



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA
CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE
REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO
DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS**

AUTOR:

ANDRÉS PAUL ROMERO YANZAPANTA

TUTORA:

ING. MSc. MARITZA UREÑA

Ambato – Ecuador

2020

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. MSc. Maritza Ureña certifico que el presente Informe Final Experimental “USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS” realizado por el señor Andrés Paul Romero Yanzapanta de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, diciembre 2019



Ing. MSc. MARITZA UREÑA
TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

Yo, Andrés Paul Romero Yanzapanta con C.I. 180408359- 8 de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certificamos por medio de la presente que el trabajo con el tema: "USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS" es de mi completa autoría.

Ambato, noviembre 2019



Andrés Paul Romero Yanzapanta

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que haga de este trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y Procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, noviembre 2019



Andrés Paul Romero Yanzapanta

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Andrés Paul Romero Yanzapanta de la carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: "USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS", el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Ing. Mg. Carlos Navarro



Ing. Mg. Diego Chérrez

Ambato, Enero 2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación:

A Dios por darme la capacidad, la fortaleza y la constancia para poder alcanzar mis metas.

A mi madre Marlene Yanzapanta por ser mi ejemplo e impartirme sabiduría y su apoyo incondicional durante todo el tiempo que ha tomado la realización de este trabajo, y por enseñarme en el transcurso de nuestra vida que el trabajo constante, el sacrificio y la dedicación nos ayudan a cumplir nuestras metas.

A Luis Bonilla por sus consejos que me ayudan a salir adelante en momentos difíciles y en especial por confiar en mí. También a Carlos Caiza por su tiempo, por su ayuda en este proyecto, hermano sé que descansas en paz y no tengo más que agradecerte por todo.

A mi familia y amigos como son Monse, Patricio y André que me apoyaron en su momento y alentaron para continuar incluso en momentos de abatimiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por cada una de sus bendiciones en especial darme la sabiduría para culminar mi carrera.

Mi más sincero y afectuoso agradecimiento a mi madre que me ha brindado su apoyo y su ejemplo valioso en el transcurso de mi vida, por sus palabras de aliento vitales para mantenerme firme y perseverar por esta meta.

A la Ing. MSc. Maritza Ureña por su paciencia, por su calidad humana, especialmente por compartir su gran conocimiento y guiarme en todo este proyecto investigativo.

A mi tío el Ing. Bolívar Yanzapanta por sus constantes enseñanzas, guías, en especial por inculcarme el trabajo constante y el amor por la ingeniería civil.

A mi primo el arquitecto Juan Quisingo por compartir conocimientos y la confianza

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por todos estos años de formación, por convertirse en una fuente de conocimiento y facilitarme todas las instalaciones para formarme como profesional.

A mi familia Romero Yanzapanta por su apoyo y palabras de aliento.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.1.2. JUSTIFICACIÓN	6
1.1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
Construcciones en tierra.....	9
Composición de las construcciones de tierra	9
Arcilla.....	9
Limo	9
Arena.....	10
Paja.....	10
Barro.....	10
Agua	11
Adobe	11
Ventajas de la construcción en Adobe	11
Desventajas de la construcción en Adobe	12
Tipos de adobe según su composición.....	13
Adobe no estabilizado.....	13
Adobe Semi – estabilizado.....	13
Adobe Estabilizado	13
Adobe Compactado.....	14
Patologías en construcciones de adobe	14
Sistema estructural de Construcciones en Tierra	17
Cimentación	18
Sobrecimiento	18
Muros de adobe.....	18
Refuerzos y conexiones.....	19
Drizas	19
Geomalla	20
Revestimientos	20
Estabilizante	21
Propiedades de los estabilizantes	21
Hidrofugantes.....	21
Resistencia a la Compresión	22

Estabilizantes de origen natural	22
Tuna.....	22
Savia de la penca de tuna	23
Estabilizantes de origen sintético	24
Cemento portland.....	24
Ensayos Del Suelo En Sitio.....	24
Cinta de Barro	24
Presencia de arcilla.....	25
Contenido de humedad.....	25
Ensayos De Suelo En Laboratorio	26
Contenido de humedad.....	26
Límites de Atterberg	26
Límites Líquido (LL)	27
Límites Plástico (LP).....	27
Índice de Plasticidad (IP)	28
Análisis Granulométrico del Suelo	28
Clasificación del Suelo.....	29
Humedad Óptima	30
Ensayos Del Bloque De Adobe.....	30
Verificación de la Resistencia.....	30
Resistencia a compresión	31
Control de fisuras	32
Ensayo de Succión	32
Ensayo de absorción.....	32
Ensayos en Muros de Adobe.....	33
Ensayo de inundación	33
1.1.4. HIPÓTESIS.....	34
SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	34
VARIABLE INDEPENDIENTE:.....	34
VARIABLE DEPENDIENTE:	34
1.2 OBJETIVOS	35
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	35
1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICO	35
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	36
NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36

POBLACIÓN Y MUESTRA	36
2.1. MATERIALES Y EQUIPOS	39
2.1.1 Equipos.....	39
2.1.2 Materiales.....	39
2.2. METODOLOGÍA.....	40
2.2.1. Elaboración de bloques de adobe tradicional y los recubrimientos	41
VERIFICACIÓN DEL SUELO PARA ADOBE	42
Análisis de “Cinta de Barro”	42
Análisis de “Presencia de Arcillas”.....	42
Ensayos del Tipo de Suelo en Laboratorio	43
Granulometría del suelo	43
Límite Líquido y Plástico.....	43
Humedad Óptima	44
Elaboración Del Adobe Artesanal.....	45
Verificación De La Resistencia Del Adobe Artesanal.....	45
Verificación de la Resistencia.....	45
Ensayo de compresión.....	46
Preparación de los Estabilizadores para Recubrimiento	46
Colocación del Recubrimiento de Sabia y Cemento en los Bloques de adobe	48
Ensayo de Succión	49
Ensayo de Absorción.....	49
Dimensiones del Muro y el sobrecimiento.....	50
Elaboración e Impermeabilización del Canal Tipo U	52
Elaboración del sobrecimiento	53
Elaboración del Muro.....	53
Drizas y geomalla en el muro.....	54
Ensayo de Inundación Simulada de los Muros de adobe.....	55
2.2.1 Plan de recolección de datos	56
2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis de la Información.....	57
Plan de Procesamiento de Información.....	57
Plan de Análisis.....	57

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
3.1.1. ENSAYOS RELACIONADOS AL TIPO DE SUELO.....	58
3.1.1.1. Granulometría del Suelo	58
3.1.1.2. Límite líquido del suelo	60
3.1.1.3. Límite Plástico del suelo.....	62
3.1.1.4. Humedad Óptima.....	63
3.1.2. ENSAYOS RELACIONADOS CON LOS BLOQUES DE ADOBE. 65	
3.1.2.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN	65
3.1.3 ENSAYOS EN RECUBRIMIENTOS	67
3.1.5.1 MATERIAL USADO EN LOS RECUBRIMIENTOS	67
3.1.5.2 ENSAYO DE SUCCIÓN EN ADOBE TRADICIONAL.....	69
3.1.5.3 ENSAYO DE SUCCIÓN EN ADOBE REVESTIDO CON SAVIA	70
3.1.5.4 ENSAYO DE SUCCIÓN EN ADOBE REVESTIDO CON CEMENTO	73
3.1.5.5 ENSAYO DE SUCCIÓN EN ADOBE REVESTIDO Y TRADICIONAL	76
3.1.5.6 ENSAYO DE ABSORCIÓN ADOBE RECUBIERTO DE SAVIA	79
3.1.5.7 Ensayo De Absorción Adobe Recubierto De Cemento.....	81
3.1.5.8 Ensayo De Absorción Adobe Tradicional	83
3.1.5.9 Dimensiones De Adobe Recubrimiento De Sabia.....	85
3.1.5.10 Dimensiones Adobes Recubiertos De Cemento	87
3.1.5 ENSAYOS EN MUROS.....	89
3.1.4.1 Ensayo De Inundación Muros De Adobe Tradicional.....	89
3.1.4.2 Ensayo De Inundación MS14	91
3.1.4.4 Ensayo De Inundación Mc10.....	94
3.1.4.6 Ensayo De Inundación Ms18.....	97
3.1.4.8 Ensayo De Inundación Mc12.5.....	100
3.1.4.9 Ensayo De Inundación Muros De Adobe Tradicional Y Recubierto Con Sabia Cemento	103
3.1.5 Análisis de precios unitarios	106
3.1.5.1 ANÁLISIS DE PRECIOS DE MS18	107
3.1.5.2 ANÁLISIS PRECIOS UNITARIOS DE MC12.5.....	108
3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	110
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111

4.1 CONCLUSIONES	111
4. 2 RECOMENDACIONES	115
MATERIALES DE REFERENCIA	116
ANEXOS.....	121
Anexos Fotográficos	121
Anexos Planos.....	135

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Construcción en tierra cruda. Contexto mundial y local.....	2
Gráfico 2. Construcción del Muro de Adobe.....	17
Gráfico 3. Diseño de la Driza.....	19
Gráfico 4. La tuna	23
Gráfico 5. Prueba cinta de barro	25
Gráfico 6. Presencia de arcillas.....	25
Gráfico 7. Verificación del contenido de humedad	26
Gráfico 8. Determinación del Limite Liquido en la Curva de Escurrimiento.....	27
Gráfico 9. Límites del suelo	27
Gráfico 10. Clasificación de suelo Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.....	29
Gráfico 11. Carta de Casa grande para Suelos.....	30
Gráfico 12. Verificación de la resistencia.....	31
Gráfico 13. Ensayo de compresión.	31
Gráfico 14. Ensayo de succión.....	32
Gráfico 15. Ensayo de absorción	33
Gráfico 16. Ensayo de inundación simulada.....	33
Gráfico 17. Ensayo “Cinta de barro”	42
Gráfico 18. Ensayo “Presencia de Arcillas”	42
Gráfico 19. Granulometría del suelo.....	43
Gráfico 20. Copa Casa Grande.....	44
Gráfico 21. Proctor Estándar Sub Método B	44
Gráfico 22. Elaboración de Adobes Tradicionales.	45
Gráfico 23. Verificación de la Resistencia del adobe	46
Gráfico 24. Resistencia a la Compresión del adobe.....	46
Gráfico 25. Ensayo de Absorción	49
Gráfico 26. Ensayo de Absorción	50
Gráfico 27 Dimensiones del Muro.....	51
Gráfico 28. Canal Tipo U Impermeabilizado.....	52
Gráfico 29. Elaboración del Sobrecimiento:.....	53
Gráfico 30. Muro de adobe	54

Gráfico 31 Drizas y malla	54
Gráfico 32. Muro de Adobe Recubierto en el Canal Tipo U	55
Gráfico 33. Granulometría del suelo	59
Gráfico 34. Límite Líquido	61
Gráfico 35. Contenido De Humedad Optimo	64
Gráfico 36. Abaco de Casagrande.....	64
Gráfico 37. Resumen de Resistencia a la Compresión	66
Gráfico 38. Esfuerzo – Deformación de los bloques de adobe	66
Gráfico 39. Savia de Penca de Tuna Reposada.....	68
Gráfico 40. Ensayo de Succión A	69
Gráfico 41 Ensayo de Succión en Revestimientos de Sabia	71
Gráfico 42. Ensayo de Succión de los Bloques de Adobe Recubiertos con Savia ...	72
Gráfico 43 Ensayo de Succión en Revestimientos de Cemento	74
Gráfico 44. Ensayo de Succión de los Bloques de Adobe Recubiertos con Cemento	75
Gráfico 45. Ensayo De Succión De Los Bloques De Adobe Tradicional Y Con Recubiertos.....	78
Gráfico 46. Ensayo De Absorción De Los Bloques De Adobe Con Recubierto de Savia	80
Gráfico 47. Ensayo de Absorción Recubrimiento de Sabia.....	80
Gráfico 48. Ensayo De Absorción De Los Bloques De Adobe Recubiertos con Cemento	82
Gráfico 49 Ensayo de absorción Recubrimiento de Cemento	82
Gráfico 50. Ensayo absorción MA.....	84
Gráfico 51. Absorción y Ascenso Capilar en MA	90
Gráfico 52. Absorción y Ascenso Capilar en MS14.....	92
Gráfico 53 Absorción y Ascenso Capilar en MC10.....	95
Gráfico 54 Absorción y Accenso Capilar en MS18.....	98
Gráfico 55 Absorción y Ascenso Capilar MC12.5	101
Gráfico 56. Muros ensayo de inundación	104
Gráfico 57. Ensayo de Inundación Muro tradicional, Recubierto de Sabia y Recubierto de Cemento.....	105
Gráfico 58. Salario mensual en Ecuador.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tablas con patologías más frecuentes causadas por la acción del agua y alteraciones mecánica. Realizada a partir de conclusiones extraídas por varios estudios [28]	14
Tabla 2 Tamaños de Mallas Estándar en Estados Unidos.....	28
Tabla 3 Número total de bloque de adobe tradicional para ensayos.....	37
Tabla 4 Número de muestras recubiertas para los ensayos de succión y absorción .	38
Tabla 6. Preparación de los Materiales para Recubrimiento.....	47
Tabla 7 Preparación del Recubrimiento de Sabia y Cemento.....	48
Tabla 8. Granulometría del suelo	58
Tabla 9. Límite Líquido	60
Tabla 10 Límite Plástico	62
Tabla 11. Humedad óptima	63
Tabla 12. Resistencia a la Compresión de los Bloques de Adobe	65
Tabla 13. Material Usado para Revestimiento.....	67
Tabla 14. Ensayo de Succión En Adobe Tradicional.....	69
Tabla 15. Ensayo de Succión En Adobe Revestido con Savia de Tuna.....	70
Tabla 16. Ensayo de Succión En Adobe Revestido con Cemento	73
Tabla 17. Acenso Capilar en Bloques de Adobe tradicional y Revestidos.....	76
Tabla 18. Ensayo de Absorción En Adobes Recubiertos de Savia	79
Tabla 19. Ensayo de Absorción En Adobes Recubiertos de Cemento.....	81
Tabla 20. Ensayo de Absorción En Adobes Tradicionales	83
Tabla 21. Dimensiones en Recubrimiento de Sabia.....	85
Tabla 22. Dimensiones en Recubrimiento de Cemento	87
Tabla 23. Ensayo de Inundación en Muros de Adobe tradicional	89
Tabla 24. Ensayo de Inundación en MS14.....	91
Tabla 25. Ensayo de Inundación en MC10	94
Tabla 26. Ensayo de Inundación en MS18.....	97
Tabla 27. Ensayo de Inundación en MC12.5	100
Tabla 28. Ensayo de Inundación en Muros de Adobe Recubierto de Cemento Y Sabia	103

Tabla 29. Análisis Precios Unitarios de MS18	107
Tabla 30. Análisis Precios Unitarios de MC12.5	108

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS”

AUTOR: Andrés Paul Romero Yanzapanta

TUTORA: Ing. MSc. Maritza Ureña Aguirre

El suelo utilizado fue extraído del cerro Putzalahua, este fue analizado mediante la norma peruana E.080, también se realizó los ensayos de laboratorio para obtener el tipo de suelo, las condiciones del suelo y la composición del mismo para la fabricación de adobes.

Los bloques de adobe tradicionales alcanzaron una resistencia promedio a la compresión de 1.502 MPa mayor a lo indicado en la norma, además los bloques fueron sometidos a ensayos de succión y absorción los mismos que no resistieron disgregándose, y generando grietas y fisuras.

Se realizaron bloques de adobe recubiertos con savia de penca de tuna reposada a 7, 14 y 18 días; también se recubrieron los bloques de adobe con cemento en porcentajes de 5, 10 y 12.5 por ciento, en los cuales se observaron muy buenos resultados, los bloques de adobe recubiertos no se disgregaron, en las pruebas de absorción y succión. En el recubierto con savia a los 18 días alcanza una succión de 22.66 gr/min/área con un ascenso capilar de 1.08cm, y una absorción de 24.14 por ciento, debido a que la savia de la penca de la tuna disminuye la porosidad, además los bloques recubiertos sufren una variación volumétrica del 5.2 por ciento.

Los bloques recubiertos con porcentaje de cemento también resisten las pruebas de succión y absorción, el cemento al 12.5 por ciento en la succión se obtuvo un valor de 48.05gr/min/área, los bloques absorben 36.04 por ciento, y sufren una variación de 5.0 por ciento.

Por último, se realizaron a escala muros de adobe recubiertos con savia de tuna a los 14 días, 18 días y muros recubiertos con porcentajes de cemento de 10 y 12.5 por ciento; los cuales se compararon en el ensayo de inundación simulada, el muro sin recubrimiento resiste 1 hora 45 minutos colapsa, mientras que los muros recubiertos de savia de 14 días resisten 5 días y el muro de 18 días resiste 6 días sin colapso, los muros recubiertos con cemento al 10 por ciento y 12.5 por ciento resisten 7 días y 5 días respectivamente.

ABSTRACT

This experimental work was carried out with land extracted from The Putzalahua Hill, which was analyzed by the Peruvian E0.80 standard as indicated by the NEC, laboratory tests were also carried out to obtain soil type, soil conditions and soil composition for adobe manufacturing.

The traditional adobe blocks were developed in compliance with E0.80, the resistance of adobe blocks with an average value of 1.502MPa greater than indicated in the standard was checked, after the drying of the block, the resistance to contact with water in which the blocks do not resist, disintegrate, cracks and fissures are generated.

Adobe blocks covered with tuna penca sap were made, resting for 7, 14 and 18 days; adobe blocks were also coated with cement in percentages of 5, 10 and 12.5 percent, in which very good results were observed, the coated adobe blocks were not disintegrated, in the absorption and suction tests. In tuna sap coating at 18 days reaches a suction of 22.66 gr/min/area with a capillary ascent of 1.08cm, and an absorption of 24.14 percent, because tuna penca sap decreases porosity, coated blocks also suffer a volumetric variation of 5.2 percent.

Cement percentage coated blocks also withstand suction and absorption tests, cement at 12.5 per cent in suction was obtained a value of 48.05gr/min/area, the blocks absorb 36.04 per cent, and suffer a variation of 5.0 percent, but in contact with water they last better than traditional blocks.

Finally, adobe walls coated with tuna sap were scaled at 14 days, 18 days and walls coated with cement percentages of 10 and 12.5 per cent; which were compared in the simulated flood test, the uncoated wall resists 1 hour 45 minutes collapses, while the walls covered with tuna sap 14 days resist 5 days and the wall with tuna sap 14 days resist 6 days without collapse, the walls covered with 10 per cent of cement and 12.5 per cent resist 7 days and 5 days respectively.

CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. ANTECEDENTES

La tierra es el material de construcción más antiguo y utilizado por el ser humano desde que este empezó su vida sedimentaria, la construcción con tierra ha evolucionado y prevalecido hasta la actualidad debido a que resulta ser más económico que otros materiales de construcción. [1]

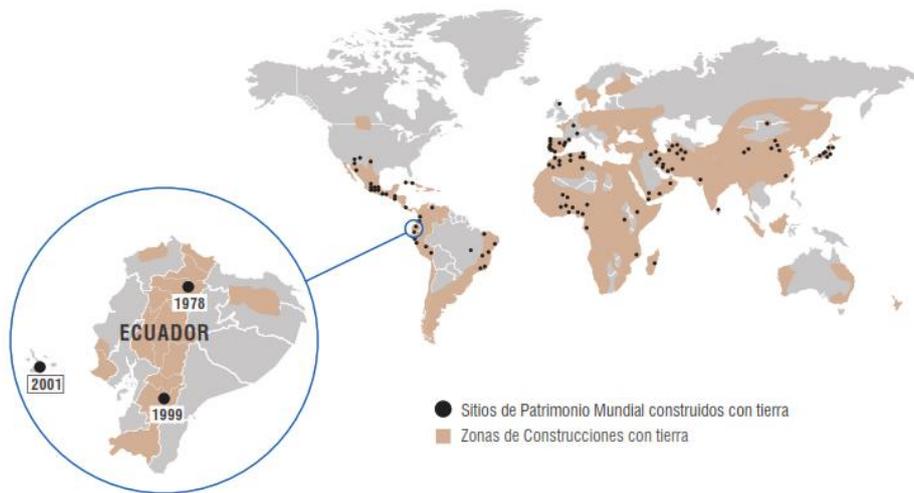
Las primeras referencias de construcciones en adobe se localizan en la ciudad de Shibam con una altura de nueve pisos, considerado por la Unesco como el edificio mejor conservado y antiguo, esto se debe a la arcilla de buena calidad, las condiciones climáticas del sector, su buen amasado y compactado. [2]

Las técnicas de construcción en suelo se emplean en varios países en vías de desarrollo desde los Estados Unidos hasta la Patagonia, en Asia, Europa y África, se estima que el 50% de la población viven en casas de tierra, por lo cual las construcciones con tierra siguen perdurando a través de los años. [3]

En el Ecuador según el censo del año 2010 las viviendas de adobe equivalen en 5.68% del total de viviendas en el país, esto debido a provincias como Azuay donde existe un gran porcentaje de estas viviendas con respecto a las demás tipologías de construcción. [4]

La ciudad de Cuenca se caracterizó por tener una significativa práctica constructiva en adobe, por más de cinco siglos las viviendas de adobe conforman un paisaje urbano arquitectónico declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad en 1999 por la UNESCO [4]

Gráfico 1. Construcción en tierra cruda. Contexto mundial y local.



Fuente: Elaboración propia basada en Grandreau y Delboy (2010).

Sin embargo, en Ecuador por la diversidad de climas en cada región las construcciones con tierra cruda, se encuentran con patologías físicas debido a la infiltración de la humedad y consolidación del agua dentro de la estructura de adobe por lo tanto el agua constituye el principal daño de estas estructuras. [5]

Además, en periódicos como El tiempo da a conocer en el año 2010 en Cuenca una tormenta de lluvia, ocasionó la inundación de hasta un metro de alto en la parroquia Medio Ejido en la cual los adobes empezaron a disgregarse por lo cual esta vivienda de adobe presento graves daños en la inundación. [6]

También en el Comercio nos informa sobre la inundación en Cuenca, en la parroquia de Sayausi en el año 2014 en la cual, el agua ingreso a la casa de adobe provocando daños graves y las personas debieron salir de su vivienda por seguridad. [7]

En documentos recientes de la Gestión de Riesgos de Ecuador informo que, en abril del año 2017, una construcción de adobe presento un colapso del 70% debido a fuertes lluvias en Azuay [8]

Por lo cual varios estudios buscan mejorar las propiedades mecánicas del adobe mediante proceso de fabricación o estabilizantes.

Desde 1988 en países como Perú, Estados Unidos se estudia e investiga el deterioro de las estructuras de adobe con el objetivo de mejorar la durabilidad de estas construcciones ante la presencia de la lluvia empleando materiales costosos como el cemento y materiales de origen natural como savia de tuna, los cuales se usaron de recubrimiento y como pintura impermeable mejorando las propiedades hidrófugas del muro de adobe [9]

El artículo “REVESTIMIENTOS Y ACABADOS SUPERFICIALES EN CONSTRUCCIONES CON TIERRA CONTEMPORÁNEAS”, publicado en el 2011 investiga la forma de tratar las superficies de las estructuras de tierra de varias maneras como lo es el mucilago de tuna que funciona como un añadido en la mezcla para la elaboración de bloques o como consolidante en el muro de adobe, reduce la aparición de bacterias, impermeabiliza al muro de adobe y le da mayor resistencia.

A su vez en México las estructuras de tierra presentaron inconvenientes relacionadas con sismicidad y humedad. De este modo se ha buscado una solución en el transcurso de los años siendo el mucilago de nopal una buena alternativa. [10]

En una investigación realizada en este país demuestra que el uso del mucilago de nopal obtenido de pencas maduras del nopal incremento de la resistencia la compresión seca y húmeda, así como la disminución de la porosidad del bloque de adobe mientras más se incremente el mucilago de nopal. [10]

En Argentina el uso de agua de tuna, es usado para estabilizar adobes, este estabilizante resultan ser una solución económica frente al ascenso capilar del agua que afecta a la parte inferior del muro provocando pérdidas de sección que disminuye la capacidad del muro de resistir movimientos sísmicos y cargas gravitacionales. [11]

Cabe recalcar que varias investigaciones se sustituye el agua por el mucilago de tuna en porcentajes que varían desde el 0% al 100%, proporcionando al bloque de adobe de resistencia al impacto erosivo de la lluvia y reduciendo la porosidad de estos. [12]

Además, en otras investigaciones en Perú se utiliza el mucilago de tuna para enlucidos en estructuras de adobe obteniendo una mejoría en sus propiedades hidrófugas para porcentajes superiores al 10%. [12]

También en estudios en República Dominicana el uso del cemento es una alternativa para mejorar el suelo para la realización de adobes porque se obtiene una densidad más homogénea y alta, dando como resultado un material de construcción más efectivo ante los esfuerzos de compresión, también proporciona impermeabilidad, es termo-aislante y perdurable a través del tiempo. [13]

El porcentaje de cemento depende del tipo de suelo de roca triturada a suelos orgánicos, el porcentaje varía de 0.5% a 15% respectivamente. [13]

Similarmente en investigaciones realizadas en México se encontró que al mezcla el suelo con cemento en diferentes porcentajes desde el 2% al 16% para la elaboración de adobes se obtiene un incremento de la resistencia a compresión para porcentajes del 4 al 8 %, con respecto a los adobes tradicionales, en ensayos de absorción realizados en un lapso de 24 horas los bloques de adobes con cemento presentan una disminución respecto a los adobes tradicionales por lo cual el uso de cemento mejora su resistencia y duración en contacto con el agua [14]

Del mismo modo en trabajos desarrollados por en la Pontificia Universidad Católica de Perú se buscó el “Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones” a base de recubrimientos a muros de adobe con cemento obteniendo buenos resultados en ensayos de succión, absorción en comparación con el bloque tradicional además no evidenciaron un disgregamiento total del bloque, pero al existir fisuras es muy vulnerable, y ensayo de inundación simulada el muro se mantuvo de pie, no demostró evidencias de deterioro. [15]

Posteriormente siguiendo estas investigaciones se realizó la comparación del daño que sufre los muros de adobe tradicional en comparación con un muro de adobe con

sobrecimiento de concreto simple, un muro con terrajeo a base de cemento y arena mediante pruebas de succión y de absorción en su periodo inicial basándose en la norma NTP 399.613 del Perú en el cual se obtuvo el mejor resultado en el muro de adobe con sobrecimiento, este sobrecimiento disminuye los daños que el agua ocasiona. [16]

Además, al combinar técnicas modernas de construcción, estabilizantes y tierra se comprueba que estas proporcionan soluciones para la rehabilitación de patrimonios arquitectónicos, de la misma forma se desarrolla el interés de construcciones ecológicas y duraderas, siendo las construcciones de tierra una solución a estas ideas.

Se puede citar que, en Estados Unidos en el año de 1996 existían 14 fábricas de adobe que operaban en Nuevo México. Actualmente se mantienen en funcionamiento la mitad de ellas, las mismas que emplean el adobe en la construcción de viviendas de lujo debido a las propiedades bioclimáticas que posee y a su vez se logra una estética propia de la época colonial. [17]

En Ecuador también la construcción con adobe se está expandiendo, este el caso de AdobeMade una empresa ecológica que está dedicada a la construcción con adobe, madera y teja desde el año 2005 [18]

En ese mismo contexto la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato en el año 2015 realizó el análisis estructural de una construcción en adobe para un albergue comunitario en la provincia de Chimborazo.

Esta construcción se desarrolló con los materiales propios de la región, manteniendo su patrimonio cultural y diseñada bajo parámetros sismorresistentes, propuestos en la Norma Técnica de Edificaciones Peruana [19]

1.1.2. JUSTIFICACIÓN

El adobe o también llamado “tierra cruda” está constituido por el enlace de unidades de tierra que han sido expuestas a la energía solar aglutinado con otro elemento como el barro, cuya función es ser el mortero de pega. El adobe es un mampuesto fabricado en diversas formas y composiciones granulométricas; estas características varían de acuerdo con la tipología de suelo empleado, así como también la clase estructura a ser construida. [20]

En los pueblos indígenas del continente americano, el adobe ha sido utilizado como parte esencial para edificar estructuras principalmente de tipo habitacional. Este material fue de gran importancia en el área de la construcción en regiones como el suroeste de los Estados Unidos, Mesoamérica y también en territorios andinos de Sudamérica. En la actualidad, el adobe constituye el material con el que se han construido cerca de un 50% de las viviendas del mundo. [21]

El adobe ha sido el material empleado para mampostería de claustros, templos, edificios y en general de construcciones domésticas. El origen y composición de este elemento en cada edificación depende del territorio y objetivo de las obras arquitectónicas. [20]

En Ecuador existe un importante patrimonio urbano– arquitectónico, edificado tradicionalmente en tierra cruda. Este patrimonio es especialmente representativo en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo en las cuales existe una diversidad de climas y ecosistemas en cada region como son: piedemontes de la llanura occidental, meetas andinas, heleros y llanuras fluviales amazónicas, destacando la vocación productiva, agropecuaria, manufacturera, ambiental, energética y de servicios. [5]

Las edificaciones fabricadas con adobe, ante fenómenos naturales como sismos, pueden producir agrietamientos verticales, esto debido a la flexión de las paredes en la dirección natural de su plano. Además, se puede presentar la erosión de estas

construcciones como consecuencia de factores como la humedad, el viento o los escurrimientos de agua. [22]

En particular, en adobe, la absorción de agua ocurre en relación directa con su porosidad. El tamaño de los poros y la distribución de los mismos determinan el grado de absorción de agua. El efecto capilar, debido a la presencia de poros en la microestructura, tiene una importancia notable cuando se trata de la degradación por la humedad, que es un factor limitante para un uso más amplio del adobe. [23]

Los estabilizadores son utilizados para la impermeabilización del adobe, los mismos que tienen la función de conformar una capa protectora en torno a las partículas de arcilla que regula su contacto con el agua, y, por lo tanto, las consecuencias de sus cambios dimensionales. [24]

Los materiales de construcción se han convertido en un área importante para el desarrollo de diversas investigaciones y propuestas, con el fin de no solo llevar a cabo la edificación de diversas obras sino también de agregar características sostenibles e innovadoras en estos proyectos [25].

Una serie de productos y compuestos naturales que se obtienen de las hojas, cortezas o de los frutos de diferentes tipos de plantas, han sido tradicionalmente usados desde épocas ambiguas como estabilizadores de enlucidos o como pinturas impermeabilizantes. [9]

En el tema propuesto, se presenta el uso de dos elementos con características favorables para el revestimiento de los muros de adobe: el cemento portland como aditivo mineral y la savia de tuna como aditivo natural.

Los beneficios que presenta combinar un elemento como la savia de tuna con otros materiales como el adobe, incrementan las características adherentes y de repelencia al agua al construir y revestir una edificación; además la savia cuenta con propiedades impermeabilizantes que, al ser usados como material para la construcción de todo tipo

de viviendas o edificaciones, brinda protección a la mismas de factores como la humedad del ambiente, el frío y el agua. [26]

También el uso de la sabía de tuna permite un ahorro económico en comparación con otros materiales de construcción.

El cemento portland es un elemento que en combinación con el agua permite formar una pasta moldeable con excelentes características adherentes; es un material muy utilizado en la industria de la construcción debido a que adquiere una consistencia compacta conforme se endurece en un corto periodo de tiempo, además de que presenta características de protección y durabilidad ante diversos factores como el agua o la humedad, por lo que es uno de los materiales más utilizados en la construcción de la mayoría de edificaciones de la actualidad. [27]

Por lo cual, este trabajo experimental pretende buscar alternativas para mejorar el recubrimiento de los muros de adobe como el cemento portland o la savia de tuna, y de esta manera evitar los daños que se puedan producir, debido a la acción de factores como el agua o la humedad.

1.1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Construcciones en tierra

Las estructuras de tierra están presentes desde los primeros asentamientos humanos hasta nuestros días, utilizando los recursos de cada localidad y generando diversas técnicas constructivas, adaptándose a las necesidades y exigencias de la sociedad. Las construcciones en tierra poseen interesantes diseños desde el punto de vista arquitectónico e incluso técnicas que se aplican en la construcción hoy en día. [28]

Composición de las construcciones de tierra

Material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina, arena gruesa y agua. [29]

Arcilla

Según la norma E.080 la arcilla es “Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de las partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm).” [29]

Limo

Los limos son suelos con diámetro de las partículas comprendidos entre los 0.002 mm y 0.08 mm. [29]

Son suelos que al estar secos no presentan resistencia a la fricción y no poseen cohesión, al contacto con el agua su cohesión aumenta sufriendo variaciones en el volumen debido a la contracción y expansión que este suelo sufre [12]

Arena

Según la norma E.080 “Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm. Como el limo puede contribuir a lograr una mayor compacidad del suelo, en ciertas circunstancias.” [29]

Paja

La paja es la parte seca del tallo seco de cereales como la cebada, trigo, avena entre otros. En las construcciones de adobe la paja es el material más adecuado que forma parte de muros, o cubiertas, por las propiedades físicas de la paja que ayudan a mejorar el aislamiento térmico, acústico entre otras propiedades dependiendo del material que lo acompañe por lo cual es muy utilizado en bioconstrucciones por parte de EEUU y Canadá. [30]

La paja en las construcciones con barro es muy esencial porque mejora su resistencia y ayuda al control de las rajaduras al momento de secarse, la paja a usarse debe ser de aproximadamente 50 mm. [4]

Barro

Es el material de construcción más utilizado por la humanidad, desde la antigüedad el ser humano ha mezclado arena y arcilla con paja con el objetivo de moldear ladrillos para secarlos al sol. Incluso en nuestra época en países como Australia y Nueva Zelanda se construyen viviendas con barro en distintas formas y técnicas porque este material de construcción no tiene costo alguno o su costo es muy bajo. [31]

El barro posee una gran capacidad de absorber y expulsar la humedad, lo que permite regular la humedad del interior de la vivienda y la mantiene constante. En climas donde existe una gran diferencia de temperatura entre la noche y el día el barro acumula el calor durante el día y lo expulsa en la noche, es decir el barro normaliza la temperatura dentro de la vivienda. [32]

Agua

El agua es el material indispensable para la elaboración de los bloques de adobe, este material debe cumplir ciertas características establecidas en la norma E.080 como son:

- Agua debe ser potable o libre de materia orgánica, sales y sólidos.
- Estar limpia y libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica entre otras.

Adobe

El vocablo Adobe proviene del griego “thobe” que posee varios significados, el más común y aceptado es “ladrillo de lodo secado al sol”, también se lo traduce como “formación de lodo”. [12]

Según la norma peruana E.080 “es una unidad de tierra cruda, esta puede estar mezclada con paja o arena gruesa con el objetivo de mejorar sus propiedades de resistencia y durabilidad” [29]

El uso de ladrillos de adobe en el país a lo largo de su historia se remonta a la época prehispánica debido al fácil acceso del material, por sus propiedades físicas, la simplicidad del material y la flexibilidad de producción.

Según De la Peña Estrada D, 2007: “El adobe debe estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad. El adobe debe ser macizo y solo se permite que tenga perforaciones perpendiculares en la cara del asiento”

Ventajas de la construcción en Adobe

El adobe la ser el material de construcción más antiguo y amigable con el medio ambiente, posee grandes ventajas que se describen a continuación:

- El material principal para la elaboración del adobe es abundante porque se puede obtener directamente de un desbanque o la excavación en el mismo sitio de la construcción. [4]
- El adobe es ecológico, es decir no se usan procesos industrializados a comparación de otros materiales usados en la construcción actualmente, por lo cual su consumo energético es muy bajo o nulo. [4]
- Para la construcción de adobes tradicionales no se requiere ningún tipo de maquinaria, ni mano de obra calificada o procesos de construcción complicados debido a que la construcción de adobes es simple. [4]
- El adobe posee inercia térmica es decir que las temperaturas en el interior de la construcción son reguladas, lo que reduce la necesidad de refrescar o acondicionar el ambiente dentro de la vivienda. [4]
- Las paredes de adobe al ser muy gruesas funcionan como aislante acústico certificando el confort para cada habitación. [4]

Desventajas de la construcción en Adobe

El adobe posee desventajas que se han observado en el transcurso de la historia como son:

- El mayor enemigo que presenta el adobe como material de construcción es la humedad que afecta principalmente al disgregamiento de la parte inferior de la estructura esto debido a que el suelo usado posee una gran capacidad de absorción. [4]
- Los sismos o movimientos telúricos son perjudiciales para las construcciones de adobe esto por el peso y altura que poseen. [4]
- Al tener paredes de adobes muy gruesas el trabajo a gran altura es más complicado debido al peso del material. [4]

Tipos de adobe según su composición

Adobe no estabilizado

El adobe no estabilizado o tradicional está ligado al tipo de suelo que se encuentra en la zona que se va a realizar la construcción, así como el proceso de fabricación que este tenga presentando un ahorro económico al ser elabora con materiales propios de la zona como la paja o fibras vegetales que ayudan a mejorar su comportamiento ante contracción o expansión del material. [33]

Adobe Semi – estabilizado

Este adobe se clasifica como un ladrillo resistente a la humedad debido a que en su composición de un 3 a 5% del peso lo conforma un estabilizante que aporta una gran protección al bloque de adobe en el proceso de curado.

Su principal desventaja es el costo de los estabilizantes como son las emulsiones asfálticas o el cemento, entre otros, pero los estabilizantes naturales que en mayor parte se encuentran cerca de la construcción y su costo económico puede ser nulo o muy barato. [33]

El agente estabilizador debe colocarse y mezclarse con el adobe antes de ser vaciado en moldes [4]

Adobe Estabilizado

Este tipo de adobe incorpora diversos materiales con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. [4]

El adobe tiene como material básico al barro al cual se puede adicionar una variedad de estabilizantes minerales orgánicos y sintéticos. Este agente estabilizador se coloca y mezcla con el adobe antes de ser vaciado en los moldes [4]

Adobe Compactado

Se elabora con el material propio de la zona por lo cual se aprovecha todas las ventajas de un adobe tradicional y se somete a una fuerza de compactación con una prensa manual o electromecánica que no representa un gasto energético elevado, al compactar el adobe tradicional disminuye la porosidad de todo el bloque de adobe mejorando su densidad, incrementando su resistencia mecánica y obteniendo un material más homogéneo. [33]

El adobe compactado es una alternativa viable para una construcción amigable con el ambiente y sobre todo realizado con el material propio de la región de origen natural. [33]

Patologías en construcciones de adobe

Las construcciones de adobe antiguas presentan varias degradaciones que se generan por su escaso o nulo mantenimiento en el pasar del tiempo, en varios proyectos de rehabilitación a construcciones de adobe se complican por varios factores como el factor económico o el escaso conocimiento de técnicas de construcción en tierra. [28]

Tabla 1. Tablas con patologías más frecuentes causadas por la acción del agua y alteraciones mecánica. Realizada a partir de conclusiones extraídas por varios estudios [28]

ALTERACIONES CAUSADAS POR EL AGUA	
CAUSAS	LESIONES
Ascensión de agua por capilaridad	Disgregación del revestimiento Desprendimiento del revestimiento Grietas horizontales, verticales e inclinadas Oquedades Manchas de humedad: moho Manchas de humedad: eflorescencias

Deterioro de la base del muro	<p>Fisuras radiales</p> <p>Grietas horizontales</p> <p>Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</p>
Retracción por cambios de humedad y temperatura	<p>Grietas horizontales, verticales e inclinadas</p> <p>Fisuras radiales y longitudinales</p>
Degradación en aberturas	<p>Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</p> <p>Grietas inclinadas</p> <p>Flecha en el dintel del vano</p> <p>Rotura y pérdida de las piezas de apoyo de la ventana o vano</p>
Deterioro de la parte superior del muro por cambios de humedad y temperatura	<p>Disgregación del revestimiento</p> <p>Desprendimiento del revestimiento</p> <p>Grietas horizontales, verticales e inclinadas</p> <p>Fisuras radiales y longitudinales</p> <p>Manchas de humedad: moho</p> <p>Manchas de humedad: eflorescencias</p>
Humedades por condensación en la parte superior del muro	<p>Disgregación del revestimiento</p> <p>Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</p> <p>Manchas de humedad: moho</p> <p>Manchas de humedad: eflorescencias</p>
Filtraciones en apoyo estructural	<p>Disgregación del revestimiento</p> <p>Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</p> <p>Pudrición o deterioro del sistema de vigas y losas</p> <p>Manchas de humedad radiales y con diferente color</p>

Penetración de agua por canalizaciones de techo	Desprendimiento del revestimiento, soporte del muro, impermeabilización y materiales de aleros Grietas en el muro Oquedades en muros y aleros
Petos mal protegidos	Manchas de humedad por ambas caras del muro Escorrentías blancas y negras por lavado y ensuciado del muro Disgregación del revestimiento Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro
Filtraciones por cubierta	Manchas de humedad en techos y muros Desprendimiento del revestimiento Grietas horizontales, verticales e inclinadas Fisuras radiales y longitudinales
ALTERACIONES DE CARÁCTER MECÁNICO	
CAUSAS	LESIONES
Fallo por asiento de cimentación y muros	Grietas inclinadas Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro
Deterioro de la base del muro por presencia de plagas, plantas	Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro Grietas horizontales, verticales e inclinadas Fisuras radiales y longitudinales Acanaladuras y oquedades en el muro
Deterioro por ejecución incorrecta del soporte y del revestimiento	Grietas horizontales en juntas verticales Alabeos Desprendimiento del revestimiento
Fallos en las aberturas	Grietas verticales

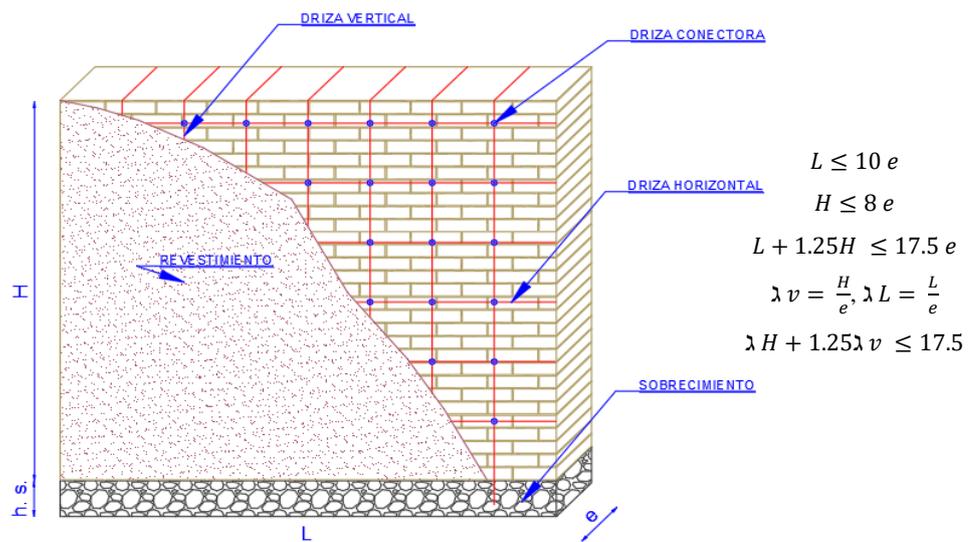
	Grietas horizontales Grietas inclinadas Desplazamiento de las piezas Flechas en vigas perimetrales
Fallo de ejecución en la parte superior del vano	Fisuras lineales/o radiales Grietas horizontales Abombamiento por compresión axial excéntrica
Insuficiente apoyo en vigas	Grietas inclinadas en la fagonadura de la viga Desprendimiento del revestimiento y/o soporte del muro
Soluciones deficientes de evacuación de aguas sobre muros y techos	Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro Rotura de las piezas del soporte

FUENTE: Rodríguez, M.A.; Montegudo, I.; Saroza, B.; Nolasco, P.; Castr, Y.

Sistema estructural de Construcciones en Tierra

El sistema estructural de las construcciones de tierra comprende los siguientes componentes que son:

Gráfico 2. Construcción del Muro de Adobe.



Fuente: Paul Romero

L: Longitud del Muro

H: Altura del Muro

e: Espesor del Muro

h.s.= Altura del sobrecimiento

λH : Esbeltez Horizontal (Relación entre la longitud del muro y su máximo espesor)

λV : Esbeltez Vertical (Relación entre la altura del muro y su máximo espesor)

Cimentación

La cimentación tiene la función de transmitir las cargas del muro de adobe hacia el suelo. Para la elaboración del cimiento es igual que un cimiento convencional en el cual según la norma peruana E.080 debe cumplir las condiciones:

- Evitar que la humedad hacienda hacia el muro
- Tener una profundidad mínima de 60 cm
- Ancho mínimo de 60cm

Sobrecimiento

El sobrecimiento de acuerdo con la norma peruana es de suma importancia para transmitir las cargas del muro hasta el cimiento y especialmente para proteger al muro de la erosión en la parte inferior. [29]

Debe cumplir con lo establecido en la norma peruana E.080:

- Debe elevarse sobre el nivel del terreno
- La altura no debe ser menor de 30cm
- El ancho mínimo de 40cm

Muros de adobe

La construcción en tierra mencionada como muros de adobe es la unión básica de bloques de adobe (tierra cruda secada por el sol) unidos por mortero de pega en varios casos el mismo barro usado para adobes. [20]

Son muros arriostrados diseñados para cumplir criterios basados en la resistencia, estabilidad y desempeño ante eventos sísmicos en construcciones de tierra. Los muros pueden ser curvos o para plantas poligonales. [29]

Refuerzos y conexiones

“La conexión entre el muro y la cimentación, debe realizarse uniendo las mallas de refuerzo de los muros al sobrecimiento”. (Norma Peruana E.080)

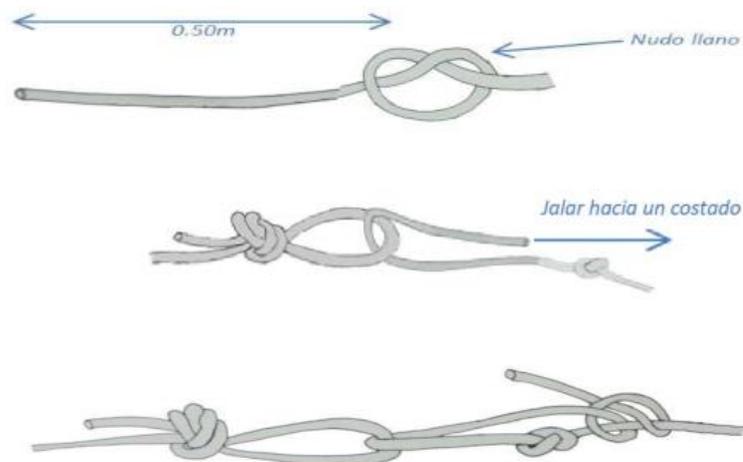
Los refuerzos ayudan a evitar el deterioro causado por el viento, la lluvia o humedad que se puede generar por las diversas condiciones climáticas, además brinda resistencia ante eventos sísmicos.

Los refuerzos de acuerdo a la norma E.080 deben ser en dos direcciones horizontal y vertical, debe fijarse desde el sobrecimiento a la viga collar y en casos de ser externo el refuerzo debe ser enlucido. [29]

Drizas

Las sogas sintéticas o drizas nos ayudan ajustar el muro de adobe tanto horizontal y verticalmente mediante nudos, también existen drizas de conexión que ayudan a la unión de mallas al muro. [29]

Gráfico 3. Diseño de la Driza



Fuente: Norma Peruana E.080

Según la norma peruana E.080 tenemos:

Drizas Verticales. - se deben colocar desde el sobrecimiento hasta la parte superior de la viga collar para tensar y anudar, la driza se debe encontrar a 1.50m sobre el suelo.

Driza Horizontal. – envuelve al muro horizontalmente mediante una perforación en la esquina por la que pasa la driza, esta perforación es cercana al borde a 20cm para luego tensar y anudar

Driza Conectora. – amarra los lazos vertical y horizontal en ambas caras del muro para ellos se perforar el muro y se amarra por los dos lados del muro.

Geomalla

La geomalla es el material sintético de gran compatibilidad con las estructuras de adobe y a la vez es duradero, esta debe cumplir las siguientes características especificadas en la norma E.080:

- Tener una retícula rectangular o cuadrada con aberturas máxima de 50mm y nudos integrados
- Capacidad a la tracción mínima de 3.5KN/m en ambas direcciones, para una elongación de 2%
- Flexibilidad y durabilidad

Este refuerzo debe cubrir al muro interior como exteriormente y debe estar sujeta a las drizas, la geomalla debe ser cubierta con un revestimiento que le proteja de las condiciones climáticas y agentes externos.

Revestimientos

Los revestimientos se definen como cualquier tratamiento o material aplicado después de la construcción de la estructura de adobe, que tiene como objetivo mejorar una o

más propiedades del muro de adobe, entre las propiedades a mejorar son: la impermeabilización, la resistencia a compresión, flexión o ayudar a mejorar el acabado superficial de este. [34]

Los diversos tipos de revestimiento se conforman por polvo o pigmentos a los cuales se agregan distintos aditivos de origen natural y sintético con el objetivo que el revestimiento cumpla con la función de protección a la estructura de adobe para cual fue diseñado al momento de aplicarlo sobre la superficie [35]

Estabilizante

Los estabilizantes son componentes de origen mineral, sintético y orgánico que se mezclarse con la tierra para la realizar adobes, éste mejora el rendimiento y sus propiedades físicas como pueden ser la resistencia a la compresión, la densidad, porosidad, absorción de agua, resistencia a la abrasión, dureza entre otros, la porción del aditivo varía según el tipo de suelo y condiciones de este, la experiencia. [36]

Los estabilizantes deben ser fáciles de aplicar, perdurables y no pueden ser tóxicos, Varios de los aditivos son económicos o están ampliamente disponibles cerca de las construcciones con barro por lo que pueden ser gratuitos. [36]

Propiedades de los estabilizantes

Hidrofugantes

Los estabilizantes que se usan para la impermeabilización cumplen con la función de conformar un recubrimiento o capa protectora que repele el agua de las partículas de arcilla evitando el cambio en sus cambios dimensionales. [24]

Los mejores estabilizantes que atreves de la historia presentan mejores resultados como impermeabilizantes son grasas animales, compuestos de origen vegetal incluso

materiales bituminosos como el asfalto, el uso de estos estabilizantes depende de la disponibilidad regional y las propiedades que se requieran mejorar. [24]

En algunos casos un solo estabilizante mejora varias propiedades en el adobe como es el caso del mucilago de tuna, hidróxido de calcio entre otros que evitan la penetración de humedad y sirven como adhesivos. [24]

Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión es el máximo esfuerzo que las probetas de adobe resisten ante una carga continua, de acuerdo con la Norma Peruana E.080 se ensaya 6 muestras cubicas de adobe de 0.1m de borde, se toma el promedio de las mejores cuatro mejores, se verifica que la resistencia promedio de las cuatro mejores sea igual o mayor a 1.0MPa. [37]

Los estabilizantes mejoran la resistencia a compresión, los estabilizantes se usan para mejorar la resistencia en seco y húmedo, así como la abrasión, la resistencia a la erosión en los bloques de adobe por lo cual la adición del cemento en porcentajes del 2 al 15% y la savia en porcentajes mayores al 10% mejoran estas propiedades. [36]

Estabilizantes de origen natural

Tuna

La tuna (*Opuntia ficus*) posee una gran diversidad de especies en el mundo aproximadamente unas 200 especies, estas cactáceas desarrollan características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que permiten adaptarse a condiciones ambientales diversas donde pueden resistir hasta 16 grados centígrados bajo cero, pero para su desarrollo se requiere una temperatura anual entre 18 grados centígrados y 25 grados centígrados. [12]

La penca o cladodios poseen dimensiones comprendidas entre los 30 a 60 cm de largo y dimensiones de 20 a 40 cm de ancho de color verde gris, contienen espinas de color amarillas. [12]

Gráfico 4. La tuna



Fuente: A. Paul Romero

En Ecuador esta cactácea está ampliamente distribuida en Chimborazo, Riobamba entre otras ciudades del país, donde se han establecido sitios para su crecimiento y sus frutos son comercializados por su gran valor nutricional como por sus características sensoriales como el aroma y el sabor característicos de la tuna. [38]

Savia de la penca de tuna

La savia de la penca de tuna es solución acuosa que se mezcla con el adobe con el fin de incrementar su resistencia a la compresión seca y húmeda, también nos ayuda a disminuir la porosidad y mejora las propiedades hidrófugas del adobe. El uso de la savia de penca ha sido aprovechado desde la antigüedad, principalmente para la elaboración de adobe en la construcción. [10]

El enlucido formado por la savia de la penca de tuna con adobe, paja y arena mejora la durabilidad de los muros de adobe frente a la lluvia, este líquido resulta del remojo de las pencas picadas sin espinos por un tiempo de remojo de 14 a 21 días dependiendo de las condiciones climatológicas. [9]

Estabilizantes de origen sintético

Cemento portland

El cemento portland es una mezcla de calizas y arcillas a 1500 grados centígrados, el resultado de esta mezcla nos da el Clinker el cual se muele y junto con un regulador de fraguado. El cemento portland se forma por un porcentaje entre 61 y 67% de óxido de calcio (CaO), entre 19 y 23 % de óxido de silíceo (SiO₂), entre 2.5 y 6 % de óxido de aluminio (Al₂O₃), entre 0 y 6% de óxido de hierro (Fe₂O₃), y entre 1.5 y 4.5% de otros compuestos químicos minoritarios. [27]

El cemento en el adobe nos ayuda a mejorar la resistencia a la compresión y la resistencia a la erosión, lluvia y abrasión. Se debe tener una buena mezcla entre el cemento y el suelo. La adición de cemento depende del tipo de suelo que se use, pero normalmente oscila entre el 2 y el 15%, hay que tomar en cuenta que cuanto mayor es la contracción del suelo mayor es la proporción de cemento utilizado. [36]

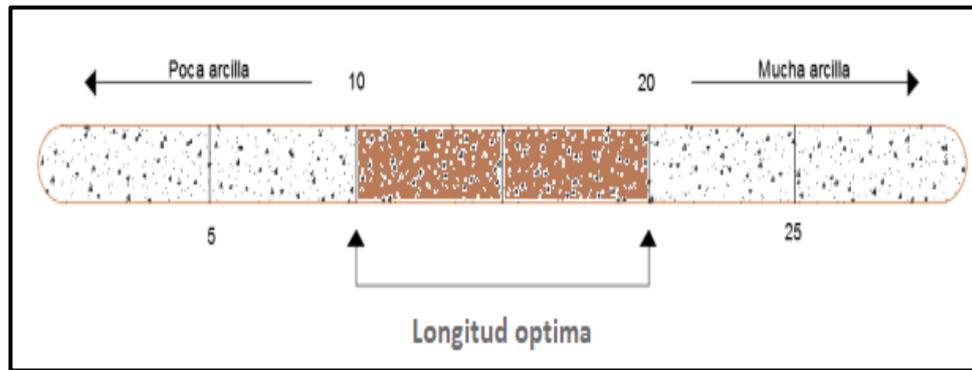
Ensayos Del Suelo En Sitio

Los ensayos de campo se rigen a la norma peruana E.080, estos ensayos valoran el tipo de suelo para saber si es apto o no en la fabricación de bloques de adobe de manera rápida y precisa. Estos ensayos se realizan en campo tomando una muestra representativa del suelo a usar.

Cinta de Barro

En base a la Norma E.080, Anexo 1 se realiza el ensayo en 10 minutos aproximadamente para lo cual humedecemos la tierra con el objetivo de realizar un cilindro de 12 mm de diámetro, colocamos en la mano y aplanamos poco a poco hasta tener un espesor de 4 mm posteriormente descolgamos lo más que podamos sin romperse. Si la muestra alcanza una longitud entre 10 cm a 20 cm el suelo es óptimo para la construcción de adobes [29]

Gráfico 5. Prueba cinta de barro



Fuente: Romero Andrés

Presencia de arcilla

En la norma peruana E.080, Anexo 2 indica realizar 4 bolitas con la tierra a usar y un poco de agua, dejar secar por 48 horas en un lugar seco. Para proceder a presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano si las bolitas no se rompen el suelo es apto para la construcción de adobes. [29]

Gráfico 6. Presencia de arcillas

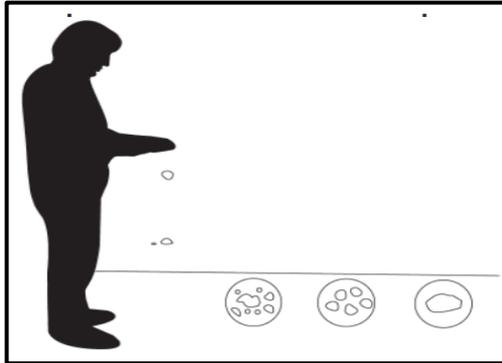


Fuente: Norma Peruana E.080 [29]

Contenido de humedad

El anexo 3 de la norma E.080 indica para el ensayo formar una bola del tamaño de un puño comprimir fuertemente y luego soltarla desde una altura de 1.10 m. Si la bola se desintegra el suelo es muy seco, si se rompe en 5 pedazos o más la humedad es correcta. [29]

Gráfico 7. Verificación del contenido de humedad



Fuente: Norma Peruana E0.80 [29]

Ensayos De Suelo En Laboratorio

Contenido de humedad

El contenido de humedad ($W\%$), se expresa en porcentaje y es la relación que existe entre el peso del agua (W_w) y el peso seco (W_s). Este ensayo se basa en los lineamientos del ASTM 52216-71

Determinando el porcentaje de agua que posee laa muestras con la siguiente ecuación:

$$W(\%) = \frac{\text{Peso del agua presente en el suelo } (W_w)}{\text{Peso de la muestra seca } (W_s)}$$

Límites de Atterberg

El suelo es un material que presenta varios estados según la humedad y la interacción de esta con las partículas del suelo por lo cual Atterberg definido 6 límites de consistencia (facilidad de un suelo a deformarse) de los cuales se usa frecuentemente en ingeniería civil los Límites Líquido, Límite plástico y en algunas ocasiones el Límite de Contracción

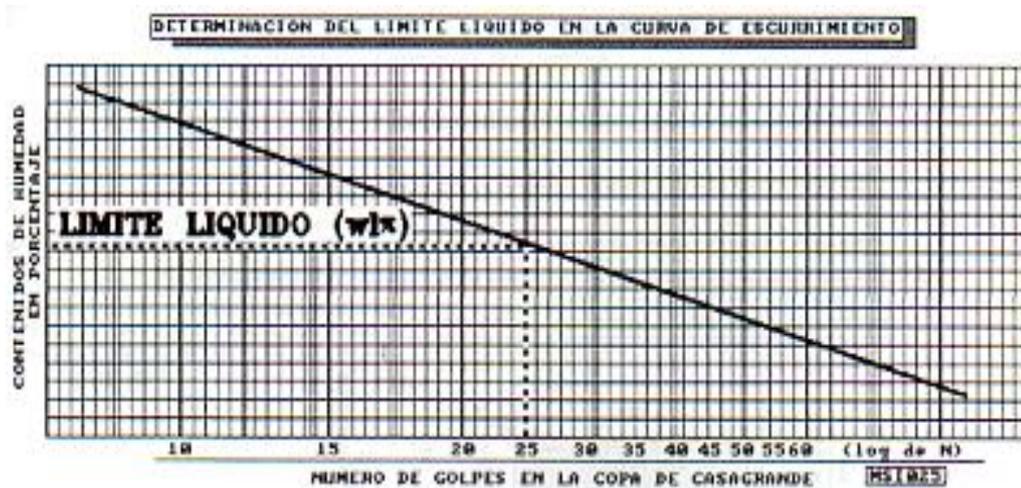
Límites Líquido (LL)

El límite líquido o contenido de humedad se realiza bajo los lineamientos de la INEN 691 o ASTM D-424-71.

Se entiende por límite líquido a la frontera entre los estados semi líquido y plástico, es el contenido de humedad de un suelo que pasa el tamiz N 40 en relación al peso seco de la muestra.

El límite líquido se lo obtiene entre el número de golpes de la Copa Casagrande vs el Contenido de Humedad

Gráfico 8. Determinación del Límite Líquido en la Curva de Escurrimiento



Fuente: “Mecánica de Suelos Elemental” de Ing. Lorena Pérez

Límites Plástico (LP)

El límite plástico se basa en la norma ASTM D-424-71, este límite es la frontera entre los límites plástico y semi sólido, es el contenido de humedad más bajo expresado en porcentaje. El Límite plástico se obtiene de la misma forma que el contenido de humedad promedio.

Gráfico 9. Límites del suelo



Fuente: “Manual de laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil” de Joseph Bowles

Índice de Plasticidad (IP)

El índice plástico es el rango en el cual el suelo está en un estado plástico, el índice de plasticidad se obtiene de la diferencia de los límites líquido y plástico

$$\text{Índice de Plasticidad (IP)} = \text{Límite Líquido (Ll)} - \text{Límite Plástico (LP)}$$

Análisis Granulométrico del Suelo

La granulometría determina cuantitativamente los tamaños de las partículas que conforman el suelo, a partir de una muestra representativa del material. La muestra de suelo secada al horno se coloca en un conjunto de tamices con aberturas progresivamente más pequeñas, las partículas de suelo que se retienen en el tamiz se expresan en porcentajes para definir la distribución de la muestra de suelo.

De acuerdo con la norma ASTM D-422 se procede a ubicar los tamices: No.4, No.10, No.40, No.60, No.100 y No. 200 en orden

Tabla 2 Tamaños de Mallas Estándar en Estados Unidos

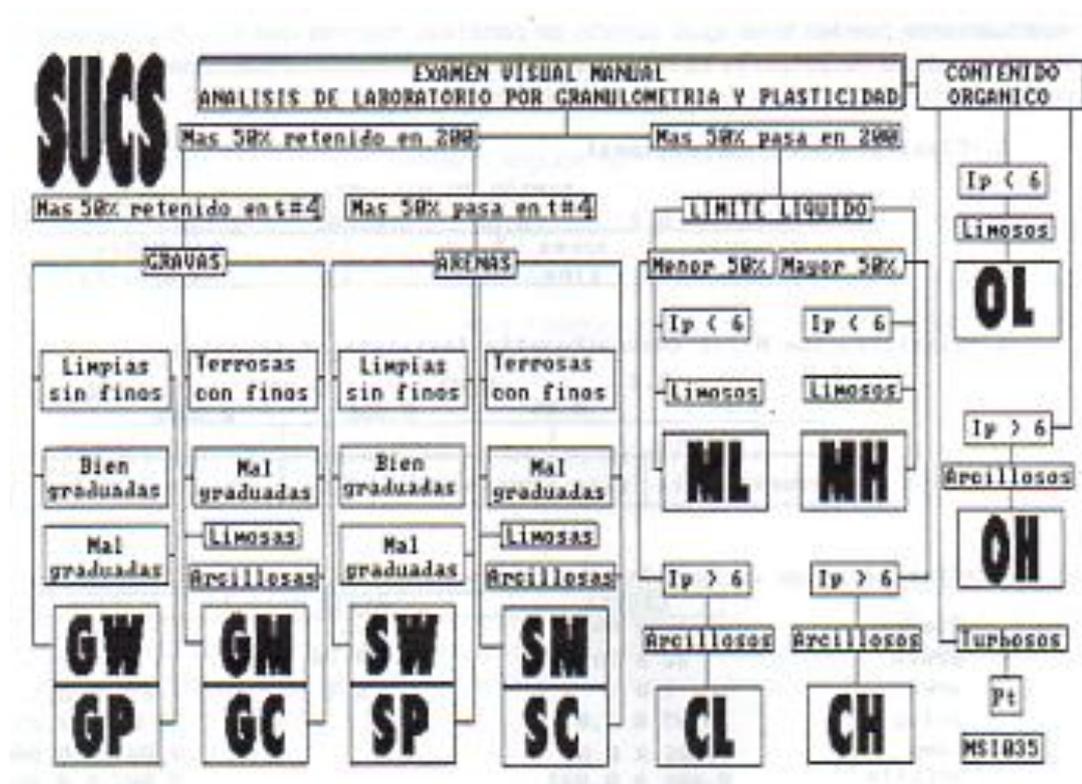
MALLA N°.	ABERTURA (mm)	MALLA N°.	ABERTURA (mm)
4	4.75	50	0.3
6	3.35	60	0.25
8	2.36	80	0.18
10	2	100	0.15
16	1.18	140	0.106
20	0.85	170	0.088
30	0.6	200	0.075
40	0.425	270	0.053

Fuente: “Fundamentos de ingeniería geotécnica” de Braja Das M. (2001).

Clasificación del Suelo

Para la clasificación del suelo partimos de propiedades de fácil determinación, también nos basamos en su granulometría y plasticidad del suelo. Para la clasificación nos basamos en el sistema granulométrico de la SUCS

Gráfico 10. Clasificación de suelo Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS



Fuente: “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos”

Donde:

G = Gravos

S = Arenas

M = Limos

C = Arcilla

O = Orgánicos

P = Mala granulometría

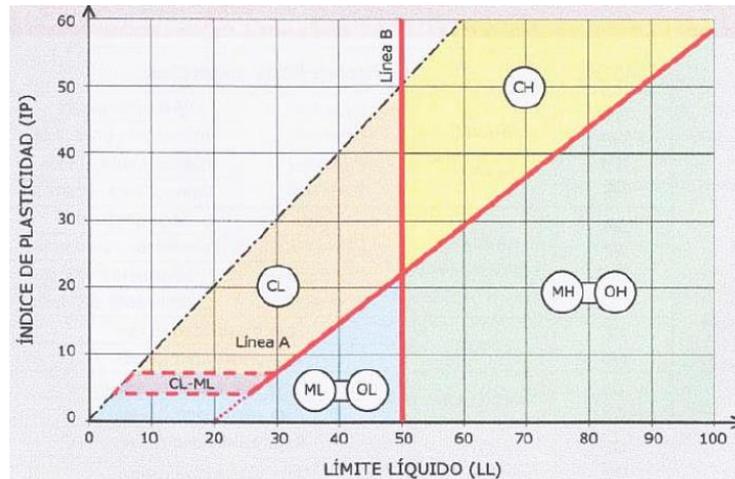
W = Buena granulometría

H = Alta plasticidad

L = Baja Plasticidad

Pt = Turba

Gráfico 11. Carta de Casa grande para Suelos



Fuente: Manual de carreteras” Bañón Blázquez & Bevía García

Humedad Óptima

La humedad óptima nos permite conocer el valor de la cantidad óptima de agua en porcentaje para un determinado tipo de suelo, para tener una mejor compactación con una energía dada. [39]

Para la determinación de la humedad óptima nos referenciamos en el Proctor Estándar Sub Método B establecido por el Dr. Richard Proctor y normado bajo los lineamientos de AASHTO T-99, para lo cual se mezcla el suelo con 450 mililitros de agua y se utiliza el martillo de 5.5 libras a una altura de 12”.

Ensayos Del Bloque De Adobe

Verificación de la Resistencia

Es un ensayo empírico no obligatorio, con el cual se verifica la resistencia de los bloques de adobe.

El ensayo es empírico expuesto en el Manual de Construcción con adobe reforzado con Geomalla de Perú, indica seleccionar tres bloques de adobe que no tengan fisuras ni deformaciones, colocamos dos adobes con una separación de 30 cm y sobre ellos colocamos el tercer bloque, este bloque deberá soportar el peso de una persona por lo menos un minuto. [40]

Gráfico 12. Verificación de la resistencia



Fuente: Manual de Construcción con adobe reforzado con Geomalla [40]

Resistencia a compresión

La resistencia última del bloque de adobe debe ser de $1 \text{ MPa} = 10.2 \text{ Kg/cm}^2$. Para la determinación de la resistencia última cual se medirá ensayando 6 muestras de adobe, y tomando el promedio de las 4 mejores muestras de acuerdo con la norma peruana E.080. [29]

Gráfico 13. Ensayo de compresión.



Fuente: Estudio De La Resistencia A Compresión Del Adobe Artesanal Estabilizado Con Paja, Estiércol, Savia De Penca De Tuna, Sangre De Toro Y Análisis De Su Comportamiento Sísmico Usando Un Modelo A Escala [41]

Control de fisuras

Según el Anexo N 4 de la norma peruana E.080, se preparará las muestras empezando por la porción 1 de suelo y 0 de arena gruesa, la proporción va creciendo en $\frac{1}{2}$ partes de arena gruesa hasta llegar a la proporción 1 de suelo y 3 de arena gruesa. Después de 48 horas de secada las muestras se observa si existe fisuras la muestra que no tenga fisuras es la proporción optima. [29]

Ensayo de Succión

Según el (Acápite 11 de la NTP 399.613), el ensayo se aplica a una cara de los bloques de adobe recubiertos y adobes tradicionales con el objetivo de observar la altura de succión del agua en las muestras en un lapso de tiempo. [37]

Gráfico 14. Ensayo de succión



Fuente: Mejoramiento De Las Construcciones De Adobe Ante Una Exposición Prolongada De Agua Por Efecto De Inundaciones [15]

Ensayo de absorción

El ensayo de absorción se aplica en el bloque de adobe con recubiertos y sin recubrimiento, según la Norma ntp-399613, bajo los lineamientos de esta norma podemos observar la afectación que los bloques de adobe sufren, los cambios en las dimensiones y si la absorción del bloque es alta la disgregación del mismo. [37]

Gráfico 15. Ensayo de absorción



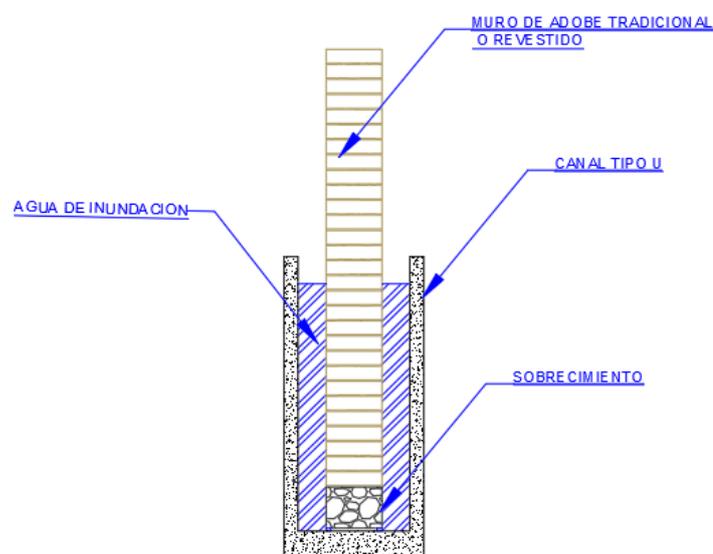
Fuente: Mejoramiento De Las Construcciones De Adobe Ante Una Exposición Prolongada De Agua Por Efecto De Inundaciones [15]

Ensayos en Muros de Adobe

Ensayo de inundación

Es un ensayo empírico, con el cual se determina la fragilidad de los muros de adobe sin recubiertos y la duración de los muros recubiertos (savia de tuna reposada en diferentes días y cemento en diversos porcentajes) si son sometidos a una inundación simulada, verifica la absorción de los mismos y los cambios que presenten en dimensiones del muro hasta tener un colapso del muro de adobe sin recubrimiento para comparar con la duración de los adobes recubiertos hasta el colapso. [15]

Gráfico 16. Ensayo de inundación simulada



Fuente: Romero Andrés

1.1.4. HIPÓTESIS

El uso de savia de penca de tuna y cemento portland como revestimiento de muros de adobe ayudara a mejor sus propiedades hidrófugas.

SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Los muros de adobe revestimiento savia de penca de tuna y cemento portland.

VARIABLE DEPENDIENTE:

Propiedades hidrófugas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Usar cemento y savia de tuna como alternativas de revestimiento en muros de adobe para el mejoramiento de sus propiedades hidrófugas

1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar la resistencia a la compresión de los bloques de adobe mediante una prueba estandarizada.
- Realizar pruebas de succión, absorción en bloques de adobe con recubrimientos naturales y artificiales.
- Cuantificar el deterioro de los muros de adobe a través de un ensayo de inundación
- Evaluar los resultados de absorción de agua y deterioro ante el proceso de inundación para determinar el mejor recubrimiento para el adobe.
- Analizar los precios unitarios por metro cuadrado de los muros de adobe con los dos tipos de recubrimiento

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

EXPERIMENTAL:

La investigación se considera experimental debido a las técnicas antiguas usadas para la fabricación de adobe, también por el uso de savia de penca de tuna en diferentes días de remojo y el cemento en diferentes porcentajes para recubrir los bloques de adobe con el objetivo de estudiar el comportamiento y los diferentes resultados frente al ensayo de inundación simulada.

LABORATORIO:

Para obtener la resistencia a la compresión del adobe tradicional, posteriormente los resultados de succión, absorción en bloques tradicionales y recubiertos a base de savia de tuna y cemento es fundamental el uso de máquinas apropiadas que son controladas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población.

La población del presente trabajo de investigación abarca bloques de adobe tradicionales los cuales se usan en muros de adobe con recubrimientos realizados con savia de penca de tuna y recubrimientos de cemento en diferentes porcentajes.

Muestra.

Se seleccionó los porcentajes para los 3 recubrimientos de savia de penca de tuna y 3 porcentajes para el recubrimiento de cemento buscando mejorar las propiedades hidrófugas en comparación con los bloques de adobe tradicionales.

Se realizó un total de 70 bloques de adobe de los cuales 30 se usaron con remojo de savia, otros 30 bloques fueron recubiertos con tres porcentajes diferentes de cemento y 10 bloques restantes son bloques de adobe tradicional, estas muestras se usaron para las pruebas de succión y absorción.

Para el ensayo de inundación se realizó un total de 5 muros de adobe, un muro no llevo recubrimiento al cual se considera como el muro tradicional, los otros 4 muros llevaron un diferente día de remojo y un diferente porcentaje de cemento.

Tabla 3 Número total de bloque de adobe tradicional para ensayos

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 											
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS											
NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS SIN RECUBRIMIENTO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN, SUCCIÓN Y ABSORCIÓN EN BLOQUES DE ADOBE											
Elaborado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta										
Fecha:	25/04/2019										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ensayos</th> <th>Bloques de adobe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Compresión</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Succión</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Total, de adobes tradicionales = 16</td> </tr> </tbody> </table>		Ensayos	Bloques de adobe	Compresión	6	Succión	5	Absorción	5	Total, de adobes tradicionales = 16	
Ensayos	Bloques de adobe										
Compresión	6										
Succión	5										
Absorción	5										
Total, de adobes tradicionales = 16											

Fuente: Andrés Romero Y.

Tabla 4 Número de muestras recubiertas para los ensayos de succión y absorción

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>																																					
<p>USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS</p>																																						
<p>NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS ENLUCIDAS PARA LOS ENSAYO DE SUCCIÓN Y ABSORCIÓN</p>																																						
Elaborado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta																																					
Fecha:	25/04/2019																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Enlucidos a base de:</th> <th style="width: 15%;">Remojo</th> <th style="width: 25%;">Muestras Para Absorción</th> <th style="width: 35%;">Muestras Para Succión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Savia de tuna</td> <td style="text-align: center;">7 días</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">14 días</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">18 días</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Total, bloques enlucidos = 30</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Enlucidos a base de:</th> <th style="width: 15%;">Porcentaje</th> <th style="width: 25%;">Muestras Para Absorción</th> <th style="width: 35%;">Muestras Para Succión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Cemento</td> <td style="text-align: center;">5%</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10%</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12.5%</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Total, bloques enlucidos = 30</td> </tr> </tbody> </table>			Enlucidos a base de:	Remojo	Muestras Para Absorción	Muestras Para Succión	Savia de tuna	7 días	5	5	14 días	5	5	18 días	5	5	Total, bloques enlucidos = 30				Enlucidos a base de:	Porcentaje	Muestras Para Absorción	Muestras Para Succión	Cemento	5%	5	5	10%	5	5	12.5%	5	5	Total, bloques enlucidos = 30			
Enlucidos a base de:	Remojo	Muestras Para Absorción	Muestras Para Succión																																			
Savia de tuna	7 días	5	5																																			
	14 días	5	5																																			
	18 días	5	5																																			
Total, bloques enlucidos = 30																																						
Enlucidos a base de:	Porcentaje	Muestras Para Absorción	Muestras Para Succión																																			
Cemento	5%	5	5																																			
	10%	5	5																																			
	12.5%	5	5																																			
Total, bloques enlucidos = 30																																						

Fuente: Romero Andrés

2.1. MATERIALES Y EQUIPOS

2.1.1 Equipos

- Balanzas electrónicas
- Tamizadora eléctrica
- Juego de tamices
- Horno.
- Copa Casagrande
- Recipientes metálicos
- Enrazado
- Vidrio
- Molde de compactación
- Martillo de Compactación.
- Pala
- Palustre
- Máquina de compresión SHIMADZU CONCRETO 2000x
Velocidad de carga 0,25 MPa/seg
Capacidad de carga 2000 kN

2.1.2 Materiales

- **Tierra.** - Para el presente proyecto se trabajó con tierra extraída del Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi.
- **Agua.** – El agua que se usó para la elaboración de adobes fue agua potable. La cantidad de agua usada es el 20% del peso del suelo húmedo.
- **Arena Gruesa.** - Para la cantidad de arena gruesa se usó el método para el control de fisuras descrito en la norma peruana E.080 y en el apartado de marco

teórico de este documento, la proporción usada fue 1 de suelo y ½ de arena gruesa

- **Cemento.** – Se usó un cemento portland puzolánico Tipo IP, para el revestimiento a base de cemento (RC)

Se recubrió 10 bloques con cada día de remojo y para los diferentes porcentajes de cemento 5%, 10% y 12.5%, estos porcentajes se tomaron de estudios realizados en República Dominicana [13] y México [14]

- **Penca de Tuna.** -Para el revestimiento de la savia (RS) de la penca de la tuna, la tuna se obtuvo de la Parroquia de Santa Rosa del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

La savia de tuna se deja reposar por 7, 14 y 18 días, estos días se eligieron de acuerdo al paper Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas [9] .

2.2. METODOLOGÍA

La norma NEC-SE-VIVIENDA en el capítulo 6.7.1, indica “el diseño de muros portantes de adobe debe regirse al Código de Construcción con Adobe del Perú, la Norma E.080”, de esta norma se realizaron los ensayos para el análisis de del suelo:

- Realización de la Prueba Cinta de Barro
- Verificación de la Presencia de arcilla
- Verificación del Contenido de humedad

También la Norma INEN, ASTM y AASHTO se usó para los ensayos en laboratorio para obtener el tipo de suelo mediante la granulometría, los Límites líquido, plástico, humedad óptima y el ensayo de compresión

Después en la elaboración de los bloques de adobe tradicional con nomenclatura A, se usó la norma peruana E.080 para los ensayos de control de fisuras y el método empírico para verificar la resistencia de los bloques de adobe.

Se realizó el recubrimiento de los bloques de adobe en donde se toma la siguiente nomenclatura:

- Bloques de adobe recubiertos con la mezcla de savia reposada a los 7 días = S7
- Bloques de adobe recubiertos con la mezcla de savia reposada a los 14 días = S14
- Bloques de adobe recubiertos con la mezcla de savia reposada a los 18 días = S18
- Bloques de adobe recubiertos con la mezcla de cemento al 5% = C5
- Bloques de adobe recubiertos con la mezcla de cemento al 10% = C10
- Bloques de adobe recubiertos con la mezcla de cemento al 12.5% = C12.5

Para los ensayos de succión y absorción la norma peruana E.080 direcciona a la norma NTP 399.613 (Norma Técnica del Perú para bloques).

Para la elaboración de los muros de adobe se utilizó la norma peruana E.080 y se realizaron bajo el Criterio de Estabilidad.

Se concluye con el Ensayo de Inundación Simulada de los Muros de adobe (ensayo empleado en la tesis de Huaynate y Cabrera, Pontificia Universidad Católica del Perú 2010). Para los muros la nomenclatura será:

- Muro de adobe tradicional = MA
- Muro de adobe recubiertos con la mezcla de savia reposada a los 14 días = MS14
- Muro de adobe recubiertos con la mezcla de savia reposada a los 18 días = MS18
- Muro de adobe recubiertos con la mezcla de cemento al 10% = MC10
- Muro de adobe recubiertos con la mezcla de cemento al 12.5% = MC12.5

2.2.1. Elaboración de bloques de adobe tradicional y los recubrimientos

A continuación, se describe los pasos que se siguieron en la elaboración de este trabajo experimental. Los ensayos de suelo, resistencia de los bloques de adobe, obtención de la savia, cemento, recubrimientos en bloques, elaboración de muros y recubrimientos de muros.

VERIFICACIÓN DEL SUELO PARA ADOBE

Para verificar si el suelo del Cerro Putzalhua de la provincia de Cotopaxi es apto para la fabricación de adobe se procede con los ensayos de campo.

Nota: Todas las guías de estos ensayos se detallan en la Norma E.080 y el marco teórico de este documento.

Análisis de “Cinta de Barro”

Se realizó el ensayo y se observó que la tierra seleccionada es óptima para la fabricación de adobes, la tira alcanzo una longitud de 14cm.

Gráfico 17. Ensayo “Cinta de barro”



Fuente: Romero Andrés

Análisis de “Presencia de Arcillas”

Dando cumplimiento a la norma E.080 Anexo 2, se realizó bolitas de suelo y se dejó secar 48 horas, la presencia de arcilla es óptima porque las 4 muestras realizadas no se rompieron.

Gráfico 18. Ensayo “Presencia de Arcillas”



Fuente: Romero Andrés

Ensayos del Tipo de Suelo en Laboratorio

Se ensayó el suelo del Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi para saber la granulometría, límite líquido, límite plástico, humedad óptima y el tipo de suelo.

Granulometría del suelo

Se colocaron los tamices No.4, No.10, No.40, No.60, No.100 y No. 200 en orden. Con el suelo en los tamices ordenados, se tamizó por 15 minutos y se tomó el peso del suelo retenido en cada tamiz. La granulometría del suelo para el estudio se encuentra en la Tabla 5, en el apartado de análisis de resultados

Gráfico 19. Granulometría del suelo



Fuente: Romero Andrés

Límite Líquido y Plástico

Se puso la muestra de suelo en el horno por 24 horas, se tamizó y el suelo retenido en el tamiz No. 40 al tamiz No. 200. En un recipiente se colocó el suelo tamizado para mezclar con agua y se colocó la muestra en la Copa Casagrande y se observó el número de golpes hasta que la muestra se unió. Se retiró la muestra y realizamos tiras de suelo, se pesó y después se colocó en el horno por 24 horas por último se pesó las tiras de suelo.

Gráfico 20. Copa Casa Grande



Fuente: Romero Andrés

Humedad Óptima

Para la humedad óptima se usó 600gr de suelo, se mezcló el suelo con 450 mililitros de agua, se dejó caer el martillo por 56 veces. Se pesó la muestra compactada y se tomó muestras una de arriba y una de abajo se colocó en el horno por 24 horas, por último, se pesó las muestras secas. Se volvió a repetir el mismo proceso con otros 600gr de suelo y seguimos aumentando el agua en 450 mililitros por 4 veces.

Gráfico 21. Proctor Estándar Sub Método B



Fuente: Romero Andrés

Elaboración Del Adobe Artesanal

Antes de la elaboración de los bloques de adobe tradicional se deberá tener en cuenta las formas y dimensiones recomendadas en la norma E.080 [29] . Por lo cual se realizará adobes tradicionales de dimensiones 20cm x 20cm x 10cm

Gráfico 22. Elaboración de Adobes Tradicionales.



Fuente: Romero Andrés

Verificación De La Resistencia Del Adobe Artesanal

Después de transcurrir el tiempo de secado y se observó que los adobes artesanales no tengan fisuras ni muestran deformaciones para proceder a los ensayos de compresión

Verificación de la Resistencia

Se verifico la resistencia del adobe empíricamente, según Manual de Construcción con adobe reforzado con Geomalla [40] y se observa en el Grafico 17 que el adobe artesanal resiste el peso de una persona por el lapso de un minuto.

Gráfico 23. Verificación de la Resistencia del adobe



Fuente: Romero Andrés

Ensayo de compresión

Se determinó la resistencia última de los bloques de adobe con 6 muestras en la máquina de compresión y se eligió las 4 mejores muestras de acuerdo con la norma peruana E.080 para el promedio. [29]

Gráfico 24. Resistencia a la Compresión del adobe



Fuente: Romero Andrés

Preparación de los Estabilizadores para Recubrimiento

Los estabilizadores que se van a emplear para el recubrimiento como lo son: paja, savia de penca de tuna y cemento.

Tabla 5. Preparación de los Materiales para Recubrimiento

<ul style="list-style-type: none"> • Tuna 	 	<p>Escoger las tunas más maduras, limpiar y sacar las espinas</p> <p>Picar en trozos, luego dejar reposar para los diferentes días de reposo los trozos de tuna.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Cemento 		<p>Seleccionar un cemento hidráulico, libre de grumos, sin impurezas ni desperdicios</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Paja 	 	<p>Escoger la paja seca de cebada y cortar cada 5 cm el tallo seco.</p> <p>Pesar y añadir a los demás materiales usados en el recubrimiento</p>

Fuente: Romero Andrés

Colocación del Recubrimiento de Sabia y Cemento en los Bloques de adobe

Para la colocación del recubrimiento se procede de acuerdo a la siguiente tabla en la que se especifica los pasos a seguir para recubrir los bloques de adobe tradicional, estos mismos pasos se usaron para recubrir los muros de adobe.

Tabla 6 Preparación del Recubrimiento de Sabia y Cemento

Recubrimiento de sabia de tuna (RS)		Recubrimiento de Cemento (RC)	
1)Limpiar la superficie a recubrir		1)Limpiar la superficie a recubrir	
2)Con la savia de la tuna remojada impermeabilizar con la brocha		2)Pesar los porcentajes de cemento y arena para la mezcla [13]	
3)Elaborar la masa para recubrir con 2% de paja y 50% de arena y la tierra [9] [37]		3)Elaborar la masa para recubrir el bloque de adobe	
4)Recubrir el bloque de adobe con la mezcla y dejar secar		4)Recubrir el bloque de adobe con la mezcla y dejar secar	
5) Lijar y recubrir nuevamente el bloque con la misma mezcla posteriormente dejar secar		5)Revisar el bloque recubierto que no presente fisuras	
6)Impermeabilizar con el remojo de savia y dejar secar		6)Curar las fisuras del recubrimiento y dejar secar	

Fuente: Romero Andrés

Ensayo de Succión

Se ensayó 5 especímenes con cada tipo de revestimiento.

Primero sometemos las muestras a un secado en horno por 24 horas a una temperatura de 110 grados centígrados, medidas las dimensiones de las muestras y pesadas. En una bandeja de una profundidad de 25mm se ubicó las nuestras muestras con dos varillas como soporte y se agregó agua hasta una altura de máxima de 3mm sobre los soportes. Se retiró las muestras después de 1 minuto, se seca las muestras se pesaron. [37]

Gráfico 25. Ensayo de Absorción



Fuente: Romero Andrés

Ensayo de Absorción

Se ensayó 5 especímenes con cada tipo de revestimiento.

Para las muestras se eliminará la humedad natural colocando las muestras en el horno por 24 horas después se pesó las muestras, se ubicaron las muestras en recipientes con agua, tomamos la temperatura del agua y se sumergió las muestras por 24 horas. Después se retiró las muestras y se pesó después de 5 minutos de haber retirado del agua [37]

Gráfico 26. Ensayo de Absorción



Fuente: Romero Andrés

Dimensiones del Muro y el sobrecimiento

Para dimensionar el sobrecimiento y de los muros de adobe nos basamos en lo establecido en la Norma Peruana E.080 Construcción con tierra.

La norma E.080 nos indica las siguientes dimensiones:

- Sobrecimiento. - se elevará 30cm de altura del nivel del terreno y el ancho de 40 cm
- Muro. – El espesor del muro debe ser de 40cm.

Para el cálculo del muro partimos que el espesor es 40 cm, de acuerdo con la norma E.080 [29]

Longitud del muro

$$L \leq 10 e$$

$$L \leq 10 * 40cm$$

$$L \leq 4m$$

$$L = 3.5 m$$

Altura del muro

$$H \leq 8 e$$

$$H \leq 8 * 40cm$$

$$H \leq 3.2m$$

$$H = 2.8 m$$

Verificación del muro

$$L + 1.25H \leq 17.5 e$$

$$3.5 + 1.25 (2.8) \leq 17.5 * 40cm$$

$$7 = 7m \text{ Cumple}$$

Verificación de la esbeltez vertical λv máx=8

$$\lambda v = \frac{H}{e}$$

$$\lambda v = \frac{2.8}{0.40} = 7$$

$$\lambda v \text{ max} > 7$$

Verificación de la esbeltez horizontal λL máx = 10

$$\lambda L = \frac{L}{e}$$

$$\lambda L = \frac{3.5}{0.40} = 8.75$$

$$\lambda L \text{ max} > 8.75$$

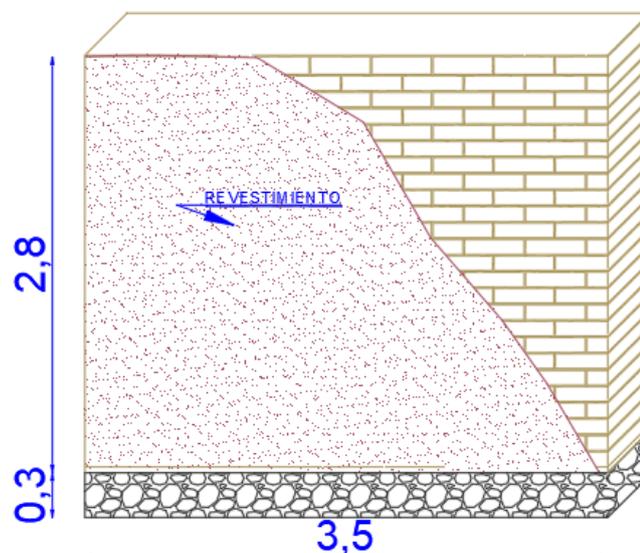
Verificación de la esbeltez

$$\lambda H + 1.25\lambda v \leq 17.5$$

$$8.75 + 1.25 (7) \leq 17.5$$

$$17.5 = 17.5m \text{ Cumple}$$

Gráfico 27 Dimensiones del Muro



Fuente: Romero Andrés

NOTA: Los muros de adobe tendrán una longitud de 3.5 m, una altura de 2.8 m y un espesor de 40cm, para realizar el ensayo de inundación en el canal tipo U los muros estarán a escala 1:20

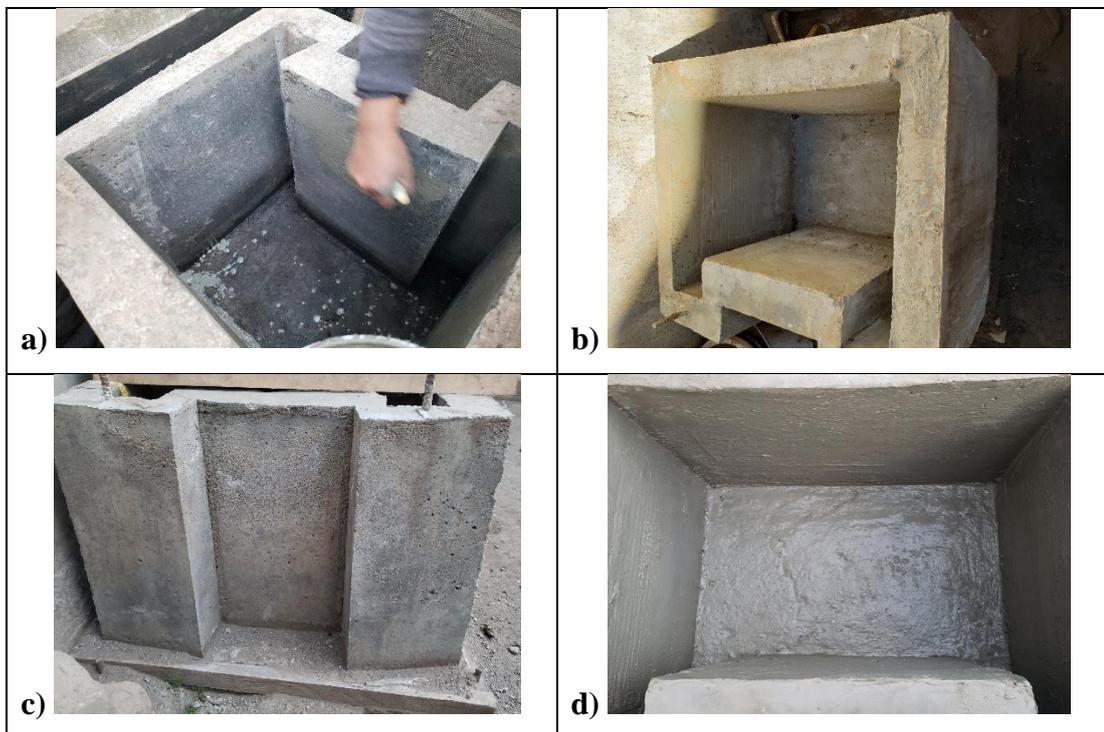
Elaboración e Impermeabilización del Canal Tipo U

Se realizó 3 muro de acuerdo a las dimensiones del Grafico 13, estos muros se realizaron en hormigón armado, se aplicó Sika Impermeabilizante Top en la mezcla, después de secos los muros se procedieron a recubrir los muros con una resina impermeabilizante llamada Sika Top 144 Resina, se aplicó en 2 capas de acuerdo a las indicaciones del fabricante. En el Grafico 28 se muestra el canal tipo U construido.

Gráfico 28. Canal Tipo U Impermeabilizado

- a) Vista en planta
- c) Vista Frontal

- b) Vista latera
- d) Canal impermeabilizado



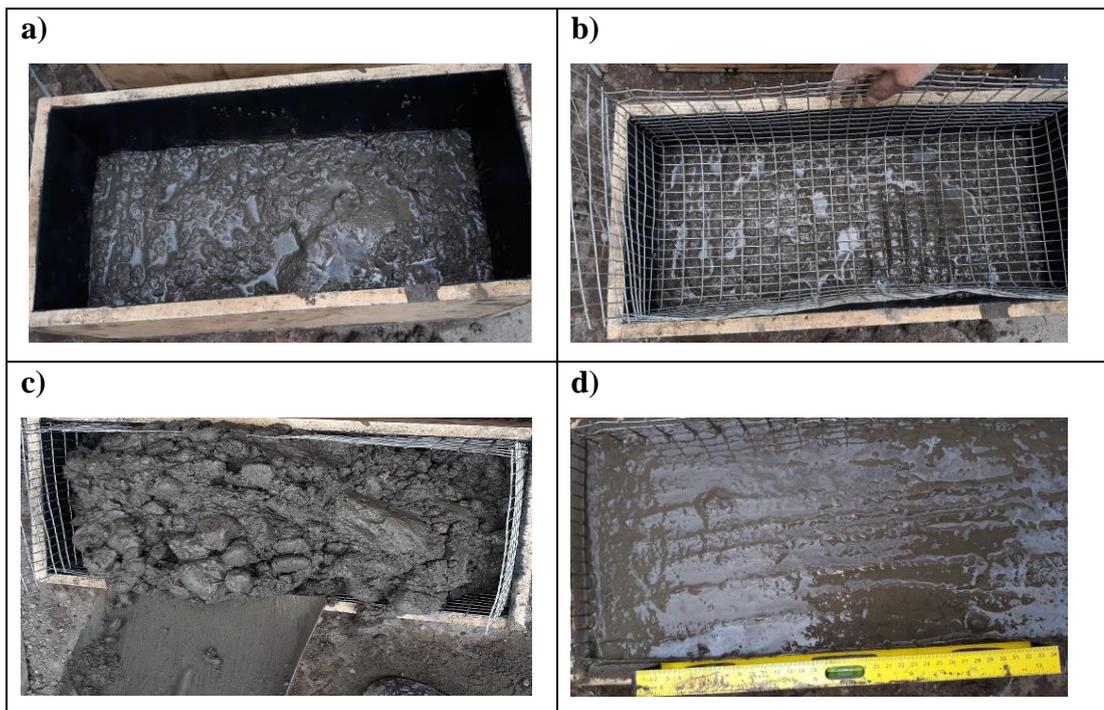
Fuente: Romero Andrés

Elaboración del sobrecimiento

Para la elaboración del sobrecimiento del muro se tomó en cuenta las dimensiones dadas por la norma peruana E.080, este sobrecimiento se realizó con hormigón ciclópeo a escala y se usó malla como lo especifica el Manual de Construcción con adobe reforzado con Geomalla, el vaciado del cemento se realizó cada 1/3, después del primer 1/3 se coloca la geomalla, esto se realizó con el objetivo de anclar la geomalla al sobrecimiento

Gráfico 29. Elaboración del Sobrecimiento:

- a) Colocar el hormigón 1/3 b) Colocar del hormigón 2/3 y la geomalla
c) Colocar el hormigón 3/3 d) Verificar nivel del sobrecimiento



Fuente: Romero Andrés

Elaboración del Muro

Después de la elaboración del sobrecimiento se impermeabilizó el sobrecimiento y se colocó los bloques de adobe para realizar los muros, el mortero de pega estaba

compuesto de una parte de tierra y media de arena gruesa, la dosificación se obtuvo del ensayo de presencia de fisuras descrito en el marco teórico, después de elaborado los muros se dejaron secar a temperatura ambiente.

Gráfico 30. Muro de adobe



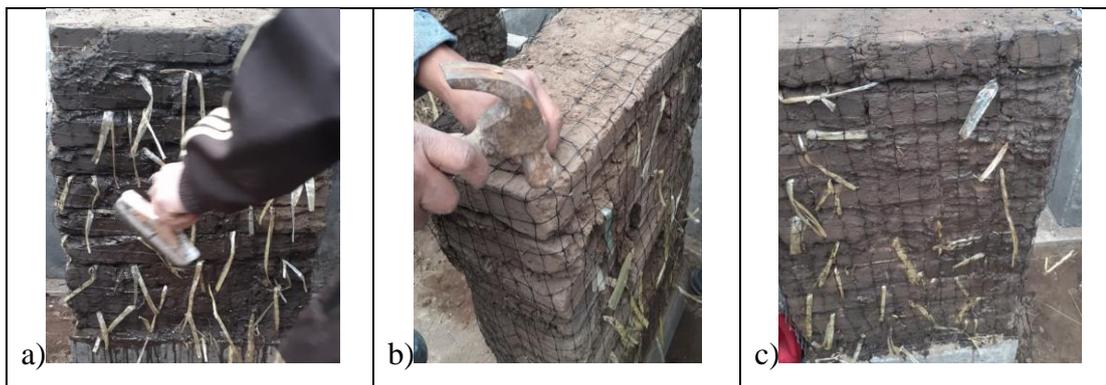
Fuente: Romero Andrés

Drizas y geomalla en el muro

Se colocaron las drizas horizontales, verticales y las conectoras, se limpió el muro y se colocó la geomalla, su uso grapas de acero para unir la malla con el muro también se utilizaron las drizas para anclar la malla y se unió con la malla del sobrecimiento

Gráfico 31 Drizas y malla

- a) Limpiar el muro b) Colocar grapas de acero c) Anclar malla con las drizas



Fuente: Romero Andrés

Después se procede a colocar el revestimiento o recubrimiento de savia y cemento como se indica en la tabla 6

Ensayo de Inundación Simulada de los Muros de adobe

Para el ensayo de inundación se realizaron: el muro de adobe tradicional (MT) y los revestidos de cada porcentaje de cemento MC10, MC12.5 y de savia con los diferentes días de remojo MS14, MS18.

Se colocó los muros dentro del canal de tipo U impermeabilizado, después se llenó de agua y se midió la cantidad de agua absorbida por los muros sin recubrimiento y con recubrimiento mediante una regla ubicada en el canal.

El tiempo de resistencia de los muros y se compara con el muro tradicional (MT), el deterioro, la absorción, la altura de la capilaridad se obtienen por el tiempo y la regla ubicada en el canal, estos resultados se comparan con el muro (MT)

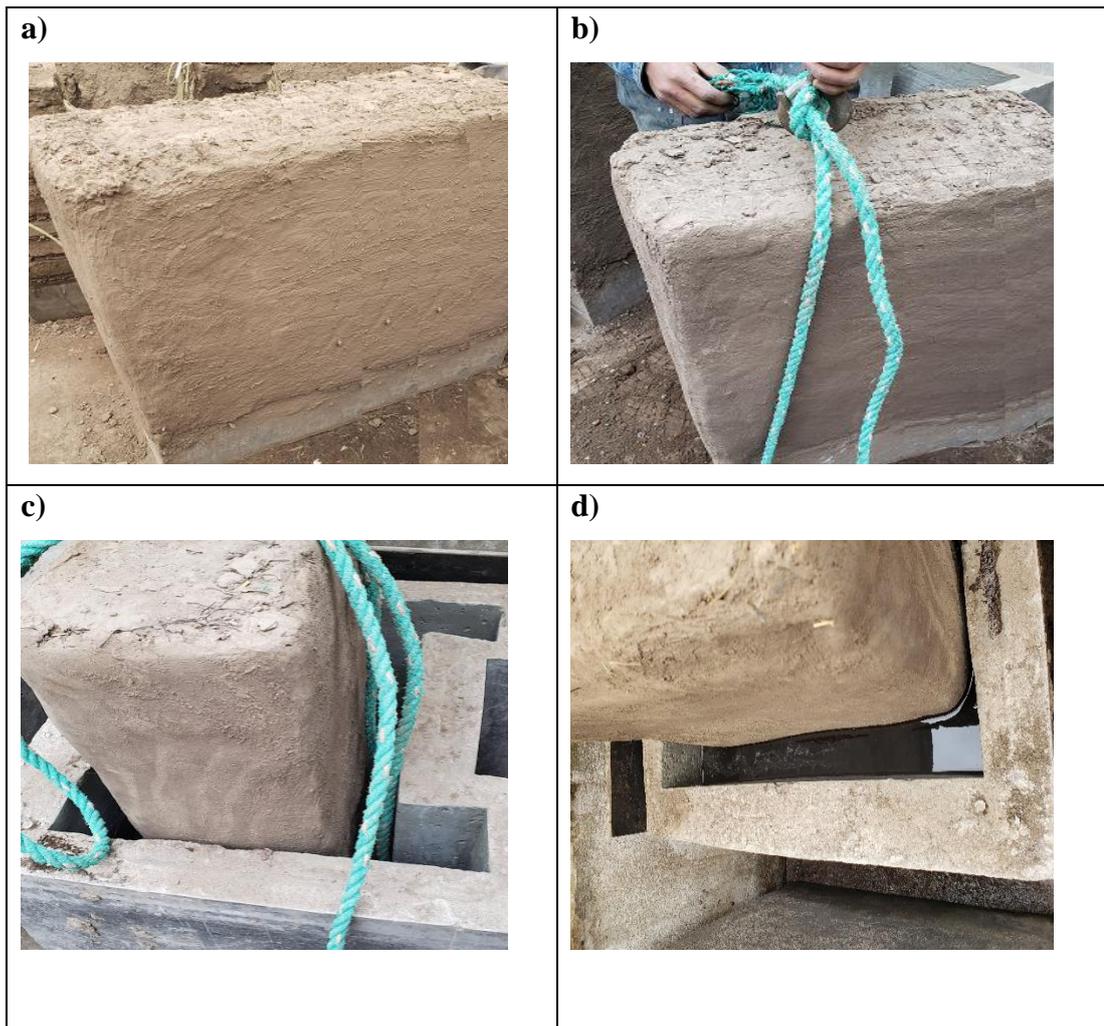
Gráfico 32. Muro de Adobe Recubierto en el Canal Tipo U

a) Muro recubierto

b) Elevación del muro

c) Muro en el canal

d) Agua en el canal con el muro



Fuente: Romero Andrés

2.2.1 Plan de recolección de datos

Para esta investigación se considera el siguiente orden cronológico:

- i. Verificar las características de la tierra extraída del Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi con los ensayos: “Cinta de barro” y “Presencia de arcilla”
- ii. Realizar los ensayos de Granulometría, Limite líquido, Limite plástico y Contenido de Humedad Optima para saber el tipo de suelo extraído del Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi
- iii. Realizar los adobes con las dimensiones establecidas y se observan fisuras, en caso de existir fisuras se coloca arena y se “Verifica la resistencia” empíricamente.
- iv. Realizar el Ensayo a Compresión de las muestras de adobe tradicional
- v. Secar las muestras de adobe tradicional por 28 días y colocar los revestimientos
- vi. Con los adobes revestidos se procede a “ensayos de Absorción y Succión”
- vii. Elaborar los modelos a escala de los muros de adobe, realizar el dimensionamiento de la altura, la longitud en función del espesor del muro.
- viii. Realizar los muros, para los distintos días de remojo de la savia de tuna, para diferentes porcentajes de cemento y el muro con adobe tradicional para comparar los resultados.
- ix. Realizar del ensayo de inundación simulada

2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis de la Información

Plan de Procesamiento de Información

- Revisión técnica, crítica y detallada de la información recolectada.
- Tabulación de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio a través de hojas electrónicas según nuestros objetivos.
- Representación gráfica de los resultados.

Plan de Análisis

- Analizar, interpretación y comparación de los resultados obtenidos según los objetivos e hipótesis planteados.
- Verificación de la hipótesis.
- Determinación de conclusiones y recomendaciones.

**CAPÍTULO III.
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1.1. ENSAYOS RELACIONADOS AL TIPO DE SUELO

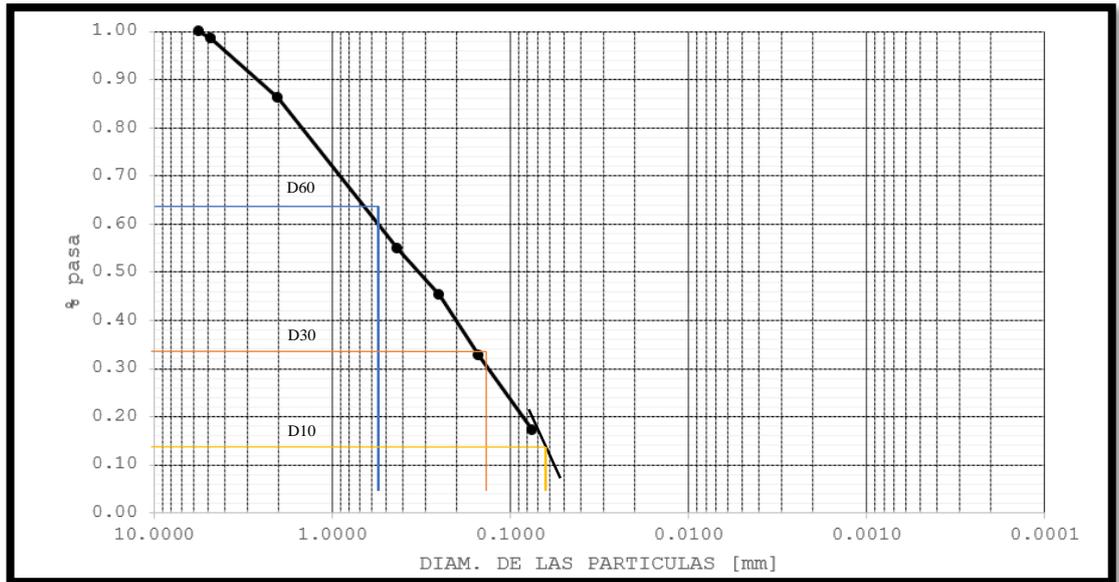
3.1.1.1. Granulometría del Suelo

Tabla 7. Granulometría del suelo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																																																			
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS																																																				
GRANULOMETRÍA DEL SUELO																																																				
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi																																																			
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta																																																			
Fecha:	jueves, 9 de mayo de 2019																																																			
Norma:	ASTM D-422																																																			
Masa de Suelo:	100 gr																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Tamiz no.</th> <th style="width: 15%;">Abertura (mm)</th> <th style="width: 15%;">Retenido (gr)</th> <th style="width: 15%;">% retenido</th> <th style="width: 15%;">% pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N3 - 1/2</td> <td style="text-align: center;">5.60</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0.00%</td> <td style="text-align: center;">100.00%</td> </tr> <tr> <td>N4</td> <td style="text-align: center;">4.75</td> <td style="text-align: center;">1.606</td> <td style="text-align: center;">1.61%</td> <td style="text-align: center;">98.39%</td> </tr> <tr> <td>N10</td> <td style="text-align: center;">2.00</td> <td style="text-align: center;">12.198</td> <td style="text-align: center;">12.20%</td> <td style="text-align: center;">86.20%</td> </tr> <tr> <td>N40</td> <td style="text-align: center;">0.43</td> <td style="text-align: center;">31.424</td> <td style="text-align: center;">31.42%</td> <td style="text-align: center;">54.77%</td> </tr> <tr> <td>N60</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">9.537</td> <td style="text-align: center;">9.54%</td> <td style="text-align: center;">45.23%</td> </tr> <tr> <td>N100</td> <td style="text-align: center;">0.15</td> <td style="text-align: center;">12.609</td> <td style="text-align: center;">12.61%</td> <td style="text-align: center;">32.62%</td> </tr> <tr> <td>N200</td> <td style="text-align: center;">0.08</td> <td style="text-align: center;">15.536</td> <td style="text-align: center;">15.54%</td> <td style="text-align: center;">17.09%</td> </tr> <tr> <td>Pasa 200</td> <td></td> <td style="text-align: center;">17.087</td> <td style="text-align: center;">17.09%</td> <td style="text-align: center;">0.00%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Suma</td> <td></td> <td style="text-align: center;">100.00</td> <td style="text-align: center;">100.00%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Tamiz no.	Abertura (mm)	Retenido (gr)	% retenido	% pasa	N3 - 1/2	5.60	0	0.00%	100.00%	N4	4.75	1.606	1.61%	98.39%	N10	2.00	12.198	12.20%	86.20%	N40	0.43	31.424	31.42%	54.77%	N60	0.25	9.537	9.54%	45.23%	N100	0.15	12.609	12.61%	32.62%	N200	0.08	15.536	15.54%	17.09%	Pasa 200		17.087	17.09%	0.00%	Suma		100.00	100.00%			
Tamiz no.	Abertura (mm)	Retenido (gr)	% retenido	% pasa																																																
N3 - 1/2	5.60	0	0.00%	100.00%																																																
N4	4.75	1.606	1.61%	98.39%																																																
N10	2.00	12.198	12.20%	86.20%																																																
N40	0.43	31.424	31.42%	54.77%																																																
N60	0.25	9.537	9.54%	45.23%																																																
N100	0.15	12.609	12.61%	32.62%																																																
N200	0.08	15.536	15.54%	17.09%																																																
Pasa 200		17.087	17.09%	0.00%																																																
Suma		100.00	100.00%																																																	

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 33. Granulometría del suelo



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

El suelo posee un coeficiente de uniformidad mayor a 3 ($D_{60}/D_{10} > 3$), es decir el suelo tiende a ser bien graduado. Por la curva granulométrica del suelo, la pendiente es moderada de izquierda a derecha, porque el suelo posee una buena distribución de arena, limos y arcillas.

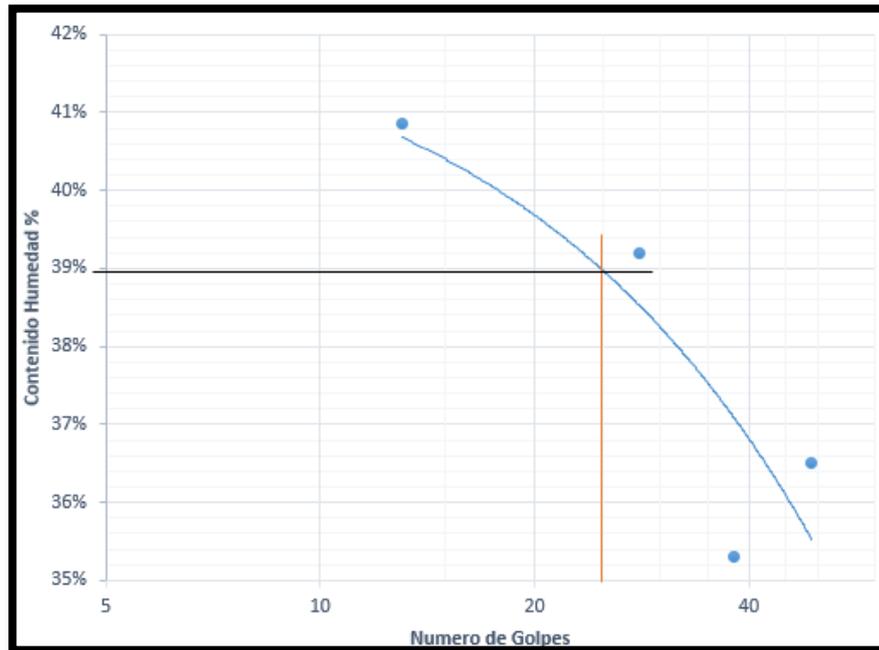
3.1.1.2. Límite líquido del suelo

Tabla 8. Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
Limite Liquido								
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi							
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta							
Fecha:	martes, 11 de mayo de 2019							
Norma:	ASTM D-424-71							
Muestras								
N.	1	2	3	4	5	6	7	8
N capsula	11	18	3	16	39	65	73	74
Peso Capsula (gr)	11.40	11.50	11.50	11.10	11.60	10.80	11.10	11.50
Peso Capsula + M. Húmeda (gr)	25.50	23.60	23.80	23.30	23.10	24.60	24.80	24.00
Peso Capsula + M. Seca (gr)	21.40	20.10	20.30	19.90	20.10	21.00	21.20	20.60
Peso Agua (gr)	4.10	3.50	3.50	3.40	3.00	3.60	3.60	3.40
Peso de la Muestra Seca (gr)	10.00	8.60	8.80	8.80	8.50	10.20	10.10	9.10
Contenido de Humedad %	41.00	40.70	39.77	38.64	35.29	35.29	35.64	37.36
N Golpes	13.00		28.00		38.00		49.00	
Promedio C. Humedad	40.85		39.20		35.29		36.50	

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 34. Límite Líquido



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

El valor del límite líquido obtenido mediante la gráfica con la ordenada ubicada en 25 golpes tiene un valor de 38.97%.

3.1.1.3. Límite Plástico del suelo

Tabla 9 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS						
Limite Plástico						
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi					
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta					
Fecha:	martes, 11 de mayo de 2019					
Norma:	ASTM D-424-71					
N Ensayos	1	2	3	4	5	6
N capsula	2	3	7	8	18	65
Peso Capsula (gr)	10.50	10.70	10.50	10.70	10.80	10.60
Peso Capsula + M. Húmeda (gr)	17.90	17.80	18.30	17.20	17.50	18.00
Peso Capsula + M. Seca (gr)	15.80	15.70	16.20	15.30	16.00	15.80
Peso Agua (gr)	2.10	2.10	2.10	1.90	1.50	2.20
Peso de Muestra Seca (gr)	5.30	5.00	5.70	4.60	5.20	5.20
Contenido de Humedad %	39.62	42.00	36.84	41.30	28.85	42.31
Promedio C. Humedad	38.49					

Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

El valor del límite plástico es 38.49%. Se calculó el índice plástico restando el límite líquido del límite plástico, el índice plástico es 0.48%.

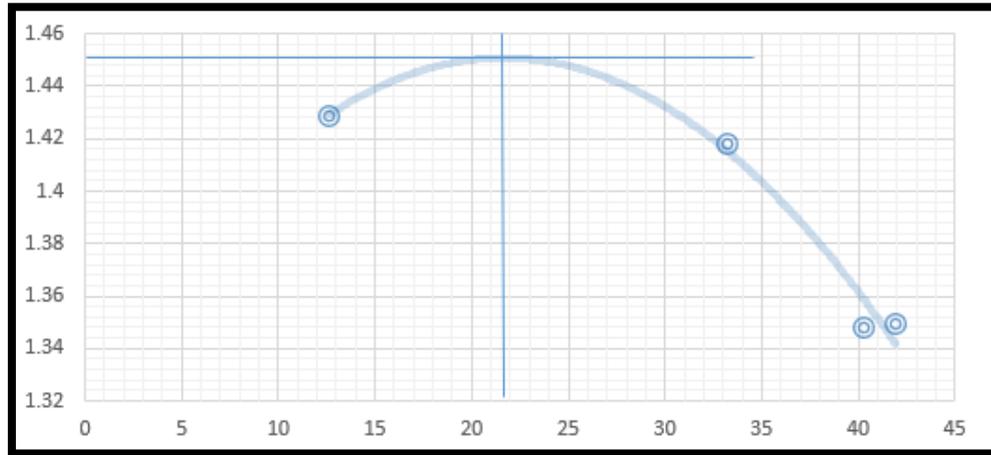
3.1.1.4. Humedad Óptima

Tabla 10. Humedad óptima

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
"PROCTOR ESTÁNDAR SUB MÉTODO B"								
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi							
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta							
Fecha:	martes, 11 de mayo de 2019							
Norma:	AASHTO T-99							
N GOLPES:	56	Peso Molde:	15526 gr					
Altura de Caída:	12"	Volumen Molde:	2124.05 cm ³					
N Capas:	3	Energía Compactación:	12316.93 lb pie/ pie ³					
Ensayo N		1	2	3	4			
Peso Inicial Agregado (gr)		6000	6000	6000	6000			
Humedad Inicial Estimada (ml)		450	900	1350	2250			
Peso Molde + Suelo húmedo (gr)		18944	19539	19542	19596			
Peso Suelo Húmedo Wm (gr)		3418	4013	4016	4070			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³) γ_m		1.61	1.89	1.89	1.92			
Muestras								
Ensayo Numero	1		2		3		4	
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Peso Recipiente (gr)	23.3	24.6	30.4	23.3	30.8	30.6	30.9	24.2
Peso Suelo Húmedo + Recipiente (gr)	106.1	114.1	151.9	158.1	191.1	199.8	215.1	216.3
Peso Suelo Seco + Recipiente (gr)	96.8	104.1	121.7	124.4	144.4	152	159.7	160.5
Peso del Agua Ww (gr)	9.3	10	30.2	33.7	46.7	47.8	55.4	55.8
Peso de la Muestra Seca Ws (gr)	73.5	79.5	91.3	101.1	113.6	121.4	128.8	136.3
Contenido de Humedad W%	12.65	12.58	33.08	33.33	41.11	39.37	43.01	40.94
Promedio del W %	12.62		33.21		40.24		41.98	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³) γ_d	1.43		1.42		1.35		1.35	
Contenido Humedad Optimo W%opt	23%							

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 35. Contenido De Humedad Óptimo

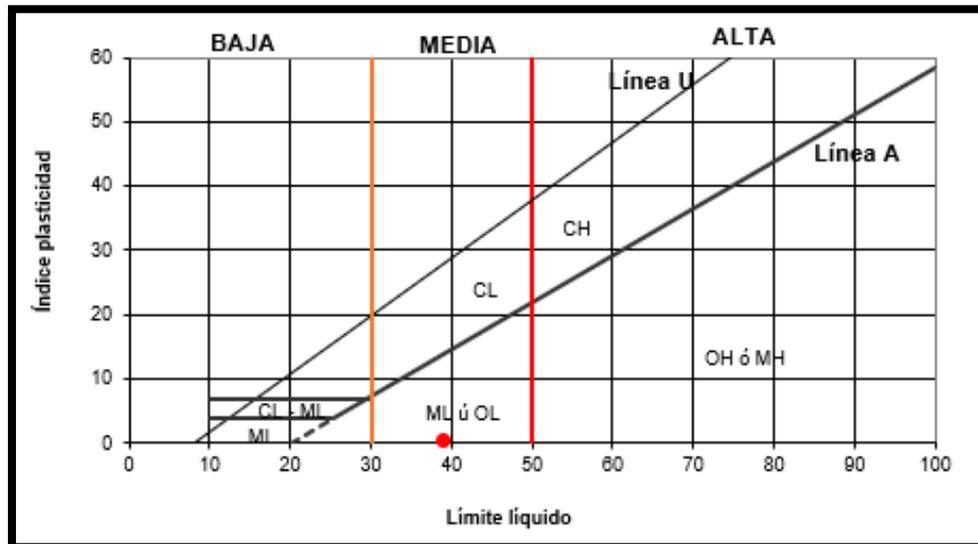


Fuente: Romero Andrés

Interpretación de los límites del suelo

Con los valores del ensayo de Proctor Estándar Sub-Método B y el gráfico 35 en el punto más alto se obtuvo la humedad óptima del suelo con un valor de 23%.

Gráfico 36. Abaco de Casagrande



Fuente: Romero Andrés

Interpretación del Tipo de Suelo

De acuerdo con la Clasificación de Suelos de la SUCS, el suelo es Arena – Limosa (SM), arena con el 15.54% de finos que atravesaron el tamiz No. 200.

3.1.2. ENSAYOS RELACIONADOS CON LOS BLOQUES DE ADOBE

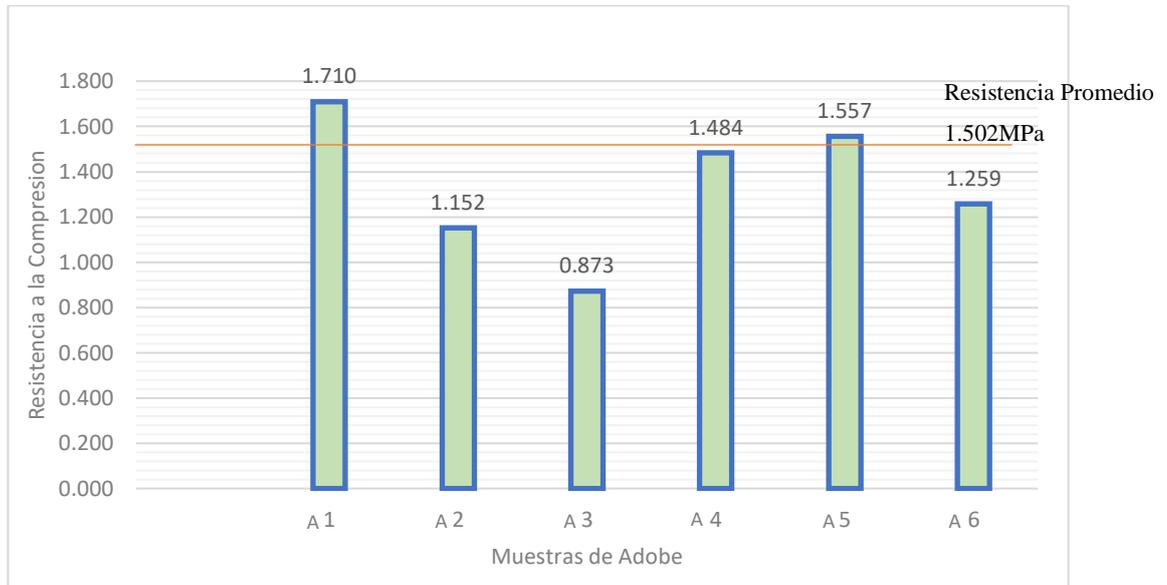
3.1.2.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Tabla 11. Resistencia a la Compresión de los Bloques de Adobe

 								
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
Resistencia a la Compresión								
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi							
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta							
Fecha:	martes, 11 de mayo de 2019							
Norma:	ASTM D-424-71							
Muestra #	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia (Mpa)	Elegir
A1	2.087	10.3	12	10	123.60	21.1312	1.710	x
A2	1.804	10.1	9.8	10.2	98.98	11.4047	1.152	-
A3	1.746	9.5	10	10	95.00	8.2938	0.873	-
A4	1.767	10.2	10.1	10	103.02	15.2871	1.484	x
A5	1.719	10	9.9	10.1	99.00	15.4133	1.557	x
A6	1.708	10.3	9.8	10.1	100.94	12.7042	1.259	x
Promedio de las muestras (A1, A4, A5, A6) = 1.502 MPa								

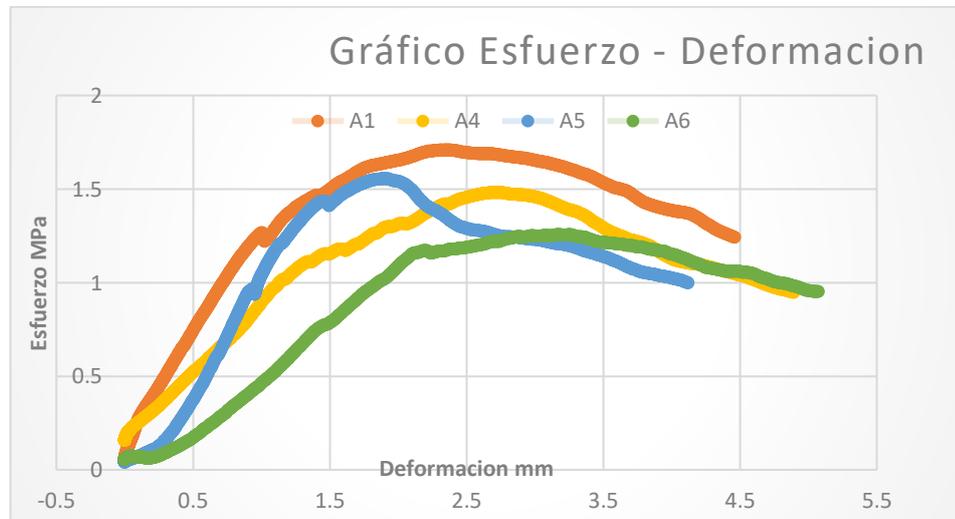
Fuente: Romero Andrés

Gráfico 37. Resumen de Resistencia a la Compresión



Fuente: Romero Andrés

Gráfico 38. Esfuerzo – Deformación de los bloques de adobe



Fuente: Romero Andrés

Interpretación

De acuerdo con la Norma Peruana E.080, se ensayan 6 muestras de adobe y se toma el valor de 4 muestras (A1, A4, A5, A6) para la resistencia promedio, eliminamos los menores valores A3 y A2 el valor de la resistencia a la compresión promedio es de 1.502 MPa.

3.1.3 ENSAYOS EN RECUBRIMIENTOS

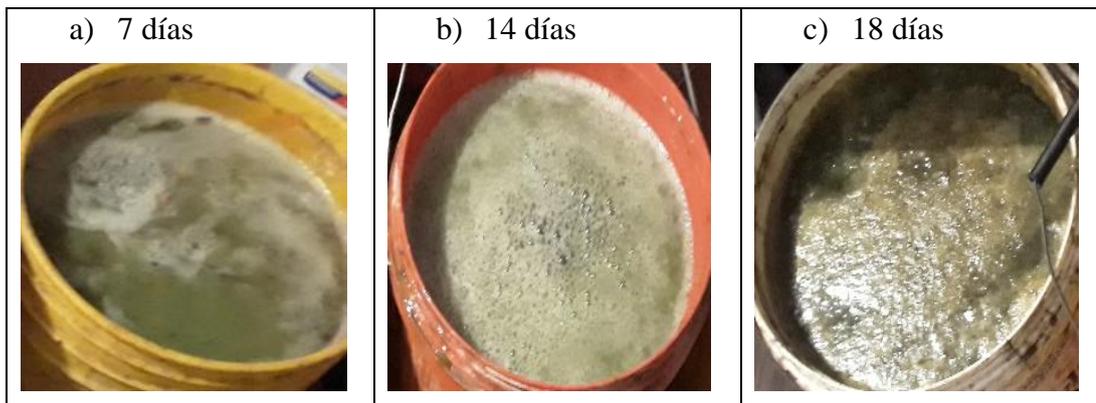
3.1.5.1 MATERIAL USADO EN LOS RECUBRIMIENTOS

Tabla 12. Material Usado para Revestimiento

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS		
Material Usado para Revestimientos con Savia y Cemento		
Origen:	Parroquia Santa rosa, Ambato - Tungurahua	
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta	
Para el cemento	Para la Savia	
Cemento al 5 %	Savia de Tuna (7 Días Remojo)	
Descripción	Cantidad	Unidad
Tierra	65	Kg
Agua	13	L
Arena	32.5	Kg
Cemento	3.25	Kg
Cemento al 10 %		
Descripción	Cantidad	Unidad
Tierra	65	Kg
Agua	13	L
Arena	32.5	Kg
Cemento	6.5	Kg
Savia de Tuna (14 Días Remojo)		
Descripción	Cantidad	Unidad
Tierra	65	kg
Paja	1.3	Kg
Arena	32.5	kg
Savia	13	L
Cemento al 12.5 %		
Descripción	Cantidad	Unidad
Tierra	65	Kg
Agua	13	L
Arena	32.5	Kg
Cemento	8.2	Kg
Savia de Tuna (18 Días Remojo)		
Descripción	Cantidad	Unidad
Tierra	65	kg
Paja	1.3	Kg
Arena	32.5	kg
Savia	13	L

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 39. Savia de Penca de Tuna Reposada



Fuente: Romero Andrés

Interpretación

Las cantidades de paja es el 2% del peso de la muestra de suelo y con una longitud aproximada de 50 mm. [4]

La relación arena – suelo fue de 1 parte de suelo a $\frac{1}{2}$ de arena es decir la cantidad de arena es el 50% del peso de suelo para ambos recubrimientos.

Los porcentajes de cemento están especificados en la metodología, de la misma forma los días de remojo de la savia.

De acuerdo con la humedad oprima obtenida en la Tabla 11. Se usa 13 litros de agua que equivale al 20% de la cantidad de tierra, este mismo porcentaje se utiliza para la savia de la penca de la tuna.

En el gráfico 39, la savia de penca de tuna varía el color a los 7 días su color es verde claro, conforme pasa el tiempo a los 14 días se vuelve mas oscura y con una capa de espuma blanca a los 18 días se observa el color verde oscuro con una capa de espuma mas oscura y la savia se vuelve mas viscosa.

3.1.5.2 ENSAYO DE SUCCIÓN EN ADOBE TRADICIONAL

Tabla 13. Ensayo de Succión En Adobe Tradicional

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
Ensayo de Succión								
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi						
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta						
Fecha:		lunes, 22 de Julio del 2019						
Norma:		NTP-399613						
Adobe sin Recubrimiento								
N	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso de Succión (kg)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
1	6980	19.3	19.8	11.6	223.88	0	-	-
2	6198	19.5	19.5	11.5	224.25	0	-	-
3	6305	19	19.7	13.2	250.8	0	-	-
4	7050	19.5	19.5	12.7	247.65	0	-	-
5	6810	19.5	20	12.7	247.65	0	-	-

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 40. Ensayo de Succión A



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

Después del minuto en contacto con el agua las muestras de bloque tradicional no se pudieron pesar debido a desprendimientos en la cara de contacto con el agua, las esquinas del bloque se desprenden, por lo cual el peso de succión no sería el real

3.1.5.3 ENSAYO DE SUCCIÓN EN ADOBE REVESTIDO CON SAVIA

Tabla 14. Ensayo de Succión En Adobe Revestido con Savia de Tuna

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
Ensayo de Succión								
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi						
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta						
Fecha:		lunes, 22 de Julio del 2019						
Norma:		NTP-399613						
Savia de 7 días de reposo								
N	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso de Succión (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
7.3	9689.6	21.7	22.6	11.6	251.72	9738.9	49.3	39.17
7.2	10360	22.3	23.1	11.5	256.45	10400	40	31.20
7.5	10682.1	22.3	22.4	13.2	294.36	10723	40.9	27.79
7.8	11239.3	22.4	22.7	12.7	284.48	11285	45.7	32.13
7.1	10522.5	22.4	22.7	12.7	284.48	10568.5	46	32.34
							Promedio de Succión	32.52
Savia de 14 días de reposo								
N	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso de Succión (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
14.3	9699	21.3	22.1	12.4	264.12	9738	39	29.53
14.2	10291.1	22	21.4	12.1	266.2	10330.5	39.4	29.60
14.7	10601	21.2	22.4	12.3	260.76	10637	36	27.61
14.9	10418.9	22.1	21.9	12.1	267.41	10450.8	31.9	23.86
14.10	10100.5	21.5	22	12.2	262.3	10137.1	36.6	27.91
							Promedio de Succión	27.70

Savia de 18 días de reposo								
N	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso de Succión (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
18.1	9540.1	21.4	21.6	12.4	265.36	9569	28.9	21.78
18.2	11877	22.0	21.9	12.1	266.2	11910	33	24.79
14.7	10690	21.6	22.4	12.3	265.68	10717	27	20.33
14.9	10892	21.8	22.00	12.1	263.78	10923	31	23.50
14.10	10340	21.5	22.5	12.2	262.3	10370	30	22.87
							Promedio de Succión	22.66

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 41 Ensayo de Succión en Revestimientos de Sabia

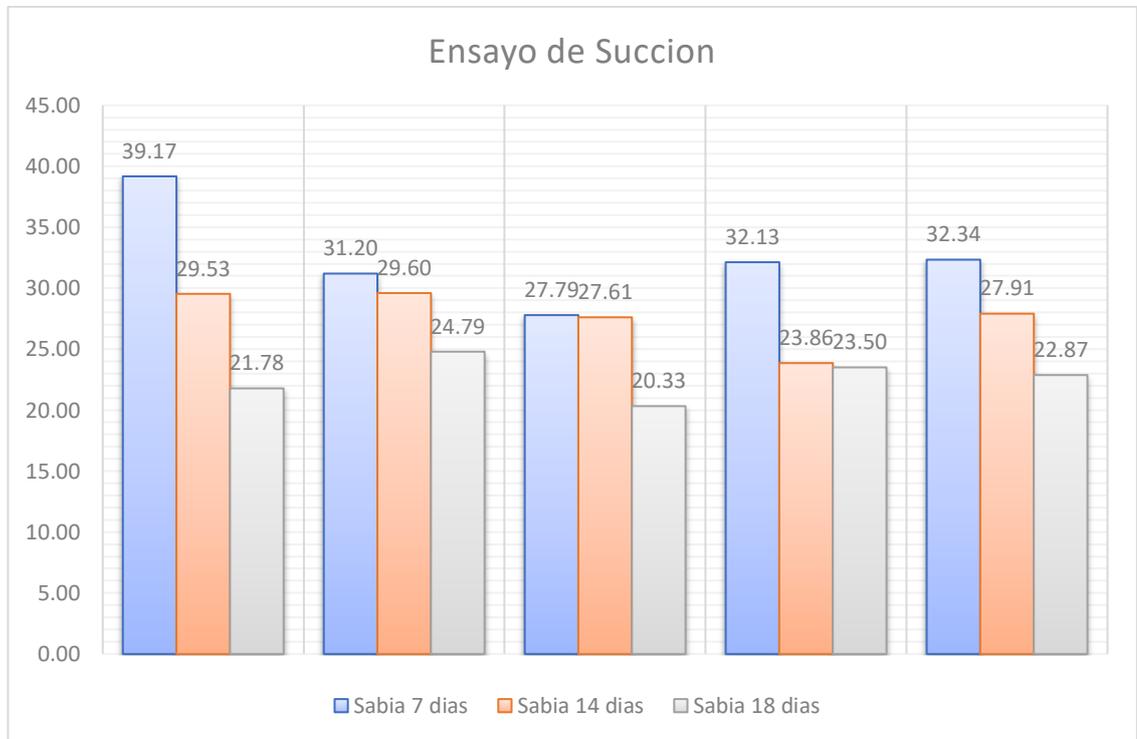


Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

La succión promedio de las unidades S7 es de 32.52 gr/min/área mientras que a los bloques S14 tienen una succión promedio de 27.70 gr/min/área y los bloques S18 la succión disminuye a 22.66 gr/min/área, en comparación a los bloques S7 y S14,

Gráfico 42. Ensayo de Succión de los Bloques de Adobe Recubiertos con Savia



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

El gráfico 41 se observa a los bloques S7 con una succión máxima de 39.17 gr/min/área, mientras los bloques S14 posee una succión máxima de 29.53 gr/min/área y con los bloques S18 alcanza una succión máxima de 23.5 gr/min/área. Los bloques S18 tienen menor succión en comparación al S7 y S14

3.1.5.4 ENSAYO DE SUCCIÓN EN ADOBE REVESTIDO CON CEMENTO

Tabla 15. Ensayo de Succión En Adobe Revestido con Cemento

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
Ensayo de Succión								
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi							
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta							
Fecha:	lunes, 22 de Julio del 2019							
Norma:	NTP-399613							
Cemento 5 %								
N	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso de Succión (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
5.5	9968.6	21.3	22.1	12.4	264.12	10019.8	51.3	38.81
5.6	9747.7	22	21.4	12.1	266.2	9800.8	53.1	39.87
5.7	8148.8	21.2	22.4	12.3	260.76	8200.0	51.3	39.31
5.8	10586.8	22.1	21.9	12.1	267.41	10639.9	53.1	39.69
5.10	9820.3	21.5	22	12.2	262.3	9867.9	47.6	36.32
Promedio de Succión								38.80
Cemento 10 %								
N	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso de Succión (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
10.1	9135.3	21.3	22.1	12.4	264.12	9189.8	54.4	41.22
10.2	8913.1	22	21.4	12.1	266.2	8971.6	58.5	43.96
10.4	8623.7	21.2	22.4	12.3	260.76	8679.9	56.2	43.14
10.5	8225.0	22.1	21.9	12.1	267.41	8279.9	54.9	41.05
10.10	10033.5	21.5	22	12.2	262.3	10089.7	56.2	42.89
Promedio de Succión								42.45

Cemento 12.5 %								
N	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso de Succión (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
12.2	9888.3	21.3	22.1	12.4	264.12	9950.0	61.7	46.71
12.4	9276.0	22	21.4	12.1	266.2	9339.9	64.0	48.05
12.7	9021.9	21.2	22.4	12.3	260.76	9080.0	58.1	44.53
12.9	9901.9	22.1	21.9	12.1	267.41	9960.0	58.1	43.42
12.10	9808.9	21.5	22	12.2	262.3	9867.9	59.0	44.96
Promedio de Succión								45.54

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 43 Ensayo de Succión en Revestimientos de Cemento

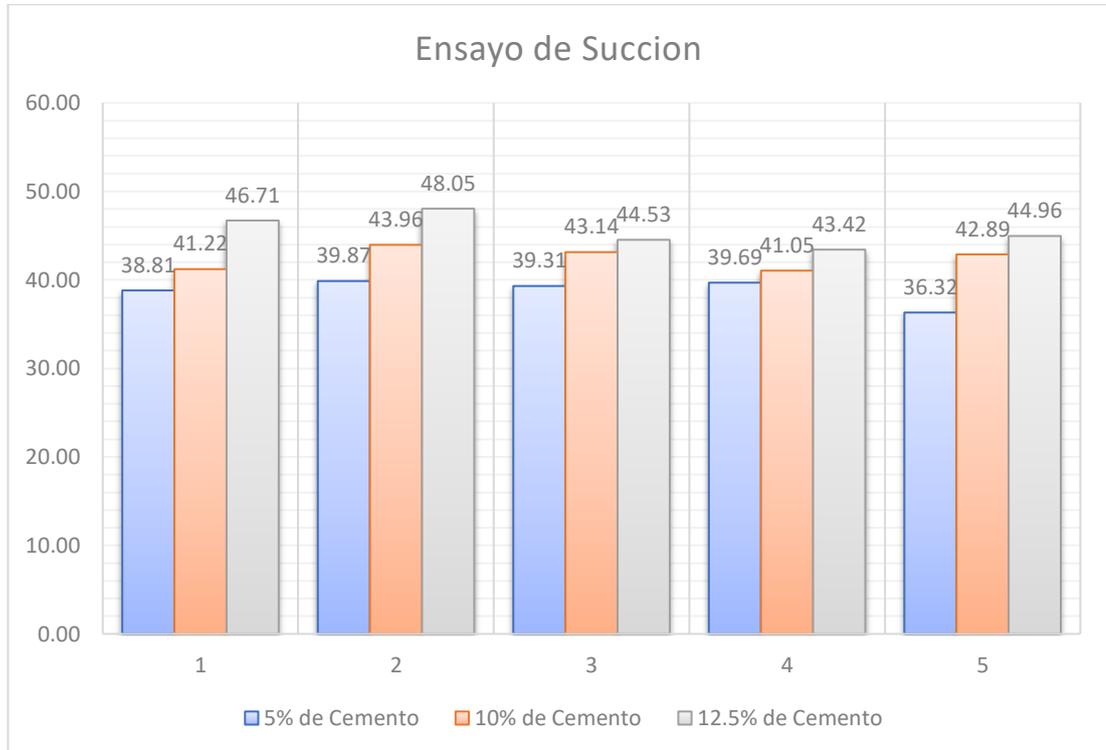


Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

El cemento usado para la elaboración del revestimiento tiene un mejor comportamiento a la succión desde el bloque C5 se observa una succión promedio de 38.8 gr/min/area mientras se incrementa el cemento en los bloques C10 obtiene un valor de 42.47 gr/min/area y con los bloques C12.5 se obtiene el menor valor de 45.54 gr/min/area.

Gráfico 44. Ensayo de Succión de los Bloques de Adobe Recubiertos con Cemento



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

El uso del cemento mejora la succión en los bloques de adobe, en los bloques C5 genera un máximo de 39.87 gr/min/area mientras que los bloques C10 tiende a disminuir teniendo un máximo de 43.96 gr/min/area, de la misma forma en los bloques C12.5 se observa un valor de 48.05gr/min/area.

3.1.5.5 ENSAYO DE SUCCIÓN EN ADOBE REVESTIDO Y TRADICIONAL

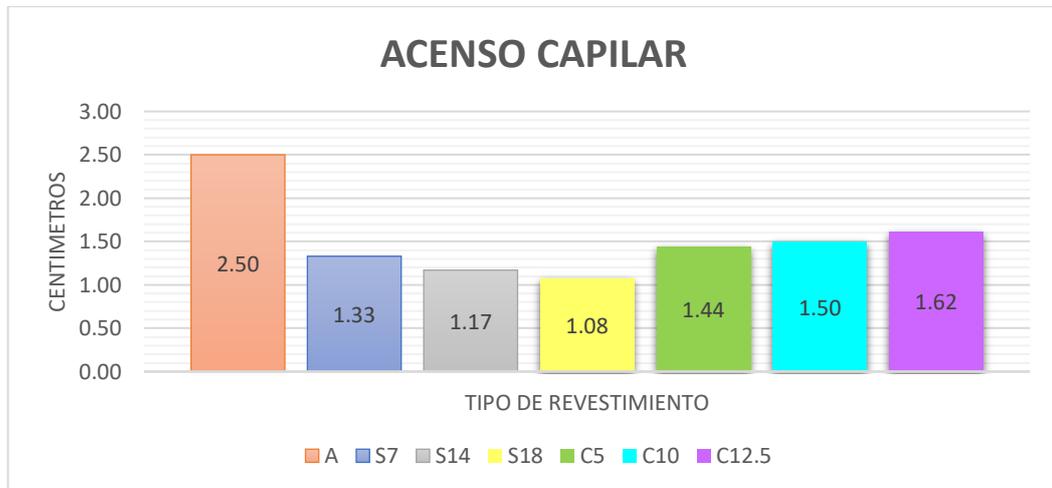
Tabla 16. Acenso Capilar en Bloques de Adobe tradicional y Revestidos

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS				
Ensayo de Succión				
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi			
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta			
Fecha:	lunes, 22 de Julio del 2019			
Norma:	NTP-399613			
BLOQUE DE ADOBE	N	Acenso Capilar (cm)	Promedio Acenso Capilar (cm)	Gráficos
Adobe Tradicional	A (1)	2.30	2.50	
	A (2)	2.00		
	A (3)	2.50		
	A (4)	2.70		
	A (5)	3.00		
Adobe recubrimiento de Savia	S7(7.3)	1.40	1.33	
	S7(7.2)	1.20		
	S7(7.5)	1.35		
	S7(7.8)	1.40		
	S7(7.10)	1.30		
	S14(14.3)	1.00	1.17	
	S14(14.2)	1.15		
	S14(14.7)	1.20		
	S14(14.9)	1.20		
	S14(14.10)	1.30		

	S18(18.1)	1.10		
	S18(18.2)	1.00	1.08	
	S18(18.7)	1.10		
	S18(18.9)	1.00		
	S18(18.10)	1.20		
Adobe Recubrimiento de Cemento	C5(5.5)	1.40	1.44	
	C5(5.6)	1.50		
	C5(5.7)	1.50		
	C5(5.8)	1.45		
	C5(5.1)	1.35		
	C10(10.1)	1.40	1.50	
	C10(10.2)	1.50		
	C10(10.4)	1.50		
	C10(10.5)	1.60		
	C10(10.10)	1.50		
	C12.5(12.2)	1.50	1.62	
	C12.5(12.4)	1.70		
	C12.5(12.7)	1.50		
	C12.5(12.9)	1.60		
	C12.5(12.1)	1.80		

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 45. Ensayo De Succión De Los Bloques De Adobe Tradicional Y Con Recubiertos



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

El adobe tradicional o sin recubrimiento tiene un acenso capilar del agua promedio de 2.5cm, a diferencia de los impermeabilizantes como el C12.5 y S18 que llegan a un 1.62 y 1.08 cm respectivamente, valores muy bajos en relación al adobe tradicional.

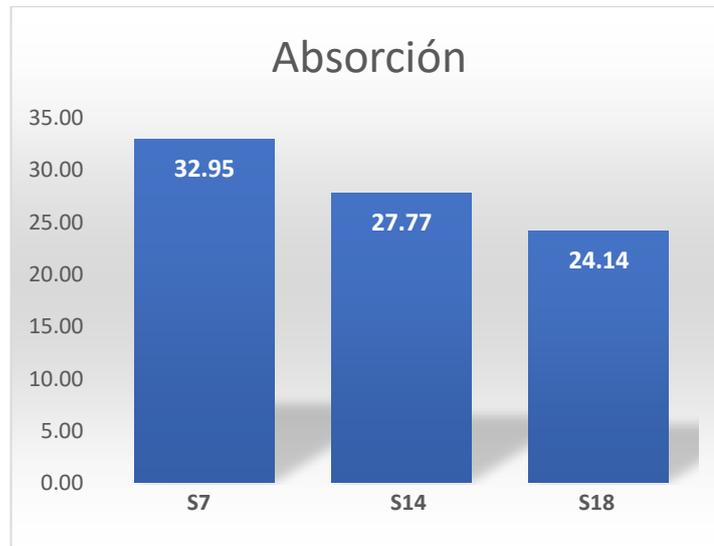
3.1.5.6 ENSAYO DE ABSORCIÓN ADOBE RECUBIERTO DE SAVIA

Tabla 17. Ensayo de Absorción En Adobes Recubiertos de Savia

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
Ensayo de Absorción								
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi							
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta							
Fecha:	martes, 23 de Julio del 2019							
Norma:	NTP-399613							
Savia 7 días								
N	Peso Seco Wd (kg)	Peso Saturado Ws (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen (cm ³)	Absorción (A%)	
S7(7.1)	8.03	10.51	21.3	19.8	11.7	4934.36	30.88	
S7(7.3)	9.75	12.01	20.1	21.2	12	5113.44	23.18	
S7(7.2)	8.52	11.25	19.5	20.9	12.1	4931.36	32.04	
S7(7.5)	9.16	12.35	20.8	21.7	11.4	5145.50	34.83	
S7(7.8)	9.93	14.28	20.5	22	12.3	5547.30	43.81	
Promedio							32.95	
Savia 14 días								
N	Peso Seco Wd (kg)	Peso Saturado Ws (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen (cm ³)	Absorción (A%)	
S14(14.1)	8.18	10.43	19.5	21	11.1	4545.45	27.51	
S14(14.6)	9.75	12.23	20.1	21.2	12	5113.44	25.44	
S14(14.5)	8.52	10.69	19.5	20.9	12.1	4931.36	25.47	
S14(14.4)	9.16	12.15	20.8	21.7	11.4	5145.50	32.64	
S14(14.2)	9.93	12.69	20.9	22.2	10.7	4964.59	27.79	
Promedio							27.77	
Savia 18 días								
N	Peso Seco Wd (kg)	Peso Saturado Ws (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen (cm ³)	Absorción (A%)	
S18(18.1)	8.28	10.51	20.7	20	11.6	4802.40	26.93	
S18(18.2)	9.23	10.77	21	20.8	12.3	5372.64	16.68	
S18(18.3)	8.71	11.25	20.5	20.2	12.1	5010.61	29.16	
S18(18.5)	9.81	11.54	21	20.8	12	5241.60	17.64	
S18(18.8)	8.35	10.88	19.8	20.1	11.6	4616.57	30.30	
Promedio							24.14	

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 46. Ensayo De Absorción De Los Bloques De Adobe Con Recubierta de Savia



Fuente: Romero Andrés

Gráfico 47. Ensayo de Absorción Recubrimiento de Sabia



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

En el gráfico 46 se observa la resistencia de los bloques recubiertos con sabia S14 y S18 por 24 horas en agua a temperatura ambiente de 18 grados centígrados, los bloques S18 por 24 horas en agua a temperatura ambiente de 18 grados centígrados, los bloques S7 el recubrimiento se disgrega.

La absorción promedio obtenida en los bloques de adobe recubiertos con sabia son en los bloques S7 es de 32.95%, los bloques S14 absorben 27.77% mientras que la absorción de los bloques S18 es de 24.14%.

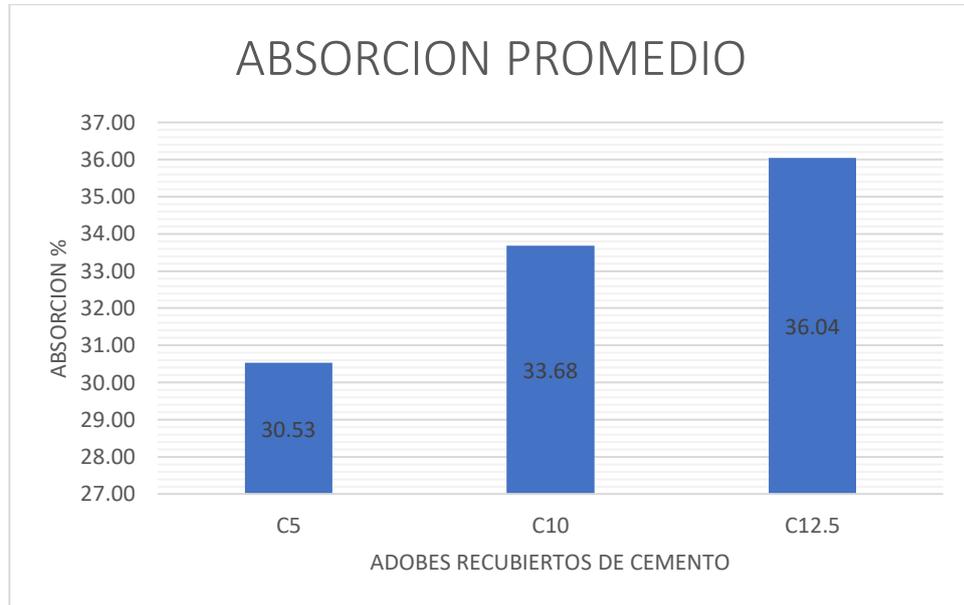
3.1.5.7 Ensayo De Absorción Adobe Recubierto De Cemento

Tabla 18. Ensayo de Absorción En Adobes Recubiertos de Cemento

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS							
Ensayo de Absorción							
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi					
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta					
Fecha:		martes, 23 de Julio del 2019					
Norma:		NTP-399613					
Cemento 5 % (C5)							
N	Peso Seco Wd (kg)	Peso Saturado Ws (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen (cm ³)	Absorción (A%)
C5(5.7)	8.03	10.51	21.3	19.8	11.7	4934.36	30.88
C5(5.5)	9.75	12.01	20.1	21.2	12	5113.44	23.18
C5(5.3)	8.52	11.25	19.5	20.9	12.1	4931.36	32.04
C5(5.2)	9.16	12.35	20.8	21.7	11.4	5145.50	34.83
C5(5.1)	9.93	13.08	20.5	22	12.3	5547.30	31.72
Promedio							30.53
Cemento 10 % C(10)							
N	Peso Seco Wd (kg)	Peso Saturado Ws (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen (cm ³)	Absorción (A%)
C10(10.5)	8.08	10.8	19.5	21	11.1	4545.45	33.66
C10(10.4)	9.55	12.83	20.1	21.2	12	5113.44	34.35
C10(10.3)	8.32	10.99	19.5	20.9	12.1	4931.36	32.09
C10(10.2)	9.06	12.15	20.8	21.7	11.4	5145.50	34.11
C10(10.1)	9.83	13.19	20.9	22.2	10.7	4964.59	34.18
Promedio							33.68
Cemento 12.5 % C(12.5)							
N	Peso Seco Wd (kg)	Peso Saturado Ws (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen (cm ³)	Absorción (A%)
C12.5(12.5)	8.08	11.01	20.7	20	11.6	4802.40	36.26
C12.5(12.4)	9.13	12.47	21	20.8	12.3	5372.64	36.58
C12.5(12.3)	8.51	11.57	20.5	20.2	12.1	5010.61	35.96
C12.5(12.2)	9.11	12.35	21	20.8	12	5241.60	35.57
C12.5(12.1)	8.35	11.34	19.8	20.1	11.6	4616.57	35.81
Promedio							36.04

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 48. Ensayo De Absorción De Los Bloques De Adobe Recubiertos con Cemento



Fuente: Romero Andrés

Gráfico 49 Ensayo de absorción Recubrimiento de Cemento



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

En el Grafico 48 los bloques C12.5 resistieron el contacto con el agua por 24 horas, se midieron y pesaron para obtener los resultados de dimensiones y absorción

La absorción promedio obtenida en los recubrimientos con cemento en diferentes porcentajes, los bloques C5 tienen una absorción es de 30.53%, los bloques C10 absorben 33.68% y los bloques C12.5 la absorción crece hasta un 36.04%.

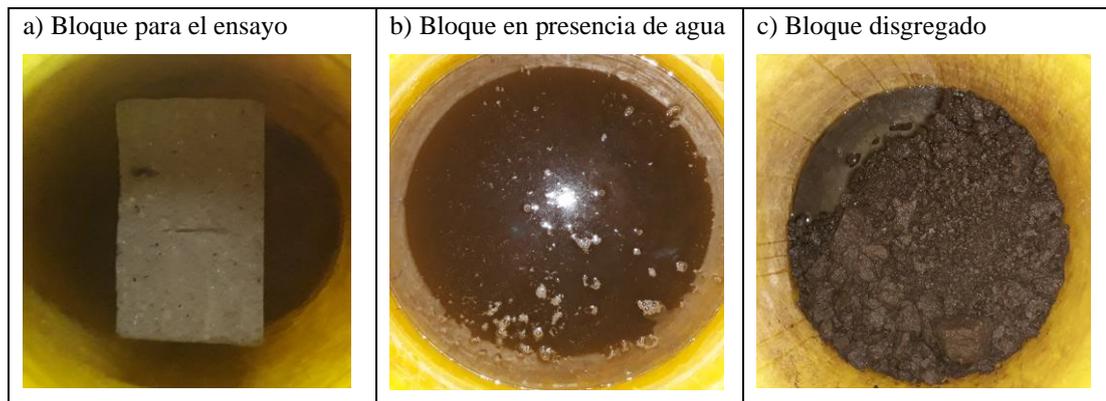
3.1.5.8 Ensayo De Absorción Adobe Tradicional

Tabla 19. Ensayo de Absorción En Adobes Tradicionales

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
Ensayo de Absorción								
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi							
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta							
Fecha:	martes, 23 de Julio del 2019							
Norma:	NTP-399613							
Adobe tradicional								
N	Peso Seco Wd (kg)	Peso Saturado Ws (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen (cm ³)	Absorción (A%)	
6	6,2	-	19,2	9,4	19,4	3501,31	-	
7	5,8	-	19,5	19	9	3334,50	-	
8	6,3	-	19,4	19,5	10	3783,00	-	
9	6	-	19,2	19	9,8	3575,04	-	
10	6,2	-	19,4	19,6	10	3802,40	-	
Promedio							0,00	
Verificación de las dimensiones								
Dimensiones antes de la prueba			Dimensiones después de la prueba					
N	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	% de Daño	Observaciones
T1	19,2	9,4	19,4	-	-	-	-	 No se puede medir el bloque
T2	19,5	19	9	-	-	-	-	
5,3	19,4	19,5	10	-	-	-	-	
5,2	19,2	19	9,8	-	-	-	-	
5,1	19,4	19,6	10	-	-	-	-	

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 50. Ensayo absorción MA



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

La absorción en los bloques MA no resiste las 24 horas en contacto con el agua por lo cual el bloque se disgrega y es imposible tomar las dimensiones o el peso de las muestras como se muestra en el gráfico el bloque fracasa, por lo cual no se puede calcular los resultados debido a la pérdida del material en el agua.

3.1.5.9 Dimensiones De Adobe Recubrimiento De Sabia

Tabla 20. Dimensiones en Recubrimiento de Sabia

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS									
Ensayo de Absorción									
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi								
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta								
Fecha:	martes, 23 de Julio del 2019								
Norma:	NTP-399613								
Savia 7 días (S7)									
	Dimensiones antes de la prueba			Dimensiones después de la prueba					
N	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	% de Daño	Observaciones	
S7(7,7)	20,8	20	11,6	19,5	17,8	9,6	30,9		
S7(7,5)	21,5	21,1	12,4	19,3	18,5	10,4	34,0		
S7(7,3)	20,2	20,4	11,8	19	18,2	10,1	28,2		
S7(7,2)	20,5	21	12,1	19,4	19,1	10,3	26,7		
S7(7,1)	21	21,6	12,5	20	19,6	10	30,9		
Savia 14 días									
	Dimensiones antes de la prueba			Dimensiones después de la prueba					
N	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	% de Daño	Observaciones	
S14(14,7)	20	20,4	11,7	19,8	19,3	11,1	11,1		
S14(14,4)	20,5	20,2	10,4	19,5	19	10	14,0		
S14(14,3)	20,3	20,8	12	19,1	20	10,9	17,8		
S14(14,2)	20,4	20,3	11,1	19,5	18,9	10,7	14,2		
S14(14,1)	21	21,5	12,5	20,6	20,1	12,1	11,2		
El recubrimiento se mantiene, aparecen fisuras									

Savia 18 días (S18)								
N	Dimensiones antes de la prueba			Dimensiones después de la prueba			% de Daño	Observaciones
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)		
S18(18,5)	20,5	21	11,5	20,3	20,6	11,1	6,2	 El recubrimiento se está en buena condición
S18(18,4)	20,8	21,4	12	20,7	21	11,6	5,6	
S18(18,3)	21	20,5	11,8	20,8	20	11,4	6,6	
S18(18,2)	21,5	21,3	12,4	21,1	20,9	12	6,8	
S18(18,1)	20	20,7	11,6	19,5	20,3	11,5	5,2	

Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

La absorción en los bloques de adobe recubiertos con sabia se observa que el recubrimiento con S7 no soporta la prueba de absorción por 24 horas, el recubrimiento se disgrega dejando las dimensiones del adobe, se desprende el recubrimiento por el ascenso capilar del agua, los otros recubrimientos el S14 se observan pequeñas fisuras en el recubrimiento y el S18 no se observan grietas ni fisuras.

Los dos recubrimientos S14 y S18 no existe pérdida de material, estos dos recubrimientos se eligen para realizar el recubrimiento a los muros de adobe

3.1.5.10 Dimensiones Adobes Recubiertos De Cemento

Tabla 21. Dimensiones en Recubrimiento de Cemento

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS								
Ensayo de Absorción								
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi						
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta						
Fecha:		martes, 23 de Julio del 2019						
Norma:		NTP-399613						
Cemento 5% (C5)								
	Dimensiones antes de la prueba			Dimensiones después de la prueba				
N	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	% de Daño	Observaciones
C5(5,7)	21,3	19,8	11,7	19,5	17,8	9,6	32,5	
C5(5,5)	20,1	21,2	12	19,3	18,5	10,4	27,4	
C5(5,3)	19,5	20,9	12,1	19	18,2	10,5	26,4	
C5(5,2)	20,8	21,7	11,4	19	19,1	10,7	24,5	Se desprende el recubrimiento, Perdida del material y grietas
C5(5,1)	20,5	22	12,3	20	19	11,5	21,2	
Cemento 10% (C10)								
	Dimensiones antes de la prueba			Dimensiones después de la prueba				
N	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	% de Daño	Observaciones
10,5	19,5	21	11,1	19	20	10,5	12,2	 El recubrimiento no presenta daños, se observan fisuras
10,4	20,5	20,2	10,4	20	19,4	9,8	11,7	
10,3	20,3	20,8	12	19,6	19,5	11,6	12,5	
10,2	20,4	20,3	11,1	19,7	19,5	10,5	12,3	
10,1	20,9	22,2	10,7	20,5	21	10	13,3	

Cemento 12,5% C12.5								
N	Dimensiones antes de la prueba			Dimensiones después de la prueba			% de Daño	Observaciones
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)		
12,5	20,7	20	11,6	20,5	20	11	6,1	
12,8	21	20,8	12,3	21	20,6	11,8	5,0	
12,3	20,5	20,2	12,1	20	19,8	12	5,2	
12,2	21	20,8	12	21	20,5	11,5	5,5	El recubrimiento este estable sin deformación
12,1	19,8	20,1	11,6	19,5	19,5	11,4	6,1	

Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

La absorción en los bloques de adobe recubiertos con cemento se observa que el recubrimiento con C5 al estar en contacto con el agua por 24 horas, el recubrimiento falla se observan grietas y se disgrega el bloque perdiendo las dimensiones, debido al censo del agua por capilaridad a diferencia de los otros bloques recubiertos como el C10 y C12.5 donde no existe pérdida de material, ni gran porcentaje de cambio en las dimensiones. Estos dos recubrimientos, el C10 y C12.5 se eligen para realizar el recubrimiento a los muros de adobe

3.1.5 ENSAYOS EN MUROS

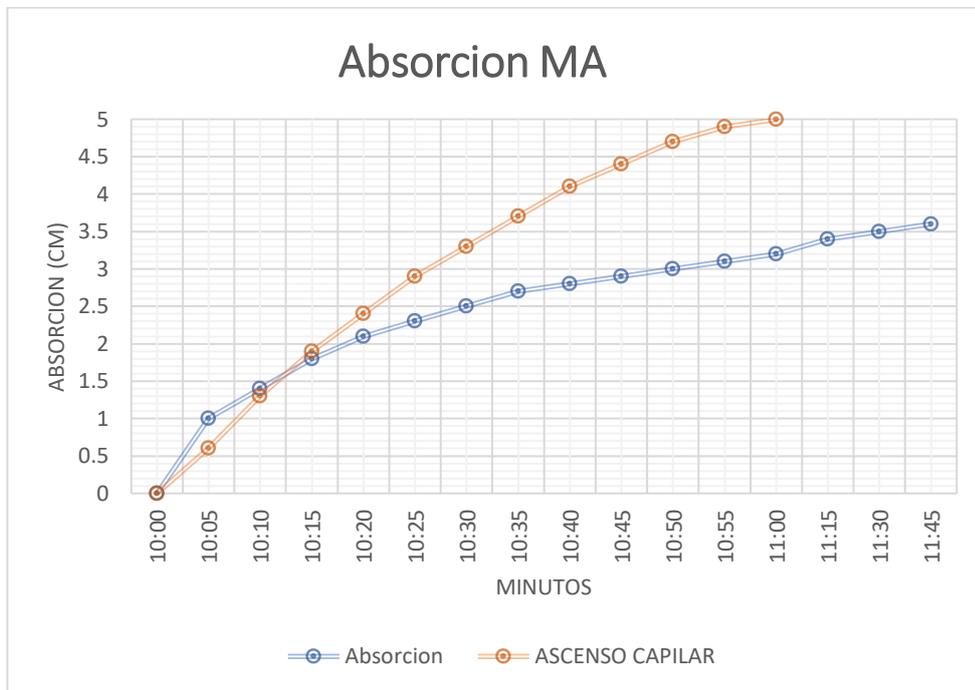
3.1.4.1 Ensayo De Inundación Muros De Adobe Tradicional

Tabla 22. Ensayo de Inundación en Muros de Adobe tradicional

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS				
Ensayo de Inundación				
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi		
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta		
Fecha:		jueves, 03 de octubre del 2019		
Fecha	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Descripción
03/10/2019	10:00	0	0	 <p>Minuto 25 y encontramos que el agua se encuentra completamente café parte del mortero de pega se ha disuelto.</p>
	10:05	1	0.6	
	10:10	1.4	1.3	
	10:15	1.8	1.9	
	10:20	2.1	2.4	
	10:25	2.3	2.9	
	10:30	2.5	3.3	
	10:35	2.7	3.7	 <p>La pega del mampuesto se disgrega se observar el muro ya presenta una caída a la parte izquierda</p>
	10:40	2.8	4.1	
	10:45	2.9	4.4	
	10:50	3	4.7	
	10:55	3.1	4.9	
	11:00	3.2	5	
	11:15	3.4	6	
11:30	3.5	7		
11:45	3.6	8		
12:00	El muro Falla			

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 51. Absorción y Ascenso Capilar en MA



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

En el muro de adobe tradicional sin recubrimiento, al estar en contacto con el agua el muro fracasa a la 1 hora y 45 minutos, en ese tiempo la absorción y el ascenso capilar asciende de una forma uniforme hasta los 15 minutos con valores cercanos 1.8cm absorción y 1.9cm ascenso capilar, se puede observar en la gráfica 50 que el ascenso capilar llega a 8cm, la cual deteriora el mortero de pega del muro y ocasiona la caída del muro.

3.1.4.2 Ensayo De Inundación MS14

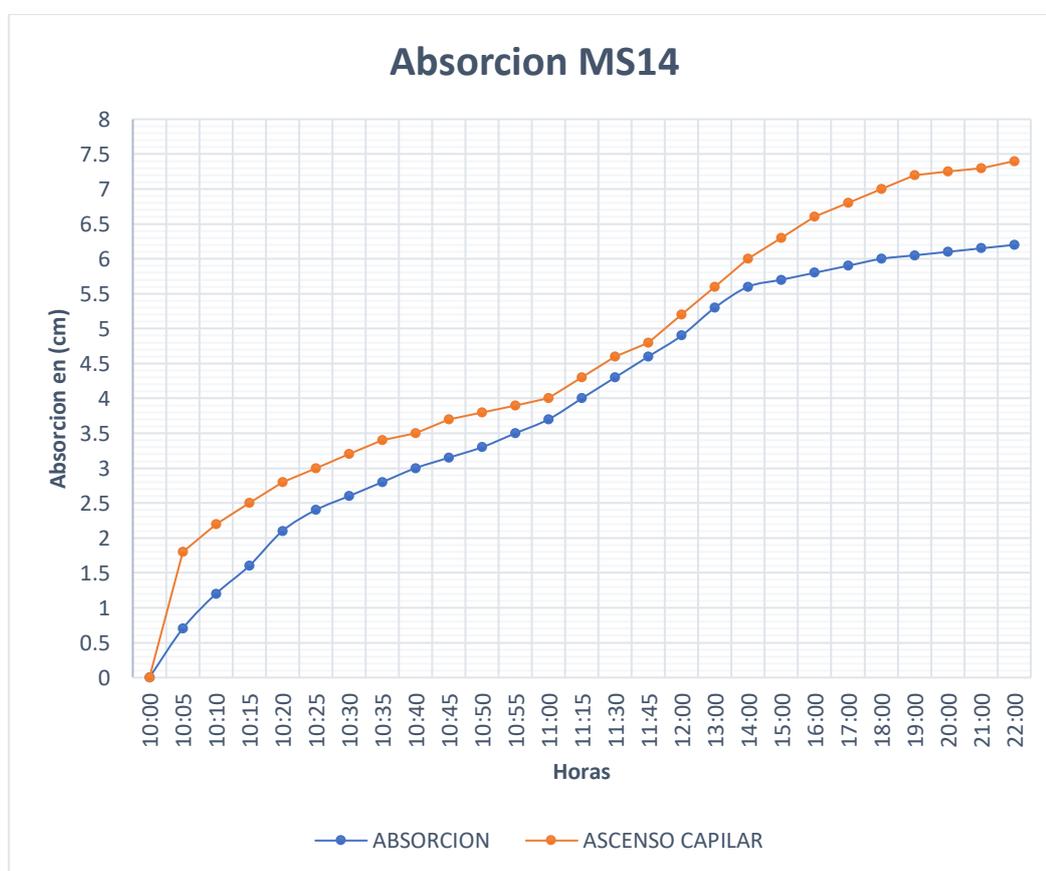
Tabla 23. Ensayo de Inundación en MS14

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS				
Ensayo de Inundación				
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi		
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta		
Fecha:		jueves, 03 de octubre del 2019		
Fecha	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Descripción
03/10/2019	10:00	0	0	 Se observa que el agua mantiene el color original
	10:05	0.7	1.8	
	10:10	1.2	2.2	
	10:15	1.6	2.5	
	10:20	2.1	2.8	
	10:25	2.4	3	
	10:30	2.6	3.2	
	10:35	2.8	3.4	 Se observa espuma, pero el agua No ingresa al muro
	10:40	3	3.5	
	10:45	3.15	3.7	
	10:50	3.3	3.8	
	10:55	3.5	3.9	 Se observa el agua, ya no se mantienen transparente
	11:00	3.7	4	
	11:15	4	4.3	
	11:30	4.3	4.6	
	11:45	4.6	4.8	
	12:00	4.9	5.2	
	13:00	5.3	5.6	
	14:00	5.6	6	
15:00	5.7	6.3		
16:00	5.8	6.6		
17:00	5.9	6.8		
18:00	6	7		
19:00	6.05	7.2		

	20:00	6.1	7.25	Se observa al muro un bajo ascenso del agua, el color se mantiene no esta transparente, pero no se observa residuos.
	21:00	6.15	7.3	
	22:00	6.2	7.4	

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 52. Absorción y Ascenso Capilar en MS14



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

En el muro de adobe MS 14, se observa que transcurrida las 12 primeras horas de la absorción inicial se encuentra en perfectas condiciones, no se observan desprendimientos ni cambios de dimensión.

La absorción observada en el Grafico 51 es ascendente en forma lenta teniendo un máximo de 6cm de absorción, el accenso capilar en el muro MS14 en un inicio presento un gran accenso alcanzando un valor de 1.8cm a los 5 minutos que se fue reduciendo con el transcurso de las horas hasta un accenso de 7.4cm transcurrida las 12 horas, la diferencia que existe entre la absorción y el accenso capilar es de 1.4cm

3.1.4.4 Ensayo De Inundación Mc10

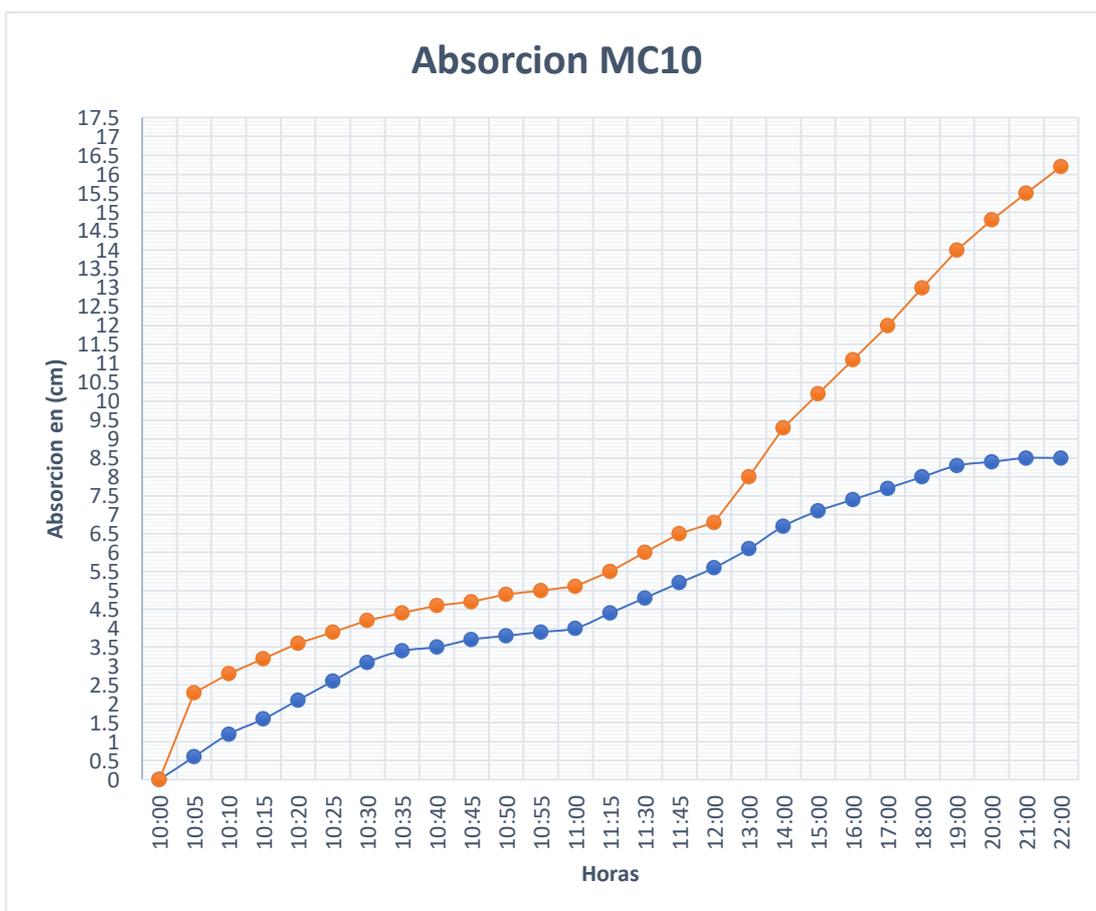
Tabla 24. Ensayo de Inundación en MC10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS				
Ensayo de Inundación				
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi			
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta			
Fecha:	jueves, 03 de octubre del 2019			
Fecha	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Descripción
03/10/2019	10:00	0	0	
	10:05	0.6	2.3	
	10:10	1.2	2.8	
	10:15	1.6	3.2	
	10:20	2.1	3.6	
	10:25	2.6	3.9	
	10:30	3.1	4.2	Se observa el agua transparente prácticamente transparente
	10:35	3.4	4.4	
	10:40	3.5	4.6	
	10:45	3.7	4.7	
	10:50	3.8	4.9	
	10:55	3.9	5	
	11:00	4	5.1	
	11:15	4.4	5.5	Se observa la capilaridad ascendente y no presenta ningún daño el muro
	11:30	4.8	6	
	11:45	5.2	6.5	
	12:00	5.6	6.8	
	13:00	6.1	8	
14:00	6.7	9.3		
			No presenta ninguna falla el agua aún se encuentra clara	

	15:00	7.1	10.2	 <p>El recubrimiento se mantiene el agua está limpia y se observa una gran absorción</p>
	16:00	7.4	11.1	
	17:00	7.7	12	
	18:00	8	13	
	19:00	8.3	14	
	20:00	8.4	14.8	
	21:00	8.5	15.5	
	22:00	8.5	16.2	

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 53 Absorción y Ascenso Capilar en MC10



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

En el muro de adobe MC 10, presenta en el transcurso de las 12 primeras horas de la absorción inicial ascendente, el recubrimiento se encuentra en perfectas condiciones, no se observan desprendimientos ni cambios de dimensión y el agua se encuentra transparente.

La absorción observada en el Grafico 52 es ascendente en forma rápida al inicio y poco a poco se estabiliza llegando a un máximo de 8.5cm de absorción, el ascenso capilar es más rápido que la absorción desde los primeros 5 minutos donde alcanza un valor de 2.3cm y llega a 16.2 cm transcurrida las 12 horas, la diferencia entre la absorción y el ascenso capilar es de 7.7cm

3.1.4.6 Ensayo De Inundación Ms18

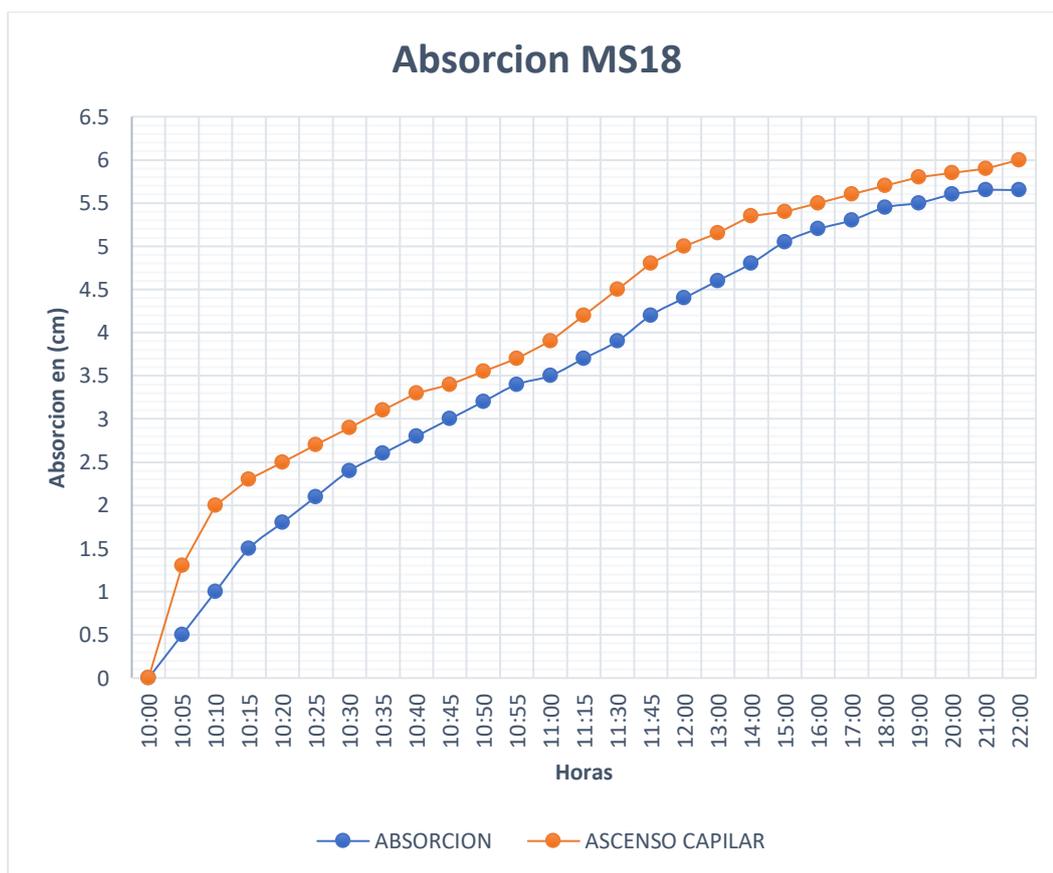
Tabla 25. Ensayo de Inundación en MS18

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 																																																																					
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS																																																																					
Ensayo de Inundación																																																																					
Origen:	Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi																																																																				
Ensayado por:	Andrés Paul Romero Yanzapanta																																																																				
Fecha:	sábado, 05 de octubre del 2019																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Fecha</th> <th style="width: 10%;">Hora</th> <th style="width: 10%;">Absorción (cm)</th> <th style="width: 10%;">Acenso (cm)</th> <th style="width: 55%;">Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="18">05/10/2019</td> <td>10:00</td> <td>0</td> <td>0</td> <td rowspan="3">  </td> </tr> <tr> <td>10:05</td> <td>0.5</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>10:10</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>10:15</td> <td>1.5</td> <td>2.3</td> <td rowspan="6"> Segundo día como podemos observar el recubrimiento ha fracasado, pero no se cae el muro </td> </tr> <tr> <td>10:20</td> <td>1.8</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>10:25</td> <td>2.1</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>10:30</td> <td>2.4</td> <td>2.9</td> </tr> <tr> <td>10:35</td> <td>2.6</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>10:40</td> <td>2.8</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td>10:45</td> <td>3</td> <td>3.4</td> <td rowspan="3">  </td> </tr> <tr> <td>10:50</td> <td>3.2</td> <td>3.55</td> </tr> <tr> <td>10:55</td> <td>3.4</td> <td>3.7</td> </tr> <tr> <td>11:00</td> <td>3.5</td> <td>3.9</td> <td rowspan="6"> Se observa que existen residuos de paja </td> </tr> <tr> <td>11:15</td> <td>3.7</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>11:30</td> <td>3.9</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>11:45</td> <td>4.2</td> <td>4.8</td> </tr> <tr> <td>12:00</td> <td>4.4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>13:00</td> <td>4.6</td> <td>5.15</td> </tr> <tr> <td>14:00</td> <td>4.8</td> <td>5.35</td> <td>  El recubrimiento aun no falla, el muro sigue absorbiendo agua </td> </tr> </tbody> </table>		Fecha	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Descripción	05/10/2019	10:00	0	0		10:05	0.5	1.3	10:10	1	2	10:15	1.5	2.3	Segundo día como podemos observar el recubrimiento ha fracasado, pero no se cae el muro	10:20	1.8	2.5	10:25	2.1	2.7	10:30	2.4	2.9	10:35	2.6	3.1	10:40	2.8	3.3	10:45	3	3.4		10:50	3.2	3.55	10:55	3.4	3.7	11:00	3.5	3.9	Se observa que existen residuos de paja	11:15	3.7	4.2	11:30	3.9	4.5	11:45	4.2	4.8	12:00	4.4	5	13:00	4.6	5.15	14:00	4.8	5.35	 El recubrimiento aun no falla, el muro sigue absorbiendo agua
Fecha	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Descripción																																																																	
05/10/2019	10:00	0	0																																																																		
	10:05	0.5	1.3																																																																		
	10:10	1	2																																																																		
	10:15	1.5	2.3	Segundo día como podemos observar el recubrimiento ha fracasado, pero no se cae el muro																																																																	
	10:20	1.8	2.5																																																																		
	10:25	2.1	2.7																																																																		
	10:30	2.4	2.9																																																																		
	10:35	2.6	3.1																																																																		
	10:40	2.8	3.3																																																																		
	10:45	3	3.4																																																																		
	10:50	3.2	3.55																																																																		
	10:55	3.4	3.7																																																																		
	11:00	3.5	3.9	Se observa que existen residuos de paja																																																																	
	11:15	3.7	4.2																																																																		
	11:30	3.9	4.5																																																																		
	11:45	4.2	4.8																																																																		
	12:00	4.4	5																																																																		
	13:00	4.6	5.15																																																																		
14:00	4.8	5.35	 El recubrimiento aun no falla, el muro sigue absorbiendo agua																																																																		

	15:00	5.05	5.4	 <p>Se observa ka cantidad de agua que absorbe el muro desde el ras del agua</p>
	16:00	5.2	5.5	
	17:00	5.3	5.6	
	18:00	5.45	5.7	
	19:00	6	11	
	20:00	5.6	5.85	
	21:00	5.65	5.9	
	22:00	5.65	6	

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 54 Absorción y Accenso Capilar en MS18



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

En el muro de adobe MS18, no presenta ningún daño ni desprendimiento en el transcurso de las 12 primeras horas de la absorción inicial, se encuentra el recubrimiento en perfectas condiciones.

La absorción observada en el Grafico 53 es ascendente en forma lenta teniendo un máximo de 5.65 cm de absorción, el accenso capilar en el transcurso de las 12 horas tiene un valor de 6cm, se puede observar que las gráficas siguen la misma trayectoria a excepción de los primeros 20 minutos donde el accenso tiene un valor inicial de 1.3cm y la absorción de 0.5cm, la diferencia entre la absorción y el ascenso capilar pasada las 12 horas es de 0.35cm

3.1.4.8 Ensayo De Inundación Mc12.5

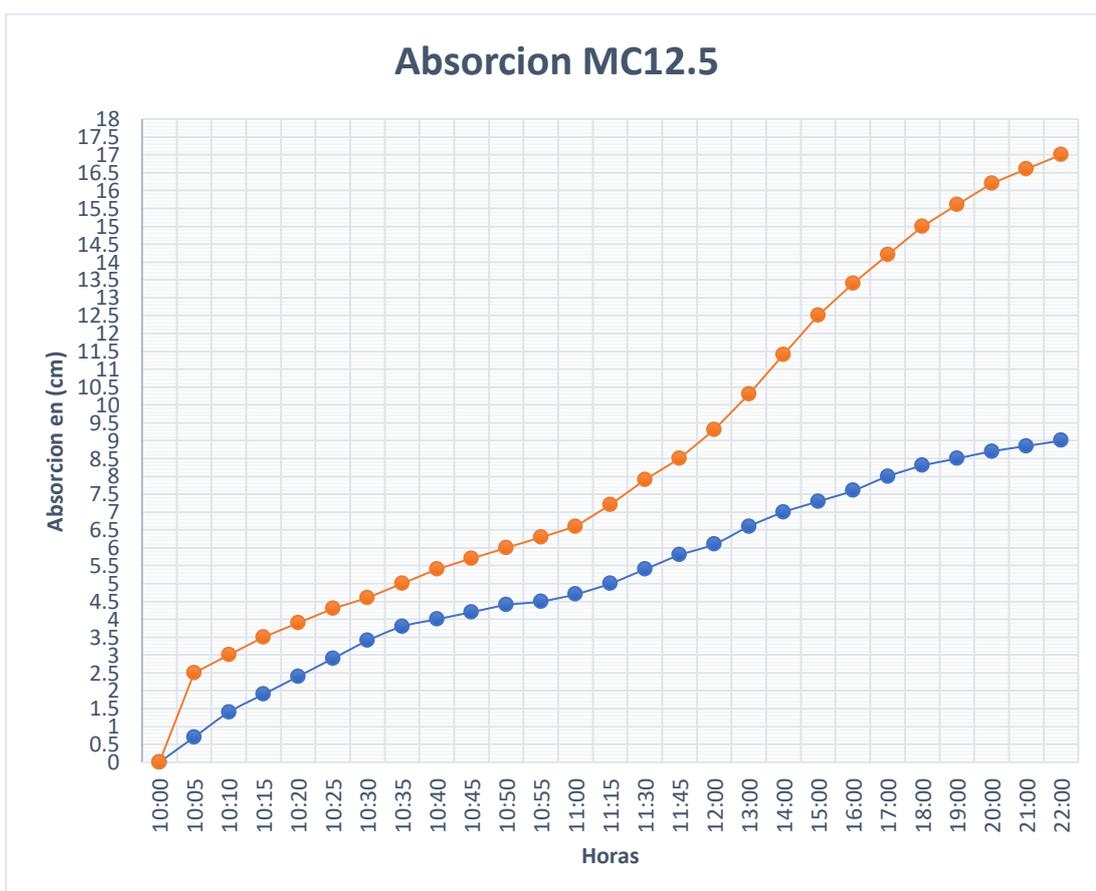
Tabla 26. Ensayo de Inundación en MC12.5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
						
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS						
Ensayo de Inundación						
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi				
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta				
Fecha:		sábado, 05 de octubre del 2019				
Fecha	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Descripción		
05/10/2019	10:00	0	0			
	10:05	0.7	2.5			
	10:10	1.4	3			
	10:15	1.9	3.5			
	10:20	2.4	3.9			
	10:25	2.9	4.3			
	10:30	3.4	4.6	Se observa el agua transparente prácticamente transparente		
	10:35	3.8	5			
	10:40	4	5.4			
	10:45	4.2	5.7			
	10:50	4.4	6			
	10:55	4.5	6.3			
	11:00	4.7	6.6			El recubrimiento no presenta ningún cambio, sigue absorbiendo
	11:15	5	7.2			
	11:30	5.4	7.9			
	11:45	5.8	8.5			
12:00	6.1	9.3				
13:00	6.6	10.3	El muro aún se encuentra estable y no presenta cambios			
14:00	7	11.4				

	15:00	7.3	12.5	 <p>El muro no se desase el recubrimiento el agua se conserva limpia y se observa una gran absorción</p>
	16:00	7.6	13.4	
	17:00	8	14.2	
	18:00	8.3	15	
	19:00	8.5	15.6	
	20:00	8.7	16.2	
	21:00	8.85	16.6	
	22:00	9	17	

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 55 Absorción y Ascenso Capilar MC12.5



Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

En el muro de adobe MC 12.5, presenta en el transcurso de las 12 primeras horas de la absorción ascendente, el recubrimiento se encuentra en perfectas condiciones, no se observan desprendimientos ni cambios de dimensión.

La absorción observada en el Grafico 54 es ascendente en forma rápida y lineal con un máximo de 9cm de absorción, el ascenso capilar tiene un valor de 17 cm sin ocasionar daños en el recubrimiento, las dos graficas siguen la misma trayectoria, pero el valor del ascenso capilar a los 5 minutos inicial es de 2.5cm a comparación de la absorción de 0.7cm, la diferencia entre absorción y ascenso capilar transcurridas las 12 horas es de 8cm

3.1.4.9 Ensayo De Inundación Muros De Adobe Tradicional Y Recubierto Con Sabia Cemento

Tabla 27. Ensayo de Inundación en Muros de Adobe Recubierto de Cemento Y Sabia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																			
																							
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS																							
Comparativa De Los Días Del Ensayo De Inundación																							
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi																					
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta																					
Fecha:		sábado, 05 de octubre del 2019																					
MA				MS14				MS18				MC10				MC12.5							
Día	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Día	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Día	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Día	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)	Día	Hora	Absorción (cm)	Acenso (cm)				
1	10:00	0	0	1	10:00	0.0	0.0	1	10:00	0.0	0.0	1	10:00	0.0	0.0	1	10:00	0.0	0.0				
	10:15	1.8	1.9		10:15	1.6	2.5		10:15	1.5	2.3		10:15	1.6	3.2		10:15	1.9	3.5				
	10:30	2.5	3.3		10:30	2.6	3.2		10:30	2.4	2.9		10:30	3.1	4.2		10:30	3.4	4.6				
	10:45	2.9	4.4		10:45	3.2	3.7		10:45	3.0	3.4		10:45	3.7	4.7		10:45	4.2	5.7				
	11:00	3.2	5.0		11:00	3.7	4.0		11:00	3.5	3.9		11:00	4.0	5.1		11:00	4.7	6.6				
	11:15	3.4	6.0		11:15	4.0	4.3		11:15	3.7	4.2		11:15	4.4	5.5		11:15	5.0	7.2				
	11:30	3.5	7.0		11:30	4.3	4.6		11:30	3.9	4.5		11:30	4.8	6.0		11:30	5.4	7.9				
	11:45	3.6	8.0		11:45	4.6	4.8		11:45	4.2	4.8		11:45	5.2	6.5		11:45	5.8	8.5				
-	-	-	12:00	4.9	5.2	12:00	4.4	5.0	12:00	5.6	6.8	12:00	6.1	9.3									
				2	10:00	6.5	12.0					2	10:00	10.6	21.0					2	10:00	11.2	23.0
					17:00	7.0	17.0						17:00	13.0	26.0						17:00	13.1	28.0
				3	14:00	7.5	24.0					3	14:00	16.8	31.0					3	14:00	17.4	33.0
					19:00	7.8	27.0						19:00	17.0	36.0						19:00	19.0	38.5
				4	11:00	8.5	29.0					4	11:00	19.5	41.0					4	11:00	23.0	43.0
					19:00	8.9	32.0						19:00	21.0	46.0						19:00	25.5	47.0

5	11:00	9.4	34.0	5	11:00	8.5	31.0	5	11:00	22.5	51.0	5	11:00	27.0	53.0
	19:00	9.9	36.0		19:00	8.8	33.0		19:00	24.0	53.0		19:00	29.0	60.0
6	11:00	10.4	38.0	6	11:00	9.1	34.0	6	11:00	26.0	57.0	6	19:00	26.0	60.0

Fuente: Romero Andrés

Gráfico 56. Muros ensayo de inundación

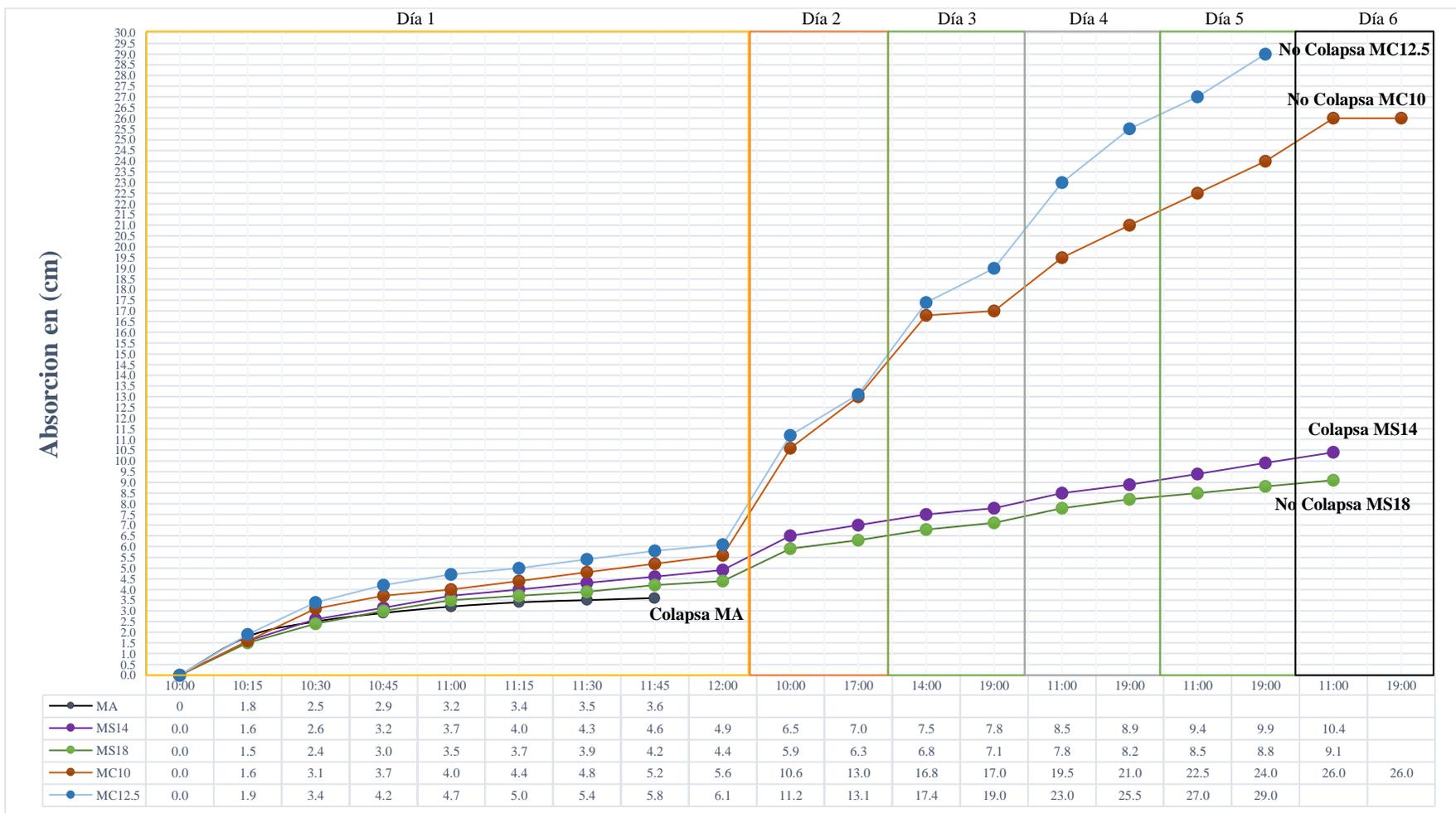


Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

En la Tabla 28 y el Gráfico 55 el muro MA ha perdurado por 1 hora y 45 minutos. El muro MS14 soporta hasta el 5 día, donde el recubrimiento se disgrega en el agua e ingreso al muro generando el colapso, en el muro MS18 soporta los 6 días donde el recubrimiento fracasa, pero aun el muro se mantenía de pie. El MC12.5 absorbe más rápido el agua que el MC10, resistiendo 6 y 5 días respectivamente.

Gráfico 57. Ensayo de Inundación Muro tradicional, Recubierto de Sabia y Recubierto de Cemento



Fuente: Romero Andrés

3.1.5 Análisis de precios unitarios

Materiales:

MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO 1KG
Cemento	50 kg	7.75 \$	0.16\$
Arena Gruesa	50 kg	5\$	0.10\$
Tierra	50 kg	6\$	0.12\$
Tunas	20 kg	1\$	0.05\$
Paja	15 kg	1\$	0.06\$

Mano de Obra:

2 peones

Rendimiento

$$R = \frac{300 \text{ bloques/dia}}{8 \text{ horas}}$$

$$R = 37.5$$

Gráfico 58. Salario mensual en Ecuador

MAMPOSTERO	D2		1406455000090	409.51
PLOMERO	D2		1406455000091	409.51
RESANADOR EN GENERAL	E2	EN CONSTRUCCIÓN	1404269909033	404.24
TINERO DE PASTA DE AMIANTO	E2		1404269909034	404.24
PEÓN	E2		1406452000023	404.24

Fuente: ESTRUCTURAS OCUPACIONALES - SALARIOS MÍNIMOS SECTORIALES Y TARIFAS COMISIÓN SECTORIAL No. 14 “CONSTRUCCIÓN”

$$\text{Jornal Hora} = \frac{404.24 \$}{30 * 8}$$

$$\text{Jornal Hora} = 1.68$$

Se realizó el análisis de precios de los recubrimientos a base de savia y a base de cementó al 12.5%

3.1.5.1 ANÁLISIS DE PRECIOS DE MS18

Tabla 28. Análisis Precios Unitarios de MS18

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS					
Análisis Precios Unitarios Recubrimiento Savia (RS) metro cuadrado					
Origen:		Cerro Putzalahua de la provincia de Cotopaxi			
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta			
Fecha:		sábado, 26 de octubre del 2019			
A. EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B		D=C*R
Herramienta menor		5% M O		1.68 *5%	0.084
Sub-Total				0.08	
B. MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón	2	1.68	3.36	0.5	1.68
Sub-Total				1.68	
C. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Sabia	lt	18.2	0.05	0.91	
Tierra	kg	65	0.12	7.8	
Arena	kg	32.5	0.08	2.6	
Paja	kg	1.2	0.06	0.072	
Sub-Total				11.38	
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)				13.15	
COSTO INDIRECTO (5%)				0.66	
VALOR TOTAL UNITARIO				13.80	

Fuente: Romero Andrés

3.1.5.2 ANÁLISIS PRECIOS UNITARIOS DE MC12.5

Tabla 29. Análisis Precios Unitarios de MC12.5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS					
Análisis Precios Unitarios Recubrimiento Cemento (MC12.5) metro cuadrado					
Origen:		Cerro Putzalhua de la provincia de Cotopaxi			
Ensayado por:		Andrés Paul Romero Yanzapanta			
Fecha:		sábado, 26 de octubre del 2019			
A. EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B		D=C*R
Herramienta menor		5% M O		1.68 *5%	0.084
Sub-Total				0.08	
B. MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón	2	1.68	3.36	0.5	1.68
Sub-Total				1.68	
C. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Agua	lt	13	0.03	0.39	
Tierra	kg	65	0.12	7.8	
Cemento	kg	8.2	0.16	1.312	
Arena	kg	32.5	0.10	3.25	
Sub-Total				12.75	
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)				14.52	
COSTO INDIRECTO (5%)				0.73	
VALOR TOTAL UNITARIO				15.24	

Fuente: Romero Andrés

Interpretación:

Los muros de adobe tradicional sin recubrimiento no presentan ningún gasto en los recubrimientos, pero al estar en contacto con el agua no perduran, por lo cual es aconsejable el recubrimiento. Los recubrimientos de MC12.5 tienen un valor de 14.56 dólares, los recubrimientos se calcularon por metro cuadrado.

El valor de recubrimiento de MS18 es 13.80 dólares, al usar en el recubrimiento aditivos con naturales propios de la zona que son fáciles de conseguir, incluso las tunas y la paja no podrían genera costo y el gasto disminuye más.

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Se cumple con el mejoramiento en las propiedades hidrófugas. Los bloques de adobe tradicionales en contacto con el agua se disgregan por lo cual los resultados de absorción y succión son cero en comparación de los bloques recubiertos con savia y cemento que mejoran la resistencia del bloque de adobe ante la presencia de agua.

Además, en el ensayo de inundación en los Canales Tipo U el muro realizado de bloques tradicionales resiste 1 hora con 45 minutos y colapso, en cambio los muros recubiertos con savia de tuna remojada a los 18 días (MS18) resistieron por 6 días a partir de los cuales el recubrimiento fallo, pero no existe colapso del muro ni daño en los bloques de adobe que conforman el muro y el muro recubierto con 12.5% de cemento (MC12.5) resistió por 6 días en el que absorbe por completo el agua del canal de inundación, no presenta ningún daño ni desprendimiento del recubrimiento usado.

Por lo cual, el recubrimiento de la savia de penca de tuna y el cemento mejora las propiedades hidrófugas en los muros de adobe tradicional, que se explicarán en las conclusiones.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se verifico el cumplimiento del suelo usado para la elaboración de los adobes con la norma peruana E.080 y los ensayos de laboratorio (Contenido de humedad, límites de Atterberg, Contenido de Humedad Optimo y la Clasificación del Suelo), con lo cual el suelo para adobes usado es Arena Limosa, con una humedad optima de 23%, el suelo es adecuado porque cumple con la Norma E.080 y también con los ensayos de campo de la misma norma.
- Se cumplió con la resistencia a la compresión promedio en bloques de adobe tradicionales con un resultado de 1.502 MPa superior a él 1.0 MPA que indica la norma peruana E.080
- En el ensayo de succión en bloques de adobe tradicional se presentaron lesiones como el disgregamiento, oquedades y grietas en el bloque al estar en contacto con el agua, en comparación con los bloques recubiertos los cuales resisten la prueba.
- En los bloques S7 alcanza una succión máxima de 39.17 gr/min/200cm, mientras los bloques S14 posee una succión máxima de 29.53 gr/min/200cm y con los bloques S18 alcanza una succión máxima de 23.5 gr/min/200cm. Se concluye que la Savia con 14 días y 18 días de remojo alcanza una menor succión en el revestimiento porque disminuye la porosidad en el bloque como esta descrito en el articulo [10]
- La succión en los bloques de adobe, en los bloques C 5 genera un máximo de 39.87 gr/min/200cm mientras que los bloques C 10 tiende a aumentar teniendo un

máximo de 43.96 gr/min/200cm, de la misma forma en los bloques C 12.5 se observa un valor de 48.05gr/min/200cm, pero en contacto con el agua perduran mejor que los bloques tradicionales como lo especifica el artículo [14]

- El acenso capilar en adobes tradicionales tienen un promedio de 2.50cm, mientras los bloques S7 tienen un ascenso de 1.33cm, el S14 de 1.17cm y el S18 es de 1.08cm, estos tres últimos valores cumplen con la investigación realizada en Argentina mencionado en [11] el capítulo 1, en el que indica que la goma de la tuna disminuye el acenso capilar.
- El acenso capilar en los bloques recubiertos con cemento se evidencia la absorción del mismo, es decir mientras más cemento interviene en el recubrimiento mayor es su absorción, los bloques C 5 la absorción es de 30.53% y en los bloques C 12.5 la absorción crece hasta un 36.04%, como se describe en la investigación [16]
- En el ensayo de absorción en bloques S7, S14 y S18 se observa que mientras más días de remojo presenta la sabia ayuda a disminuir la porosidad y la absorción, la absorción de los bloques S7 son de 32.95%, el S10 es de 27.77% y el S18 presenta una absorción de 24.14%, de la misma forma el porcentaje de daño de los bloques se disminuye, en bloques S7 el daño es del 34% , el bloque se desprende el revestimiento aparecen fisuras, grietas e incluso se observan oquedades en el bloque en comparación a bloques S14 en el cual se observan fisuras y grietas con un daño de 17.8% y el bloque S18 que presentan un porcentaje de daño en el agua de 5.2%.
- En bloques C5, C10 y C12.5 se observa que la absorción aumenta desde 30.53%, 33.68% y 36.04% respectivamente, por las dimensiones en los bloques C5 se observa un desgaste del bloque de 32.5% con lesiones como son el desprendimiento del revestimiento la aparición de fisuras y grietas, mientras más se aumenta el porcentaje de cemento se reducen las grietas en el bloque C10 se

observan pequeñas fisuras con un daño del 13.3% y en los bloques C12.5 el porcentaje de daño disminuye hasta 5.0% sin tener lesiones graves en el revestimiento.

- En el bloque tradicional MA al estar en contacto con el agua se disgrega completamente el bloque por lo cual no se calcula los valores de absorción debido al daño que sufren los bloques, de la misma forma en el ensayo de inundación del muro MA fracasa a la 1 hora y 45 minutos, la absorción asciende a 8cm de una forma uniforme disgrega el mortero de pega del muro y ocasiona la caída del muro, por lo cual el muro tiene baja resistencia al agua como se especifica en los reportes del capítulo 1[6], [7] y [8]
- Los muros recubiertos de sabia y cemento en las 12 primeras horas de la absorción inicial tuvieron un buen comportamiento y no presentaron deterioro en el recubrimiento, en las 12 primeras horas el muro MS14 tiene un ascenso capilar de 5.2cm, absorbe 4.9cm y el MS 18 tiene un ascenso de 5 cm, absorbe 4.4cm, mientras la sabia reposa más días se puede observar que baja su absorción y ascenso capilar. También los muros de cemento MC 10 y MC 12.5 resiste la absorción inicial con un ascenso capilar de 6.8 cm y 9.3 cm respectivamente en cuanto a la absorción el MC10 absorbió 5.6cm y el MC12.5 6.1cm, mientras más cemento se agrega su absorción y ascenso capilar aumentan.
- Los muros MS 14 y MS 18 resisten la prueba de inundación por 5 días y 6 días respectivamente en los cuales se observa en el muro MS 14 que fracasa el recubrimiento, la malla fracasa por el disgregado del muro después este muro colapso con un ascenso capilar de 34cm y el muro MS18 resiste los 6 días en los cuales el recubrimiento falla pero el muro se mantiene de pie y la absorción del muro se detiene en 34 cm, el recubrimiento se lo puede restaurar debido a que no presenta daños en la malla ni las drizas

- Los muros Mc 10 y MC 12.5 resistieron 6 días y 5 días respectivamente en los cuales el muro MC 10 tuvo un acenso capilar de 60 cm, absorbió el agua de inundación hasta llegar al sobrecimiento, en el muro MC 12.5 se puede observar el mismo acenso capilar y la misma absorción hasta llegar al sobrecimiento, pero con la diferencia que su absorción fue más rápida, en ambos muros no existe pérdida de recubrimiento y los muros se mantienen en pie.
- En conclusión, los muros tradicionales resisten 1 hora y 45 minutos en contacto con el agua a diferencia de los muros revestidos con cemento (MC 10 y MC 12.5) y sabia (MS14 y MS 18), los cuales resisten desde 5 días a 7 días, por lo cual los revestimientos mejoran las propiedades hidrófugas del muro evitando en muchos casos el colapso (MC10, MC 12.5 y MS18) y mejorando la resistencia del muro.
- Los recubrimientos de savia de penca de tuna reposada a los 18 días es la mejor opción para mejorar las propiedades hidrófugas del adobe, por el precio que es menor a los recubrimientos con cemento e incluso se puede reducir más el precio porque la tuna es de fácil acceso de la misma forma que la paja.
- Los recubrimientos de cemento mejoran las propiedades hidrófugas, pero se debe tener cuidado con el almacenamiento del cemento para que no se generen grumos y esté libre de impurezas, también se debe mezclar bien con la arena y la tierra.

4. 2 RECOMENDACIONES

- Para la elaboración de adobes artesanales se recomienda usar de guía a la norma peruana E.080, especialmente por los ensayos de campo para la elección del tipo de suelo, posteriormente para la construcción de viviendas de adobe se recomienda también el Manual de Construcciones con Adobe Reforzado con Geomalla.
- Se recomienda cubrir los bloques de adobe del sol y el viento para que el proceso de secado no aparezca fisuras o grietas.
- Se recomienda curar los recubrimientos después del primer día, porque pueden aparecer fisuras por donde puede ingresar el agua y ocasionar daños a los bloques de adobe que conforman el muro.
- Para la elaboración del sobrecimiento se aconseja colocar la geomalla en el primer tercio del sobrecimiento y después impermeabilizar para que no absorba la humedad de la mezcla de pega en los muros.
- Para la elaboración de muros se recomienda ajustar bien las drizas, como la geomalla, también al momento de revestirlos procurar que el revestimiento tenga una buena adherencia con el muro.
- Para futuras investigaciones se aconseja utilizar estos revestimientos en otro tipo de viviendas como el bareque, de caña o bambú y analizar la influencia de los mismos.

MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía

- [1] I. Garcia Gomez, «Universidad Tecnológica de la Mixteca,» Diciembre 2017. [En línea]. Available: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/13322.pdf. [Último acceso: 2 Marzo 2019].
- [2] P. Jimenes Vicario, P. Garcia Martinez y J. Lopez Jimenez, «Universidad politecnica de Cartagena,» 10 Junio 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5534/taa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2 Abril 2019].
- [3] M. Rodriguez y B. Saroza, «Dialnet,» Materiales de Construcción, Junio 2006. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2126380>. [Último acceso: Junio 20019].
- [4] J. M. Arteaga Paucar y L. A. Loja Saula, «Universidad de Cuenca,» Mayo 2018. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30332/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>. [Último acceso: 2 Abril 2019].
- [5] L. Lara, «Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana,» *AUC*, n° 38, pp. 31-41, 2017.
- [6] Tiempo, «Lluvia colapsa Cuenca y provoca inundaciones,» 24 Febrero 2010. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/226612>. [Último acceso: Octubre 2019].
- [7] L. Castillo y D. Montalvo, «El Comercio,» 13 OCTUBRE 2014. [En línea]. Available: https://www.elcomercio.com/actualidad/inundaciones-cuenca-coe-invierno.html?fbclid=IwAR0erGc9ls5IBd1DBVZuO8itRVw7_ibYdR4-HohJa8n7L5ygDgxzlcZVswA. [Último acceso: Octubre 2019].
- [8] Equipo Técnico de la Dirección de Monitoreo, «Gestion de Riesgos Ecuador,» 21 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Informe-de-Situaci%C3%B3n-Epoca-Lluviosa->

21042017_15H00.pdf?fbclid=IwAR0Qk3PUWwG1YRjbU1aJTvaB2AxWc72iBnPX0c4A9uaFu2FjD6PnzpO8IxU. [Último acceso: Octubre 2018].

- [9] J. Vargas, E. Heredia, J. Bariola y K. Mehta, «Universidad Nacional Autónoma de Honduras,» Mayo 1986. [En línea]. Available: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril2006/CD1/pdf/spa/doc14038/doc14038.htm>. [Último acceso: 27 Noviembre 2018].
- [10] Y. Aranda Jimenez y E. Suarez Dominguez, «scielo,» 11 Octubre 2013. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052014000100017. [Último acceso: 2 Abril 2019].
- [11] L. M. Garino Libardi , «ResearchGate,» Octubre 2016. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/310706423_Experiencia_de_estabilizacion_de_adobes_frente_al_ascenso_capilar. [Último acceso: Junio 2019].
- [12] D. Quintana Choqueluque y M. Vera Salizar, «Repositorio Universidad Andina del Cusco,» Universidad Andina del Cusco, 3 Noviembre 2017. [En línea]. Available: http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/1212/3/Diana_Mithdwar_Tesis_bachiller_2017_Part.1.pdf. [Último acceso: 28 Junio 2019].
- [13] J. Toirac Corral, «Ciencia y Sociedad Republica Dominicana,» Octubre 2008. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [14] V. Morales Dominguez, M. Ortiz Guzman y R. Alavez Ramirez, «Ciidiroaxaca,» Junio 2007. [En línea]. Available: https://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidiroaxaca.ipn.mx.revista/files/pdf/vol5num1/mejoramiento_propiedades.pdf. [Último acceso: Junio 2019].
- [15] D. Cabrera Arias y W. Huaynate Granados, «Pontificia Universidad Catolica del Peru,» 4 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/881>. [Último acceso: 2 Abril 2019].

- [16] M. Trujillo, J. Chavez y E. Torres, «Revista Científica UNTRM,» Ciencias Naturales e Ingeniería, Abril 2018. [En línea]. Available: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/267/289>. [Último acceso: Junio 2019].
- [17] F. Castilla Pascual , «Archivo Digital UPM,» Noviembre 2004. [En línea]. Available: <http://oa.upm.es/8826/>. [Último acceso: Junio 2019].
- [18] Peñafiel, «adobe made,» Adobe Made, 2018. [En línea]. Available: http://www.adobemade.com/?page_id=4&lang=es.
- [19] C. E. Cevallos Sanchez, «Universidad Tecnica de Ambato,» Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/15911>. [Último acceso: Octubre 2019].
- [20] J. Rivera, «El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales,» *Apuntes*, vol. 25, n° 2, pp. 164-181, 2012.
- [21] J. Gama, T. Cruz, P.-P. Teresa, R. Alcalá, H. Cabadas, C. Jasso, J. Díaz, S. Sánchez, F. López y R. Vilanova, «Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica,» *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 64, n° 2, pp. 177-188, 2012.
- [22] R. Arroyo, S. Sánchez y P. Catalán, «Caracterización experimental de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe del sur de México,» *Ingeniería* , vol. 17, n° 3, pp. 167-177, 2013.
- [23] J. Calabria, W. Vasconcelos y A. Boccaccini, «Microstructure and chemical degradation of adobe and clay bricks,» *Ceramics International*, vol. 35, n° 2, pp. 665-671, 2009.
- [24] L. Guerrero, «Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva,» *Apuntes*, vol. 20, n° 2, pp. 182-201, 2007.
- [25] J. Ruiz, V. Cristini y A. Madrigal, «Materiales de construcción sostenibles y/o alternativos: base de datos generada con una plataforma cooperativa digital,» *Jornadas de Innovación*, pp. 1-5, 2011.

- [26] A. Torres, C. Celis, W. Martínez y M. Lomelí, «Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt326.pdf>. [Último acceso: 27 11 2018].
- [27] E. Vidaud, «De la Historia del Cemento,» *Construcción y Tecnología en Concreto*, pp. 20-24, 2013.
- [28] V. Gonzalo Sanchez, «Universidad Politécnica de Madrid,» 12 Febrero 2013. [En línea]. Available: <http://oa.upm.es/14429/>. [Último acceso: 4 Abril 2019].
- [29] *Norma E. 80 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada*, 2017.
- [30] P. Serrano Yuste, «Certificados Energeticos,» 23 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.certificadosenergeticos.com/arquitectura-sostenible-ecologica-utilizando-paja-material-constructivo>. [Último acceso: 3 Abril 2019].
- [31] J. Gonzalo Velez, «Apuntes Revista digital de Arquitectura,» 18 Agosto 2010. [En línea]. Available: <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2010/08/arquitectura-con-barro-arq-gonzalo.html>. [Último acceso: 3 Abril 2019].
- [32] «Apuntes Revista Digital de Arquitectura,» 31 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2016/03/arquitectura-en-barro.html>. [Último acceso: 4 Abril 2019].
- [33] E. Y. Rios PErez, «Instituto Politecnico Nacional,» junio 2010. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10621/199.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 4 Abril 2019].
- [34] F. J. Castilla, «researchgate,» Informes de la Construcción, 31 Marzo 2011. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2060431709_F_J_Castilla. [Último acceso: Julio 2019].
- [35] W. F. Peñaloza Fuillermo, «Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca,» 2012. [En línea]. Available:

- <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3693>. [Último acceso: Julio 2019].
- [36] M. Ali Bahobail, «ResearchGate,» 21 Agosto 2014. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/264901096_The_mud_additives_and_their_effect_on_thermal_conductivity_of_adobe_bricks. [Último acceso: 4 Abril 2019].
- [37] *Norma Técnica Peruana NTP 399.613*, 2005.
- [38] C. Márquez, «Revista Lideres,» 19 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.revistalideres.ec/lideres/tuna-agricultores-chimborazo-cultivos-produccion.html>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [39] A. Ronnie, «Scribd,» 31 agosto 2015. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/277184657/Ensayo-de-Humedad-Optima>. [Último acceso: Julio 2019].
- [40] *Manual de Construcción con adobe reforzado con Geomalla*, 2010.
- [41] S. Llumitasig Chicaiza y A. Sisa Salazar, «Repositorio Universidad Técnica de Ambato,» 2017. [En línea]. [Último acceso: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/26585> Agosto 2019].

ANEXOS

Anexos Fotográficos

Ensayos del suelo de acuerdo a la norma peruana E.080

	
Extracción de la tierra para adobes	Ensayo de la cinta de barro
	
La cinta llega a 14 cm	Preparación de bolas de suelo
	
Preparación de 4 bolas de suelo	Lanzar desde 1.50m para observar las fracciones en que se divide

Ensayo de suelos en laboratorio

	
<p>Selección de muestra representativa y secar al ambiente</p>	<p>Pesar cantidad de suelo para tamizar</p>
	
<p>Colocar los tamices en orden</p>	<p>Tamizar</p>
	
<p>Pesar el contenido de cada tamiz</p>	<p>Partículas de suelo</p>

	
<p>Selección de muestra de suelo que pasa el tamiz 200 y mezclar</p>	<p>Colocar en la copa casa grande</p>
	
<p>Separar el suelo</p>	<p>Ver en cuantos golpes se une el suelo</p>
	
<p>Tomar muestras en tiras</p>	<p>Secar las muestras al horno 24 horas y pesar</p>



Selección de muestra de suelo y mezclar con agua



Mezclar con el palustre



Colocar en el molde hasta 1/3 del molde



Compactar con el martillo



Pesar el molde y suelo



Tomar muestra superior e inferior pesar y dejar secar 24 horas para pesar

Ensayo de control de fisuras y resistencia

	
<p>Pesar la porcion de suelo y arena</p>	<p>Mezclar el suelo, la arena y agua</p>
	
<p>Mezclar bien y colocar en el molde</p>	<p>Colocar la mezcla en el molde y dejar secar por 2 dias</p>
	
<p>Retirar el molde y observar que no existan fisuras</p>	<p>Verificar la resistencia del bloque de adobe de forma empirica</p>

Elaboracion de los bloques y ensayo de compresión

	
<p>Mezclar el suelo y la tierra</p>	<p>Añadir agua y mezclar bien</p>
	
<p>Dejar secar los bloques</p>	<p>Pesar el bloque</p>
	
<p>Colocar el bloque en la máquina de compresión y medir las dimensiones</p>	<p>Observar la falla del bloque</p>

Ensayo de absorción y succión bloque tradicional

	
<p>Tomar dimensiones de los bloques secos</p>	<p>Pesar los bloques</p>
	
<p>Ensayo de absorción: Colocar en un recipiente y llenar de agua</p>	<p>Esperar 24 horas, el bloque se disgrega</p>
	
<p>Ensayo de Succión: Colocar en la bandeja</p>	<p>Observar, medir el acenso capilar y pesar</p>

Preparar la savia de tuna

	
<p>Seleccionar las tunas</p>	<p>Cortar las tunas</p>
	
<p>Limpiar y lavar las tunas</p>	<p>Picar en trozos las tunas y llenar de agua</p>
	
<p>Dejar reposar para 7, 14 y 18 días</p>	<p>Retirar los pedazos de tuna y obtener la savia</p>

Preparar los recubrimientos de savia

	
<p>Mezclar el suelo, arena, sabia y paja</p>	<p>Verificar que el bloque este limpio, recubrir con la savia y recubrir con la mezcla</p>
	
<p>Dejar secar y limpiar para la segunda capa de recubrimiento</p>	<p>recubrir una segunda vez con la mezcla</p>
	
<p>Dejar secar a temperatura ambiente</p>	<p>Verificar que no existan fisuras</p>

Recubrimientos de cemento

	
<p>Mezclar la arena, el suelo y el cemento</p>	<p>Añadir agua</p>
	
<p>Limpiar los bloques</p>	<p>Recubrir el bloque</p>
	
<p>Dejar que secar</p>	<p>Verificar y curar las fisuras</p>

Ensayo de absorción y succión bloques de adobe recubiertos.

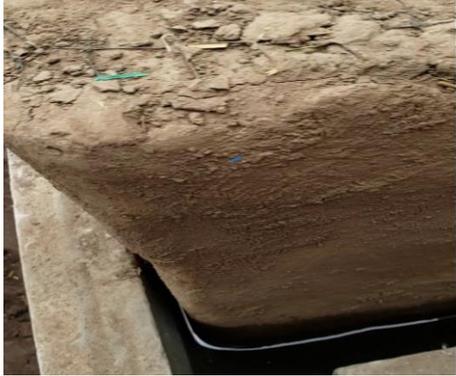
	
<p>Tomar dimensiones de los bloques secos</p>	<p>Pesar los bloques</p>
	
<p>Ensayo de absorción: Colocar en un recipiente y llenar de agua</p>	<p>Esperar 24 horas, el bloque se disgrega</p>
	
<p>Ensayo de Succión: Colocar en la bandeja</p>	<p>Observar, medir el acenso capilar y pesar</p>

Elaboracion del muro

	
<p>Mezcla para el sobrecimiento</p>	<p>Colocar en 1/3 de la altura</p>
	
<p>Colocar la malla</p>	<p>Colocar los 2/3 de mezcla</p>
	
<p>Enrazar y dejar secar</p>	<p>Preparar el mortero de pega y colocar los bloques</p>
	
<p>Elaboración del muro</p>	<p>Colocar las drizas</p>

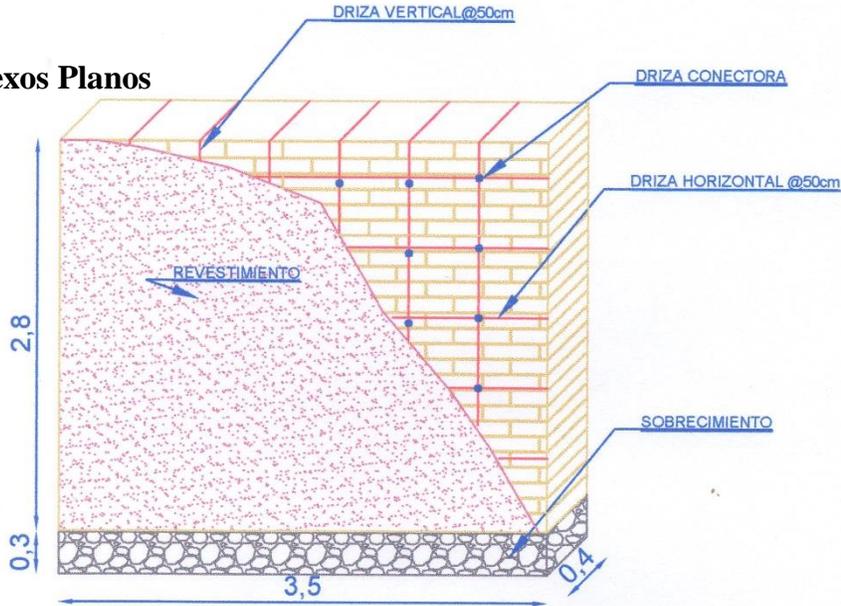
	
<p>Colocar la malla con clavos</p>	<p>Ajustar la malla con las drizas</p>
	
<p>Limpiar el muro</p>	<p>Colocar el recubrimiento</p>
	
<p>Enrazar el recubrimiento</p>	<p>Dejar secar</p>
	
<p>Recubrir con savia de tuna</p>	<p>Dejar secar</p>

Ensayo de inundacion.

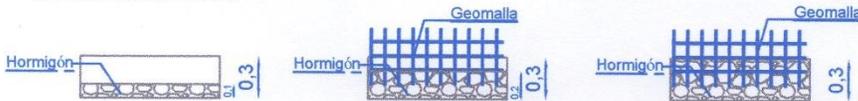
	
<p>Colocar el muro tradicional y recubierto en el canal U impermeabilizado</p>	<p>Llenar el canal con agua</p>
	
<p>Medir el agua que absorve el muro por medio de la regleta</p>	<p>Medir el acenso capilar del agua</p>
	
<p>Observar las fallas del recubrimiento y esperar el colapso del muro.</p>	<p>En caso de no tener fallas despues de 6 dias el ensayo termina</p>

MURO DE ADOBE

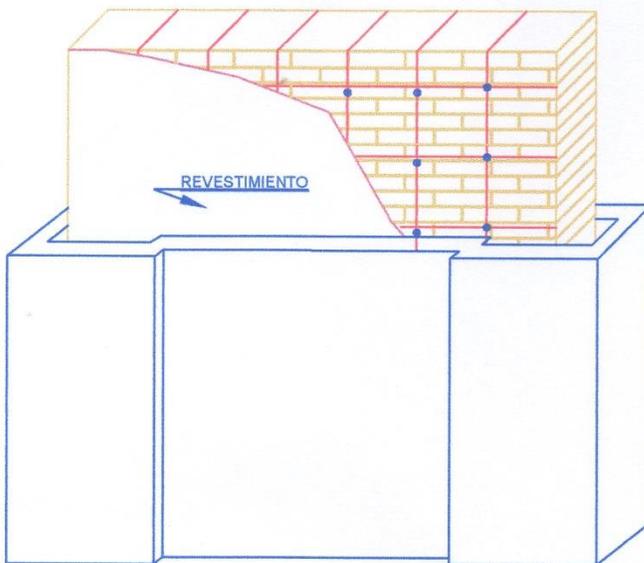
Anexos Planos



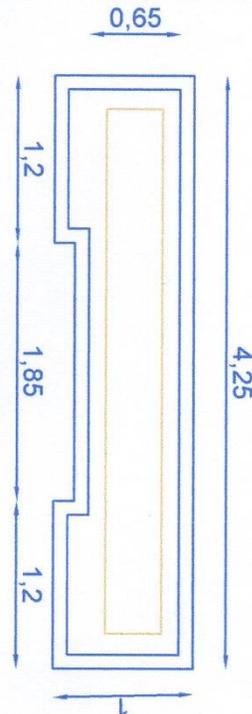
SOBRECIMIENTO



CANAL TIPO U



**CANAL TIPO U
Vista en Planta**



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
Faculta de Ingenieria Civil y Mecanica
INGENIERIA CIVIL

TEMA: **USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS**

FECHA:

DIBUJO:

CONTENIDO:

ESCALA:

DICIEMBRE 2019

ANDRES PAUL ROMERO

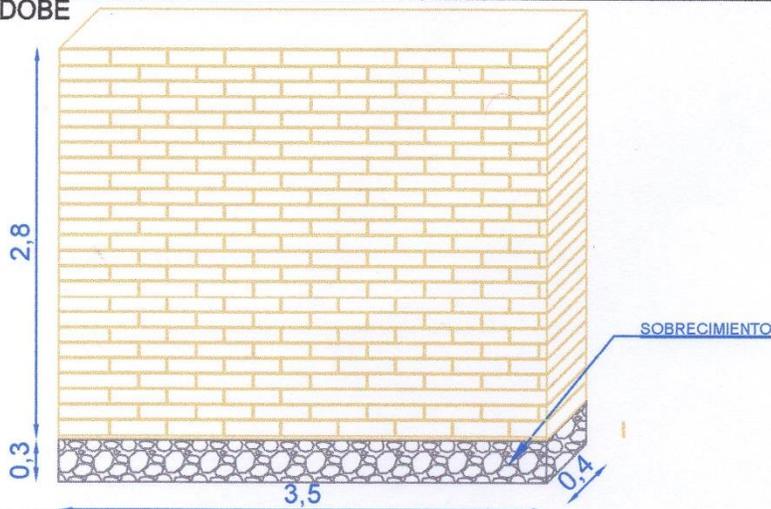
**MURO
SOBRECIMIENTO
CANAL TIPO U**

1 / 50

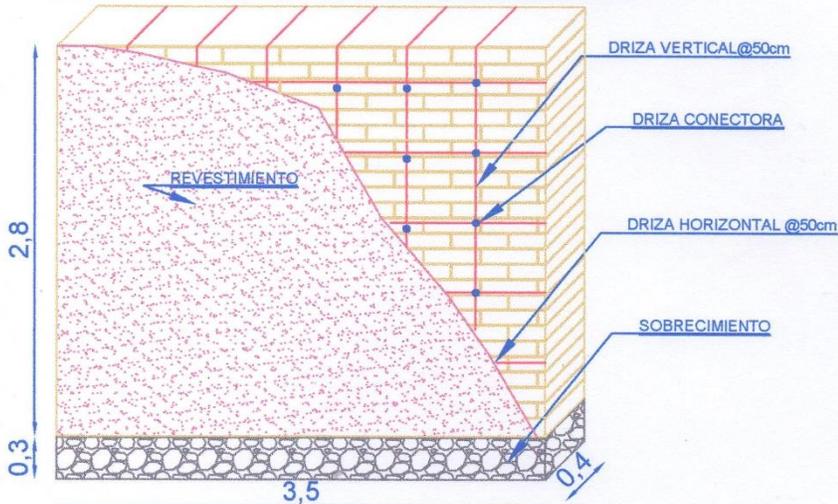
PLANO:

1 DE 2

MURO DE ADOBE



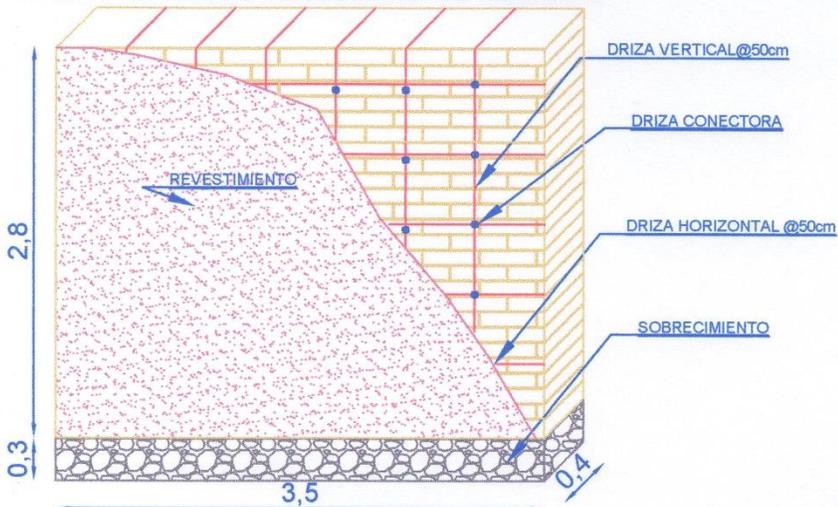
MURO DE ADOBE RECUBIERTO SAVIA DE TUNA



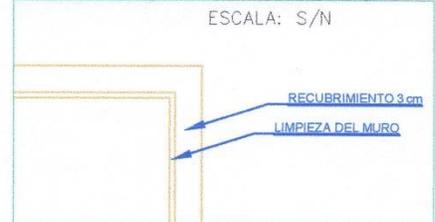
RECUBIERTO SAVIA DE TUNA



MURO DE ADOBE RECUBIERTO DE CEMENTO



RECUBIERTO DE CEMENTO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 Facultad de Ingenieria Civil y Mecanica
 INGENIERIA CIVIL

TEMA: **USO DE CEMENTO Y SAVIA DE TUNA COMO ALTERNATIVAS DE REVESTIMIENTO EN MUROS DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUS PROPIEDADES HIDRÓFUGAS**

FECHA:

DIBUJO:

CONTENIDO:

ESCALA:

1 / 50

PLANO:

2 DE 2

DICIEMBRE 2019

ANDRES PAUL ROMERO

**MURO DE ADOBE TRADICIONAL
 MURO DE ADOBE RECUBIERTO**