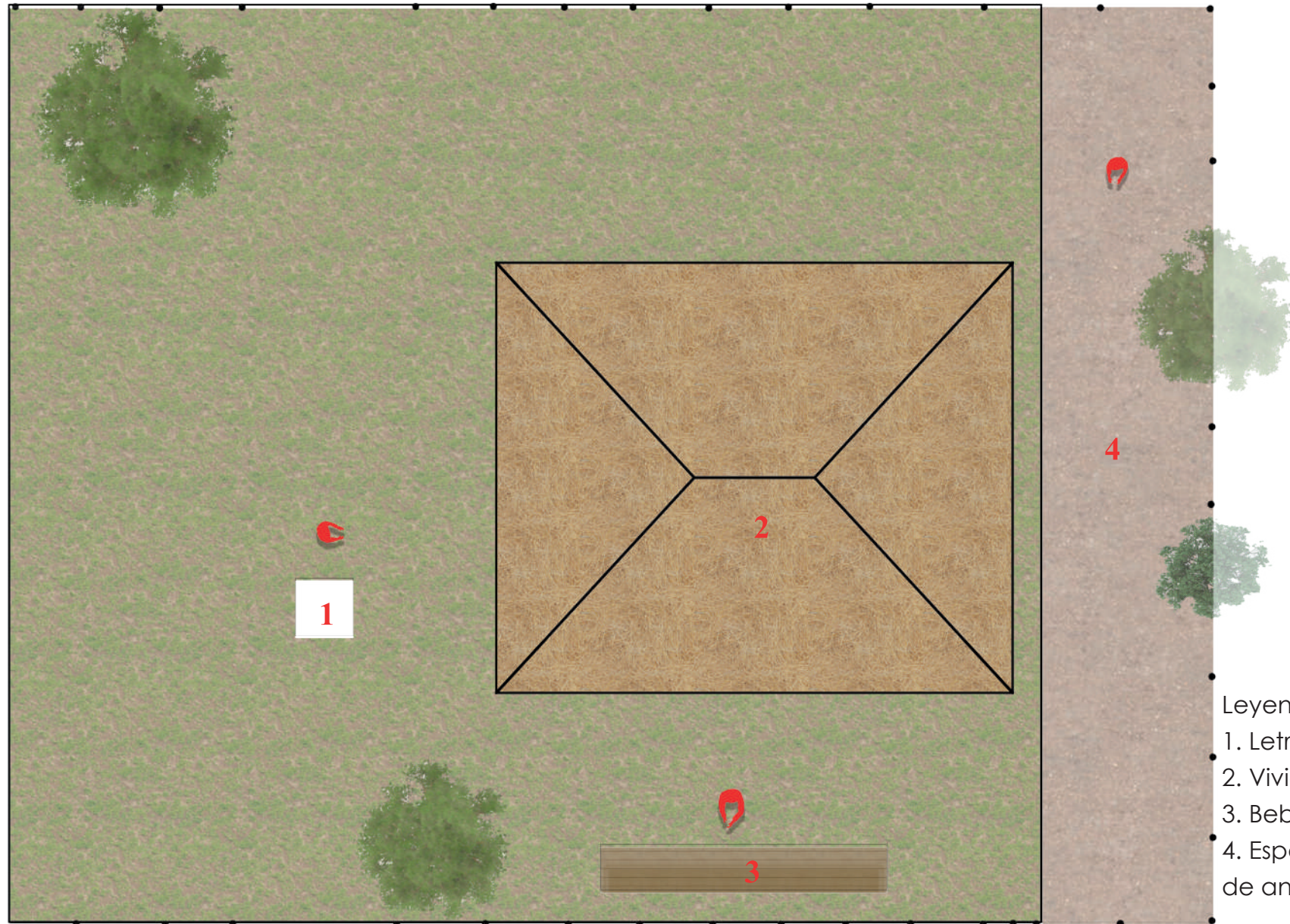


- Viviendas Vernáculas
- Viviendas Contemporáneas

UBICACIÓN

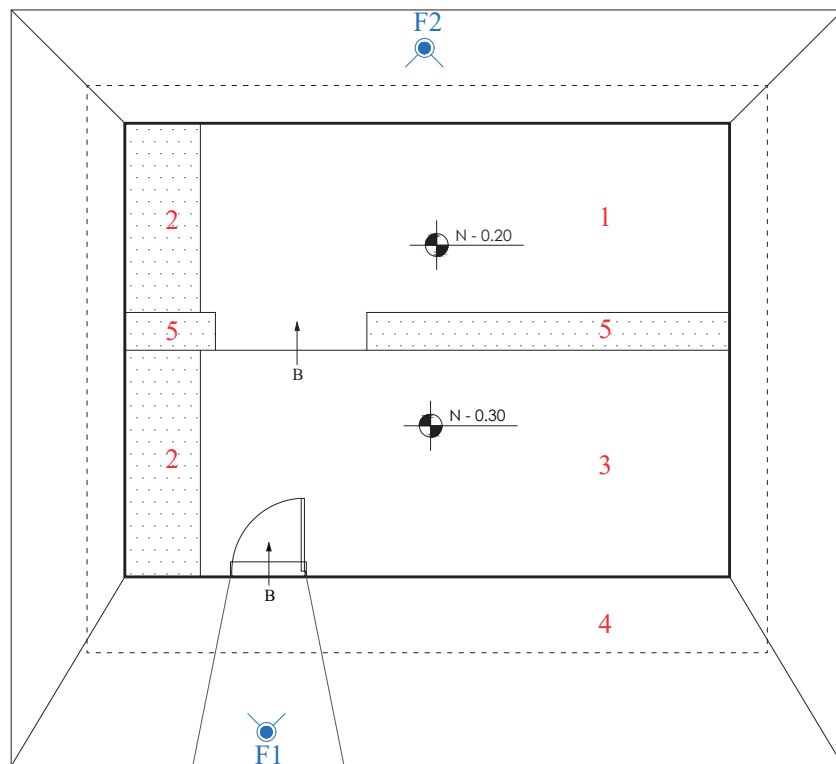


CARRERA DE ARQUITECTURA 



- 1. Letrina
- 2. Vivienda
- 3. Bebederos
- 4. Espacio para cría de animales

EMPLAZAMIENTO

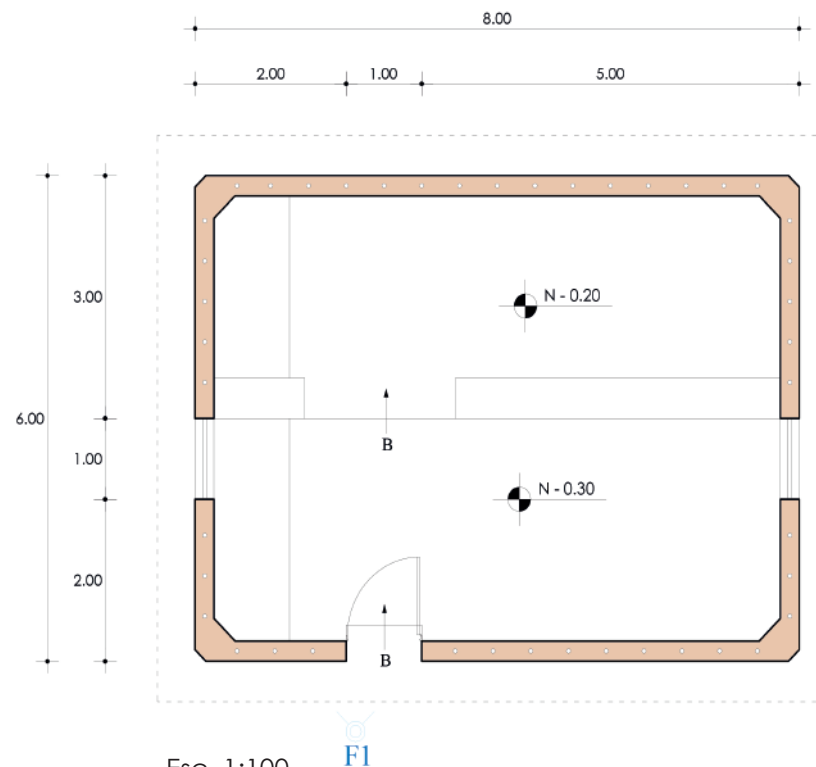


Esc. 1:100



- 1. Espacios de usos múltiples
- 2. Espacios para sentarse
- 3. Espacios para cocinar
- 4. Tierra confinada
- 5. División de espacios con muros de tierra a media altura

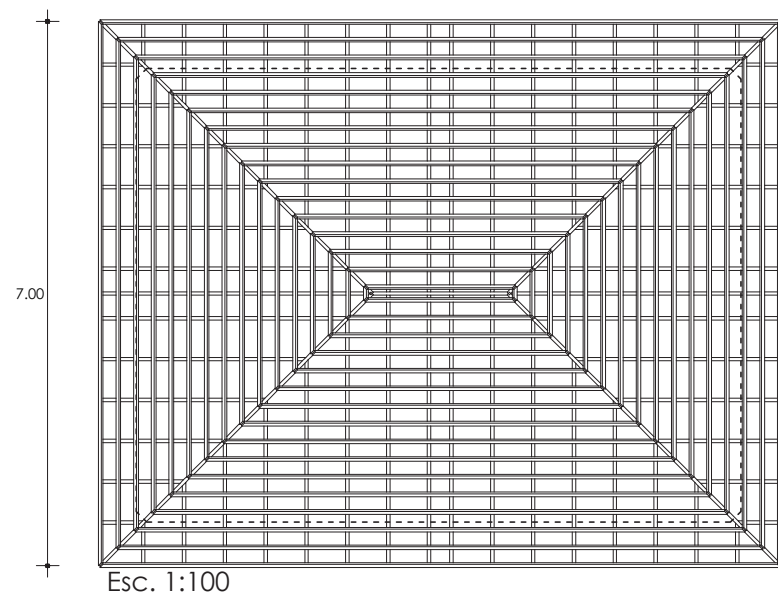
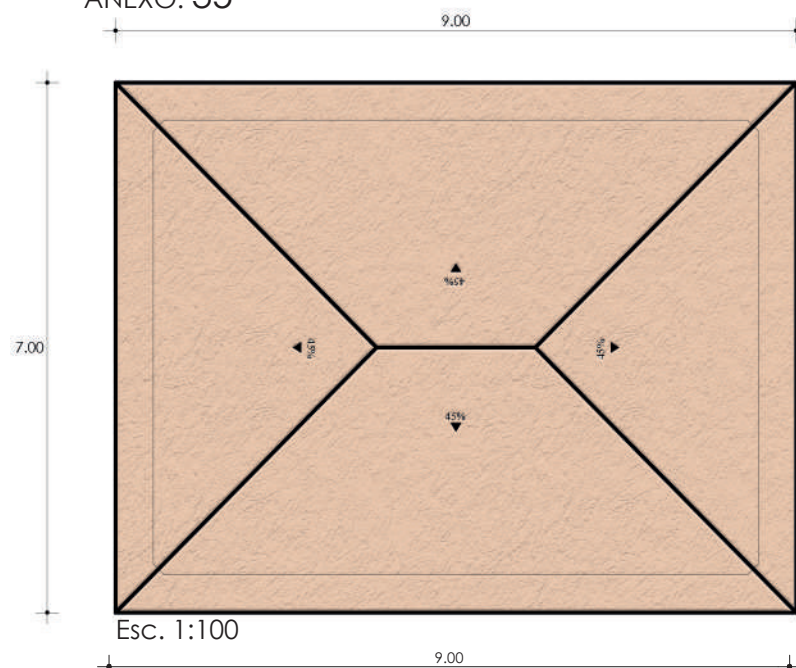
PLANTA ARQUITECTÓNICA



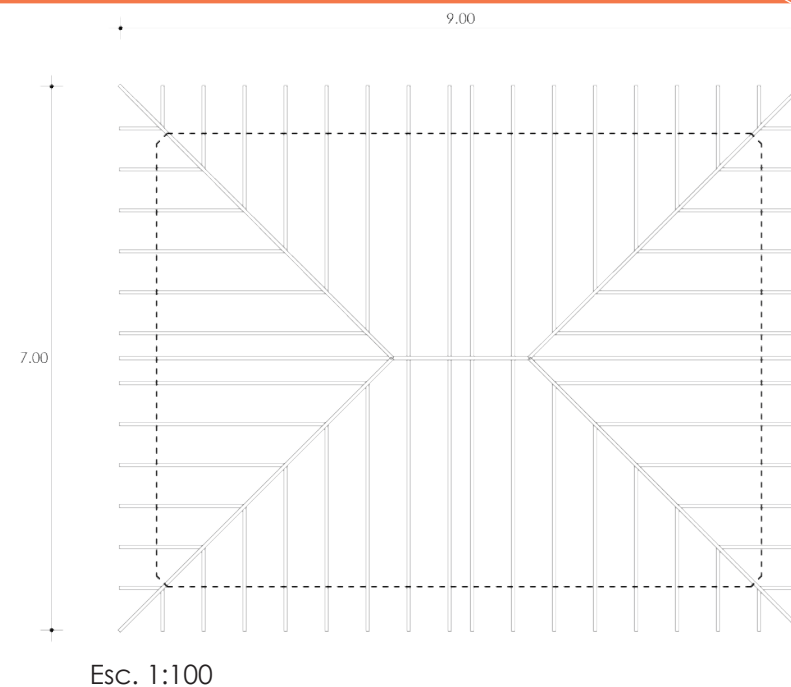
Esc. 1:100



- 1. Espacios de usos múltiples
- 2. Espacios para sentarse
- 3. Espacios para cocinar
- 4. División de espacios con muros de tierra a media altura



PLANTA DE CUBIERTA



STIPA ICHU (PÁJA
DE PÁRAMO)

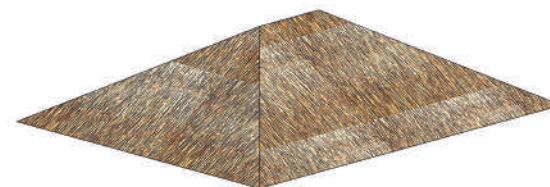
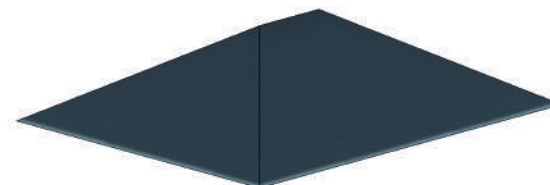
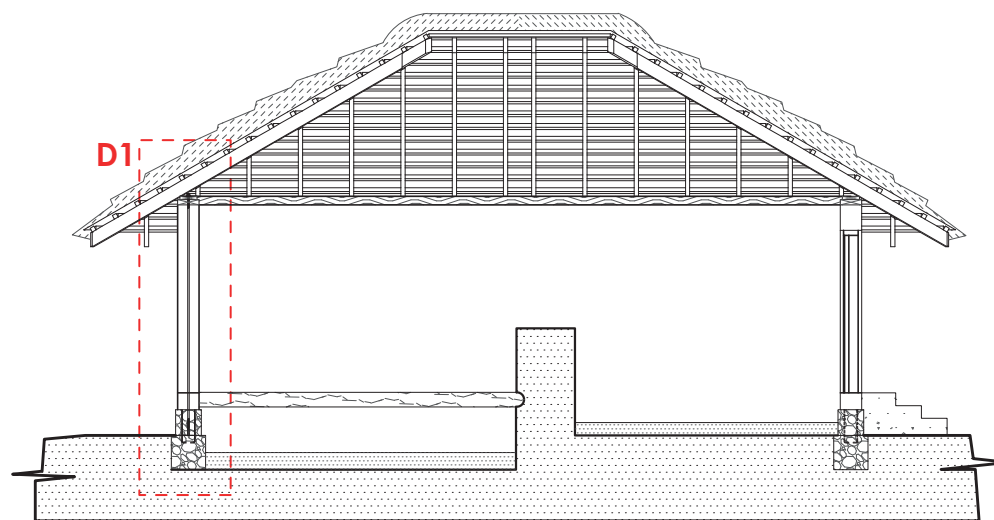
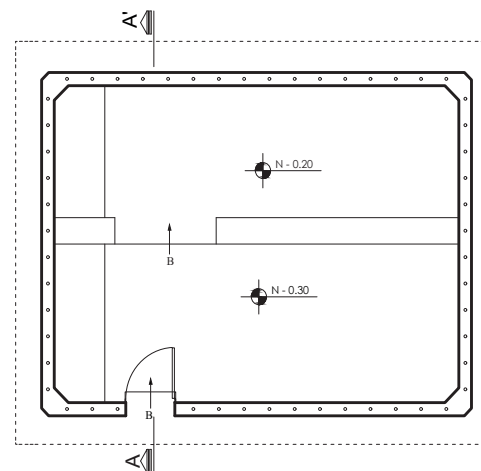
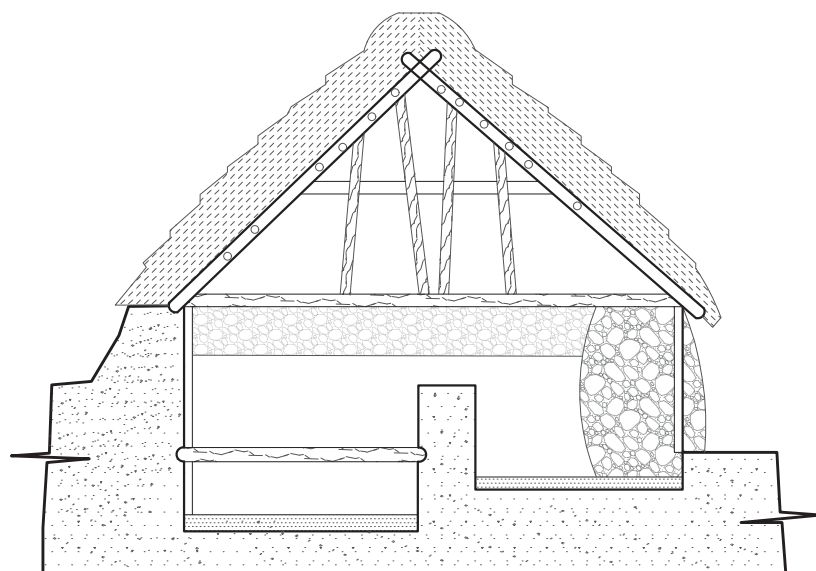
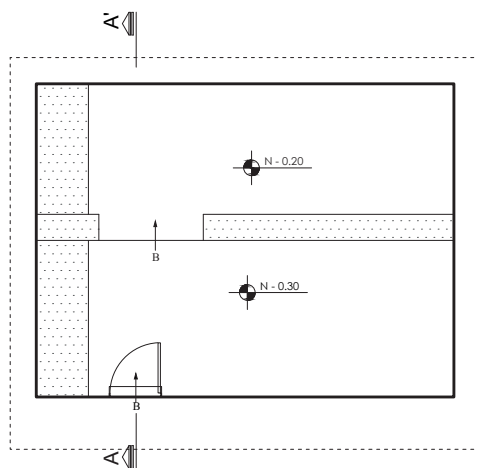


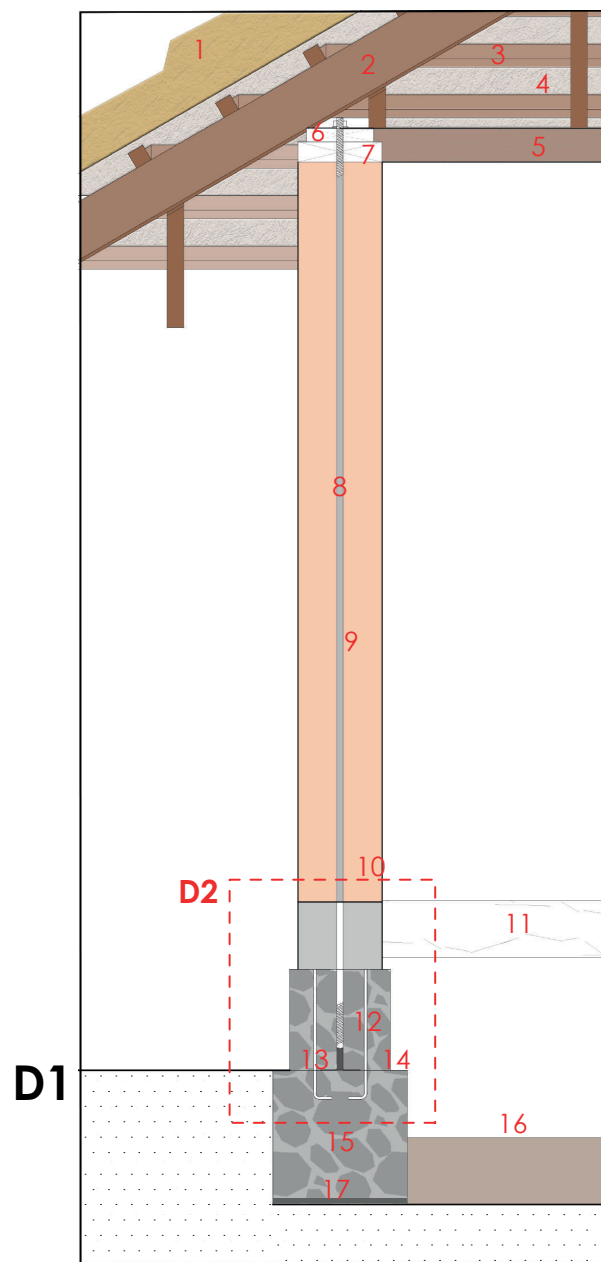
LÁMINA DE
POLI-ALUMINIO



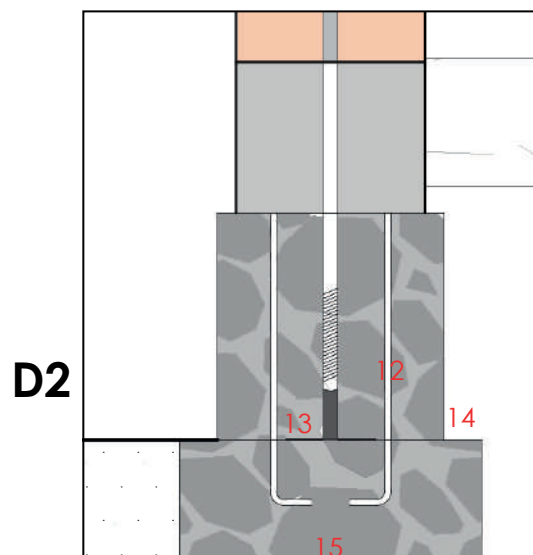
ARMADO DE
CORREAS Y VIGUETAS
DE MADERA



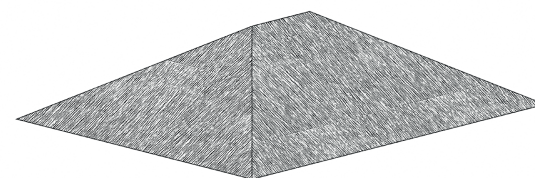
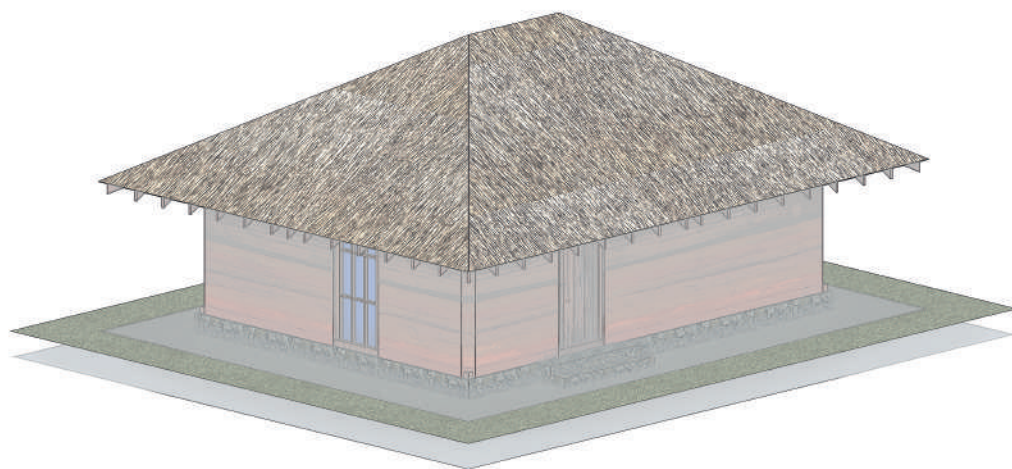




DETALLE ARQUITECTÓNICO



1. Stipa Ichu (Pája de páramo)
2. Viguetas de madera
3. Correas de madera
4. Lámina de Poli-aluminio
5. Viga de madera de pino
6. Anclaje post-tensado 250x250x3mm
7. Solera superior pieza de madera
8. Tensor vertical 20mm
9. Muro de tapial suelo-cemento compactado
10. Durmiente 30x25cm
11. Espacio para sentarse
12. Sistema de anclaje inferior
13. Anclaje durmientes
14. Sobrecimiento de piedra
15. Cimentación de hormigón ciclópeo
16. Tierra apisonada
17. Replanteo: hormigón pobre e=5cm



CUBIERTA DE PAJA

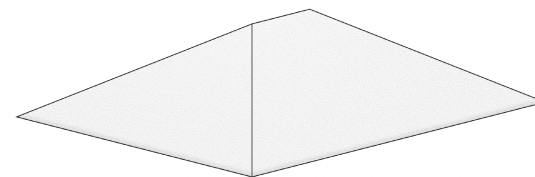
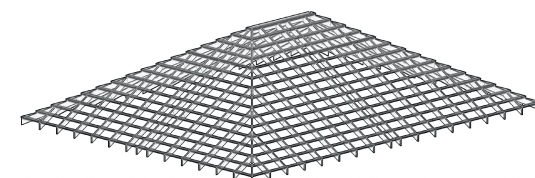
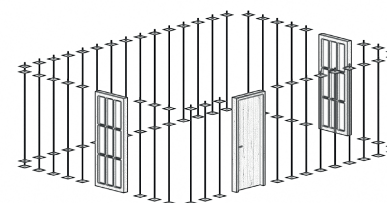


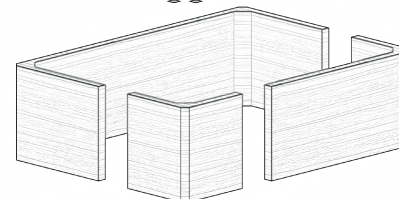
LÁMINA DE POLI-ALUMINIO



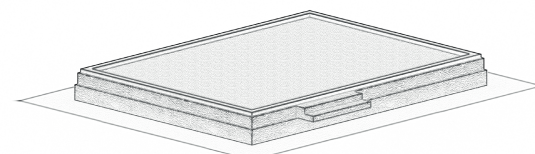
ESTRUCTURA DE MADERA



TENSOR VERTICAL 20MM



MURO DE TAPIAL SUELO CEMENTO
POST-TENSADO



SOBRECIMIENTO