UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE ARQUITECTO

Mejoramiento de revoque a base de arcilla aplicable en muros de adobe y mampostería de ladrillo

TRABAJO DE TITULACIÓN

Autora: Mosquera González, Harlene Yasmin

Director: Galarza Viera, José Luis, Mgs

LOJA – ECUADOR

2016

Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecto

José Luis Galarza Viera

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **"Mejoramiento de revoque a base de arcilla, aplicable en muros de adobe y mampostería de ladrillo.",** realizado por la profesional en formación, Harlene Yasmin Mosquera González, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Diciembre 2016

…….

Arq. José Luis Galarza Viera

DECLARACIÓN DE DERECHOS Y CESIÓN DE AUTORÍA

Yo, Harlene Yasmin Mosquera González, declaro ser autor del presente trabajo de titulación **"Mejoramiento de revoque a base de arcilla, aplicable en muros de adobe y mampostería de ladrillo.",** de la titulación de arquitectura, siendo Arq. José Luis Galarza Viera, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

(f)……

Harlene Yasmin Mosquera González
CI. 1104721087

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios que ha sido mi guía en este trayecto, por darme la fuerza y sabiduría para culminar con éxito mi carrera universitaria.

A mis padres Marco y Edulia, a mis hermanos Maritza y Jefferson, por constituir los pilares fundamentales en mi vida, quienes me han ayudado incondicionalmente en mi trayectoria estudiantil.

A todos mis familiares, en especial a mis abuelitos, tíos y sobrino que de una u otra forma me han brindado su apoyo y motivación para seguir adelante y cumplir con la meta propuesta.

Harlene

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Particular de Loja y a la Escuela de Arquitectura por su formación académica.

A mis queridos padres quienes han sido mi inspiración para llegar a cumplir mis objetivos propuestos, ya que sin escatimar esfuerzos me han apoyado y guiado toda la vida especialmente en mi carrera estudiantil.

A mis hermanos por brindarme su ayuda incondicional para seguir adelante enfrentando todos y cada uno de los obstáculos que se me han presentado.

De manera especial a mi director de Tesis, Arq. José Luis Galarza, quien me ha brindado su ayuda, a través de sus conocimientos y experiencias vividas lo cual ha sido un gran aporte en esta investigación.

Mi agradecimiento al personal del laboratorio de suelos y pavimentos de la UTPL especialmente al Ing. Ángel Tapia por su ayuda en los ensayos realizados y al Ing. Diego Mata por facilitar los equipos necesarios.

Agradezco también al Ing. Juan Carlos Quintuña, por su colaboración en los análisis de fluorescencia.

Un agradecimiento de todo corazón para todas aquellas personas que han contribuido de una u otra forma brindando su apoyo en mi vida universitaria, a mis abuelitos, tíos y demás familiares, amigos y compañeros de aula quienes han estado conmigo y con quienes he compartido experiencias inolvidables.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA……..…….……..……....I

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN ..... *II*

DECLARACIÓN DE DERECHOS Y CESIÓN DE AUTORÍA ..... *III*

DEDICATORIA ..... *IV*

AGRADECIMIENTOS ..... *V*

ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... *VI*

JUSTIFICACIÓN ..... *XIII*

HIPÓTESIS ..... *XIV*

OBJETIVOS ..... *XIV*

METODOLOGÍA ..... *XV*

RESUMEN *1*

ABSTRACT *2*

INTRODUCCIÓN *3*

CAPÍTULO I: *5*

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA *5*

1.1. Generalidades arcilla 6

1.1.1. Definición 6

1.1.2. Origen 6

1.1.3. Composición del suelo 7

1.1.4. Tipo. 8

1.1.5. Características 9

1.1.6. Propiedades 9

1.1.7. Propiedades de moldeo 10

1.1.8. Ventajas y desventajas 11

1.2. Propiedades de la tierra como material de construcción 13

1.2.1. Habitabilidad 13

1.2.2. Higroscopicidad 13

1.2.3. Inercia térmica 14

1.2.4. Aislamiento acústico 14

1.2.5. Sostenibilidad 15

1.2.6. Salud 15

1.3. Técnicas de construcción con tierra 15
1.4. Protección Tradicional De Muros 20
1.4.1. Consolidación de la superficie 20
1.4.2. Pinturas y lechadas de cal 20
1.4.3. Calicastrado 20
1.4.4. Entablados 21
1.5. Revoques 21
1.5.1. El barro como material de revoque y materiales utilizados 21
1.5.2. Tipos De Revoque 22
1.5.3. Revoques interiores 23
1.5.4. Revoques exteriores 23
1.5.5. Barro proyectado 23
1.5.7. Materiales naturales e industriales más utilizados 26
1.5.8. Métodos de estabilización de tierra 26
1.5.9. Procesos homogéneos 27
1.5.10. Procesos heterogéneos 27
1.6. Consolidantes 28
1.6.1. Cal 28
1.6.2. Cactus de tuna o baba de nopal 29
1.6.3. Aceite de linaza 30
1.6.4. Acryloid B-67 31
1.6.5. Conservare OH 31
1.6.6. Fibras – fricción 31
1.6.7. Hidrofugantes – impermeabilización 34
1.6.8. La preparación del barro y su aplicación en la actualidad. 35
1.6.9. Definición de la calidad del revoque 37
1.7. Uso de tierra para revoques sobre muros de adobe Ecuador- Loja 40
1.7.1. Vivienda de bahareque de galluchaqui, Saraguro 42
CAPÍTULO II: ***48***
DESARROLLO DEL COMPOSITE - PROBETAS ***48***
2.1. Introducción 49
2.2. Materia prima y análisis químicos 49
2.2.1. Aditivos 49

2.2.2. Mucílago de Nopal (Opuntia ficus-indica) 49
2.2.3. Mucílago de cadillo (Triumfetta láppulal) -(Xanthium spinosum) 50
2.2.4. Cola de dispersión (resina sintética - cola blanca) 50
2.3. Conglomerantes 51
2.3.1. Cal viva..... 51
2.3.2. Yeso 51
2.3.3. Cemento..... 51
2.4. Fibras naturales..... 51
2.4.1. Fibra de arroz 52
2.4.2. Ceniza de cascarilla de arroz..... 52
2.4.3. Bagazo de caña de azúcar 53
2.5. Obtención de las arcillas..... 55
2.5.1. Ensayos de fluorescencia para determinar su composición química de las arcillas. 56
2.5.2. Ensayos y normativas..... 57
2.6. Ensayos de campo 58
2.6.1. Ensayo de olor..... 58
2.6.2. Ensayo de sedimentación..... 58
2.6.3. Ensayo de la cintilla 59
2.6.4. Ensayo de la caída de la bola..... 60
2.7. Ensayos de laboratorio. Caracterización de suelos 60
2.7.1. Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande..... 60
2.7.2. Determinación del límite plástico de un suelo. 62
2.7.3. Determinación del contenido de humedad..... 63
2.7.4. Análisis granulométrico de suelos por tamizado. 64
2.7.5. Ensayo de retracción 73
2.8. Ensayos de comportamiento frente al agua..... 76
2.8.1. Ensayo por goteo 76
2.8.2. Ensayo de absorción de agua por capilaridad 79
2.8.3. Ensayo de intemperismo 80
2.9. Ensayos de resistencia mecánica..... 84
2.9.1. Ensayo de flexión 84
2.9.2. Ensayo de compresión 86

2.9.3. Abrasión 87

2.9.4. Resultados de ensayos realizados 91

2.9.5. Presupuesto de revoque propuesto 91

2.9.6. Comparativa de costes y beneficios. 93

2.9.7. Comparativa de costes y beneficios mediante la herramienta SMART SPP CCV CO2 93

CAPÍTULO III: 95

APLICACIÓN EN VIVIENDAS DE ENSAYO, ADOBE Y MAMPOSTERÍA DE LADRILLO. 95

3.1. Experimentación y aplicación del revoque 96

Componentes y tratamiento de los elementos utilizados en el proceso de experimentación del revoque en paredes seleccionadas 96

3.1.1. Secado de arcilla M1 96

3.1.2. Recolección de nopal (Opuntia ficus indica) 96

3.1.3. Recolección de bagazo de caña de azúcar 97

3.1.4. Proceso de tratado a la materia prima para aplicación 97

3.2. Aplicación en paredes seleccionadas, adobe, mampostería de ladrillo, y pared mixta. 99

COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS 107

CONCLUSIONES 108

RECOMENDACIONES 109

BIBLIOGRAFÍA 110

ANEXOS 113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Determinación de contenido de humedad M1 64
Tabla 2: Determinación de contenido de humedad M2 64
Tabla 3: Límites de Atterberg 65
Tabla 4: Límites de Atterberg……..73

Tablas 5: Porcentajes retenidos en tamices 65
Tabla 6: Porcentajes retenidos en tamices 66
Tabla 7: Resultados de la caracterización de arcillas 67
Tabla 8: Dosificación y aplicación de revoques preliminares en soportes de ladrillo y adobe. 68
Tabla 9: Aplicación de revoques en soportes de mampostería de ladrillo 73
Tabla 10: Aplicación de revoques en soportes de adobe 74
Tabla 11: Conteo de fisuras en ensayo de retracción..... 75
Tabla 12: Rotura máxima a flexión, ensayos de 5 probetas de cada composite 85
Tabla 13: Probetas ensayadas y resultados obtenidos en el esfuerzo a compresión 87
Tabla 14: Resumen de resultados de todos los ensayos realizados selección de composite con mejor resultados en ensayos 91
Tabla 15: Análisis de precios del propuesto 92
Tabla 16: Revoques tradicionales - propuesto..... 93
Tabla 17: Resultados del costo de ciclo de vida de los revoques en 15 y 25 años, (software SPP CCV CO2) 94
Tabla 18: Emisión de CO2, (software SPP CCV CO2)..... 94
Tabla 17: Ensayo por goteo 119
Tabla 18: Resultados de ensayo por capilaridad 120
Tabla 19:Resultados de ensayo de abrasión 138

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ensayo de retracción 76
Gráfico 2: Masa erosionada en ensayo de goteo 78
Gráfico 3: Ensayo de capilaridad, (A) pérdida de masa y (B) absorción de agua 79
Gráfico 4: Ensayo de capilaridad, relación absorción y pérdida de masa 80
Gráfico 5: Esfuerzo a flexión 85
Gráfico 6: interpretación de resultados de probetas ensayadas a compresión 87
Gráfico 7: Desgaste en % y peso en gramos al ser someterse a la abrasión 90
Gráfico 8: Costes del revoque en una proyección de 15 años 94
Gráfico 8: Ensayos de fluorescencia..... 115

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Comportamiento acústico de los materiales ……15
Cuadro 2: Comparación de materiales de revoque……25
Cuadro 3: Estabilización de suelos tras ensayos del Instituto Eduardo Torroja……28
Cuadro 4 : Clasificación de fibras naturales……..34
Cuadro 5: Cuadro comparativo de materiales y técnicas utilizadas en revoques de arcillas……..48

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Minas de arcillas vía a Cuenca- Loja Ecuador 6
Imagen 2: Tipos de tierra. 7
Imagen 3: Tipos de arcilla 8
Imagen 4: Muro de tierra apisonada poroso 13
Imagen 5: Inercia térmica 14
Imagen 6: La tierra como material de construcción 15
Imagen 7 : Clasificación de tipologías constructivas de tierra de manipulación y transformación. 16
Imagen 8: Compactar 16
Imagen 9: Excavar 17
Imagen 10: Cubrir 17
Imagen 11: Rellenar 17
Imagen 12: Recortar 17
Imagen 13: Recortar 18
Imagen 14: Modelar 18
Imagen 15: Apilar 18
Imagen 16: Apilar 18
Imagen 17: Extrudir 19
Imagen 18: Verter 19
Imagen 19: Dar forma 19
Imagen 20: Empañetar, revoque 19
Imagen 21: Revoque 21
Imagen 22: La Iglesia en Ranchos de Taos, Nuevo México 25
Imagen 23: Revoco de cal en muros de adobe y tapia 28
Imagen 24: Tratamiento del mucílago de nopal 30
Imagen 25: Comparación entre la retracción de un revestimiento de barro con paja y sin paja. 35
Imagen 26: Revoque de barro en rehabilitación de casa museo San Isidro NM, EEUU 07-1998 35
Imagen 27: Desprendimiento de material de recubrimiento y de relleno, por acción del agua. 42
Imagen 28: Elaboración de barro in situ 43
Imagen 29: Revoque de tierra en paredes 43
Imagen 30: Desprendimiento del revoque 44
Imagen 31: (A) macerado de nopal, (B) mucílago de nopal y arcilla 49
Imagen 32: Macerado Del Cadillo 50
Imagen 33: (A) Uso de cola en composite, (B) Agregado de la cola a todos los componentes. 51
Imagen 34: (A) fibra de cascara de arroz, (B) ceniza de cascara de arroz, (D) mezcla. 53
Imagen 35: (A)Molienda Sr. Francisco Barrigas. 54
Imagen 36: Morfología del bagazo de caña de azúcar 54
Imagen 37: Minas de arcilla M1 (Sector Guayllachinuma) Y M2 (Sector Chaupi) 55
Imagen 38: Coordenadas de las minas de arcillas tomadas con gps de marca Etrex 55
Imagen 39: (A) Ensayo de fluorescencia,(B) Equipo de fluorescencia BRUKER (C) resultados. 56
Imagen 40: Selección de suelos y métodos de control 58
Imagen 41: Ensayo de sedimentación M1 58
Imagen 42: Ensayo de sedimentación M2 59
Imagen 43: ensayo de la cintilla con M1 Y M2 59
Imagen 44: Ensayo caída de bola 60
Imagen 45: Limite líquido en aparato casa grande. 61
Imagen 46: Limite líquido M1. 61
Imagen 47: Limite líquido M2 61
Imagen 48: (A, B)Cintillas de arcilla para determinar límite plástico, (C,D) toma y peso de muestras de arcillas M1 y M2 62

Imagen 49: (A,C)Toma de muestras de cuarteado de arcillas M1 y M2,(B,D) peso de muestras antes y después de ser colocados en el horno. 63
Imagen 50: Ensayo granulometría por lavado, (A,B) cuarteado para toma de muestras, Muestras en recipientes para ser secadas al horno (C,D), Muestras secadas al horno (E), muestra seca luego de haber pasado por el lavado M1 (F), Muestras pasando por el equipo tamizador(G), Peso del material retenido en cada tamiz(H) 65
Imagen 51: Carta De plasticidad 66
Imagen 52: Ensayo de goteo 77
Imagen 53: Ensayo de goteo, (A)Recipientes con agua a 2m de altura, (B) placas a nivel de piso a 45 gradoos respectos a la horizontal –NGO2 – NXO1, (C)Placas de 20x20 cm AZYC4 – AmYC4 77
Imagen 54: Composite NGO2, ensayo de goteo, placas con menos erosión por agua 78
Imagen 55: Ensayo de capilaridad ,A) secado de probetas en horno a 70°C, (B) Sumergido de probetas a 0.5cm en agua ,(C) control de peso de las probetas con absorción de agua. 79
Imagen 56: Colocación de 3 placas por cada composite a 45° respecto a la horizontal. 80
Imagen 57: Ensayo de intemperismo ,semana 1 81
Imagen 58: Ensayo de intemperismo, semana 2 81
Imagen 59: Ensayo de intemperismo, semana 3 81
Imagen 60: Ensayo de interperismo, semana 4 82
Imagen 61: Ensayo de intemperismo, semana 5 82
Imagen 62: Ensayo de intemperismo, semana 6 82
Imagen 63: Ensayo de intemperismo, semana 7 82
Imagen 64: Ensayo de intemperismo, semana 8 83
Imagen 65: Ensayo de flexión 84
Imagen 66: Realización de ensayo de compresión en la máquina Versa Tester 86
Imagen 67: Preparación de taladro y lija para ensayo de abrasión 88
Imagen 68: Ejecución del ensayo y toma de peso del material desgastado 88
Imagen 69: 3 probetas de cada composite sometidas a ensayo de abrasión 90
Imagen 70: Obtención y secado arcilla M1 96
Imagen 71: Cosecha del nopal,(Opuntia Ficus- Indica) 97
Imagen 72: (A)Obtención del bagazo de caña de azúcar, molienda del sr. Francisco barrigas,(B) triturado de bagazo. 97
Imagen 73: Tamizado de la arcilla 98
Imagen 74: (A)Troceado, (B) maceración y (C,D,E,F) filtrado del mucílago de nopal 98
Imagen 75: Tratado al bagazo con cal, (A) cal disuelta en agua, (B) bagazo sumergido en agua con cal , (C) Secado de bagazo luego del tratamiento con cal. 99
Imagen 76: Peso de materiales, arcilla, mucilago de nopal, fibra de bagazo, cola bioplast. 99
Imagen 77; Mezcla de materiales 100
Imagen 78: Aplicación de revoque vivienda 1 101
Imagen 79: Revoque aplicado en mampostería de ladrillo 102
Imagen 80: Revoque aplicado en mampostería de ladrillo y adobe. 103
Imagen 81: Revoque aplicado en adobe (A) , mampostería de ladrillo (B) , adobe y mampostería de ladrillo (C) 104
Imagen 82: Revoque aplicado en adobe. 105
Imagen 84: Revoque aplicado en mampostería de ladrillo y adobe. Semana 3 106

JUSTIFICACIÓN

La tierra, es un material de construcción que está disponible de forma abundante, sin embargo la falta de conocimiento de las diversas aplicaciones que tiene la tierra en el ámbito constructivo en este caso el uso en revoques es evidente.

En la actualidad se puede observar que los problemas fundamentales en estos tipos construcciones se presentan en los revoques entre ellos, una adherencia deficiente, baja durabilidad, falta de estabilización de revoques (disgregación de los materiales), presencia de fisuras son aspectos principales para mejorarlos ya que estarán expuestos a la intemperie volviéndose vulnerables a los agentes atmosféricos, como el agua, el viento y la retracción por cambios de temperatura.

La idea es que mediante esta propuesta se presente una alternativa apropiada planteando el uso de las arcillas existentes las cuales serían utilizadas para revoques de construcciones tanto contemporáneas como tradicionales, que serán adaptables a cualquier medio sin causar daños al medio ambiente, la elección de cada material está basada principalmente en provocar un bajo impacto ambiental y un costo económico mínimo.

Por tal motivo en busca de obtener un material mejorado a base de arcilla, se propone el uso de esta en revoques que servirá de protección a los diferentes tipos de pared que se utilizará para su aplicación y experimentación, es por ello que el revoque a realizarse deberá ser efectivo que proteja de la humedad en las paredes, y lograr así aportar a través de la metodología utilizada para futuras investigaciones, a la sociedad para dar a conocer la variedad de materiales que podemos aprovechar como su utilización, estabilización y durabilidad que pueden aportar materiales locales.

HIPÓTESIS

Mediante el desarrollo de un composite mejorado a base de arcilla se obtendrá un revoque eficiente con el uso de aditivos naturales (cadillo, nopal) y artificiales (cola bioplast), que le darán la estabilidad y durabilidad necesaria para el acabado en vivienda de adobe y mampostería de ladrillo.

OBJETIVOS

General:

- Desarrollar un revoque a base de arcilla, que sea aplicable en muros de adobe y mampostería de ladrillo,

Específicos:

- Analizar características físicas y mecánicas de la materia prima a utilizar, que permita la sostenibilidad del proyecto.

- Desarrollar un composite de arcilla, obtención de probetas para determinar propiedades mecánicas - físicas de sus respectivos componentes individuales, comparar costos para verificar la economía, al utilizar este revoque.

- Aplicación del revoque en viviendas de ensayo de adobe y mampostería de ladrillo.

METODOLOGÍA

Se realizará una investigación, mediante el método analítico nos permitirá ampliar nuestro conocimiento acerca del material a estudiar, con lo cual se logrará hacer comprensible la problemática y llegar a cumplir los objetivos.

Se utilizará también el método icónico el cual servirá para hacer uso de formas ya ensayadas y sistemas constructivos que se sabe que funcionan.

Se realiza Investigación bibliográfica sobre los diferentes tipos de revoque existentes, las características de arcillas apropiadas, y aditivos, que presentan buenos resultados en investigaciones existentes, los componentes que han presentado mejor durabilidad a estas construcciones tradicionales y contemporáneas.

Posteriormente se pasa a la fase experimental, en la que se selecciona las arcillas a utilizar, se realiza los análisis y ensayos de laboratorio correspondientes, para determinar si son aptas y si posee la características recomendadas por varios autores, se establece aquí el contenido de humedad, limite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, ensayos de resistencia al agua, y ensayos mecánicos.

Se procedió realizar varios composites y a aplicados en muretes de mampostería de ladrillo y adobe esto como una ejecución preliminar para definir cantidades precisas de cada material a utilizar, se selecciona la de mejor adherencia, luego de aplicarse y secarse totalmente y que presente menor número en fisuras.

Se realiza el número necesario de probetas para cada ensayo como corresponda según las normas establecidas en este caso la norma española de albañilería, que se aplican a esta investigación por tratarse de construcción con arcillas.

Se ejecuta los ensayos propuestos según referencias bibliográficas, se interpreta resultados del mejor composite, al cual se aplica en viviendas de ensayos de adobe y mampostería de ladrillo para comprobar la hipótesis, y se realizar una valoración por medio de las observación durante 3 semanas luego de su aplicación.

RESUMEN

Esta investigación presenta una propuesta de mejoramiento de revoques a base de arcilla, a través de aditivos naturales, como nopal ,cadillo, y uso de productos industriales, como resina sintética (cola blanca), se trabajó con el análisis de arcillas aptas para realizar un revoque, a través de ensayos de laboratorio, para de esta manera dar solución a los problemas de deterioro de revoques existentes en la actualidad. El hecho de conocer más a fondo las ventajas y desventajas que las arcillas ofrecen despierta un gran interés en la presente lo cual ha sido base para innovar y mejorar las características que actualmente presentan en resistencia y su comportamiento frente a agentes atmosféricos (el agua, viento, aire) , dando como resultado, desprendimientos, absorción por capilaridad, erosión,etc, por ello se propone el estudio del comportamientos de estos composites de arcilla estabilizados, donde el análisis y experimentación es parte fundamental para llevar a cabo el desarrollo y la práctica , para comprobar se hace esencial su aplicación en viviendas de ensayos, constatando así la calidad de revoque creado para paredes de ladrillo y adobe.

Palabras clave: revoque, fibra, aditivos, mejoramiento, estabilización.

ABSTRACT

This investigation presents a proposal of improvement of clay based plasters, through natural additives, such as nopal and cadillo and use of industrial products like synthetic resin(white tail), the analysis of clays suitable for plaster, was done through laboratory tests, to find solutions to the problems of deterioration of existing plaster today.

Knowing further the advantages and disadvantages that clays offer aroused great interest in the present which has been the basis to innovate and improve the features currently present in how their behavior in water, wind , air, results in resistance to landslides, wicking, and erosion , therefore the study of the behavior of these stabilized clay composites, where the analysis and experimentation is essential intends to carry out the development and practice to check its application in test homes and verify the quality of plaster created for brick and adobe walls .

Keywords: plaster, fiber, additives, improvement, stabilization.

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros asentamientos humanos hace muchos años atrás, prácticamente todas las civilizaciones desarrolladas alrededor del mundo han empleado la tierra como soporte y sustento de la vida para levantar viviendas y ciudades: murallas, palacios, iglesias, mezquitas, modestas casas de una planta y elegantes edificios en altura se erigieron usándola como principal material de construcción. (Carlos E. Alderete, 2006).

La solución de revestir las paredes es muy antigua. Aparece a lo largo de la historia en todas las civilizaciones. Las funciones más importantes son mejorar el aspecto final del de paredes estéticamente y protegerlo de las agresiones externas. La técnica del revoque tradicional consiste en mezclar diversos materiales para conseguir una mezcla más homogénea, yeso, cal y arena principalmente, han sido utilizados con la finalidad de mantener en buen estado las construcciones de tierra.
Además estos mejoran su exposición al desgaste por abrasión, resistencia a los agentes ambientales, resistencia a los productos químicos, impermeabilización al agua, aislamiento térmico, acústico, a los cuales se encuentran expuestos las paredes. Indirectamente protegen estos elementos de las inclemencias climáticas y evitan pérdidas de resistencia en las paredes. Uno de los aditivos naturales con mayor trayectoria para impermeabilizar ha sido el nopal sirve de estabilizador a la par con las fibras, el uso de arcillas no expansivas es un factor importante ya que son capaces de evitar una elevada retracción en los revoques.

El interés de realizar una investigación para proponer el uso de revoques de arcilla, ha sido para disminuir el uso de varios materiales que en la actualidad son tóxicos debido a los componentes químicos que poseen. El propósito central de este trabajo investigativo es obtener un material mejorado a base de arcilla, que será aplicado como revoque que servirá de protección a los diferentes tipos de pared, muros de adobe y mampostería de ladrillo, esto como un método para disminuir los materiales perjudiciales utilizados como revoque en la actualidad y de esta manera reducir el impacto ambiental.

Por ello se han propuesto tres temáticas a desarrollar: estudio y análisis de la materia prima (arcilla), sus propiedades como material de construcción, técnicas y métodos de estabilización y la protección tradicional de muros, entre ellos nos centramos en los revoques y los factores que lo condicionan.

Se lleva a cabo la realización de ensayos químicos , de campo y laboratorio de suelos para determinar sus características químicas, físicas se realiza la selección de la materia prima para el desarrollo de los diferentes composites y la obtención de probetas, luego se comprueba su resistencia al agua y mecánicamente sus reacciones a los ensayos. Determinando así los resultados.

La fase de experimentación donde se aplicará el revoque que presentó mejores características y resistencias a los diversos ensayos, para ello se opta por aplicarlo en viviendas de ensayo, para luego hacerle un seguimiento durante tres semanas y determinar si hay cambios en coloración, fisuras, problemas de adherencia. etc.

CAPÍTULO I:

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

1.1. Generalidades arcilla

1.1.1. Definición.

En general, las arcillas son materiales naturales muy repartidos en la superficie de la corteza terrestre y que, en ocasiones, pueden formar, al ser mezclados con agua, masas plásticas a partir de las cuales es factible fabricar productos cerámicos. Estos materiales arcillosos tienen una variada granulometría por ello, se habla de "fracción arcilla" o "fracción fina" de un suelo o sedimento. Normalmente se entiende que esta fracción es el conjunto de partículas minerales que tienen un diámetro esférico equivalente o inferior a 2 micras (0.002mm). (J. Linares, 1983)

Imagen 1: Minas de arcillas vía a Cuenca- Loja Ecuador
Fuente: Autor

1.1.2. Origen

El material tierra proviene de la erosión mecánica y química de la roca madre. Esta roca se desagrega en partículas minerales de dimensiones variables desde los guijarros hasta los polvos arcillosos. A la hora de hacer construcciones con tierra no todos los tipos de tierra son adecuados para construir, por lo tanto, se debe seleccionar la tierra adecuada para cada técnica constructiva. (Verduch, 1985) (Gatti, 2012)

El material utilizado debe tener una composición determinada para poder aprovechar correctamente sus propiedades. Se deberá vigilar con las proporciones de grava, arcilla, arena y limos que tiene la tierra, para obtener las características plásticas idóneas y la utilización o no utilización de estabilizantes (paja, cal, cemento).

La tierra como material de construcción es una mezcla de arcilla, limos y arena, y en ocasiones, también puede contener pequeñas cantidades de grava y piedras.

Se deberán rechazar las tierras que contengan:

-Materia orgánica en cantidades mayores o iguales al 2%. La determinación del contenido de materia orgánica de los suelos que se empleen en la construcción se hará de acuerdo con la norma UNE 103204:1993 (determinaciones del contenido de materia orgánica oxidable en Suelos por el método del permanganato potásico).

Sales solubles en contenido mayor del 2%. El contenido en sales solubles de los suelos que empleen en la construcción se determinará con la norma UNE 103205:2006 (Determinaciones del contenido de salas solubles de un Consuelo). (Gatti, 2012)

1.1.3. Composición del suelo

La composición y las propiedades de los diferentes tipos de tierra dependerán de las condiciones locales, es decir, del lugar donde se extraiga el material. No será lo mismo la extracción de tierras en la montaña que a orillas del río. (Verduch, 1985)

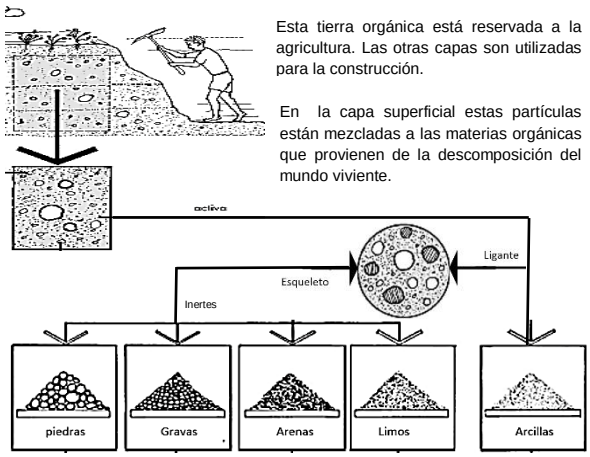


Imagen 2: Tipos de tierra.
Fuente: (Gatti, 2012, pág. 11)

De manera general la tierra está formada por proporciones diversas de grava, arena, limo, arcilla, agua y aire. Justamente esta relación proporcional es la que hace posible que la transformación del suelo en material constructivo pueda resultar más o menos adecuada. La clasificación granulométrica de la tierra, que es más aceptada a escala internacional, parte de los siguientes criterios. Se denomina grava a las partículas con un tamaño superior a los 2 mm.

La arena está en un rango de entre 0.06 mm (60 μ) y 2 mm. El limo va de 0.002 mm (2μ) a 0.06 mm (60 μ) y las **arcillas** son partículas **menores a 0.002 mm** (2μ). (Houben, 2001, pág. 25)

Aunque cada componente juega un papel importante dentro del conjunto del suelo y éste vaya a variar en función del sistema constructivo que se utilice, el rol que desempeña la

arcilla es clave por tratarse del material aglomerante, mientras que la grava, la arena y el limo dan estructura y estabilidad al sistema. (Guerrero, 2007)

1.1.4. Tipo

Podemos encontrar algunos tipos, conocidas como arcillas básicas con diferentes características tales como:

Imagen 3: Tipos de arcilla
Fuente: (Barbeta, 2011)

- **Haloisita:** cuyas características físicas son: baja plasticidad, baja cohesión, alto contenido en agua, de color blanco y olor intenso, no expansivas .su estructura es penetrable por el agua dando así formas hidratadas no homogéneas, esta haloisita hidratada pierde agua a temperaturas cercanas a los 60°C.Abunda en zonas volcánicas
- **Illita:** Tamaño 0.1 μ, expansiva, plasticidad media, baja permeabilidad, si es sódica se diluye rápidamente en agua, color café, rojizo, amarillo, blanco cremoso beige y gris terroso. Es un material de grano fino presente en arcillas sedimentarias y asociada con la caolinita. Reacción lenta a la cal.
- **Clorita**: poco expansiva, poca resistencia a cortante, difícil dispersión en agua, color gris azulado. Se encuentra en la naturaleza combinada con ilitas.
- **Montmorillonita sódica**: muy expansiva, plasticidad alta, muy baja permeabilidad, se dispersa en el agua con mucha facilidad, son de un color blanco verdoso.
- **Caolinitas:** baja plasticidad, baja cohesión y no expansivo, de difícil dispersión, se encuentran en color marrón claro, gris claro o blanco, rojo y naranja. (Barbeta, 2011)

1.1.5. Características

La fracción arcilla está constituida fundamentalmente por minerales denominados filosilicatos de la arcilla. Se trata de filosilicatos hidratados que poseen una estructura cristalina formada por una red de oxígenos organizada en capas tetra y octaédricas. Si se unen una capa tetraédrica y una octaédrica se forma un mineral 1:1, tipo caolinita, y si se unen dos capas tetraédricas alternando con una octaédrica se da lugar a la formación de un mineral 2:1, tipo montmorillonita. En estas capas los iones de silicio y aluminio presentan una coordinación tetraédrica en relación con el oxígeno, mientras que los iones de aluminio, hierro, magnesio, cromo, litio, manganeso y otros poseen una coordinación octaédrica frente al oxígeno o a hidróxilos. Estas estructuras laminares se completan con la presencia de unos cationes de cambio cuya aparición está en función de los déficit de carga existentes dentro de las capas octaédrica y tetraédrica por sustituciones isomórficas.

Un factor diferenciador que establece grupos distintos dentro de los minerales de la arcilla es la estructura cristalina de los mismos. Así, es posible distinguir los grupos de la caolinita, montmorillonita, paligorskita, ilita y clorita.

Existen, además, minerales que presentan una estructura mixta integrada por interestratificaciones regulares o irregulares en las que están presentes, normalmente, dos o más de los componentes típicos. Pero afirmar que los materiales cerámicos están constituidos en su totalidad por minerales de la arcilla no es correcto ya que no hemos de olvidar que contienen una proporción de limos y arenas, en cantidades variables, que serán factores determinantes respecto al tipo de textura. Estas materias primas poseen características propias determinadas, principalmente, por las proporciones granulométricas contenidas y por su estructura sedimentaria. (J. Linares, 1983)

1.1.6. Propiedades

Las propiedades de los suelos lógicamente estarán en función de la presencia de tales tipos de arcillas pero, sobre todo, de las proporciones relativas de sus componentes. Si la tierra es *arenosa*, a pesar de poseer gran estabilidad ante los cambios de humedad o temperatura, la falta de actividad de la arcilla la hará frágil y será presa fácil de la erosión. En cambio, una tierra *arcillosa* tiene una alta cohesión, pero cuando se presentan fenómenos de humidificación y secado continuos, sufre cambios volumétricos capaces de generar fuertes agrietamientos en su constitución (Guerrero, 2002, p. 5). (Guerrero, 2007)

Las propiedades de la grava, la arena y los limos, son totalmente diferentes de la arcilla. Estos son simplemente agregados que no tienen fuerzas de cohesión, y se forman a partir de la erosión de las piedras, o por el movimiento del agua.
El agua es el componente clave ya que es el elemento que activa las fuerzas de cohesión de la mescla de tierra. (Gatti, 2012)

1.1.7. Propiedades de moldeo

El carácter plástico de las arcillas, factor que las convierte en el material idóneo para la fabricación de piezas cerámicas, se debe a su tamaño de partícula, forma laminar y propiedades cristaloquímicas de su superficie, aspectos que permiten que se produzca una interacción con cualquier líquido polar, como por ejemplo el agua.

Las arcillas secas o mezcladas con líquidos apolares pierden su plasticidad. Otro factor determinante de ella, será la presencia en la estructura de cationes de cambio rodeados de moléculas de agua orientadas, imprimiendo mayor o menor plasticidad en función de su poder polarizante.

La *hidratación* de una arcilla se produce al unirse entre sí las moléculas de agua con átomos de oxígeno e hidróxilos de la red silicatada mediante la existencia de puentes de hidrógeno. Esta capacidad de hidratarse la encontramos tanto en la superficie como en los espacios interlaminares provocando un hinchamiento intracristalino. El agua absorbida se dispone de una manera ordenada, siendo más perfecta esta ordenación a medida que nos acercamos a la superficie. En conjunto, pues, una pasta cerámica está constituida por partículas de arcilla que se interaccionan debido a la presencia de una capa de agua, originándose un sistema de fuerzas causantes de la rigidez de la masa. Pese a estas características generales, cada mineral de la arcilla presenta un grado de plasticidad diferente según sus características cristalquímicas. Por tanto, cada grupo de estos minerales a los que hemos hecho referencia con anterioridad se verá modificado por: el tamaño de las partículas, la densidad de la carga superficial, los cationes de cambio, la cristalinidad, la existencia de compuestos no coloidales, sales solubles y compuestos orgánicos presentes en la masa.

Así, la arcilla más plástica es la montmorillonita; ilita y clorita ocupan un lugar intermedio, y la caolinita es considerada como la menos plástica. (J. Linares, 1983)

1.1.8. Ventajas y desventajas

Ventajas

El barro como regulador ambiental: El barro tiene la capacidad de absorber y resorber humedad más rápido y en mayor cantidad que los demás materiales de construcción. Por esto regula el clima interior.

El barro almacena calor: Al igual que otros materiales densos, el barro almacena calor. En zonas climáticas donde las diferencias de temperaturas son amplias, o donde es necesario almacenar la ganancia térmica por vías pasivas, los cerramientos de barro permiten atenuar los cambios de temperatura externos, creando un ambiente interior agradable.

El barro ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental: El barro prácticamente no produce contaminación ambiental en relación a los otros materiales de uso frecuente, para preparar, transportar y trabajar el barro en el sitio se necesita solo un 1% de la energía requerida para la preparación, transporte y elaboración de hormigón armado o ladrillos cocidos.

El barro es un excelente material reutilizable: El barro crudo se puede volver a utilizar ilimitadamente. Sólo necesita ser triturado y humedecido con agua para ser reutilizado. El barro en comparación con otros materiales no será nunca un escombro que contamine el medio ambiente.

- **El barro economiza materiales de construcción y costos de transporte**: Económicamente asequible, es un recurso barato (o prácticamente gratuito) que a menudo ya se encuentra en el lugar donde se realizará la construcción. Generalmente el barro que se encuentra en la mayoría de las obras producto de la excavación de los cimientos puede ser utilizado para la construcción. Si este no contiene suficiente arcilla, será añadida y si contiene mucha arcilla deberá mezclase con arena lo que comportará modificar la composición del barro. Aún cuando debiera ser transportado de otros lugares resulta claramente más económico que los materiales industriales.
- **El barro es un material muy apropiado para la autoconstrucción**: Las técnicas de construcción con tierra pueden ser ejecutadas por personas no especializadas en construcción, se pueden ejecutar con herramientas sencillas y económicas, siendo suficiente la presencia de una persona experimentada controlando el proceso de la construcción.

- **El barro preserva la madera y otros materiales orgánicos**: El barro mantiene secos los elementos de madera y los preserva cuando están en directo contacto con él, debido a su bajo equilibrio de humedad de 0,4 a 6% en peso y a su alta capilaridad. Los insectos y hongos no pueden destruir la madera en esas condiciones ya que necesitan un mínimo de humedad de 14 a 18% y los hongos, cantidades superiores al 20% de humedad para vivir.
- **El barro absorbe contaminantes**: Se ha dicho muchas veces que el barro contribuye a purificar el aire de una ambiente interior, pero hasta el momento esto no ha sido científicamente comprobado. Es un realidad que el barro puede absorber contaminantes disueltos en agua. Por ejemplo existe una planta de demostración en Berlin-Ruhleben que remueve fosfatos de 600m³ de aguas residuales diariamente usando suelos arcillosos. Los fosfatos se pegan a los minerales de la arcilla y son extraídos de los residuos. La ventaja de este procedimiento es que no quedan substancias ajenas en el agua ya que el fosfato se convierte en fosfato de calcio y se puede reutilizar como fertilizante. (Mullor, 2011)

Desventajas

- **El barro no puede considerarse un material de construcción estandarizado:** Su composición depende del lugar de donde se extrae, pudiendo contener diferentes cantidades y tipos de arcilla, limo, arena y agregados. En consecuencia, sus características pueden variar dependiendo de su procedencia y a su vez, la preparación de la mezcla correcta para una aplicación específica. Así pues, resulta necesario saber la composición específica del barro para poder juzgar sus características y modificarlas con aditivos si resulta necesario.
- **El barro se contrae al secarse**: A través de la evaporación del agua de amasado (necesaria para activar la capacidad aglomerante de la arcilla y para poder ser manipulada) pueden aparecer fisuras. La retracción lineal durante el secado oscila entre 3 -12% en técnicas de tierra húmeda (como las que generalmente se utilizan para morteros y bloques de barro) y entre 0,4-2% en técnicas con mezclas secas (utilizadas para el tapial, o bloques compactados). La retracción se puede disminuir reduciendo la cantidad de agua y arcilla, optimizando la composición granulométrica o mediante el empleo de aditivos.
- **El barro no es un material impermeable**: Debe ser protegido contra la lluvia y las heladas, especialmente en estado húmedo. Algunos de los métodos más utilizados para llevar a cabo esta protección consisten en la construcción de aleros, la colocación de barreras impermeabilizantes, o el uso de tratamientos superficiales. Así pues, destacaremos estas tres desventajas en comparación con determinados

materiales industrializados tales como el ladrillo hidrófugo o la cerámica armada, cuyo nivel de terminación resulta mucho más elevado. (Mullor, 2011)

1.2. Propiedades de la tierra como material de construcción

La tierra en la construcción nos puede proporcionar algunas propiedades que brinden confort al hombre, que pueden ser mejores a los sistemas convencionales existentes, entre las principales se consideran:

1.2.1. Habitabilidad

Una casa construida con tierra disfruta de un clima interior de alta calidad gracias a dos de sus propiedades, (térmicas y no contaminantes), proporciona una situación de confort interior que en muchos de los materiales convencionales, (hormigón, Ladrillos, acero, vidrio, etc.) falta.

Se puede decir que la tierra es un buen regulador de la humedad (absorbe y emite la humedad más rápido y en mayor cantidad que los materiales convencionales, los bloques de barro pueden absorber 30 veces más humedad que los ladrillos cocidos en un lapso de dos días.) y además tiene la capacidad de almacenar el calor y equilibrar el clima interior (la tierra tiene la capacidad de balancear la humedad del aire como ningún otro material Una humedad relativa de 50 a 70% tiene muchas influencias positivas: reduce el contenido de polvo fino en el aire, activa los mecanismos de protección de la piel contra los microbios, disminuye la vida de muchas bacterias y virus y disminuye los olores y la electricidad estática en las superficies de objetos) (Minke, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, 2005).

1.2.2. Higroscopicidad

La humedad del aire interior es uno de los factores que afecta al confort y bienestar de los usuarios de una vivienda. Las paredes de tierra son relativamente porosas y pueden absorber o liberar humedad del ambiente, manteniendo durante todo el año una humedad óptima de 40 - 65%.

Imagen 4: Muro de tierra apisonada poroso
Fuente: Informes de la construcción Vol. 63, 523, 143-152,

1.2.3. Inercia térmica

Otra propiedad muy característica de las construcciones de tierra es su inercia térmica o la capacidad de almacenar energía dentro de su estructura para retornarla más tarde. Esto hace que sea un sistema propicio para ser utilizado con éxito en diferentes condiciones climáticas.

Un muro de tierra que ha estado todo el día expuesto a la radiación solar por la noche empiezan a desprender calor que ha ganado durante el día, este proceso dura 10 horas y garantiza agradables temperaturas en el interior de la vivienda.

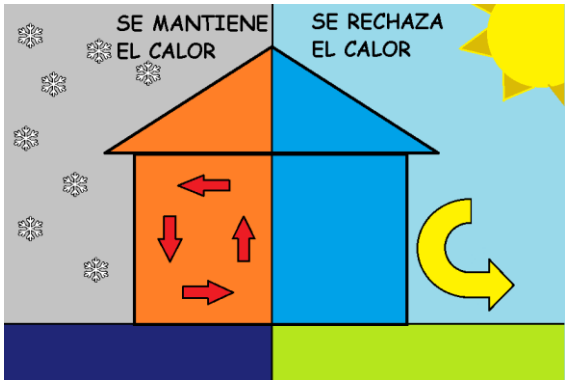


Imagen 5: Inercia térmica
Fuente:http://primeraleydenewton01.blogspot.com/2015/01/tipos-de-inercia.html

1.2.4. Aislamiento acústico

Los muros de tierra transmiten mal las vibraciones sonoras, de modo que se convierten en una barrera eficaz contra los ruidos indeseados.

Las propiedades de aislamiento acústico son mucho mejores que las de muros convencionales.

material	densidad	espesor (m)	Ra (dB)
tapial *fuente: (9)	2.000 kg/m^3	0,30	57,85
btc (9)	1.700 kg/m^3	0,30	56,32
Adobe (9)	1.200 kg/m^3	0,30	53,04
hormigón armado (15)	2.300 kg/m^3	0,30	59,16
hormigón en masa in situ (15)	2.000 kg/m^3	0,30	57,85
bloque de hormigón convencional espesor 200 mm (15)	860 kg/m^3	0,20	46,10
pared de ladrillo macizo (15)	2.170 kg/m^3	0,30	58,61
pared de ladrillo hueco (15)	670 kg/m^3	0,30	47,56

Cuadro 1 : Comportamiento acústico de los materiales
Fuente: Informes de la construcción (S. Bestraten, 2011)

1.2.5. Sostenibilidad

La tierra es un material natural que puede volver a ser reducido a su estado original y depositado sin peligro ni molestias en cualquier lugar. Los edificios de tierra que no están en uso tampoco generan problema de degradación ambiental ni alteran las condiciones bioclimáticas.

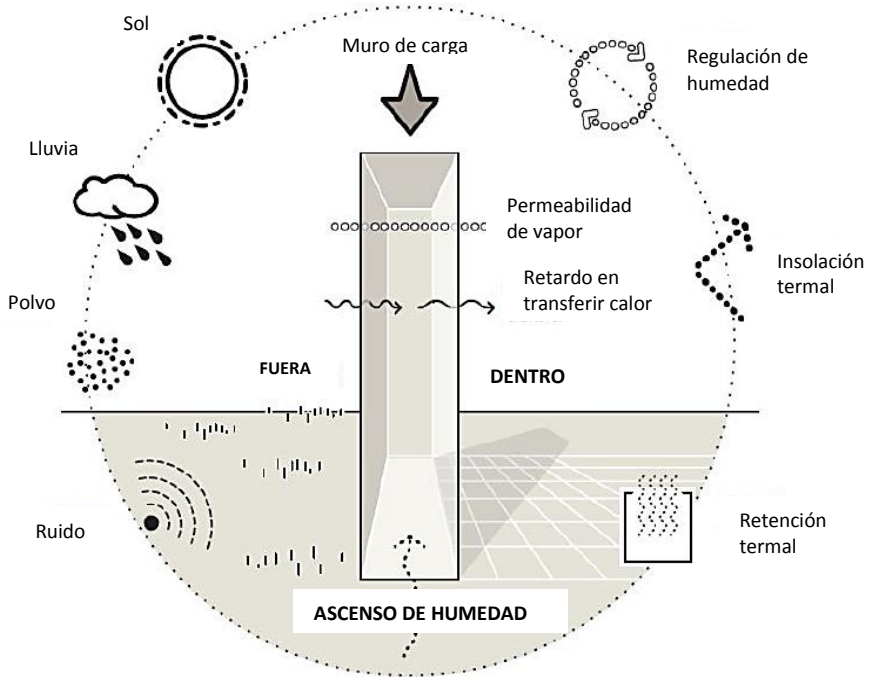


Imagen 6: La tierra como material de construcción
Fuente: (Gatti, 2012, pág. 15)

1.2.6. Salud

La tierra es un material no perjudicial para la salud de las personas, y por tanto tampoco lo es para el medio una vez finalizada su vida útil y deba incorporarse a la biosfera, ya que actualmente la mayoría de los materiales son muy perjudiciales (no emite gases tóxicos). (Gatti, 2012).

1.3. Técnicas de construcción con tierra

- **Clasificación**

A lo largo de la historia se han generado diversas técnicas constructivas en las que se ha empleado la tierra con exclusividad o en combinación con otros materiales de procedencia animal, vegetal o mineral. (Mullor, 2011).

Las técnicas constructivas mediante las cuales se transforma la tierra en un elemento de construcción, pueden ser clasificadas dentro de 3 grandes grupos:

a) Se fabrican pequeños elementos individuales (adobes, bloques o similar) que se unen con mortero para conformar una obra de fábrica.
b) Se trabaja la tierra en masa, moldeando y creando muros de una pieza, que dan lugar a una construcción monolítica.
c) Se recubre o rellena de tierra una estructura construida con un material diferente. (Mullor, 2011)

Estas son clasificadas en función de la plasticidad del material tierra respecto a su aplicación en obra: seco, húmedo, plástico, viscoso o incluso líquido.

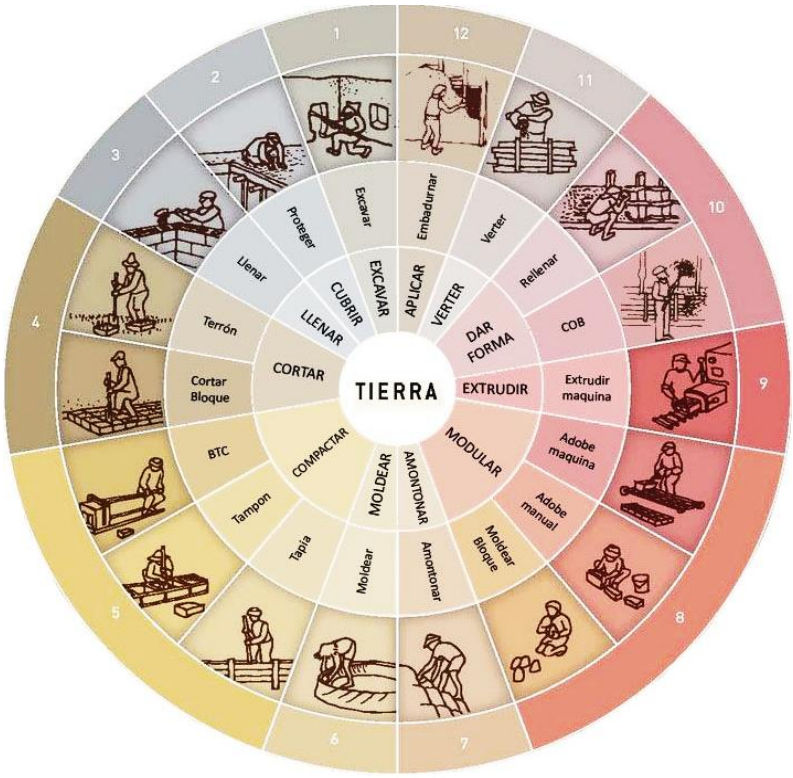
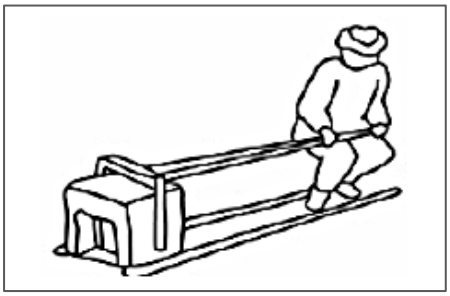
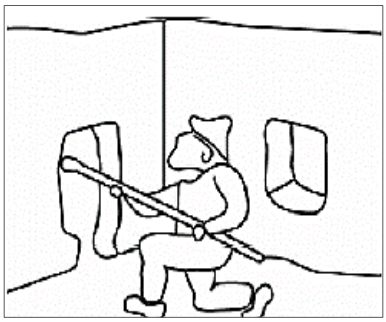
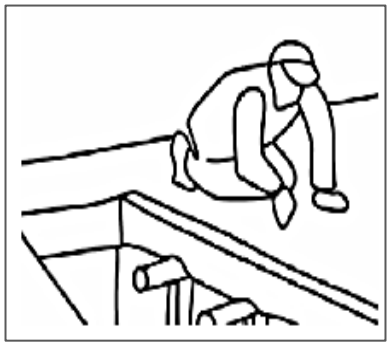
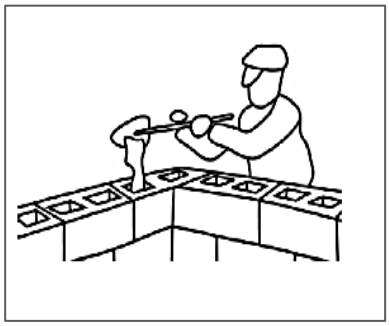
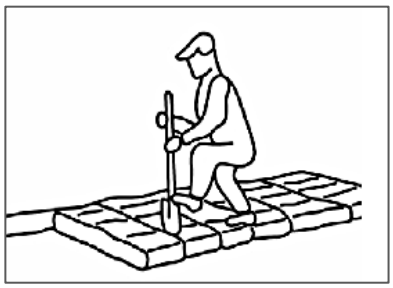
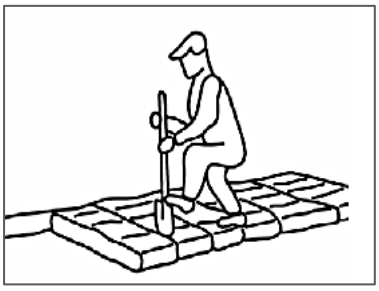
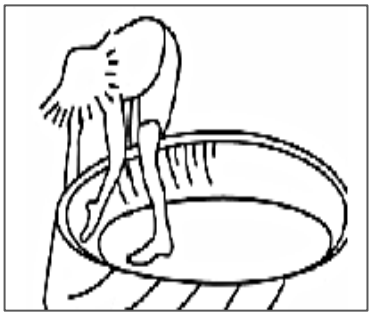
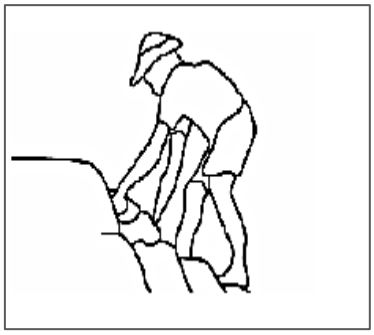
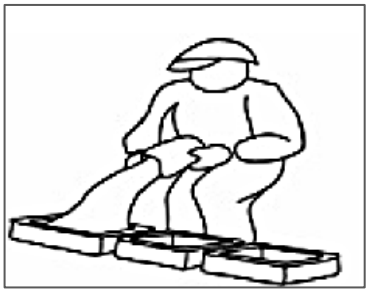
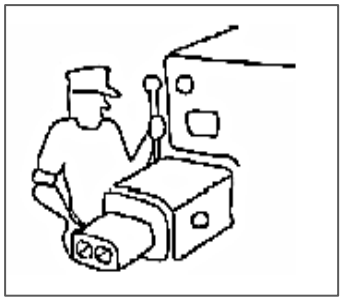
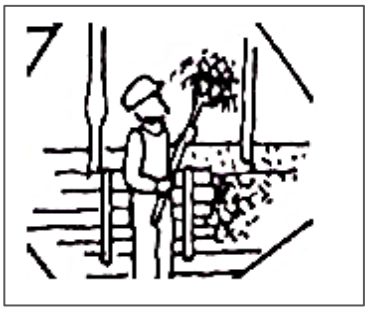
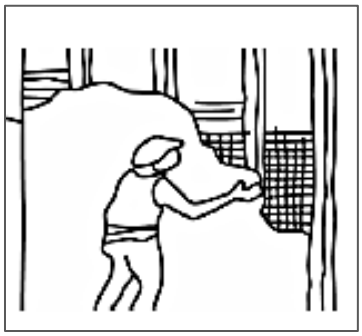


Imagen 7 : Clasificación de tipologías constructivas de tierra de manipulación y transformación.
Fuente: (Gatti, 2012, pág. 22).

Compactar: Los elementos son realizados comprimiendo la tierra en moldes o prensas.	 **Imagen 8**: Compactar **Fuente**: (Mullor, 2011)

Excavar Consiste en la excavación de una o más habitaciones dentro de una colina o debajo del suelo aprovechando el proprio suelo consolidado del sitio elegido, las cuales deben cumplir varios requisitos como un terreno adaptado que consiste en arcilla, areniscas, margas, calizas, conglomerados o roca sedimentaria.	 **Imagen 9**: Excavar **Fuente: (Mullor, 2011)**
Cubrir: La tierra cubre una estructura construida con otro material, utilizado tradicionalmente para cubrir techos en diferentes partes del mundo.	 **Imagen 10**: Cubrir **Fuente**: (Mullor, 2011)
Rellenar: La tierra rellena materiales huecos empleados como encofrado, en este caso sacos.	 **Imagen 11**: Rellenar **Fuente**: (Mullor, 2011)
Recortar: Los bloques de tierra son directamente recortados de la masa terrestre.	 **Imagen 12**: Recortar **Fuente**: (Mullor, 2011)

Recortar: Los bloques de tierra son directamente recortados de la masa terrestre.	 **Imagen 13**: Recortar **Fuente**: (Mullor, 2011)
Modelar: La tierra plástica es modelada manualmente levantado muros generalmente de escaso espesor.	 **Imagen 14**: Modelar **Fuente**: (Mullor, 2011)
Apilar o amontonar: Se forman bolas de tierra que son apiladas para construir gruesos muros.	 **Imagen 15**: Apilar **Fuente**: (Mullor, 2011)
Moldear: La tierra es moldeada con moldes de madera, hierro o plástico y de forma variable.	 **Imagen 16:** Apilar **Fuente: (Mullor, 2011)**

Extrudir: La tierra es extruida mediante la utilización de maquinaria industrial. El material pasa por un tornillo sin fin que ejerce suficiente presión para forzar el material hacia afuera por la boquilla del extrusor.	 **Imagen 17**: Extrudir **Fuente**: (Mullor, 2011)
Verter : La tierra en estado líquido se vierte en encofrados o moldes al igual que un hormigón.	 **Imagen 18**: Verter **Fuente**: (Mullor, 2011)
Dar forma -tierra con paja: El barro arcilloso ligado con fibras constituye un material ligero y muy aislante. El barro se lanza en una estera de ramas, gajos, caña de bambú y se le da forma. Cob: Bolas de tierra se lanzan sobre el muro. Aquí se compactan con los pies y se alisa la superficie exterior.	 **Imagen 19**: Dar forma **Fuente: (Mullor, 2011)**
Aplicar revoque para guarnecer - empañetar *Un revoque es una capa de mortero compuesto de una mezcla de tierra fina, arena y otros aditivos,* aplicados en estado viscoso sobre la superficie de un muro, tabiquería o techo. La gama de colores y texturas es variada, dependiendo de los áridos y los pigmentos empleados.	 **Imagen 20:** Empañetar, revoque **Fuente**: (Mullor, 2011)

1.4. Protección Tradicional De Muros

1.4.1. Consolidación de la superficie

Algunos de los procedimientos sencillos y eficaces ante la erosión que provocan las lluvias y vientos en superficies de muros, se trata de tierra húmeda con cierto grado de plasticidad, las cual se la frota, se puede utilizar la llana con la cual se logra cubrir todos los poros y fisuras y de esta manera queda uniforme la superficie. Esta solución es muy recomendada en ejecuciones in situ, de lo contrario modifica las propiedades del material, si se da un incremento a resistencia por erosión.

1.4.2. Pinturas y lechadas de cal

Las lechadas de cal son aplicadas directamente sobre el paramento sin regularizar. Consistió en una solución muy recurrida a partir de la primera mitad del siglo XIX y se extendió por el territorio español a partir de las medidas higienistas de la época. Sin embargo, este tipo de soluciones como muchas otras sobre soportes de tierra, no presenta una gran resistencia frente a la erosión producida por las lluvias, por lo que era habitual, que en aquellos muros donde el mantenimiento era escaso, los encalados dieran paso a una mezcla entre cal, tierra y agua que mimetizaban las viviendas dentro del paisaje urbano (F.J. Castilla Pascual). Las pinturas para exteriores deben ser impermeables al agua pero a la vez permeables a la difusión del vapor de agua, gracias a una red continua de microcapilares que permita la salida del vapor de agua hacia el exterior.

1.4.3. Calicastrado

El Calicastrado, “costra de sal”, protección de muros muy característico de la península ibérica. Esta técnica consiste en proporcionar el revestimiento durante el mismo proceso de apisonado del tapial, obteniendo de esta forma una tapia reforzada o acerada en sus caras, dónde estos materiales de refuerzo se disponen junto a las caras del tapial, antes del apisonado de cada tongada, quedando así íntimamente ligado el revoco a la masa del muro.

Este contraste, hecho generalmente con una mezcla de cal y arena, recibe el nombre de “malhecho”, y una vez endurecido se le denomina “costra”, y al muro, “tapia con costra” o “caliscostrada”. La mezcla, con una dosificación de una parte de cal por tres de arena, la mayor parte de las veces, se pone en el mismo estado de humedad que la tierra, esta mezcla se coloca a lo largo de lo**s ta**bleros de encofrar y pegada a ellos (Castilla F. J., 2004)

1.4.4. Entablados

No es tan común la aparición de elementos de protección de muros de tierra mediante piezas de otro material, debido a la dificultad de estos para soportar esfuerzos a cortante. Las piezas se reciben directamente mediante algún tipo de mortero o a través de una estructura auxiliar colgada al muro (generalmente suele ser de madera). Es más habitual encontrar esta solución en muros de entramado y relleno de tierra (sistemas mixtos), dónde los elementos estructurales, suelen servir de sujeción al revestimiento exterior, generalmente de tablas (ripias, chillas, latas).

1.5. Revoques

Para (Castilla F. J., 2011)*aquellos revestimientos continuos conformados a partir de una pasta o mortero con consistencia plástica, aplicados con la mano, paleta, llana o proyectados.*

Según (Mullor, 2011) *Un revoque es una capa de mortero compuesto de una mezcla de tierra fina, arena y otros aditivos, aplicados en estado viscoso sobre la superficie de un muro, tabiquería o techo. La gama de colores y texturas es variada, dependiendo de los áridos y los pigmentos empleados.*

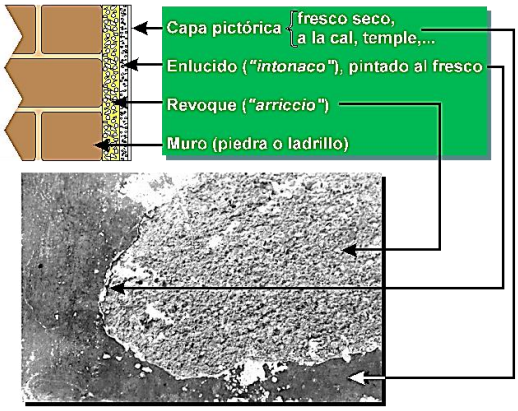


Imagen 21: Revoque
Fuente:http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm

1.5.1. El barro como material de revoque y materiales utilizados

El barro, un material que ha sido utilizado durante miles de años en la construcción y el arte, se podría decir que es uno de los tantos logros de la evolución humana; ya que este material,

ha sabido ser combinado de tal manera que cumpla con uno de los objetivos primordiales del ser humano que es la construcción de sus refugios.

Los tipos de revoques hechos con tierra, tienen una gran elasticidad, y presentan una buena adherencia al momento de ser aplicarlos sobre la superficie soporte. Una de las desventajas de estos materiales es que su resistencia es limitada a la erosión, ya que la misma es mucho más rápida en comparación con otros materiales como el cemento. Una de las soluciones que se da estos problemas es la mezcla del barro con otros materiales; con la adición de áridos como la arena, cal, y productos previamente creados mediante la investigación y procesos industriales. (Peñalosa, 2012)

Morteros de barro: son aquellos que están formados por tierra con contenido variable de arena, limo y una cantidad adecuada de arcilla necesaria para proporcionar adherencia al soporte y cohesión entre los granos de arena, de modo que al amasarla con agua no se produce ningún tipo de reacción conglomerante sino aglomerante. Es un tipo de revestimiento muy adecuado siempre que se eviten las fisuras por retracción, para lo cual es necesaria la adición fibras vegetales o animal.

En revestimientos interiores, más finos, basta con que se añada aserrín, celulosa o corteza de cereales. El mejor embarrado es el compuesto por tierra, cáscara de arroz, orina y excrementos de caballo y asno. Constituyen, muchas de las veces, una base para otro tipo de revoco final o para un encalado y enlucido con yeso como acabados más duraderos. Es un proceso muy utilizado en zonas con bajos recursos económicos, sin embargo la permanente exigencia de renovación, prácticamente anual, genera un mayor interés en la consecución de una mayor durabilidad y ciclos de mantenimiento más prolongados, mediante la incorporación de algún otro tipo de estabilizante. (Castilla F. J., 2004)

1.5.2. Tipos De Revoque

- **Revoque Rayado**: es una pasta rayable que contiene arena natural. Se debe trabajar con una llana de plástico o madera, para que los granos de arena marquen rayas en la masa cuando todavía está húmeda.
- **Revoco Rugoso O Picado:** es una pasta al agua, sin arena, que se puede aplicar con llana, rodillo o pistola. Se consiguen diferentes texturas utilizando: llana, paleta, rodillos de esponja gorda, o de goma, cepillos, cuando todavía está húmeda.
- **Revoco Liso**: es un tipo de revestimiento continuo realizado al exterior de un paramento, con mortero de cal, yeso, cemento o mixto, que consta de varias capas de mortero, tendidas o proyectadas, de la misma o diferente composición y dosificación, y que admite diferentes acabados. (Bustamante, 2013)

- **Revoque Ignífugo**: es aquel tipo de revoco al que se añaden sustancias o materiales, con propiedades de resistencia frente al fuego. Se emplea para revestir todo tipo de estructuras, paramentos, o cualquier otro elemento al que se tenga que incrementar su resistencia o estabilidad al fuego. Es muy utilizado para proteger estructuras metálicas conformadas por elementos de acero. (Bustamante, 2014).

1.5.3. Revoques interiores

Los revoques interiores de barro son menos problemáticos que los exteriores y usualmente no crean problemas si presentan pequeñas fisuras ya que estas pueden ser selladas con pintura. Las superficies para revoques pueden ser alisadas despues del secado con una brocha previamente empapada en agua. Si la superficie reuqiere un revoque con un espesor mayor a 15mm entonces se aconseja aplicar el mismo en dos capas la primera capa debe contener mas arcilla y agregados gruesos que la segunda. Si en la primera capa aparecen fisuras de retracción no es problemático debido a que estas proveen al revoque final una mejor adherencia. (Minke, 2005)

La adición de harina de centeno hace al revoque mas trabajable y aumenta la resistencia de la superficie hacia la abrasión.

1.5.4. Revoques exteriores

Los revoques exteriores expuestos a las inclemencias del tiempo deben ser resistentes a los cambios climáticos o deben protegerse mediante la aplicación de pinturas impermeables. Es importante en climas fríos que el revoque exterior y la pintura tengan buena resistencia a la difusión de vapor para que el agua condensada del muro pueda ser fácilmente transportada hacia el exterior. El revoque exterior debe ser más elástico que la superficie se aplicó para poder resistir influencias hídricas y térmicas sin que aparezcan fisuras. Por lo general en climas fríos no se recomiendan revoques externos de barro a menos que se cuente con un adecuado alero, protección del Zócalo y buena pintura impermeable. (Minke, 2005)

1.5.5. Barro proyectado

Un revoque proyectable de barro alivianado con papel periódico desmenuzado y con un alto aislamiento térmico, fue desarrollado exitosamente por Gernot Minke. Este puede ser aplicado en capas de espesor de 30mm, utilizando bomba común para revoque. Con el objetivo de reducir el tiempo del curado, se añadió a la mezcla un poco de cal y yeso. (Minke, 2005)

1.5.6. Factores que condicionan sus propiedades

- **Distribución Granulométrica** (para evitar el agrietamiento por retracción del mortero es necesario que tenga suficiente arena en caso de que exista exceso de arcilla)
- El **contenido de agua** (para conseguir buena cohesión es necesario humedecer completamente las partículas de arcilla, un exceso puede producir fisuras al momento de secar, la cantidad de agua depende del tipo de arcilla).

- **Aditivos empleados** (por lo general se debe añadir cierta cantidad de fibras, animales o vegetales, aunque en revestimientos interiores, más finos, bastaría con añadir aserrín, celulosa o cortezas de cereales .También se pueden añadir estabilizantes de tipo químico o conglomerantes hidráulicos.

- **Modo de preparación** (Castilla F. J., 2004)

	Revoco de barro, secado naturalmente	**Revoco de cal aérea**	**Yeso**	**Revoco de cemento**	**Fuente**
Descripción	Arcilla, arena, paja	Cal arerea relación 1-3 – 4-5 con la arena mezclada	Yeso, cal hidratada y aditivos	Arena, cemento	
Riesgos	Ninguno	Fuertemente alcalino	Ninguno	Aditivos toxicos del cemento	Ecobis
Peso específico	1700kg/m3	1800 kg/m3	1100 kg/m3	2000 kg/m3	EN
Conductividad térmica	0,8W/Mk	1,0 W/mK	0,51W/mK	1,6W/mK	EN
Coeficiente de resistencia de difusión de vapor de agua	5-10	15-35	10	17-35	EN
Absorción de vapor de agua	50 m^2/12h	22 m^2/12h	7- 10 m^2/12h	Sin indicación	Minke
Resistencia mecánica	1.5 N/mm^2	1.5 N/mm^2	2 N/mm^2	10 N/mm^2	EN
Recursos naturales	Suficiente	Suficiente	Yeso natural limitado, yeso FGD suficiente	Suficiente	Ecobis
Consumo de energía primaria	0,5MJ/kg = 236KW/m^3	1,03MJ/kg - 1,3MJ/kg 515KW/m^3- 647KW/m^3	1,94 MJ/KG = 592KW/m^3	Cemento 3,3- 4,8 MJ/kg	Ecobis
Capacidad de reciclaje	Si	No	Ningún significado	No	Ecobis
Precio m^2/ y mano de obra	Proyectado 14-18 € a mano 18-20 €	A mano 18- 20 €	Proyectado 8-10 € a mano 12-16 €	A mano 18 – 20 €	

Cuadro 2: Comparación de materiales de revoque
Fuente: Eco Habitar nº 29. Primavera 2011

Los muros de adobe requieren un revoque que puede ser de barro, cal o barro estabilizado con cal, cemento o asfalto (bitumen).

No debe aplicarse nunca un revoque de cemento, debido a que este es frágil y quebradizo, así como muy poco flexible y por ello tiende a crear fisuras por las cargas térmicas que expanden y contraen el material y por impactos mecánicos.
Si el agua penetra en estas fisuras el barro se expande y el revoque tiende a desprenderse. En la vivienda más antigua de tierra apisonada construida en Alemania en 1795, se encontró durante trabajos de reparación en 1992 una erosión masiva por congelamiento que destruyó el barro hasta una profundidad de 20 cm, debido a que el agua penetró a través del revoque de cemento que fue aplicado algunas décadas antes. (Minke, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, 2005)

Imagen 22: La Iglesia en Ranchos de Taos, Nuevo México
Fuente: Minke 2005

Construida con adobes en 1815, se revocó con cemento durante una restauración llevada a cabo en 1967. Once años después el revoque de cemento debió ser desmantelado debido a que el barro mostraba daños severos provocados por las filtraciones del agua de lluvias a través de las fisuras.
Si se aplica un revoque de barro, es aconsejable estabilizar la superficie con una lechada de cal o cal-caseína.
Los muros de tapial no requieren revoques, basta alisar la superficie en estado húmedo con una plancha de madera o fieltro y aplicar posteriormente una pintura como protección contra la erosión de la lluvia.
Esta pintura debe ser de cal o cal-caseína y deben aplicarse tres capas. La primera muy aguada debido a que la solución debe penetrar en el muro 2 o 3 mm. (Minke, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, 2005)

Por lo general los morteros de barro se adhieren bien sobre cualquier superficie, no solo de tierra (ladrillo, hormigón, piedra) siempre que sea lo suficientemente rugosa. El mortero de barro no reacciona químicamente con el soporte, por lo que la superficie de contacto ha de ser lo suficientemente rugosa para proporcionar uniones de carácter ***físico***. (Castilla F. J., 2004)

1.5.7. Materiales naturales e industriales más utilizados

- Barro alivianado con paja
- Barro alivianado con agregados de minerales (incrementa aislamiento térmico, se le puede agregar arcilla expandida, vidrio expansivo, piedra pómez)
- Barro alivianado con corcho
- Barro alivianado con madera
- Fibras (pelo de animal, humano, coco, sisal, bambú, paja cortada logra características de retracción y mejora la cohesividad)
- Para lograr impermeabilidad: estabilizadores minerales como; cemento, betunen, silicato de sodio, cal y sintéticos como, resinas, parafinas, ceras, látex.

1.5.8. Métodos de estabilización de tierra

Se conoce así a los métodos que son utilizados para el mejoramiento de la tierra para construcción, son las diferentes acciones que se emprenden cuando se ve que los ensayos con tierra adquieren características que no resultan apropiadas para ser utilizadas en la construcción.

Son métodos que a través de la experiencia de siglos han permitido la alteración de la respuesta constructiva de la tierra mediante el agregado de componentes adicionales que perfeccionan sus posibles debilidades. Además, estas técnicas pueden dar un beneficio adicional al incrementar las capacidades de suelos cuyas relaciones granulométricas sean de por sí adecuadas.

Se han agrupado los métodos de estabilización dentro de dos conjuntos, en función del origen de los materiales que se agregan y de su interrelación con el suelo original. Se trata de los procesos denominados homogéneos y los heterogéneos. (Guerrero, 2007)

ESTABILIZACIÓN				
MODO	**CARÁCTER**	**OBJETIVO**	**MEDIO**	**EJEMPLO TIPO**
Recomprimir	Mecánico	Crear un medio denso	Densificación	Compactación Corrección Granulometría
Estructuración	Mecánico	Crear una estructura omnidireccional	Fibras	Paja Fibra de coca Pelusa Fibra de polyester
Encadenamiento químico	Químico	Crear un esqueleto inerte	Elástico	Cemento Cal muerta Resinas
Ligamento químico	Químico	Formar ligamentos químicos estables	Elástico	Cal muerta Cenizas volátiles
Impermeabilización	Químico	impermeabilizar	Impermeabilizante	Mezclar con solución bituminosa
Hidrofugantes	Químico	Tapar poros	Hidrofugantes	Aminoácidos cuaternarios

CUADRO 3: Estabilización de suelos tras ensayos del Instituto Eduardo Torroja
Fuente: (Mullor, 2011)

1.5.9. Procesos homogéneos

Los métodos de estabilización de tipo homogéneo consisten en la modificación de las proporciones relativas de la granulometría natural del suelo a través de agregado de los componentes que presentan un déficit.
Para lograr un equilibrio, se puede estabilizar el suelo agregando una mayor cantidad de arcilla hasta lograr su acondicionamiento óptimo.

Se presenta también un tipo de suelo excesivamente inestable, lo que se evidencia por la aparición de fisuramiento durante el secado, como consecuencia de las fuertes modificaciones derivadas del hinchamiento y la retracción volumétrica. Esta condición se puede deber a que el tipo de arcilla que contiene es muy activo o a que posee demasiada arcilla en comparación con la cantidad de limo y arena. (Guerrero, 2007)

1.5.10. Procesos heterogéneos

Los métodos de estabilización de tipo heterogéneo consisten en agregar al suelo componentes ajenos a su condición natural, los cuales le confieren propiedades estables ante la presencia del agua. Estos procesos se pueden dividir en tres subgrupos en función de su forma de actuación sobre el suelo:

- estabilizantes por consolidación,
- estabilizantes por fricción y
- estabilizantes por impermeabilización. (Guerrero, 2007)

1.6. Consolidantes

Los estabilizantes por consolidación proporcionan ayuda a las arcillas en la acción aglutinante que ejercen sobre las partículas inertes del suelo. Es decir, forman cadenas con los limos y arenas para mantenerlas unidas, con lo que se complementa el trabajo de las arcillas.

1.6.1. Cal

El mejor estabilizante por consolidación con que se cuenta y cuya eficacia ha sido probada a lo largo de los siglos en todo el mundo, es la cal.
Como es sabido, durante el proceso natural de carbonatación de esta substancia, que se denomina químicamente hidróxido de calcio, sirve de liga a las partículas del suelo aumentando su resistencia a la comprensión y cortante, además de disminuir sus niveles de absorción hídrica y, por lo tanto, su posible retracción al secado.

La **cal** presenta la cualidad adicional de no modificar la porosidad de la tierra, con lo que se mantiene tanto su capacidad de adherirse a otros materiales constructivos como su virtud de permitir *el intercambio de aire y vapor de agua con el medio ambiente*, que la hacen funcionar como un sistema natural de control higrotérmico(relación entre el calor corporal y el medioambiente- es fundamental para que las actividades laborales se realicen del mejor modo y en sintonía con el bienestar del trabajador).

Imagen 23: Revoco de cal en muros de adobe y tapia
Fuente: (Castilla F. J., 2011)

Se ha utilizado (tanto interior como exterior) un revoque de cal, arena (1:4) y paja (un punado por palada de arena) y sobre este a las 24h y tras humedecerlo de nuevo un acabado igual pero en proporciones 1:2 (con la misma cantidad de paja). (Castilla F. J., 2011)

Para ello se requiere muy poca cantidad de cal para estos procesos.
Se ha comprobado que agregar volúmenes excesivos no incrementa la resistencia del material resultante e incluso puede generar efectos imprevistos al inhibirse la forma natural de trabajo de las arcillas.

Estudios llevados a cabo en la Universidad Federal de Bahía con miras a determinar el efecto de la composición mineralógica de las arcillas dentro de sistemas compactados de suelo-cal.

En esas investigaciones se desarrollaron diversos ensayos con probetas en las que se agregaron como estabilizantes fracciones de cal que variaban entre 0 y 12%.

Entre los resultados obtenidos destaca el hecho de que, para determinados tipos de suelos, se pudieron obtener *incrementos en la resistencia de la compresión* simple que pasó de 6 hasta 15 kg/cm². Además se puso en evidencia la *disminución de la contracción* de las mezclas debido al secado, así como *la limitación en la acumulación de agua*. Las mejores respuestas se consiguieron agregando solamente entre **4 y 8% de cal**. (Guerrero, 2007)

1.6.2. Cactus de tuna o baba de nopal

Mucilago de tuna (cactus de la familia *Opuntia Ficus indica*), usado tradicionalmente en numerosas zonas de Sudamérica como consolidante y/o aditivo. Reduce la aparición de bacterias.
En el caso de México y Perú todavía pervive la costumbre de usar la pulpa del cactus de tuna –baba de nopal– que desde la época prehispánica formaba parte de los adhesivos tanto para el manejo de la tierra utilizada como material constructivo como para el caso de los revoques y pinturas a la cal. (Guerrero, 2007)

Imagen 24: Tratamiento del mucílago de nopal
Fuente: Técnicas de construcción con tierra (Proterra)

Para su preparación es necesario remojar en agua las rebanadas de las pencas, se deben remojar durante varios días , el líquido resultante de la maceración de las pencas de nopal (Opuntia ficus-indica) en agua en relación 1:1 durante 72 horas, posteriores a las cual se retira toda la materia sólida por filtrado, queda listo para su aplicación.(Aranda-Jiménez & Suárez-Domínguez, 2013).

1.6.3. Aceite de linaza

El aceite de linaza ha sido utilizado desde tiempos inmemoriales para la producción de bases para pinturas y en la actualidad todavía la base por excelencia en las pinturas de aceite.

Es un líquido viscoso y amarillento que se obtiene por prensado en frío y ocasionalmente tratado con disolventes de las semillas secas de la planta conocida por linaza (Linum usitatissimum, Linaceae) de la cual se utiliza también el tallo para obtener fibras que sirven de base para la tela conocida como lino. Este aceite vegetal endurece al aire muy lentamente y nunca llega a ser completamente rígido y mantiene cierta plasticidad, por esta razón se ha usado extensamente para la preparación de masillas de relleno cuando se le agrega algún polvo para darle cuerpo. Esta misma propiedad es la que hace que sea una excelente base para las pinturas al mantener cierta flexibilidad por largo tiempo.. Es el tratamiento de lujo de las maderas y su terminación puede durar meses. Cuando el aceite de linaza se hierve, se polimeriza parcialmente y el secado posterior al aire se realiza mucho más rápido, es entonces cuando se convierte en base para pinturas y adquiere carácter de barniz por sí mismo. (Chavez, 2009).

1.6.4. Acryloid B-67

Resina emulsión acrílica de metacrilato de isobutilo. Se aplica diluido en dietilo de benceno (5%) para permitir una completa impregnación. Entre sus desventajas esta la poca penetración y cambios de color y brillo en la superficie del revestimiento. (Castilla F. J., 2004)

1.6.5. Conservare OH

Stone strengthener silicato de etilo y metil etil cetona y acetona (no es un producto hidrófugo) es un producto que se puede aplicar superficialmente (pulverizado) y que desde hace 30 años parece efectivo en las consolidaciones de construcciones de tierra. Es un compuesto en parte orgánico, pero tras el curado la sustancia depositada es completamente inorgánica. Reacciona generando fuertes enlaces químicos entre las partículas de arcillas, evitando la separación de las láminas de arcilla en presencia de agua. Se produce un aumento de la resistencia a la erosión del agua, sin ser hidrófugo y permitiendo el paso del vapor por microporos. No funciona bien aplicando sobre superficies húmedas y no es adhesivo. (Castilla F. J., 2004)

1.6.6. Fibras – fricción

Llamados estabilizantes por fricción sirven para conformar una especie de “red” a la que se adhieren las partículas del suelo y que controla su desplazamiento, dilatación y retracción durante el fraguado.
Modifican los patrones de agrietamiento derivados de cambios de humedad y temperatura mediante el trazado de un sistema de microfisuras que no afectan la estabilidad del conjunto.

Esta “red” se desarrolla mediante la introducción de materiales fibrosos que pueden ser de:

Origen Vegetal :

- paja de diferentes gramíneas,
- virutas de madera,
- acículas de pináceas,
- cáscaras de coco,
- tallos del maíz
- fibras de sisal(penco)

Origen animal

- Lana de ovejas o cabras,
- Crines de caballo,
- Pelo de llama
- Cabello humano.

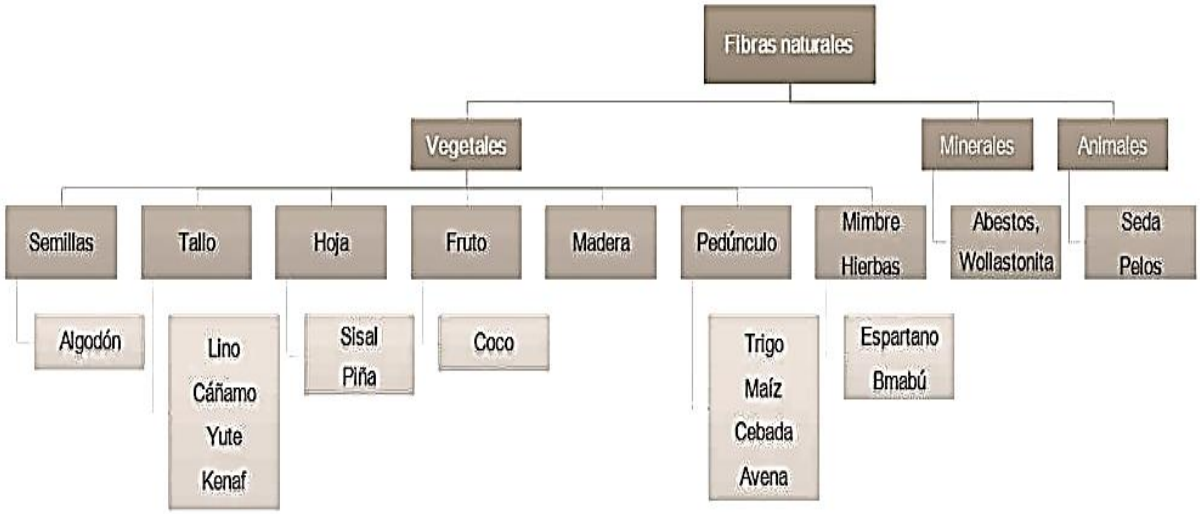
Existe una tradición muy difundida de utilizar: estiércol de caprinos, camélidos, bovinos o equinos, argumentando que estos materiales mejoran la maleabilidad y adherencia de las mezclas. Sin embargo, su principal función desde la perspectiva de la estabilización radica en la incorporación de fibras vegetales que han sido trituradas por el ganado y que son de fácil obtención en los sitios rurales.

Es importante hacer notar que las fibras han de utilizarse en condiciones secas ya que de lo contrario se corre el riesgo de que se pudran con lo que, además de disminuir todas sus cualidades, son causa de deterioros posteriores en las estructuras por los microorganismos que generan.

Se recomienda utilizar paja cortada en tramos de aproximadamente 10 cm de longitud y en una proporción de alrededor de 1% en peso, lo que significa una relación de un volumen de paja por dos de tierra, ambas en estado seco y sin comprimir.

La paja o cualquier otra fibra que se utilice para estabilizar la tierra, cumple su función principal en el momento de la elaboración de elementos constructivos, que es cuando se *busca evitar la aparición de fisuras*.

Asimismo, las fibras modifican la textura de los componentes constructivos haciéndolos más ásperos, con lo que se *incremente la adherencia* entre ellos y con el resto de los componentes estructurales y los revestimientos. (Guerrero, 2007)



Cuadro 4 : Clasificación de fibras naturales
Fuente: (Gonzalo, 2012)

La composición química de las fibras va a determinar propiedades como la tensión o el Módulo de Young, los que aumentan a medida que el contenido de celulosa es mayor:

- La celulosa es el componente predominante en las fibras. Consiste en un polímero lineal, formado por monómeros de glucosa (β-glucopiranosa). Las moléculas de celulosa se unen entre sí a través de puentes de hidrógeno formando microfibrillas. Confiere resistencia mecánica a la fibra.
- Las hemicelulosas, son polímeros formados por monosacáridos (pentoxas y hexosas) y ácidos urónicos. Son moléculas ramificadas y de menor longitud que las de celulosa. Su grado de polimerización es de 10 a 100 veces menor que el de la celulosa. La hemicelulosa actúa como matriz soporte para las microfibrillas de celulosa en la pared celular, encontrando algunas hemicelulosas asociadas a la porción celulósica y otras asociadas a la lignina. Regulan la humedad y dan flexibilidad a la fibra.
- Las ligninas son polímeros en red formados por unidades de fenilpropano, amorfos, hidrofóbicos y termoplásticos. Mantienen las fibras unidas y regulan el contenido de humedad. Aportan rigidez a las plantas.

El uso de las fibras naturales en construcción como alternativa a las sintéticas está aumentando notablemente en los últimos tiempos, debido a las múltiples ventajas que éstas presentan:

- La gran producción neta anual.

- El posible aprovechamiento de residuos generados en la cosecha de cultivos como el trigo, la cebada… que de otra manera son excedentes a los que no se les da salida.
- La escasa energía que se necesita para su producción: las fibras naturales necesita menos del 10% de la energía empleada para la producción de fibras de polipropileno, en torno a 90 GJ/t,
- El escaso impacto medioambiental que suponen: son biodegradables.
- El bajo coste económico de su obtención. (Gonzalo, 2012)

1.6.7. Hidrofugantes – impermeabilización

Los estabilizantes por impermeabilización tienen la función de conformar una especie de 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.

Las substancias que históricamente han mostrado mejores resultados como “repelentes” son:

- Las grasas de origen animal: sebo de res , leche.
- Las de origen vegetal: aceites de girasol, linaza y oliva, y finalmente, los materiales bituminosos como el asfalto (Están constituidos por hidrocarburos. Son los betunes y alquitranes).

Al igual que sucede con el resto de los estabilizantes, la cantidad que se utilice debe ser muy moderada para que no se interfiera el comportamiento normal de las arcillas, si se agregara demasiado impermeabilizante en una mezcla de barro, las arcillas no se activarían y dejarían de funcionar como aglomerante del conjunto.

Para el caso del aceite de linaza y del asfalto conocido comercialmente como rc-250 o rc2– existen especificaciones que consideran que una proporción de 0.5 a 2% en peso de la tierra seca funciona bastante bien para la mayoría de los suelos.

Estos tipos de estabilizante se suelen utilizar a temperatura ambiente haciendo una emulsión en el agua que posteriormente se adicionará para hidratar el barro. Es obvio decir que entre más eficiente sea el mezclado, los resultados serán más homogéneos y duraderos.

Finalmente, hay que recordar que la tradición constructiva ha demostrado que estos sistemas de estabilización pueden ser utilizados de forma aislada o en conjunto, por lo que, si se manejan en las proporciones adecuadas, son plenamente compatibles. (Guerrero, 2007)

Imagen 25: Comparación entre la retracción de un revestimiento de barro con paja y sin paja.
Fuente: (Guerrero, 2007)

Cuando se decida utilizar fibras además de las grasas, cal o mucílagos**,** es importante realizar la mezcla con estas substancias primero y posteriormente agregar las fibras, para evitar que se adhieran a ellas y lograr además una distribución adecuada. También sucede que una misma substancia estabilizante puede cumplir varias funciones de manera simultánea, como en caso del mucílago de tuna o el hidróxido de calcio que, aparte de servir como adhesivos y fluidizantes de las mezclas, evitan en cierta medida la penetración de la humedad. (Guerrero, 2007)

Imagen 26: Revoque de barro en rehabilitación de casa museo San Isidro NM, EEUU 07-1998
Fuente: (Castilla F. J., 2011)

1.6.8. La preparación del barro y su aplicación en la actualidad.

La **tierra** arcillosa abunda en las inmediaciones de los edificios en zonas rurales, no obstante la mayoría de las veces, el material se extraía de un lugar “comunal” .

La **paja** que se obtiene hoy en día cortada por procedimientos mecanizados resulta demasiado larga para esta aplicación, de modo que es necesario trocearla. La longitud idónea de las fibras es difícil de determinar, a menudo depende exclusivamente del grueso de la capa de embarrado que se va a aplicar y de la comodidad en su manejo para el amasado. En este sentido es más adecuada la paja procedente del trillo tradicional, que lleve más de un año cortada. La de cebada es más propicia al ser más rígida y los trozos no deben sobrepasar los 5cm de longitud.

La **preparación del barro** se realiza en una zona de terreno plano y limpia de otros elementos vegetales. Una vez amontonada la tierra se añade agua y se deja que empape bien (se puede dejar reposar durante un día), la cantidad y el tiempo depende de los *terrones* que tenga. Esto permitirá que se deshagan con mayor facilidad al *pisarla.* Si la tierra contiene gravas de tamaños superiores a los 2 cm se puede cribar previamente, aunque tradicionalmente el material a utilizar se elegía preferentemente para conseguir un máximo aprovechamiento, evitando tener que realizar esta labor y las piedras, bolos o partículas de gran tamaño se retiraban manualmente.

Una vez deshechos los terrones se añade la paja y se continúa el *pisado)*, que como se ha descrito en los texto anteriores se puede realizar con animales. Para las cantidades que suelen amasarse, se realiza por los propios operarios con unas botas de goma. Una vez preparada la mezcla se deja reposar para que todos los componentes se empapen homogéneamente, generalmente uno o dos días, para lo cual es conveniente protegerla de la insolación directa.

Por lo general el embarrado necesita un ligera adición de agua en el momento previo a su tendido para conseguir la consistencia (trabajabilidad) deseada para manejarlo con la paleta o la llana . Normalmente esta consistencia es adecuada cuando el barro no se descuelga con facilidad de la paleta colocada en vertical.

La **preparación del muro** debe realizarse limpiándolo de partículas disgregadas o gravas sueltas, especialmente en el caso de muros de tapia. Si se presentan huecos o desprendimientos importantes, a veces de 10 a 20 cm de profundidad, es necesario recomponer la sección del muro; tradicionalmente se utilizaban adobes, por lo que es fácil encontrar combinaciones de estos materiales, y más recientemente ladrillos cerámicos, que en muchos casos son huecos, colocados a panderete (de 4 a 12 cm de grueso) y que aun

no siendo la solución más idónea es la más frecuente en pequeñas construcciones, dada la accesibilidad y familiaridad en el manejo de este material.

Para asegurar la adherencia por lo general no es necesario picar el paramento, los muros de adobe presentan suficientes irregularidades entre juntas y bloques y las tapias, erosionadas con el paso del tiempo dejan a la vista los áridos de mayor tamaño que sirven como llaves de unión con el paramento. Tan sólo en los casos en que las tapias presentan un buen grado de compactación y superficies lisas, así como en las fábricas de ladrillo, la adherencia no es satisfactoria, siendo necesario algún mecanismo adicional para mejorarla (picoteado, colocación de mallas, incorporación de aditivos) tal como se ha descrito en el capítulo anterior, aunque en el caso de los embarrados es muy poco habitual. Asimismo el muro deberá estar suficientemente seco en el interior, para evitar un exceso de presión de evaporación sobre el revestimiento, aunque este sea poroso; no obstante, la superficie del mismo puede ser humedecida en el momento de la aplicación, para evitar una excesiva absorción del agua del mortero.

La **aplicación del embarrado** suele realizarse en una sola capa de 1 a 2 cm de espesor, mediante paleta, lanzando con fuerza el mortero contra el muro o mediante llana, para que penetre en las fisuras del soporte y alcance una mayor adherencia debida al impacto. Las aristas se deterioran con facilidad por lo que es conveniente redondearlas o reforzarlas con elementos rígidos. (Castilla F. J., 2004).

1.6.9. Definición de la calidad del revoque

La calidad de un revestimiento de fachada es el resultado de una serie de características que debe poseer este elemento constructivo, y que se consiguen, no sólo por la calidad del material de revestimiento, sino también imprescindiblemente por la calidad de las operaciones que comprende su puesta en obra:

La preparación del soporte

La aplicación del revestimiento

La protección del revestimiento mediante otros elementos constructivos

La calidad del revestimiento puede ser determinada a través de la evaluación de aquellas características de que depende la aptitud de un revoco para cumplir sus principales funciones:

- Proteger de la lluvia e impermeabilizar
- Proteger de choques y rozamientos y consecuentes erosiones el elemento resistente
- Mejorar el aspecto del muro, disimular sus defectos y unificar el color

Según la ANFAPA (Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales) los parámetros a estudiar serían los siguientes:

- Función de impermeabilidad

Un revestimiento consigue un grado de "impermeabilidad" óptimo cuando no se forman fisuras en el mismo, posee un nivel adecuado de permeabilidad y su adherencia al soporte es buena.

- Resistencia a la fisuración

La sensibilidad que tiene un revoco al agrietamiento y a la fisuración depende, de forma importante, de las tres características siguientes:

- Retracción.

Módulo de elasticidad.
Resistencia a la tracción.

Los revoques fabricados con arcilla experimentan durante el secado retracciones en su masa que provocan tensiones internas, que pueden dar lugar, si éstas superan las fuerzas internas de cohesión, a fisuraciones más o menos pronunciadas que van desde microfisuras o cuarteamientos a grietas claramente declaradas.

El módulo de elasticidad caracteriza la capacidad de deformación del material endurecido bajo el efecto de las tensiones que actúan sobre él. El módulo de elasticidad es tanto mayor cuanto menos elástico o más rígido sea éste. Aunque una cierta elasticidad es deseable, para poder absorber posibles movimientos diferenciales del soporte sin fisurarse.

Por último, la resistencia a la tracción pone de manifiesto la cohesión del material, es decir, la fuerza que se opone a su ruptura.

Cada una de estas características consideradas aisladamente, no permite apreciar la sensibilidad a la fisuración de un revoco. Su comportamiento es el resultado de unir los tres parámetros.

- **Grado de permeabilidad**

Los revocos forman una barrera física que reduce la velocidad de penetración del agua de

lluvia por la pared revestida, pero no impiden totalmente su paso (es decir, no son estancos); normalmente la cantidad de agua absorbida por capilaridad por el revoco durante el período de lluvia se elimina a continuación en fase vapor durante el período de secado. Los revoques no conservan, sin embargo, la impermeabilidad en caso de fisurarse el soporte. Pero, al mismo tiempo, los revocos deben permitir la evacuación del vapor de agua que se forma normalmente en el interior del edificio y que, en gran parte, se elimina a través de los muros o cerramientos, especialmente cuando estos son de tierra, en cualquiera de sus modalidades.

La resistencia que ofrece un revoco a que el agua penetre por capilaridad se valora experimentalmente por el coeficiente de capilaridad del material, que mide la velocidad a que el revoco absorbe agua por este medio, y que en consecuencia debe ser bajo.

Por su parte, la medida de la permeabilidad al vapor de agua sirve para cuantificar la facilidad que tiene el revoco para permitir el paso del vapor de agua.

Ambos parámetros, capilaridad (capacidad de un mortero para absorber agua líquida de forma natural, sin aplicarle presión) y permeabilidad al vapor (flujo de vapor de agua que pasa a través de un mortero por unidad de superficie y unidad de diferencia de presión, en condiciones estacionarias), condicionan el grado de permeabilidad de un revoco.

- **Adherencia al soporte**

La adherencia del revoco al soporte es una característica intrínseca del material que puede ser valorada, en el momento de su puesta en obra, por la pegajosidad o adherencia instantánea y a largo plazo, medida en ensayos de tracción perpendicular.

En los revestimientos realizados con conglomerantes hidráulicos, la adherencia depende también del poder de retención de agua del material, o capacidad para conservar el agua de amasado frente a la succión ejercida por el soporte y la evaporación del ambiente y que, si es suficiente, evita la pérdida prematura del agua que el mortero necesita para el fraguado. En el caso del barro, este parámetro es menos importante, dado que no se produce fraguado sino secado, no obstante es deseable el mínimo contenido de agua para evitar el efecto de retracción mencionado.

La adherencia del revoco depende también, de forma importante, de las características de rugosidad del soporte y de su preparación (limpieza, humidificación, colocación de una

capa de anclaje o imprimación, etc).

No se debe despegar por las variaciones dimensionales diferenciales que se producen normalmente en una fachada por la acción de la intemperie (humedad, calor, hielo, etc.), dilataciones y contracciones, principalmente de origen térmico y por los movimientos eventuales del soporte. Debe resistir sin despegarse de las solicitaciones mecánicas, usuales en un revestimiento de fachada y la presión de vapor que se origina eventualmente entre el soporte y el revestimiento, especialmente en el caso de los muros de tierra, a menudo afectados por humedades de capilaridad

- **Características estéticas**

En la mayoría de los casos es deseable que el mortero posea una coloración y textura uniformes, debiendo estar libre de manchas y eflorescencias.

En algunos casos la carencia de homogeneidad puede ser un recurso estético interesante, por lo que esta característica no es exigible siempre que sea intencionadamente. La valoración de este tipo de características suele ser cualitativa en muchos casos.

Debe resistir la acción de los agentes exteriores, golpes, desgaste, vibraciones, punzonamientos, etc. Los ensayos a realizar para valorar estos parámetros son tan variados como el origen de los posibles agentes erosivos, aunque en general su resultado es previsible, resultando de la combinación de las características anteriores.

Aparte de estos parámetros propios de un revestimiento, dadas las características de partida de la tierra como material de construcción, disponible casi en cualquier parte, reciclable y teniendo en cuenta las condiciones habituales de utilización del material, además es deseable que el revoque con sus posibles estabilizantes tenga:

- Disponibilidad del material
- Facilidad de aplicación
- Capacidad de reciclaje (Castilla F. J., 2004)

1.7. Uso de tierra para revoques sobre muros de adobe Ecuador- Loja

En Ecuador con la llegada de los españoles recibe todo ese bagaje cultural y con él, el uso del barro crudo en la construcción de viviendas el cual tuvo una referencia importante en las

culturas aborígenes, particularmente en las zonas áridas, donde la lluvia no existe o es muy limitada. En estas zonas se desarrollaron edificaciones monumentales como templos, centros funerarios, y rituales hechos de barro, donde las denominaban huacas, hechas de muros con tapial que aún perviven después de más de mil años de existencia. En las áreas tropicales de intensas lluvias, el barro crudo fue recubierto con cal y aglutinantes impermeables tales como zábila, el cardón, la tuna, que mezclados con barro y cal daban una excelente protección al muro de muros.

Tanto a nivel nacional como local, los revoques por tradición se los realiza con el mismo tipo del muro pero se utiliza el agregado más fino, arena, limos y un porcentaje de arcilla, también se utiliza materiales como el cemento y cal con el propósito de proteger estos muros. (Bailon & Espinosa, 2015)

Actualmente los registros en el Ecuador, indican que el 15,9% del total de las viviendas particulares, son construidas con tecnología de tierra, se trata de construcciones en adobe, tapia, bahareque, y madera. En la región de los Andes existe la mayor cantidad de viviendas construidas con este material; y del total de viviendas de tierra, las construcciones de bahareque representan el 22,34% a nivel nacional.

En Saraguro Cantón de la provincia de Loja, el uso de la tierra en combinación con la madera y piedra, ha sido el principal tipo de construcción de viviendas hasta finales del siglo XX, debido a su facilidad de construcción, accesibilidad a la materia prima, al conocimiento ancestral, la solidaridad de los diferentes familias a la hora de construir sus viviendas (las mingas), y el bajo costo que significaba construir con tierra. (Vacacela, 2016)

Según datos del censo del año 2010 realizados por el INEC, de donde se obtienen los datos, nos demuestran que en la actualidad las viviendas particulares, en la parroquia de Saraguro y San Lucas, construidas con tecnología de tierra, superan a las construcciones de otras tecnologías. Los datos muestran que el 5% de las viviendas de Saraguro, actualmente son de bahareque y de igual manera en la parroquia San Lucas es el 7%, otro dato interesante es que, además viviendas de adobe o tapia, que son tecnologías en tierra que en Saraguro son el 70% y el 84% en San Lucas.

Es decir el material que predomina en las viviendas de Saraguro y San Lucas es **tierra**, en sus diferentes tecnologías ancestrales; sin embargo, esto no significa que se continúe construyendo con la misma tendencia, por el contrario, se puede apreciar visualmente en campo, que las familias actualmente están optando por otros sistemas constructivos, como la albañilería, y el metal, debido a diversos factores; mientras que, las construcciones con tierra aún existen pero están siendo ocupadas para otros fines.

Imagen 27: Desprendimiento de material de recubrimiento y de relleno, por acción del agua.
Fuente: (Vacacela, 2016)

1.7.1. Vivienda de bahareque de galluchaqui, Saraguro

- **Selección de fibras vegetales**

El mayor agregado de fibra vegetal utilizado para las construcciones con tierra en general es la paja del páramo, para ello las personas realizan una selección visual de las especies más resistentes y finas; se la denomina “sacama”.

Sin embargo es difícil encontrar esta especie puesto que crece solo en ciertos lugares.

La fibra se emplea de distintas maneras y momentos diferentes de la construcción; para el caso del Bahareque, una vez que el barro este en reposo se añade la paja y se forman bolas de lodo para luego aplicarlas sobre el entramado. La paja de paramo se emplea al momento del revoque para darle consistencia evitar excesivas fisuras

Además de la paja se ha empleado también la jarcia o fibra de maguey; esta práctica no fue muy popularizada, porque el proceso hasta obtener el producto es bastante laborioso y demanda más tiempo; y debido a las grandes cantidades que se requieren para una construcción, la mayoría ha optado por la primera alternativa.

Para ciertas construcciones también llegaron a emplear tallos de trigo, sin embargo esta fibra es quizá la menos utilizada, por la baja resistencia de la fibra. (Vacacela, 2016)

- **Mezclado de paja y barro.**

Con el fin de evitar las fisuras y otros inconvenientes los maestros optaron por incorporar aditivos, como mezclar la tierra húmeda con trozos de paja (15 cm aproximadamente); pasto que crece en abundancia en los páramos andinos, además el uso de este material ayuda a evitar la contaminación, pues sus restos se degradan de forma natural y en poco tiempo sin causar ningún daño al ambiente o pueden ser utilizados como abono orgánico, dependiendo del lugar también se utilizaban tallos de avena y trigo. (Vacacela, 2016)

Imagen 28: Elaboración de barro in situ
Fuente: (Vacacela, 2016)

Cabe recalcar que previo al embarre el lodo debe estar preparado y en cantidad suficiente. El barro se deja reposar por alrededor de 48 horas antes de aplicar el embarre. El día del embarre nuevamente se mezcla el barro y se agrega trozos de paja o trigo picado.

Imagen 29: Revoque de tierra en paredes
Fuente: (Vacacela, 2016)

- **Revoque del bahareque**

Imagen 30: Desprendimiento del revoque
Fuente: (Vacacela, 2016)

Para lograr una mejor adherencia y resistencia del barro, se deja dormir durante 4 dias , luego de esto se puede agregar la paja.

Las viviendas tradicionales cumplen con esta premisa antes de aplicar la paja, la tierra se somete a un proceso de degradación y mezcla, para ello se emplea agua en grandes cantidades y se revuelve hasta que el barro quede completamente uniforme, sin partículas de piedra u otros materiales.

Los muros están cubiertos por cagajón (mezcla de tierra blanca, estiércol de caballo, cal) y pintura, que en conjunto suman un espesor promedio de 4 mm; las fisuras son inherentes al acabado, Estos datos varían considerablemente en viviendas donde únicamente presentan revoques de tierra. (Vacacela, 2016)

A continuación se mencionan los revoques de más utilizados:

Revestimiento de tierra: se utiliza con un porcentaje más elevado de arena limos y arcilla y un 2 % de la mezcla total en peso de pasto, paja, o bosta de animales.

Revestimiento de tierra con cal: Utilizar una mezcla compuesta de 5 partes de tierra y una de cal.

Revestimiento de tierra con cemento: utilizar una parte de tierra arenosa y 10 partes de tierra, con una parte de cemento, para mejorar su adherencia, se emplea un sistema de fijación como malla metálica de gallinero. (Granda, 2014)

Cuadro comparativo de materiales y tecnicas aplicados en revoques de arcilla						
Sector		Clima	Materiales Aplicados	Técnica	Imagen	Fuente
Urbano	**Rural**					
	La Joya – Veracruz	Trópico húmedo	Arcilla Mucílago de nopal Emulsión asfáltica (impertop a) Consolidante eva base agua (vinnapas®n5044) Paja fina.	A la mezcla de lodo arcilloso y mucílago de nopal se agregó el producto bituminoso en una proporción al 5% en volumen para evitar el deslave del aplanado, también 0.75% en peso de consolidante EVA . Por el manejo del material en el sitio y el costo, se eligió la emulsión asfáltica (Impertop A).se aplicaron tres manos del aplanado fino con producto bituminoso, agregando paja fina solamente en el primer aplanado.	 Annick Daneels, 2013.	(Kita & Verriest, 2014)
	Revestimiento de barro Casa Museo en San Ysidro (NM, EEUU)	Calido-seco	Paja Arcilla Asfalto(impermeabilizante hidrofugantes)	Se procede a lo siguiente: Picado del embarro deteriorado, Extracción de tierra de relleno de azoteas. Amazado de la tierra con fibras y resina acrílica (Rophlex 330 – el rey superior) liquida. Imprimación de la superficie con una lechada. Aplicación de la primera capa de embarro Aplicación de una segunda capa sin estabilizar.	 Castilla 2004	F.J.Castila 2011
	La casa de Capulálpam” Mexico	Calido templado	tierra, arena, mucílago de nopal, fibra vegetal (sarcina)	Verificar la calidad de los diferentes tipos de suelos naturales, Se realizaron pruebas: granulométrica,plasticidad y resistencia. Se realizó la preparación de mezclas necesarias de tierra para ser utilizado en los diferentes muros, utilizando las herramientas, procedimientos y materialescomo:tierra, arena, mucílago de nopal, fibra vegetal (sarcina)		**Pastor Alfonso Sánchez Cruz 2008.** (Sánchez, 2008)

	Ruinas Fort Selden	Calido	Arena 63% Limo 19% Arcilla 18% Estabilizantes de 5- 10% Metil metacrilato acrílicas(rhoplex-E330, el rey superior Alkosiloxano(resina compuesta)	Los morteros estabilizados tienen mayor resistencia que las imprimaciones superficiales uno de los mas resistentes es la emulsion Metil metacrilato acrílicas(rhoplex-E330, el rey superior . La opción mas completa es un proceso de cuatro fases para la estabilización de muros expuestos a la interperie: Se consolida con un alkosiloxano(resina compuesta), la parte superior se protege con un mortero de barro amasado con una emulsion de polímeros acrílicos en agua, sobre la superficie se proyecta una capa de barro fino de características similares al anterior.finalmente cuando esta seco, se cubre con una imprimación de polysiloxano(hidrofugante).		Castilla 2004
	Chan- Chan (Perú)	Templado - calido	• Mucilago de tuna • Barro	Poner a remojar en agua las rebanadas de las pencas, agregar la cantidad de agua necesaria para cubrirlas al ras en el recipiente.deben estar durante varios días (una semana por lo menos), hasta que la pulpa se disuelva y se obtenga una goma de color verde con fuerte olor a podrido. Después de varios días en remojo se eliminan las cáscaras. Luego mezclar con el árido.		(Guerrero, 2007)
RURAL	Ecuador- loja Saraguro	Templado - frío	Morteros de cal pura y arena Morteros de cemento	Los muros antiguos presentan en su mayoría, revestimientos en base a morteros de cal, aquellos que sufrieron procesos de restauración evidencian en mayor o menor grado, y los realizados con mortero de cemento mortero de cemento.		http://misaraguro. blogspot.com/2008/11/ vivienda-clsica.html

Rural	Loja -saraguro	Templado-Frio	Paja de altura , arcilla, estiércol de caballo o mular	Vivienda típica de la las comunidades de Saraguro. Se selecciona y prepara los materiales, los cuales una vez mezclados se aplica sobre paredes humedecidas en espesores de 3 cm o más, y luego se alisa en caso de que se le quiera aplicar algún tipo de pintura.		(Bailon & Espinosa, 2015)
	Pujili – Ecuador	Templado-Frio	Arcilla, pómez, estiércol, sisal, y aceite usado de motor.	Vivienda de tapia su revoque, consiste en en un recubrimiento con tierra arcillosa, pómez, estiércol, sisal, y aceite usado de motor, después de secado fue pintado con una pintura blanca.		(Minke, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, 2005)

Cuadro 5: Cuadro comparativo de materiales y técnicas utilizadas en revoques de arcillas
Fuente: Autor

Por medio de este cuadro compartivo se puede observar que el material que ha tenido gran trayectoria a lo largo del tiempo y que presenta buenos resultados ha sido el mucílago de nopal – (opuntia ficus – indica), el cual es un material natural que se puede encontrar con facilidad, asi mismo la utilizacion de cualquier tipo de fibra que le ayudara a estructurar para la adherencia y evitar fisuramientos, el tipo de arcilla que brinda mejores característica según investigaciones es la caolinita como componente basico para revoques de arcillas.

CAPÍTULO II:

DESARROLLO DEL COMPOSITE - PROBETAS

2.1. Introducción

En el presente capítulo se realizara la selección de los materiales a utilizar y su tratamiento para aplicar en los composites, la caracterización de las arcillas a través de ensayos de campo y laboratorio respectivos, consiste en una práctica preliminar para determinar las dosificaciones necesarias de cada material con los cuales se elabora las probetas de los diferentes tamaños ´propuestos debido a la diferencia de ensayos tanto de su resistencia hacia el agua, y resistencia mecánica.

Con estos datos se procede a analizar la mejor optimización del revoque, someterlo a cargas, para terminar en su valoración económica.

Los aditivos naturales a utilizar son el mucílago de nopal y cadillo, cola de dispersión, que se estudian desde su composición hasta su forma de obtención para ser aplicados. Como conglomerantes se estudiaras los materiales tradicionales más utilizados en revoques como son: cal viva, yeso, cemento. Además las fibras a utilizar como son cascara de arroz y ceniza de cascara de arroz, y la fibra de bagazo de caña de azúcar.

2.2. Materia prima y análisis químicos

2.2.1. Aditivos

Imagen 31: (A) macerado de nopal, (B) mucílago de nopal y arcilla
Fuente: autor

2.2.2. Mucílago de Nopal (Opuntia ficus-indica)

Planta de la familia de las cactáceas, entre sus amplios usos en campos como la medicina, permacultura, alimentación, se destaca sus aportaciones en la construcción. Desde hace tiempo se conocen las propiedades adhesivas del nopal y se ha hecho uso de ellas en aditivos y pinturas.(Ciatti, 2015), usado en varias zonas de Sudamérica, como consolidante o aditivo, además que reduce la aparición de bacterias.(Castilla, 2011)

El líquido resultante de la maceración de las pencas de nopal (Opuntia ficus-indica) en agua en relación 1:1 durante 72 horas, posteriores a las cual se retira toda la materia sólida por filtrado(Aranda-Jiménez & Suárez-Domínguez, n.d.). Debido a sus buenas cualidades, este líquido se usa como hidrofugante para la madera, cob, tapia, etc., se puede añadir a la arcilla de construcción, a la cal o utilizarlo a modo de pintura.(Ciatti, 2015)por tal razón es un material de mucha trayectoria en la construcción de tierra ya sea como hidrofugante o aglutinante.

2.2.3. Mucílago de cadillo (Triumfetta láppulal) -(Xanthium spinosum)

Asimismo el extracto de cadillo mucílago se obtuvo sacando la cascara del tallo y raíces, se las chanca y se las sumerge en agua en cantidad 1:1 ya que mientras menos agua este contenga su viscosidad será mejor,(recomendado por investigaciones), se pelaron sus cortezas y se impregnaron en agua por un día, El extracto presenta una viscosidad tan alta como el mucílago de nopal. (*Triumfetta láppulal*) Guácima (caulote o pixoy) (*Guásuma ulmifolia*) como aglutinante para construcción de tierra vernácula.(VAZQUEZ, n.d.)

Imagen 32: Macerado Del Cadillo
Fuente: Autor

2.2.4. Cola de dispersión (resina sintética - cola blanca)

Constituidas especialmente por dispersión de una resina sintética, generalmente poli acetato de vinilo en agua. Es un adhesivo líquido blanco que al secarse forma una película flexible y transparente con un gran poder de adhesión. Producido a base de polímeros sintéticos emulsionados y aditivos que dan como resultado un adhesivo de excelente calidad. Bioplast es una cola de dispersión se utiliza en la mezcla de conglomerantes orgánico en forma de polímero en dispersión acuosa, mejora las capacidades de adherencia dando mejor sujeción al soporte a aplicar, al secar esta se vuelve impermeable, y mejora propiedades físicas de los morteros.

Imagen 33: (A) Uso de cola en composite, (B) Agregado de la cola a todos los componentes.
Fuente: Autor

Puede ser mezclado para formar morteros de cemento, cal, yeso o texturizado, la mezcla adquiere una gran adherencia y resistencia a la abrasión. (Vega, Deleg, & Paredes, 2012)

2.3. Conglomerantes

2.3.1. Cal viva

La aglomeración de varias partículas de cal evitan la penetración de agua, esto se debe a que los iones de calcio de la cal se intercambian con los iones metálicos de la arcilla ,y para que ocurra la estabilización de estos dos debe existir suficiente humedad, al solo añadir una cantidad pequeña de cal al barro su resistencia a compresión puede llegar a ser menor que la de barro sin estabilizar.(Minke, 2005)

2.3.2. Yeso

Como revoque no tiene la resistencia mecánica de los de cal, en los que con el agregado de cemento puede aumentar su resistencia. Para una solución económica se reemplaza el revoque de cal por el de yeso, obteniéndose una superficie muy lisa sin grano visible sobre la cual las pinturas puedan aplicarse directamente sin previa preparación con enlucido.

Con el yeso se obtienen superficies blandas fácilmente hendibles. (Braga, 2014)

2.3.3. Cemento

Actúa como estabilizador contra el agua en suelos de bajo contenido en arcilla, mientras mayor sea la cantidad de arcilla se necesita más cemento para lograr un buen efecto de estabilización, es así que hace que la resistencia a compresión de un suelo estabilizado con este aditivo brinde mejores resultados en revoques.(Minke, 2005)

2.4. Fibras naturales

Estas fibras presentan algunas ventajas, en su *producción* (disponibilidad, bajos costos de adquisición y facilidad de procesamiento), *físicas* (baja densidad, características de aislamiento y resistencia estructural, entre otras), *bioquímicas* (inocuidad, biodegradabilidad), entre otras. (Cadena, José, & Silvera, 2002)

Entre las más utilizadas están en el país en la región sur están: cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar o caña guadua, hojas y tallo de maíz, viruta y aserrín, corteza de maní, paja de paramo, cáscara de café, fibra de cascara de coco, cabuya, banano.

Ente este caso se centrara en las fibras naturales como la cascara de arroz y las fibras de bagazo de caña de azúcar.

2.4.1. Fibra de arroz

Es una fibra corta que recubre naturalmente el grano para protegerlo del ambiente. Su longitud varía entre 5 y 11 mm según la especie considerada, es de estructura ondulada y apariencia superficial irregular. Tiene propiedades altamente abrasivas, su estructura presenta un volumen poroso del 54%, cavidades que permanecerán cerradas en tanto no se someta a un proceso de combustión, su coeficiente de conductividad, y su utilidad como componente principal de sistemas de aislamiento térmico.(Cadena et al., 2002)

La cáscara de arroz representa aproximadamente una quinta parte en peso del fruto recolectado, variando esta cantidad en función de las condiciones de cultivo y la variedad del arroz. Presenta un aspecto reticulado y sobre la parte superior de la lema suele extenderse una especie de filamentos, dependiendo de la variedad.

Sus características físicas más significativas son las siguientes: peso específico 0,78 g/cm^3; densidad aparente sin compactar 0,108 g/cm^3; densidad aparente compactado 0,143 g/cm^3

La composición orgánica de la cáscara de arroz es similar a la de la mayoría de las fibras orgánicas, conteniendo celulosa, hemicelulosa, lignina, compuestos nitrogenados, lípidos y ácidos orgánicos . La celulosa y la hemicelulosa constituyen la mayor parte de los hidratos de carbono presentes en la cáscara de arroz. La proporción de celulosa en la cáscara de arroz varía entre el 28% y el 49%, y la de hemicelulosa entre el 16% y el 22% . Además de celulosa, podemos encontrar más polisacáridos en la cáscara de arroz: xylosa, arabinosa y galactosa. La lignina da rigidez a la estructura de la cáscara y se concentra en sus paredes celulares. Su proporción varía entre el 19% y el 25%. (Serrano, Borrachero, Monró, & Payá, 2012)

2.4.2. Ceniza de cascarilla de arroz

La CCA es un subproducto de la combustión de la cascarilla de arroz, la cual constituye aproximadamente el 20% de la producción mundial de arroz. Esta ceniza puede llegar a contener un porcentaje de más del 90% de sílice en su composición y su actividad puzolánica depende principalmente de la temperatura y de la duración de incineración de la cascarilla, y de las condiciones de enfriamiento. El control de estas variables puede conllevar a la obtención de un gran porcentaje de sílice amorfa altamente reactiva que presenta la

capacidad de reaccionar con el hidróxido de calcio, dando lugar a la formación de cristales de silicato de calcio hidratado (CHS) que promueven el incremento de la resistencia mecánica de los concretos. (Robayo, Mattey, & Delvasto, 2013)

La composición inorgánica de la ceniza difiere de las cenizas de otras fibras orgánicas, ya que tiene un elevado contenido en sílice, encontrándose en la ceniza resultante, un porcentaje superior al 90%, lo que la convierte en una fuente potencial de sílice

Las principales impurezas que contiene esta sílice son: calcio, potasio, magnesio y manganeso, y como secundarias aluminio, hierro, boro y fósforo, generalmente en forma de óxidos. Este elevado contenido de sílice amorfa que posee la ceniza de cáscara de arroz, hace que resulte interesante su utilización como adición puzolánica en el hormigón basado en cemento Portland, permitiendo un reemplazo parcial del cemento, y reduciendo la permeabilidad de los hormigones a tiempos medios y largos de curado. (Serrano, Borrachero, Monró, & Payá, 2012)

Imagen 34: (A) fibra de cascara de arroz, (B) ceniza de cascara de arroz, (D) mezcla.
Fuente : Autor

2.4.3. Bagazo de caña de azúcar

Las fibras utilizadas proceden del bagazo de caña de azúcar El bagazo es el residuo que queda en la materia tras ser extraído su jugo. El bagazo seleccionado presentaba una humedad del 35%, por lo que se procedió a secarlo en la intemperie durante 3 semanas.

Tratamiento aplicado a las partículas. Las partículas o fibras de bagazo son inmersas en Hidróxido de calcio al 5,0 % durante 24 horas, para darle una protección del medio alcalino.

Imagen 35: (A)Molienda Sr. Francisco Barrigas.
Fuente: Autor

El tejido del bagazo de caña tiene una estructura celular conformada por médula, compuesta principalmente por células parenquimatosas de paredes delgadas, elásticas y con numerosas perforaciones. Además de estar asociada a los haces fibrovasculares, los cuales son finos, de paredes delgadas con extremos romos, orquillas, sus superficies presentan ocasionalmente pequeños poros. Por otro lado, las fibras de la corteza son muy lignificadas, de mayor longitud, diámetro y paredes gruesas y presentan poros en toda la superficie

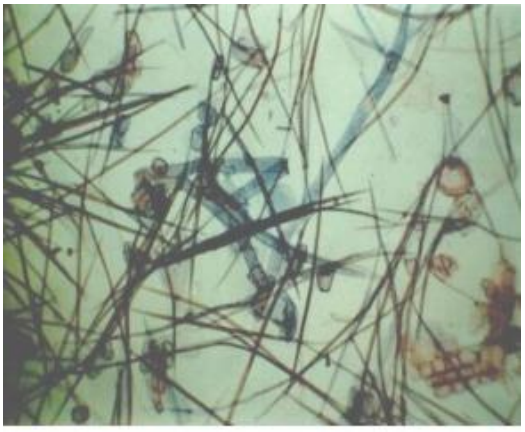


Imagen 36: Morfología del bagazo de caña de azúcar
Fuente: (Saraz, Aristizabal, & Mejía, 2007)

Según Sera (1990), las características morfológicas y las propiedades físico-mecánicas del bagazo de caña de azúcar, lo catalogan como un material adecuado para ser usado como Fibrorefuerzo. (Saraz, Aristizabal, & Mejía, 2007)

2.5. Obtención de las arcillas

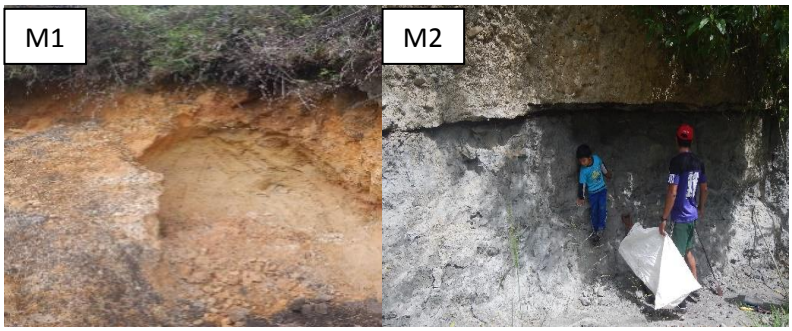


Imagen 37: Minas de arcilla M1 (Sector Guayllachinuma) Y M2 (Sector Chaupi)
Fuente: Autor

La región sur de Loja presenta condiciones geológicas favorables para la formación de depósitos arcillosos (Bailon & Espinosa, 2015), los cuales son explotados artesanalmente, muchos de estos no han sido estudiados en los referente a sus características químico mineralógicas, físico- mecánicas y tecnológicas, que permitan su aplicación y aprovechamiento de acuerdo a las actuales exigencias, entre los grupos estudiados en la región sur del Ecuador, se establece que en Loja, Malacatos, Vilcabamba, Yangana, Catamayo,y Gonzanamá,son arcillas aptas para los cerámicos.

Las presentes arcillas fueron obtenidas en la parroquia de San Pedro de Vilcabamba (ver anexo 1), seleccionadas debido al uso que se le ha dado tanto en la antigüedad la arcilla gris M2 haciendo revoques con estiércol de caballos y asnos para lograr una mejor adherencia y rojiza M1 en la actualidad la cual aprovechan los extranjeros al mezclar con cola y agua.

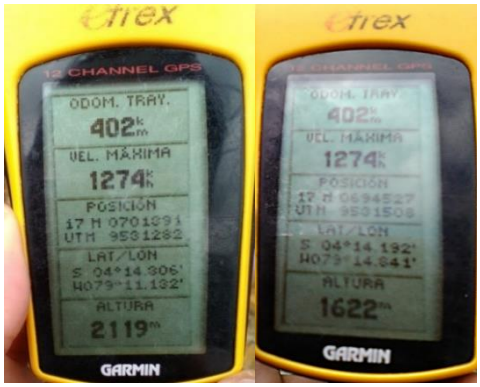


Imagen 38: Coordenadas de las minas de arcillas tomadas con gps de marca Etrex
Fuente: Autor

Se recomienda hacer la extracción con una cota de aproximadamente -0,60 m. (Gonzalo, 2012). Se trató de recoger las muestras libres de materia orgánica para que de esta manera no nos afecte en los ensayos propuestos ya que tienen fines constructivos y la presencia de esta materia podría alterar los resultados.

2.5.1. Ensayos de fluorescencia para determinar su composición química de las arcillas.

Los principales elementos químicos constituyentes de estos minerales son átomos de: silicio, aluminio, hierro, magnesio, hidrógeno y oxígeno.

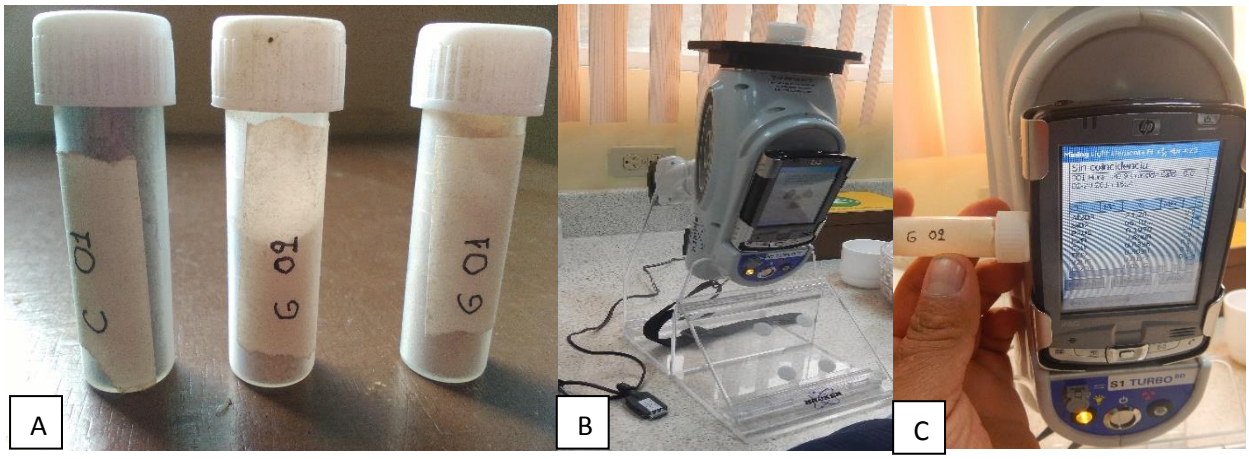


Imagen 39: (A) Ensayo de fluorescencia,(B) Equipo de fluorescencia BRUKER (C) resultados.
Fuente: Autor

Estos elementos atómicos se combinan formando estructuras atómicas básicas, que combinándose entre sí forman láminas, la que al agruparse forman estructuras laminares que finalmente al unirse por medio de un enlace forman un mineral de arcilla ,(Borselli, 2016) en este caso por sus elementos presentes y sus porcentajes se puede determinar que se trata de un tipo de arcilla caolinita [Si4] Al4O10 (OH)8.

Por lo tato su alto contenido en silicio y aluminio (ver anexo 2) da una idea clara para utilizar estas arcillas como aptas para la construcción porque su estructura muestra que se trata de arcillas no expansivas es decir que al momento de estas estar expuesta a agua , los cambios de volumen son bajos no será muy suceptible a las acciones de la humedad.

2.5.2. Ensayos y normativas.

Para el presente trabajo se realiza ciertos tipos de ensayos con el fin de identificar las muestras de tierra extraídas, y de esta manera se selecciona solo dos tipos según los previos análisis ejecutados, a los cuales se les agregaran fibras y aditivos.

Entre los principales se tienen los siguientes:

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- Determinación del límite líquido. Método de Casagrande.
- Determinación del límite plástico.

Son pruebas suficientes para poder determinar el comportamiento de los suelos.

En el caso de los morteros se han escogido los siguientes por considerarse suficientes según varios autores investigados y definitivos que definen la calidad de un revestimiento de barro, el número de ensayos puede aumentar para llegar a resultados más precisos.

Al no existir una normativa específica para la realización de ensayos para revoques de tierra, ha sido necesario tomar como referencia para los mismos las normas españolas,Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: morteros para revoco y enlucido, donde se exponen los requisitos mínimos para los morteros endurecidos.

En esta norma, al igual que en las otras utilizadas, no se contempla el uso de morteros de tierra en construcción pero ha servido para dar unas pautas sobre los diferentes ensayos a los que pueden someterse los morteros para revestimientos de tierra. (Gonzalo, 2012)

- *Determinación del contenido de humedad.*
- *Ensayo de retracción.*

Ensayo de comportamiento frente al agua.

- Ensayo por goteo.
- Ensayo de absorción de agua por capilaridad.
- Ensayo de intemperismo.

***Ensayos de resistencia mecánica*.**

- Ensayos de flexión.
- Ensayos de compresión.

2.6. Ensayos de campo

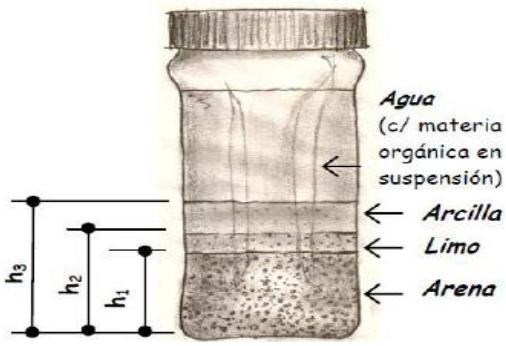
2.6.1. Ensayo de olor

Se trata de un ensayo muy sencillo que consiste en identificar a través del olor la existencia o no de materia orgánica en la tierra. Para ello hay que tomar un poco de material en estado húmedo y olerlo simplemente. Existirá materia orgánica si la tierra tiene cierto olor a moho. (Gonzalo, 2012)

En este caso las muestras no presentaban olor a moho es decir se encuentran libres de materia orgánica.

2.6.2. Ensayo de sedimentación

Esta prueba da a conocer de una manera más clara la presencia de los distintos componentes en la muestra extraída. Para ello es necesario tomar una porción de la tierra, la que será molida con una maza. Esta tierra se verterá en una botella que contendrá agua y sal para acelerar la sedimentación (una cucharada aproximadamente), se agitará todo vigorosamente y se dejará reposar hasta que la tierra se haya sedimentado. Para extraer los resultados hay que tener en cuenta que las arenas, al poseer más masa, son las que se depositan antes, luego los limos y por último las arcillas. (Gonzalo, 2012)



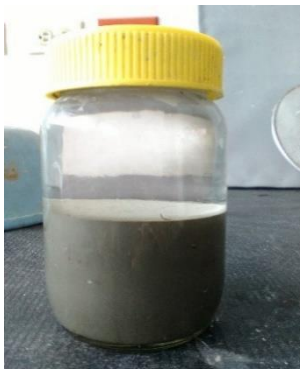
(h1/h3)x100% = % arena
((h2-h1)/h3) x 100% = % limo
((h3-h2)/h3) x 100% = % arcilla

Imagen 40: Selección de suelos y métodos de control
Fuente: Eugenia María Azebedo Salomao.

Muestra 1

(2.2/3.9)x100% = 56.41% arena
((3.2-2.2)/3.9)x100% =25.64% limo
((3.9-3.2)/3.9)x100%=17.95% arcilla

Imagen 41: Ensayo de sedimentación M1
Fuente: Autor



Muestra 2

(0/4.2) x 100% = 0 % arena

((0.05-0) /4.2) x100% = 1.19 % limo

((4.2 -0.05) /4.2) x 100% = 98.81 % arcilla

Imagen 42: Ensayo de sedimentación M2
Fuente: Autor

2.6.3. Ensayo de la cintilla

Con este ensayo se determina cuan plástico es un suelo, y por tanto cual es el predominio de cada uno de los componentes. Primeramente, se muele un poco de material. A éste se le añade una cantidad de agua determinada que permita su trabajabilidad. Se elabora una bola que se convertirá a continuación en una cinta de unos 20 cm. de longitud y de 1,50 cm. de diámetro, aproximadamente.

Se alza la cinta y se sujeta con la mano en vertical para que la gravedad actúe rompiéndola a una determinada longitud. Si la cinta se rompe a una longitud mayor a 15 cm. el suelo será arcilloso, si se rompe entre 5 y 15 cm. será limoso y si la longitud es menor a 5 cm. será arenoso. (Gonzalo, 2012)

Imagen 43: ensayo de la cintilla con M1 Y M2
Fuente: Autor

La arcilla M1 corresponde a la arcillosa ya que se rompe a los 17cm. En cambio la arcilla M2 lo hace en los 15 cm lo cual hace considerarse como limosa.

2.6.4. Ensayo de la caída de la bola

De esta manera se puede determinar a groso modo el contenido óptimo de humedad.Se muele parte de la muestra y se mezcla con agua para hacer una bola de 5 cm. aproximadamente. Esta bola se deja caer al suelo con el brazo extendido, a una distancia aproximada de 1,20 m. Si la bola se desmorona en trozos pequeños, estará a falta de agua; si no se desmorona tendrá demasiada agua mientras que si lo hace en trozos grandes, se habrá dado con el contenido óptimo de humedad.

Imagen 44: Ensayo caída de bola
Fuente: Autor

Esta prueba se hace para especificar el agua en la elaboración de adobes, en los morteros para revestimientos, el contenido de humedad siempre suele ser ligeramente superior. (Gonzalo, 2012)

2.7. Ensayos de laboratorio. Caracterización de suelos

2.7.1. Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.

Mediante este ensayo se puede averiguar el límite líquido de un suelo, que se define en esta norma como “la humedad que tiene un suelo amasado con agua y colocado en una cuchara normalizada, cuando un surco, realizado con un acanalador normalizado, que divide dicho suelo en dos mitades, se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm

.

Tras haber dejado caer 25 veces la mencionada cuchara desde una altura de 10 mm. Sobre una base también normaliza, con una cadencia de 2 golpes por segundo".(ver anexo 3-4)

Imagen 45: Limite líquido en aparato casa grande.
Fuente: autor

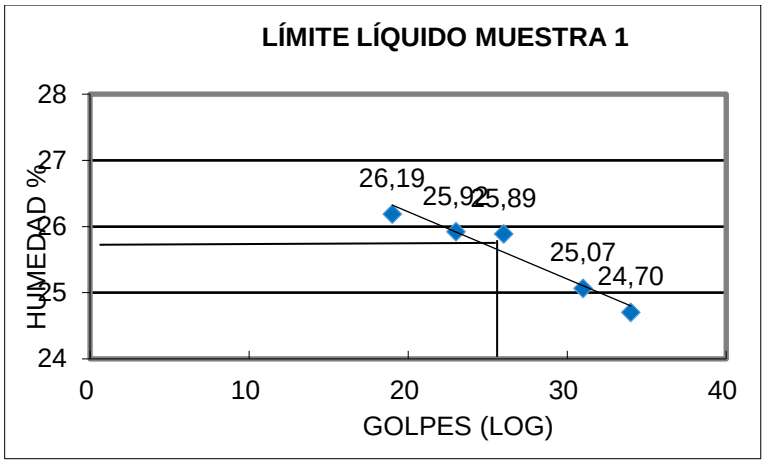


***Imagen 46**: **Limite** líquido M1.*
Fuente: autor

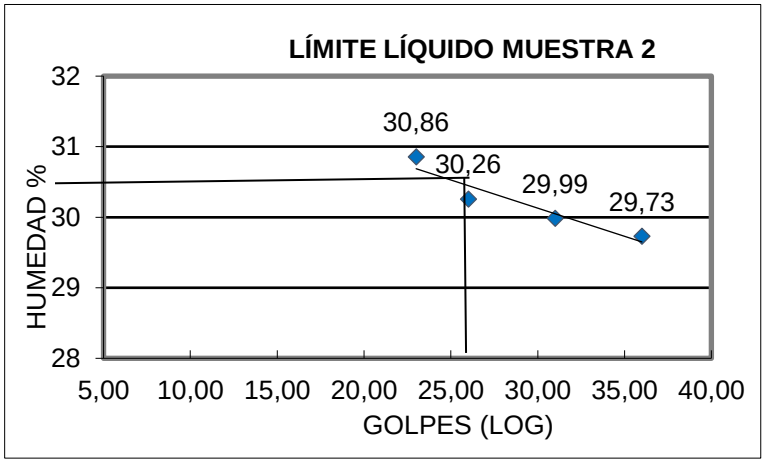


Imagen 47: ***Limite** líquido M2*
Fuente: autor

De esta manera se determina que en la muestra M1 el LL= 26% y en la muestra M2 el LL= 31% es decir arcillas aptas para utilizar en construcción en este caso los revoques.

2.7.2. Determinación del límite plástico de un suelo.

Imagen 48: ***(***A, B)Cintillas de arcilla para determinar límite plástico, (C,D) toma y peso de muestras de arcillas M1 y M2
Fuente: Autor

Este ensayo determina el límite plástico, que se corresponde según esta norma como, la humedad más baja con la que puede formarse con un suelo, mediante cilindros de 3 mm, de diámetro, rodando dicho suelo entre los dedos de la mano y una superficie lisa, hasta que lo cilindros empiezan a resquebrajarse.

El limite plástico muestra 1 (M1) es 19% y la muestra 2(M2) es 21%

ÍNDICE DE PLASTICIDAD M1

IP= (LL - LP**)**

IP= (26% - 19%**)**

IP= 7 %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD M2

IP= (LL - LP**)**

IP= (31 % - 21 %**)**

IP= 10 %

2.7.3. Determinación del contenido de humedad

Para calcular la humedad por secado en estufa se utilizó la norma UNE 103-300-93.

Primeramente se extrajo una muestra significativa es decir dos recipientes por cada muestra ,1 -2, pesados a temperatura ambiente y con la humedad propia del terreno. Se introdujeron en al horno , a 110 ºC, hasta masa constante durante 24 horas. Una vez seca esta porción de muestra, se pesó en balanza con una precisión de ±1gr. Con dichos pesos, se calculó la humedad natural. (ver resultados ,anexo 3-4).

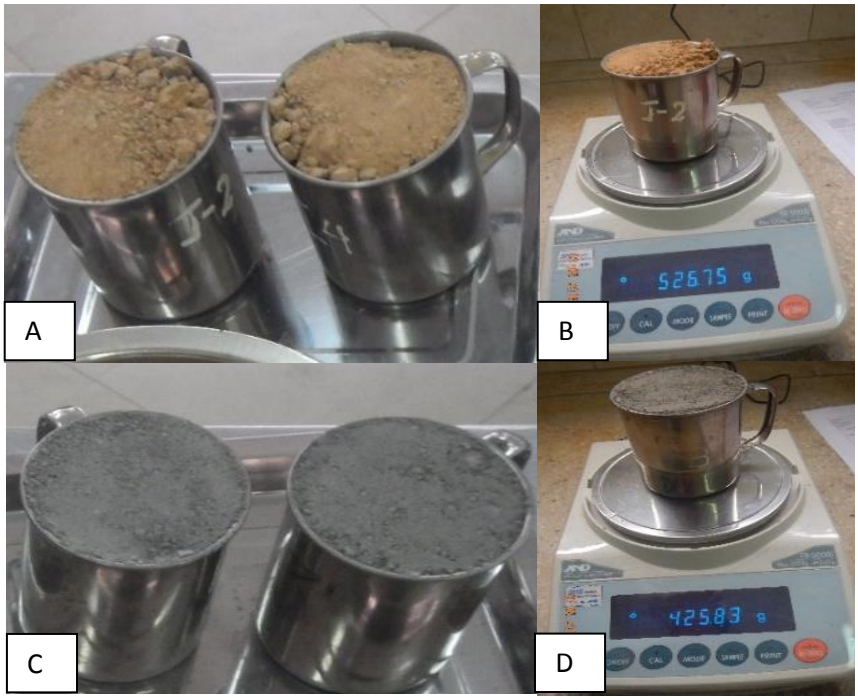


Imagen 49: (A,C)Toma de muestras de cuarteado de arcillas M1 y M2,(B,D) peso de muestras antes y después de ser colocados en el horno.
Fuente: Autor

Tabla 1: Determinación de contenido de humedad M1

Código ARCILLA M1	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO(gr)	PESO RECIPIENTE(gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
J-2	531,85	526,75	58,45	1,09
I4	498,72	494,29	61,26	1,02
TOTAL				1,05

Fuente Y Elaboración: Autor

Tabla 2: Determinación de contenido de humedad M2

Código ARCILLA M2	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO(gr)	PESO RECIPIENTE(gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
3´	440,93	419,7	57,54	5,86
3	447,4	425,84	60,49	5,90
TOTAL				5,88

Fuente Y Elaboración: Autor

2.7.4. Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

El objetivo de este ensayo es conocer la proporción de cada tipo de partículas que componen el suelo, pudiendo ser expresado en porcentaje el peso tanto acumulado como el retenido en los tamices que se utilizara.

Primeramente se toma una porción representativa de la muestra para lo cual se procede a cuartear las muestras de los cuales se seleccionan los dos cuartos opuestos y se coloca en una bandeja para ser puestos en el horno por un minimo de 16 horas a una temperatura de 100 °C ya que deben estar secas es decir mostrar un peso constante.

Una vez que todas las muestras estaban secas, se pesaron los pesos en una balanza con una precisión de ±1 gr. Para hacer el tamizado se escogieron los tamices designados por la norma UNE 7 050– 2, la granulometría se realizó por lavado y para ello se utilizó el tamiz # 200, luego se lo puso nuevamente al horno 16 horas, una vez seco se procede a tamizar en la máquina, se utiliza para ello el tamiz número 4, 10,40, 200, luego de diez minutos se saca de la tamizadora y se procede a ir pesando la cantidad retenida en cada tamiz

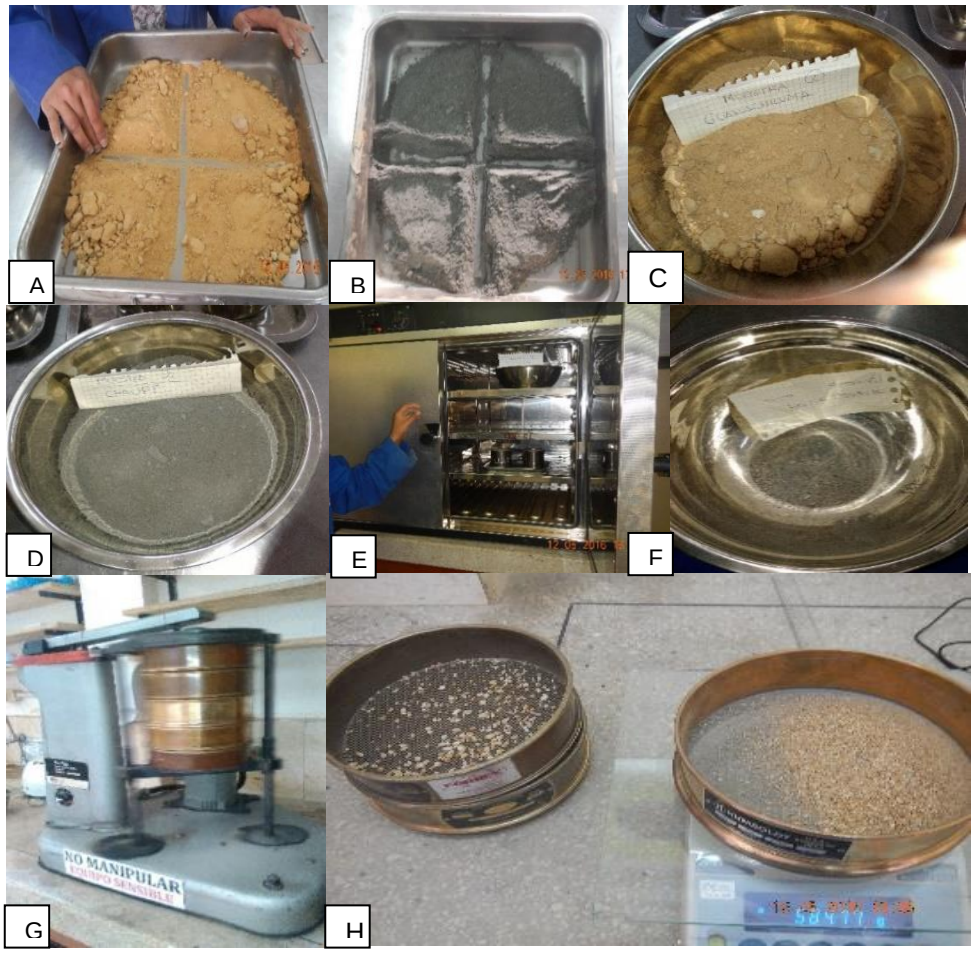


Imagen 50: Ensayo granulometría por lavado, (A,B) cuarteado para toma de muestras, Muestras en recipientes para ser secadas al horno (C,D), Muestras secadas al horno (E), muestra seca luego de haber pasado por el lavado M1 (F), Muestras pasando por el equipo tamizador(G), Peso del material retenido en cada tamiz(H)
Fuente: Autor

***Tablas 3**: Límites de Atterberg*

MUESTRA 2	
Limite Líquido (LL)	31%
Límite plástico (LP)	21%
Índice plástico (IP)	10%

***Tabla 4:** Límites de Atterberg*

MUESTRA 1	
Limite Líquido (LL)	26%
Límite plástico (LP)	19%
Índice plástico (IP)	7%

Fuente Y Elaboración: Autor

***Tablas 5**: Porcentajes retenidos en tamices*

MUESTRA 1	
Grava	1
Arena	40
Finos	59

Tabla 6: Porcentajes retenidos en tamices

Fuente Y Elaboración: Autor

MUESTRA 2	
Grava	0
Arena	1
Finos	99

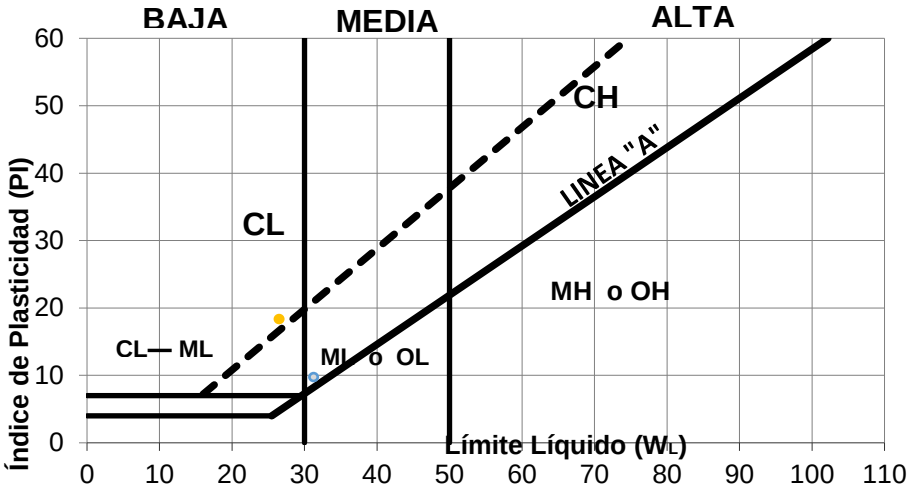


Imagen 51: Carta De plasticidad
Fuente: (Guerrero, 2007)

En base a la clasificación **AASHTO**, una de las más empleadas, se establece que estas arcillas pertenecen al grupo **A-4**

- **A-4 si IP ≤10 (limo) y LL ≤ 40%**, y estos son considerados como suelos limosos

En la clasificación **SUCS**, este tipo de suelo se denomina, Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla. **(SC).**

- Muestra 1 posee un índice de plasticidad entre 4 - 7 se lo considera **CL-ML**
- La muestra 2 posee un índice de plasticidad mayor a 7 se lo considera **CL**

ML: Limos orgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad

CL: Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas. (Ver resultados, anexo 3-4)

Tabla 7: Resultados de la caracterización de arcillas

Ensayos de caracterización	Lo requerido	M1	M2
Fluorescencia	Caolinitas aptas para construcción	Caolinita	Caolinita
Limite liquido	≤40 %, según AASHTO pertenecen al grupo A-4.	26	31
Limite plástico	Determina el índice de plasticidad	19	21
Índice plástico	≤10 se consideran suelos limosos.	7	10
Contenido de humedad	No debe pasar del 20%	1.05	5.88
Granulometría	Contenido de arcilla debe superar 15%	Mayor de 15% = 18%	Mayor de 15% = 98.80%

Con el análisis de estos ensayos se puede concluir que los dos tipos de suelos son aptos para la construcción ya que al tratarse de arcillas caolinitas, se habla de arcillas no expansivas, mientras, que al determinar los límites de Atterberg, y su clasificación según sus porcentajes obtenidos en los ensayos se los clasifica en los grupos ML Y CL donde las propiedades más importantes es que se los considera semipermeables e impermeables respectivamente, los cual es de relevancia para esta investigación y se puede proseguir a realizar los ensayos físicos y mecánicos propuestos.

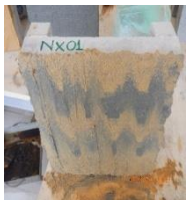
Es difícil establecer cuáles deberían ser las proporciones ideales para un revoque de barro, ya que no solo influyen en las propiedades las proporciones de arena, limo, y la arcilla, sino principalmente la granulometría principalmente de la arena, el contenido de agua, el tipo de arcilla, la forma de preparación, el tipo y la cantidad de aditivos.

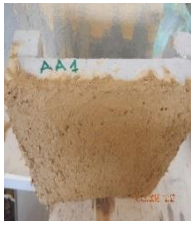
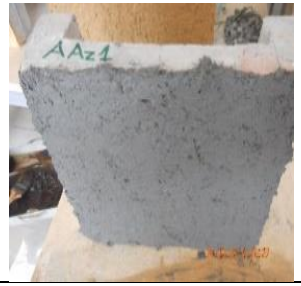
Por tal motivo es necesario hacer pruebas con mezclas y materiales diferentes para ver lo adecuado, a continuación se realizan revoques preliminares para poder determinar las cantidades adecuadas para la fabricación de probetas.

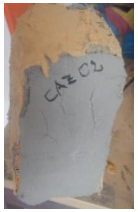
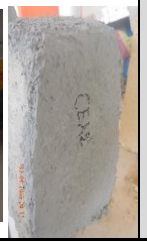
*Tabla 8: **Dosificación** y aplicación de revoques preliminares en soportes de ladrillo y adobe.*

PRÁCTICAS PRELIMINARES REVOQUES A BASE DE ARCILLA EN SOPORTES MAMPOSTERÍA DE LADRLLO Y ADOBES							
APLICACIÓN DE REVOQUES EN SOPORTES		**COMPOSICIÓN**	**CANTIDAD**	**DOSIS**	**OBSERVACIONES**	**FOTOGRAFÍAS**	**RESULTADOS PRELIMINARES DE REVOQUES REALIZADOS**
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**%**	**Observaciones**		El revoque muestra falta de adherencia ya que tiende a desprenderse ,la cantidad de fibra es demasiada lo cual provoca gran cantidad de microfisuras .
C01	1-mar.	Arcilla	460,00	64,34			
		Fibra de bagazo. Sin tratar	25,00	3,50	Longitud de fibra: 10-20mm		
		Mucílago de Cadillo(Triumfetta láppulal)	230,00	32,17			
		TOTAL	715,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		La aplicación en adobe se observa que al secarse el revoque se desprende fácilmente toda la capa aplicada ,por la falta de adherencia del composite
CAdo.01	1-mar.	Arcilla	460,00	64,34			
		Fibra de bagazo. Sin tratar.	25,00	3,50	Longitud de fibra: 10- 20 mm		
		Mucílago de Cadillo(Triumfetta láppulal)	230,00	32,17			
		TOTAL	715,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		Carece de adherencia ,la cantidad de fibra empleada provoca pequeñas fisuras
N01	02/03/2016	Arcilla	460,00	61,74			
		Fibra de bagazo. Sin tratar.	15,00	2,01	Longitud de fibra de 10-20mm		
		Nopal (Opuntia ficus-indica)	270,00	36,24			
		TOTAL	745,00	100,00			

Código	Fecha	Componentes	Peso (gr)	% Peso	Observaciones		
NAZ01	02/03/2016	Arcilla	460,00	65,71			Fácil Desprendimiento de la arcilla de la mampostería de ladrillo, falta de un adhesivo.
		Fibra de bagazo. S.t	10,00	1,43	longitud de fibra de 10-20mm		
		Nopal (Opuntia ficus-indica)	230,00	32,86			
		TOTAL	700,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		
AmYC4	03/03/2016	Arcilla	460,00	43,60			Ligeras fisuras, adherencia buena en mampostería de ladrillo en adobe se desprende.
		Fibra de bagazo. Tratado h2o y cal	20,00	1,90	longitud de fibra de 10-15mm húmeda		
		Mucílago de Cadillo(Triumfetta láppulal)	345,00	32,70			
		Yeso	230,00	21,80			
		TOTAL	1055,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		
AzYC4	03/03/2016	Arcilla	460,00	43,19			El revoque muestra muy buena adherencia en la mampostería de ladrillo, no presenta fisuras y ningún desprendimiento, en el adobe se desprende la capa fácilmente.
		Fibra de bagazo. Tratado	30,00	2,82	longitud de fibra de 10-15mm húmeda		
		Mucílago de Cadillo(Triumfetta láppulal)	345,00	32,39			
		Yeso	230,00	21,60			
		TOTAL	1065,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		
NG02	08/03/2016	Arcilla	735,00	72,41	685 gr pega en adobe		El revoque presenta muy buena adherencia en la mampostería de ladrillo y en adobe ,no muestra fisuramiento , y una buena coloración.
		Fibra de bagazo. Tratado	15,00	1,48	longitud de fibra de 10-50mm seco		
		Nopal (Opuntia ficus-indica)	230,00	22,66			

		Cola	35,00	3,45	Se utilizó cola blanca Bioplast		
		TOTAL	1015,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		
ANG01	08/03/2016	Arcilla	460,00	63,45			Este revoque presenta múltiples fisuras, y se observa gran cantidad de fibra, su adherencia es buena ,no presenta ningún desprendimiento
		Fibra de bagazo. Tratado	15,00	2,07	longitud de fibra de 10-50mm seco		
		Nopal (Opuntia ficus-indica)	215,00	29,66			
		Cola	35,00	4,83	Se utilizó cola blanca Bioplast		
		TOTAL	725,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		
NX01	08/03/2016	Arcilla M2	250,00	50,61			La mezcla de los dos colores, y la utilización de polvillo de bagazo de caña de azúcar muestra pequeñas fisuras por la falta de fibra más larga, su adherencia es muy buena tanto en la mampostería de ladrillo como en adobe.
		Fibra de bagazo. Tratado	10,00	2,02	longitud de fibra polvillo de bagazo sin tratar		
		Nopal (Opuntia ficus-indica)	165,00	33,40			
		Yeso	57,00	11,54	Se utilizó cola blanca Bioplast		
		Cola	12,00	2,43			
		TOTAL	494,00	100,00			
	08/03/2016	Arcilla M1	250,00	50,61			
		Fibra de bagazo. Tratado	10,00	2,02	Longitud de fibra polvillo de bagazo sin tratar		
		Nopal (Opuntia ficus-indica)	165,00	33,40			
		Yeso	57,00	11,54	Se utilizó cola blanca Bioplast		
		Cola	12,00	2,43			
		TOTAL	494,00	100,00			

Código	Fecha	Componentes	Peso (gr)	% Peso	Observaciones		
AA1	08/03/2016	Arcilla	400,00	57,55			La existencia de demasiada fibra de arroz hace que se presenten varias fisuras en el revoque aplicado en la mampostería de ladrillo, su adherencia es buena.
		Fibra de arroz	15,00	2,16	longitud de fibra de 5-10mm seco		
		Nopal (Opuntia ficus-indica)	150,00	21,58			
		Arena fina	100,00	14,39	Se utilizó cola blanca Bioplast		
		Cola	30,00	4,32			
		TOTAL	695,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		
AAz1	08/03/2016	Arcilla	400,00	55,17			Presencia de muchas fisuras por la cantidad de fibra empleada, su adherencia es muy buena en mampostería de ladrillo.
		Fibra de arroz	15,00	2,07	longitud de fibra de 5-mm seco		
		Nopal (Opuntia ficus-indica)	180,00	24,83			
		Arena fina	100,00	13,79	Se utilizo cola blanca Bioplast		
		Cola	30,00	4,14			
		TOTAL	725,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		
CA1	17/03/2016	Arcilla	400,00	52,63			Presencia fisuras debido a la falta de fibra más larga, su adherencia es buena
		Ceniza de cáscara de arroz	10,00	1,32			
		Mucílago de Cadillo(Triumfetta láppula)	250,00	32,89			
		Cal	100,00	13,16			
		TOTAL	760,00	100,00			

Código	Fecha	Componentes	Peso (gr)	% Peso	Observaciones		
CAZ02	17/03/2016	Arcilla	400,00	49,08			Presencia de fisuras debido a la falta de fibra más larga, su adherencia es buena .
		Ceniza de cáscara de arroz	15,00	1,84			
		Mucílago de Cadillo(Triumfetta láppulal)	300,00	36,81			
		Cal	100,00	12,27			
		TOTAL	815,00	100,00			
Código	**Fecha**	**Componentes**	**Peso (gr)**	**% Peso**	**Observaciones**		
CAE2	30/03/2016	Arcilla	400,00	49,38			Presencia de algunas fisuras debido a la falta de fibra más larga, su adherencia es buena
		Cemento	100,00	12,35			
		Fibra bagazo sin tratar	10,00	1,23	longitud de fibra de 15-40mm seco		
		Agua	170,00	20,99	Se utilizo cola blanca Bioplast		
		Arena	100,00	12,35			
		Cola	30,00	3,70			
		TOTAL	810,00	100,00			

Fuente Y Elaboración: Autor

La realización de revoques preliminares son de gran relevancia en esta investigación ya que en esta fase se determina por peso cada uno de los materiales a utilizar y se los aplica en soporte de mampostería de ladrillo y adobes para ver las reacciones que se ocasionan en la aplicación,y así determinar cuáles son las cantidades que ofrecen un mejor resultado para poder realizar la fabricación de probetas necesarias y constatar la de mayor eficacia.

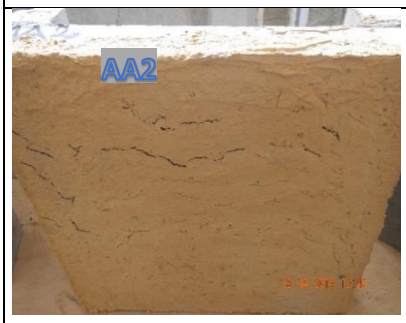
Por tal motivo propone los ensayos continuos ya que en la norma para adobe 080, señala que para recubrimientos como son los revoques, es necesario constatar la resistencia a la lluvia humedad, vientos, evaporación.

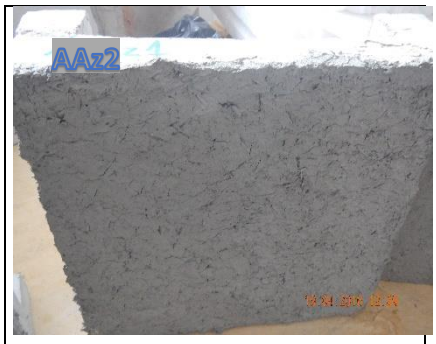
2.7.5. Ensayo de retracción

La retracción en un mortero es la contracción por pérdida de volumen debido a la evaporación del agua de amasado que se produce tras haber finalizado el secado. (Gonzalo, 2012) Si esta retracción es intensa, provoca un cambio volumétrico capaz de crear tensiones importantes en zonas impedidas de deformarse. Si se supera el valor de adherencia del mortero, ocasiona que los bordes de las fisuras se levanten y se deformen.

En este caso se ha realizado el ensayo aplicando a los soportes de mamposteria de ladrillo y muros de adobe, se procede a analizar el número y tamaño de fisuras que se observan y son elegidas 7 dosificaciones de las 10 aplicadas respectivamente (AmYC4, NGO2, CA1, CAE2, Nx01, AzYC4, CAz02), las que presentan menos fisuras y tienen mayor adherencia a los soportes.

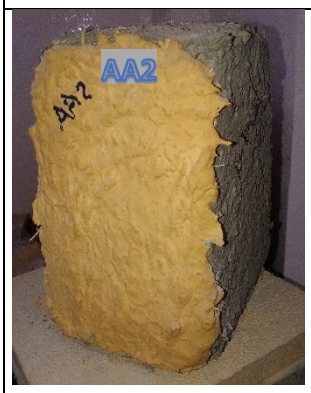
Tabla 9: *Aplicación de revoques en soportes de mampostería de ladrillo*

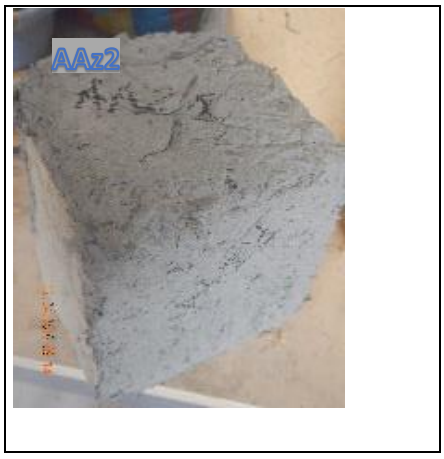
		



Fuente y Elaboración: Autor

Tabla 10: Aplicación de revoques en soportes de adobe



Fuente y Elaboración: Autor

Resultados de Ensayo de retracción

La estabilización con fibras crean una estructura interna que aporta a la distribución de tensiones en la matriz de tierra, los cual incrementa la resistencia a flexión y evita la retracción. El conteo de las fisuras de lo realizo aproximadamente a 1 mes de su aplicación en los soportes ya que se prevé estén totalmente secas y ya no va haber mas retracción.

Tabla 11: Conteo de fisuras en ensayo de retracción

		TAMAÑO			
CANTIDAD DE FISURAS	**CÓDIGO**	**0,5- 1 cm**	**1,1 -1,5**	**1,6- 2**	**Mas de 2cm**
	AmYC4	10	6	0	1
	NGO2	12	5	0	1
	CA1	2	7	1	0
	CAE2	3	0	0	4
	CAz02	0	3	8	10
	Nx01	22	25	0	6
	AA2	59	20	9	14
	ANG01	95	17	18	7
	AzYC4	3	1	0	0
	AAz2	154	11	6	11

Fuente: Autor

AzYC4 aplicado en los soportes es la que presenta una cantidad de fisuras menor, como resultado del tipo de arcilla que al momento de secarse su retracción es casi invisible debido a la plasticidad que esta posee.

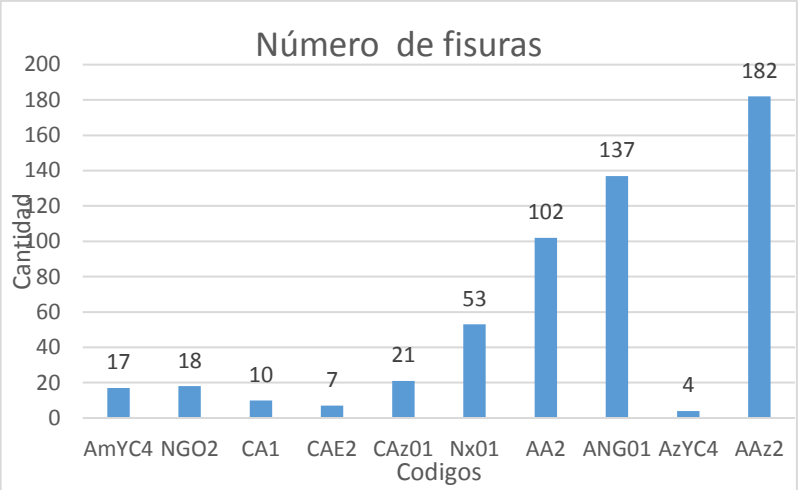


Gráfico 1: Ensayo de retracción
Fuente: Autor

Se aprecia que las fibras que presentan mayor retracción en los soportes aplicados y por ende muestra mayor número de fisuras son las que contienen fibra de cáscara de arroz, (AA2 - AAz2) y la que contiene como matriz la arcilla M1 (ANG01), por lo cual se los excluyó en los ensayos próximos (ver anexo 5), ya que al existir gran cantidad de fisuras en un revoque seria deficiente para cubrir los soportes propuestos.

2.8. Ensayos de comportamiento frente al agua

2.8.1. Ensayo por goteo

Con este ensayo lo que se pretende estudiar el comportamiento de los morteros frente a la erosión de su superficie ocasionada por el contacto continuo de gotas de agua en una de las caras de las probetas, simulando las consecuencias de una lluvia fuerte y prolongada. De esta forma se podría comparar los resultados en cada uno de los casos, verificando cuál de los morteros resultaba más erosionable.

Para el diseño de este ensayo, se tuvo como guía lo establecido en la UNE 41410:2008, Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques, basado en el ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET) y la experiencia llevada a cabo por otros doctorados en condiciones similares. (Castilla F. J., 2004) (Gonzalo, 2012)

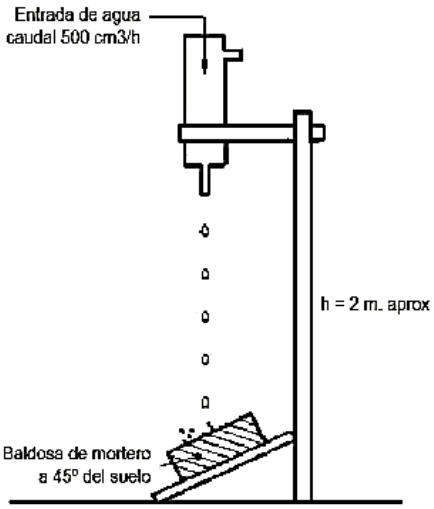


Imagen 52: Ensayo de goteo
Fuente: (Castilla F. J., 2004)

Para este ensayo se utiliza probetas de mortero de 20x20x2.5cm. Las placas utilizadas fueron colocadas en bandejas con una inclinación de 45º respecto de la horizontal, en este caso para establecer unos resultados más significativos se han realizado tres placas de cada dosificación, y han sido sometidas a una duración de 5 horas todas las placas, para luego de secas se procede a tomar el peso para constatar la pérdida de masa de cada una

Resutados

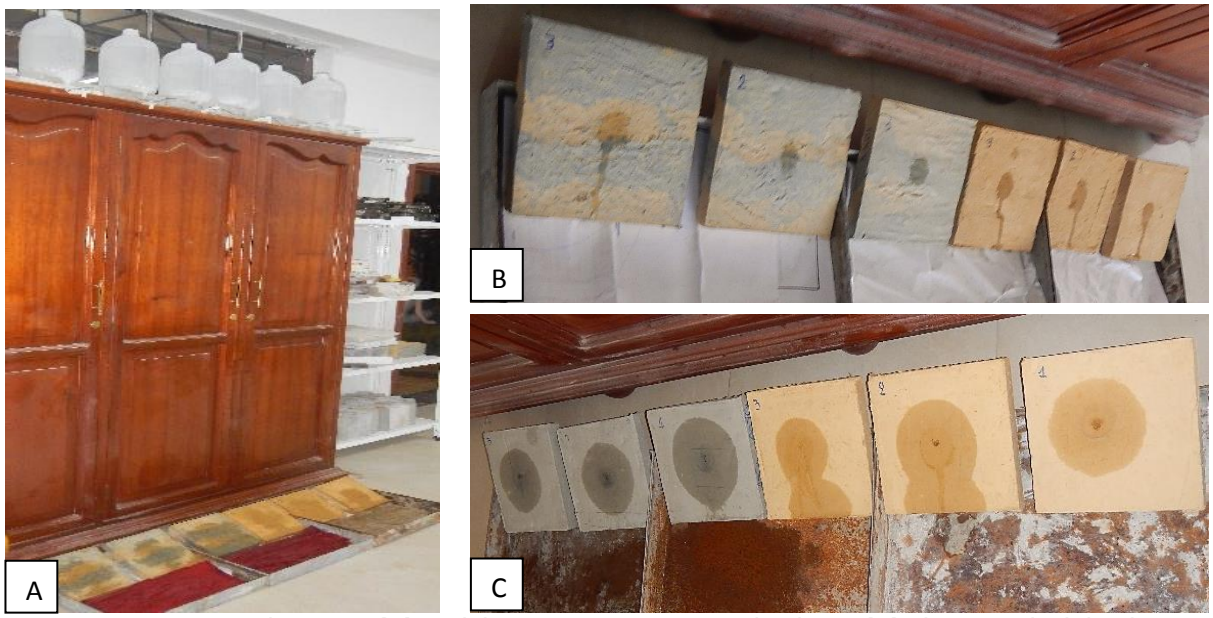


Imagen 53: Ensayo de goteo, **(A)**Recipientes con agua a 2m de altura, **(B)** placas a nivel de piso a 45 gradoos respectos a la horizontal –NGO2 – NXO1, **(C)**Placas de 20x20 cm AZYC4 – AmYC4 **.**
Fuente: Autor

Imagen 54: Composite NGO2, ensayo de goteo, placas con menos erosión por agua
Fuente: Autor

Resultados.

Luego de 5 horas de llevar a cabo el ensayo de goteo de agua sobre las placas de los composites seleccionados, se muestra las erosiones correspondientes de las cuales de obtiene los resultados preliminares para promediar entre las tres probetas de cada composite (ver anexo 6).

Gráfico 2: Masa erosionada en ensayo de goteo
Fuente: Auto

2.8.2. Ensayo de absorción de agua por capilaridad

Para ello, la prueba se ha apoyado en lo establecido en la norma UNE-EN 1015-18: 2003. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería.

Imagen 55: *Ensayo de capilaridad* ,A) secado de probetas en horno a 70°C, (B) Sumergido de probetas a 0.5cm en agua ,(C) control de peso de las probetas con absorción de agua.
Fuente: Autor

Parte 18: Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad de los morteros endurecidos y la norma la UNE 41410:2008, Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques, con las variaciones necesarias para adaptarlas a este material estabilizado únicamente con fibras naturales.Para la elaboración de cada probeta se utilizaron moldes normalizados de 160 x 40 x 40 mm.

Una vez obtenidos los morteros, y siguiendo lo establecido en la norma UNE – EN 1015- 18 sobre morteros, era necesario hacer un mínimo de 3 probetas por mezcla, por lo que se elaboraron 4 probetas por cada tipo de mortero.

Resultados. Luego de ensayar 5 probetas de cada espécimen durante una hora, tomando el peso en intervalos determinados (ver anexo 7), se logra obtener los datos tanto de pérdida de masa como la cantidad de agua absorbida en una hora.

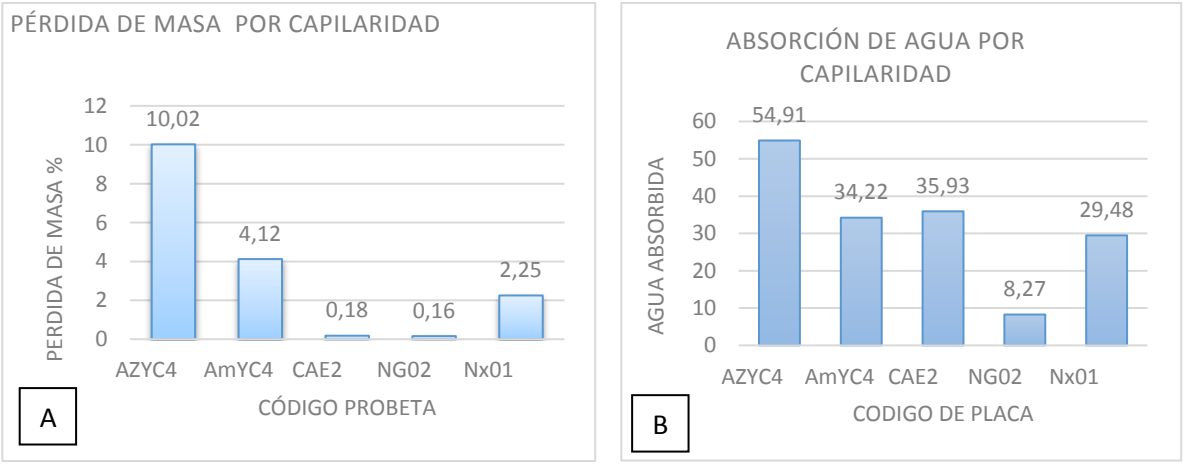


Gráfico 3: ensayo de capilaridad, (A) pérdida de masa y (B) absorción de agua
Fuente: Autor

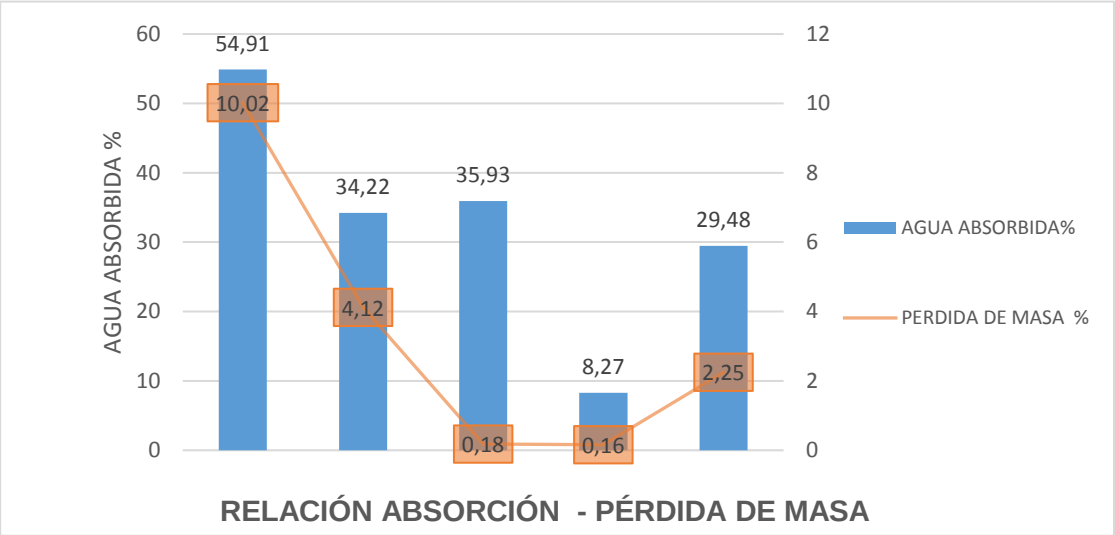


Gráfico 4: Ensayo de capilaridad, relación absorción y pérdida de masa
Fuente: Autor

2.8.3. Ensayo de intemperismo

Este ensayo tiene por objeto determinar de forma visual el impacto de los agentes externos sobre los morteros de barro estabilizados.

Este ensayo consistió en colocar las baldosas de mortero a la intemperie, sobre una mesa de dibujo con una malla electro soldada la cual se la gira a un ángulo de 45º aproximadamente (incidencia de la lluvia, viento y rayos del sol), sobre la horizontal del suelo y con orientación sur, sometidas a la acción del viento, del agua, del sol para de esta manera comprobar el desgaste en la superficie y otras posibles lesiones patológicas.

Imagen 56: Colocación de 3 placas por cada composite a 45° respecto a la horizontal.
Fuente: Autor

Resultados

Este ensayo se lo realiza por dos meses de los cual se tiene como resultado el envejecimiento de las 15 probetas expuestas a la intemperie, las cuales se observa erosionadas por el viento y por el agua y afectadas por el sol.

Las que presentan mejores resultados de resistencia ante esta exposición han sido los composites, CAE2, NX01 y NG02, de los cuales se observa una menor afectación en su coloración y menor erosión ante los agentes externos a las probetas del composite NG02.

Imagen 57: Ensayo de intemperismo ,semana 1
Fuente: Autor

Imagen 58: Ensayo de intemperismo, semana 2
Fuente: Autor

Imagen 59: Ensayo de intemperismo, semana 3
Fuente: Autor

Imagen 60: Ensayo de interperismo, semana 4
Fuente: Autor

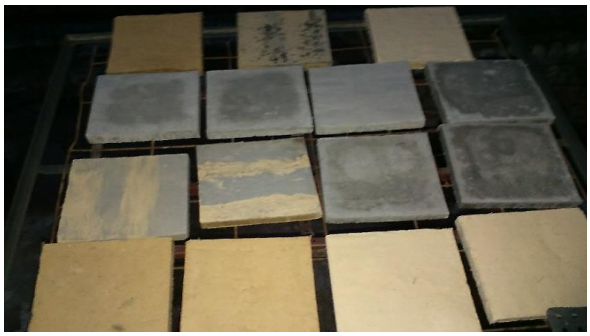


Imagen 61: Ensayo de intemperismo, semana 5
Fuente: Autor

Imagen 62: Ensayo de intemperismo, semana 6
Fuente: Autor

Imagen 63: Ensayo de intemperismo, semana 7
Fuente: Autor

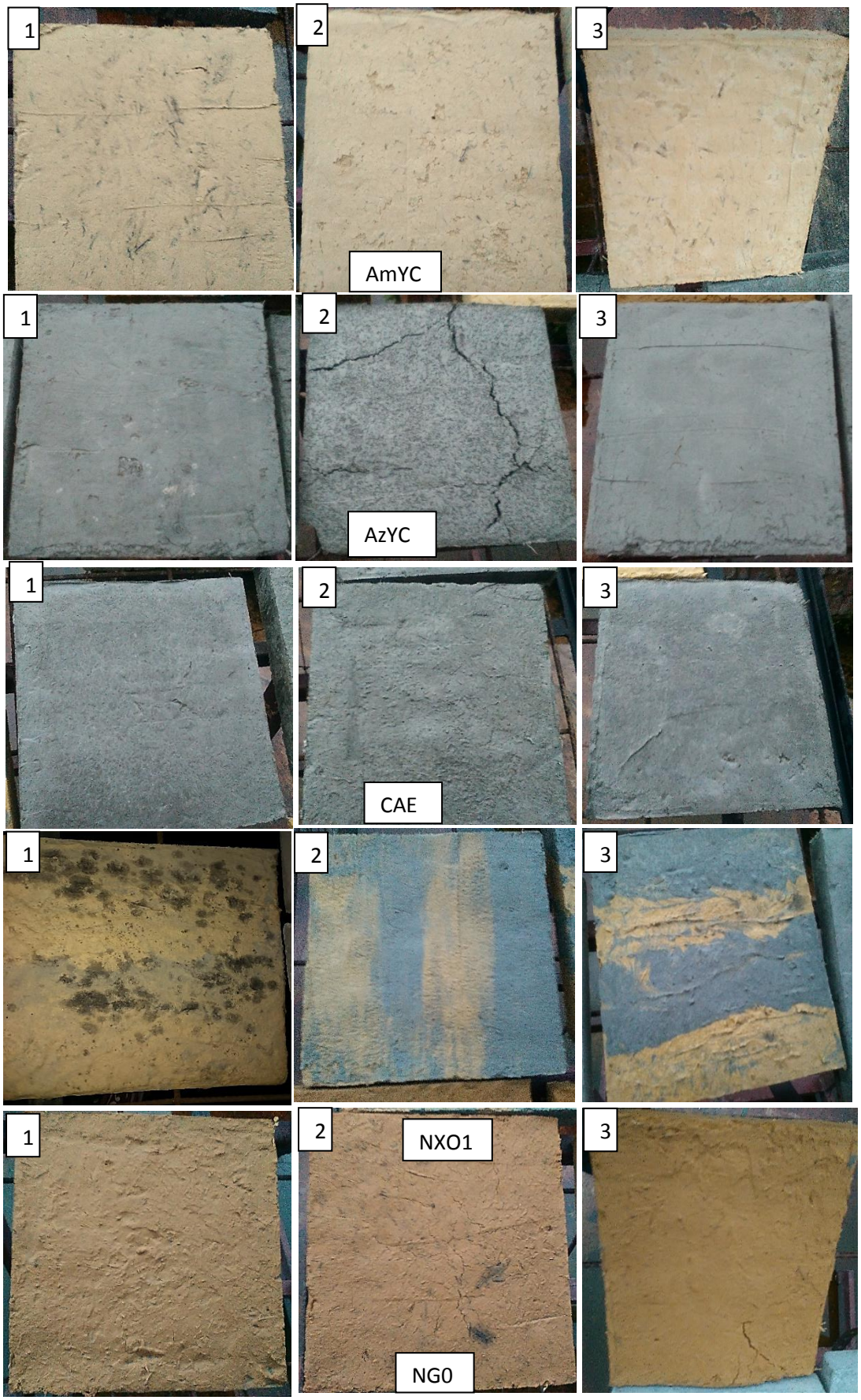


Imagen 64: Ensayo de intemperismo, semana 8
Fuente: Autor

2.9. Ensayos de resistencia mecánica

2.9.1. Ensayo de flexión

Para realizar este ensayo se ha utilizado la norma UNE-EN-1015-11: 2000. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido, con ciertas adaptaciones al material estudiado.

Según la citada norma era necesario emplear 3 probetas por cada tipo de mortero.

Las probetas se colocan, una por una, dentro de la máquina de ensayo uniaxial, apoyando una de las caras que había estado en contacto con las paredes del molde durante el enmoldado, sobre los rodillos de apoyo. La resistencia a flexión se calcula aplicando una carga en tres puntos de los prismas de mortero endurecido hasta su rotura.

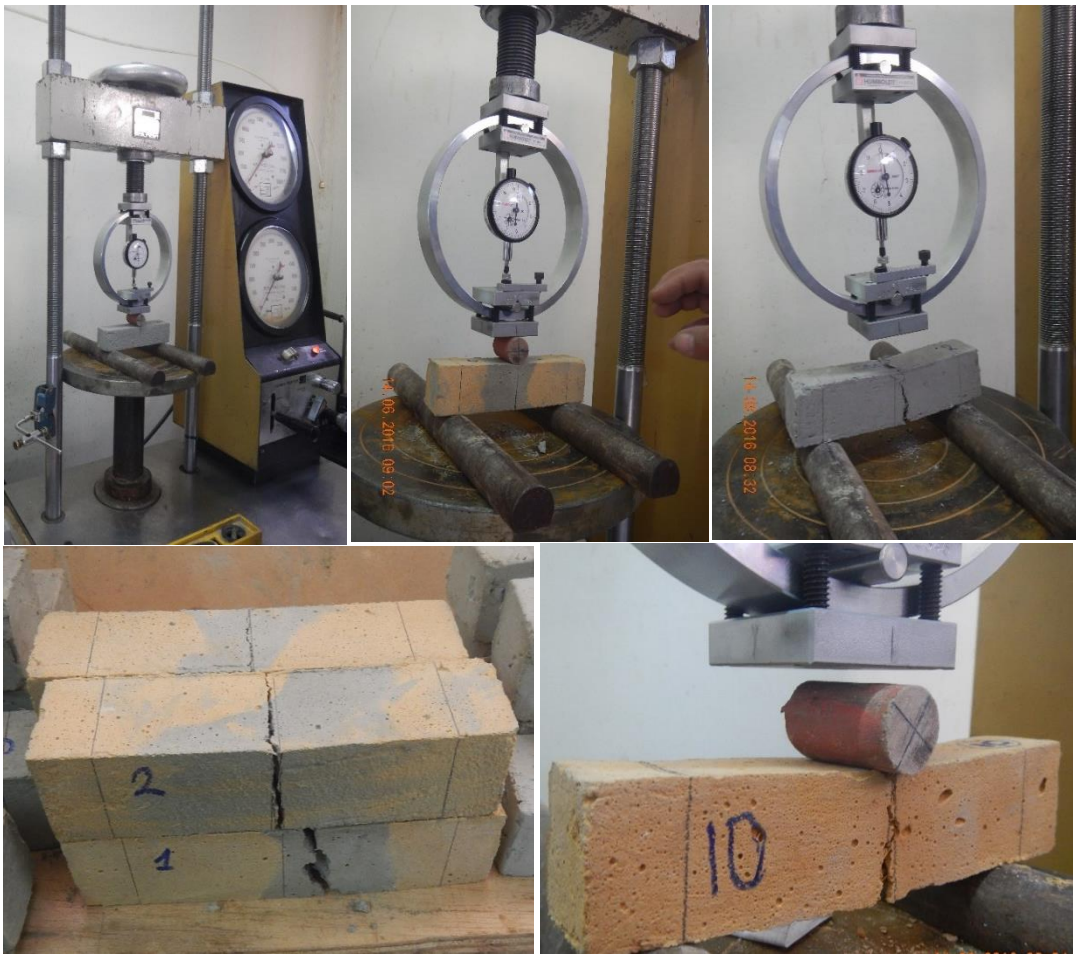


Imagen 65: Ensayo de flexión
Fuente: Autor

Resultados

En este ensayo el que mejor resultado NGO2 de las características mencionadas que lo hacen prestar una buena resistencia superando los requerimientos esperado por norma E.080 1.42 kg/cm2 dando un resultado de 27.47kg/cm2, lo cual lo hace mayormente resistente a una o varias fuerzas externas que pudieren incidir en la misma optimizando los resultados, (ver anexo 8).Cabe recalcar que el resultado bastante elevado puede deberse a la sección de las probetas de 0.4mx 0.4m lo que en los revoques este espesor es menor 0.15m a .02m entonces su resistencia disminuiría considerablemente.

Los componentes utilizados son los que mejoran considerablemente a este composite, se estima que las características de la arcilla le dan mayor resistencia por su contenido (ML) y la estructura interna conformada por fibra de bagazo que posee características morfológicas y propiedades físico - mecánicas catalogándolo como un excelente fibrorefuerzo natural con un incremento a la resistencia a flexión de 94.83% cola utilizada hace que haya una mejor cohesión y por ello su resistencia es apreciable.

Tabla 12: Rotura máxima a flexión, ensayos de 5 probetas de cada composite

PROBETA	ESFUERZO (Kg/cm2).		ESFUERZO (Kg/cm2).		ESFUERZO (Kg/cm2).		ESFUERZO (Kg/cm2).		ESFUERZO (Kg/cm2).	
	NG02		CAE2		AZYC4		NX01		AmyC4	
1	25,92		2,89		3,45		5,64		2,96	
2	24,94	27,47	3,1	2,81	3,3	3,42	5,83	5,69	3,23	3,41
3	26,56		2,64		2,87		4,03		4,11	
4	31,75		2,87		3,45		5,77		3,23	
5	28,18		2,53		4,02		7,19		3,5	

Fuente: Autor

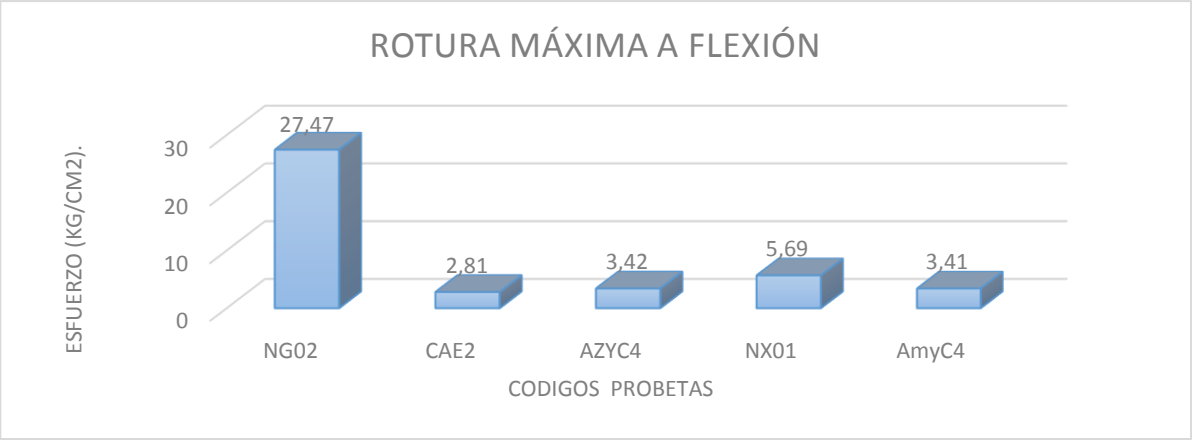


Gráfico 5: Esfuerzo a flexión
Fuente: Autor

2.9.2. Ensayo de compresión

Para realizar este ensayo se ha empleado igualmente la norma UNE-EN-1015-11:2000. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido, con ciertas adaptaciones al material estudiado.

La resistencia a compresión de los elementos de tierra depende al igual que en el caso anterior del tipo y cantidad de arcilla, agua, distribución granulométrica y del modo de preparación o compactación. El rango habitual oscila entre los 5 y los 50 Kg/cm2. Si bien esta es una característica de extrema importancia en elementos de carga como adobes, bloques o tapias, en el caso de los morteros tiene especial relevancia si se trata de morteros de unión, no tanto de revestimientos.

Según la norma DIN 18954 la tensión de compresión admisible para elementos construidos con tierra es de 3 a 5 Kg/cm2, lo que implica un coeficiente de seguridad medio de 7. La norma sólo permite edificaciones de dos plantas con este tipo de construcción. (Castilla F. J., 2004)

Imagen 66: Realización de ensayo de compresión en la máquina Versa Tester
Fuente: Autor

Los datos obtenidos muestran que los ensayos correspondientes en los diferentes composites de las probetas sometidas a compresión , se puede observar que se encuentra dentro de los rangos de la resistencia requerida es **NG02**, ya que normalmente la resistencia debe variar de 10 a 50kg/cm2, en la norma alemana DIN18954 es de 3 a 5 kg/cm2,por lo que cabe recalcar además que la resistencia a compresión depende principalmente de la distribución granulométrica, del contenido de agua, la compactación así como del tipo de arcillas utilizada.

Resultados.

Se observa que los resultados que sobresalen en la resistencia a compresión(ver anexo 9), de cada una de las probetas sometidas al ensayo representan al composite **NG02**, resultado de la sección de las probetas utilizadas (cubos de .05x.05m) los cuales influyen para obtener resultados relevantes, además del aditivo nopal (*mejora las condiciones de resistir a la compresión)*(Aranda-Jiménez & Suárez-Domínguez,2013) , el cual al momento de utilizarse en las probetas el mucílago de nopal mejora la trabajabilidad de las mezcla haciéndola más fluida, sin necesidad de agregar agua y por ende en su compactación disminuye la porosidad de los morteros en consecuencia estos mejoran su resistencia a compresión, la cola blanca mejora la cohesión de todos los materiales reforzando el mortero de revoque.

Tabla 13: Probetas ensayadas y resultados obtenidos en el esfuerzo a compresión

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE										
PROBETA	Esfuerzo (Kg/cm2).		Esfuerzo (Kg/cm2).		Esfuerzo (Kg/cm2).		Esfuerzo (Kg/cm2).		Esfuerzo (Kg/cm2).	
	NG02		CAE2		AZYC4		NX01		AmyC4	
1	66,45		10,5		2,27		9,95		5,99	
2	60,13	44,818	14,68	14,512	6,8	5,448	10,03	10,25	6,21	7,244
3	31,04		11,82		6,15		10,02		5,63	
4	36,92		18,82		6,22		10,53		8,9	
5	29,55		16,74		5,8		10,72		9,49	

Fuente: Autor

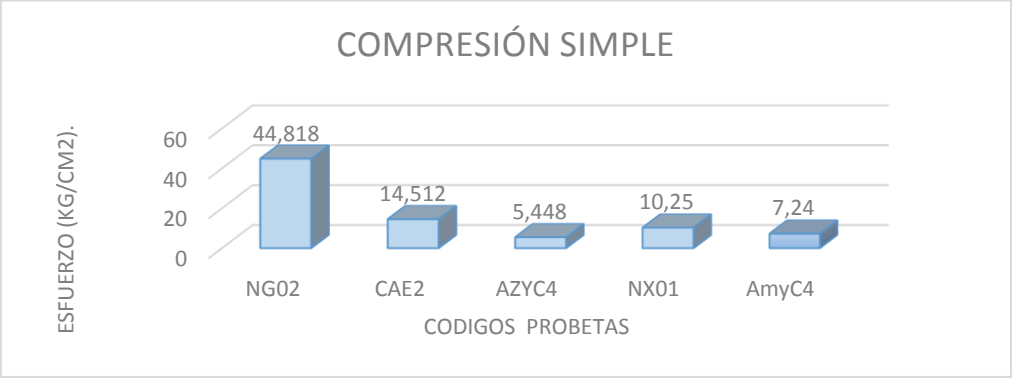


Gráfico 6: interpretación de resultados de probetas ensayadas a compresión
Fuente: Autor

2.9.3. Abrasión

En la norma DIN 52108 se describe un ensayo normalizado que utiliza un disco giratorio para producir la abrasión, en este caso no se cuenta con el equipo pertinente para realizarlo.

Según varios autores la prueba se puede hacer más sencilla y consiste en utilizar un cepillo metálico o un papel de lija, al que se coloca un peso y se desliza de un extremo a otro de la muestra. El material que resulta erosionado se pesa y se compara con el de otras muestras. (Castilla F. J., 2004). Para este ensayo se realizaron tres probetas para poder lograr un resultado de mayor confiabilidad.

Imagen 67: Preparación de taladro y lija para ensayo de abrasión
Fuente: Autor

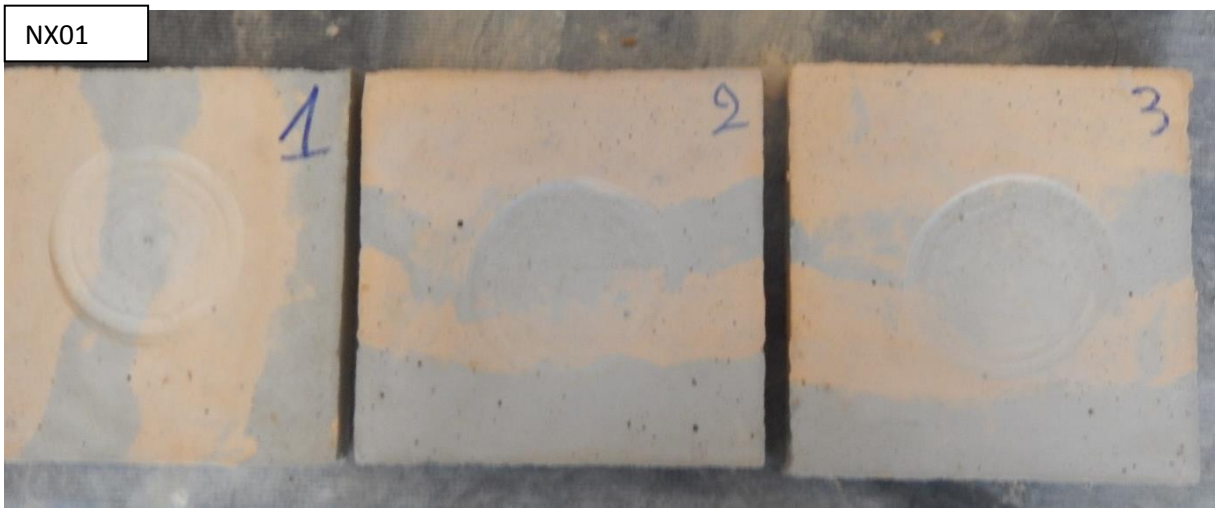
Se procede a realizar un equipo manual de base metálica un tubo cuadrado exterior y uno interior el cual se va deslizando en sentido vertical, conforme vaya realizándose el desgaste provocado por el taladro , el peso del taladro el cual tiene un peso de 2.5kg hace que la fuerza aplicada sea uniforme y su rpm es de 1400 el mismo es soportado por la misma estructura, para lograr un desgaste regular en cada pieza de 20x20cm se lo pone en ejecución al taladro por el lapso de 1 minuto y se procede a pesar el desgaste de cada pieza.

Resultados.

Imagen 68: Ejecución del ensayo y toma de peso del material desgastado
Fuente: Autor

Resultados.

Al ser sometidos a este ensayo se logra ver cuál es el composite que brindara mayor resistencia a la abrasión a la que se someterán a diario los revoques, dando como resultado que el que presta mejores condiciones es el composite NX01.(Ver anexo 10)



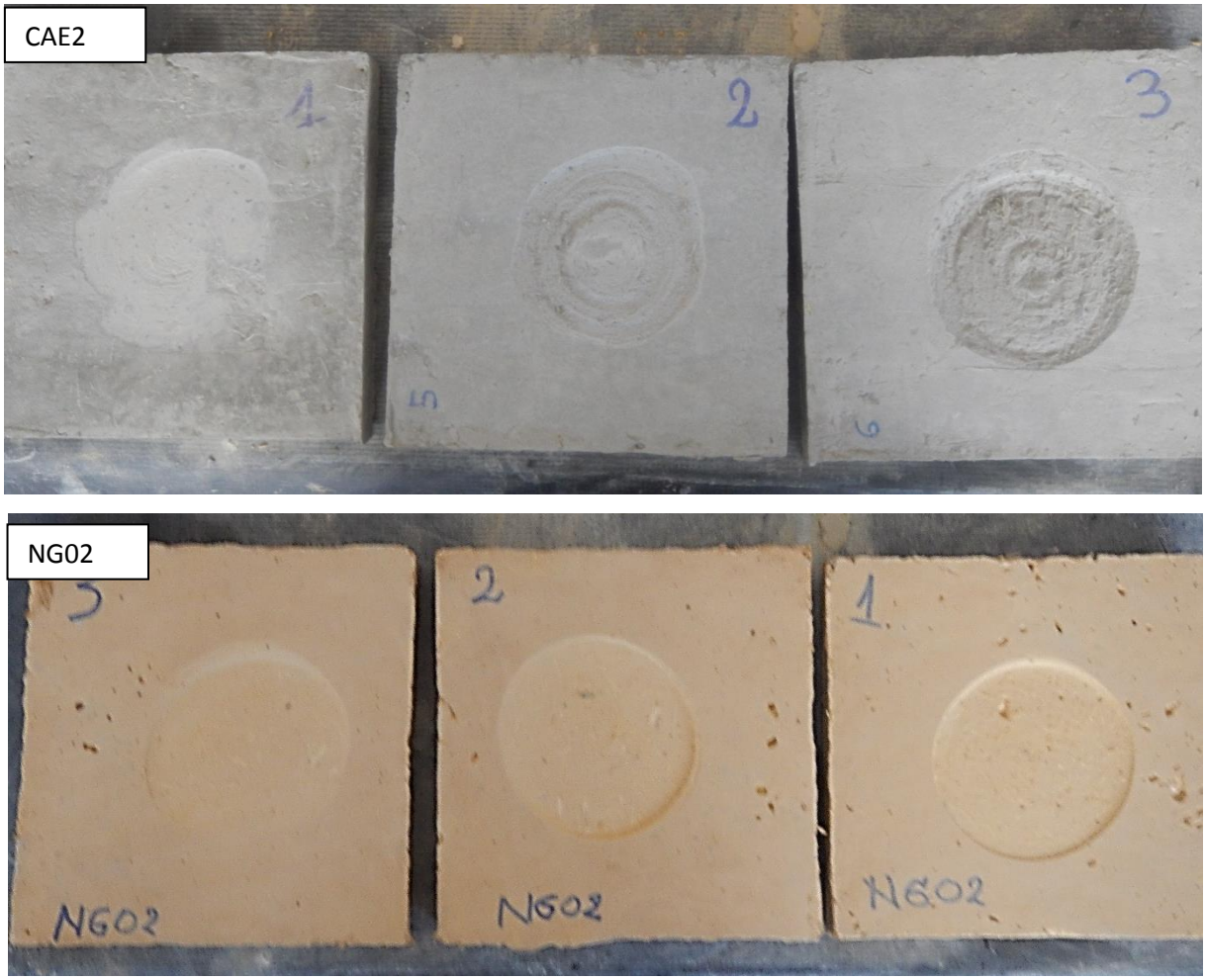


Imagen 69: 3 probetas de cada composite sometidas a ensayo de abrasión
Fuente: Autor

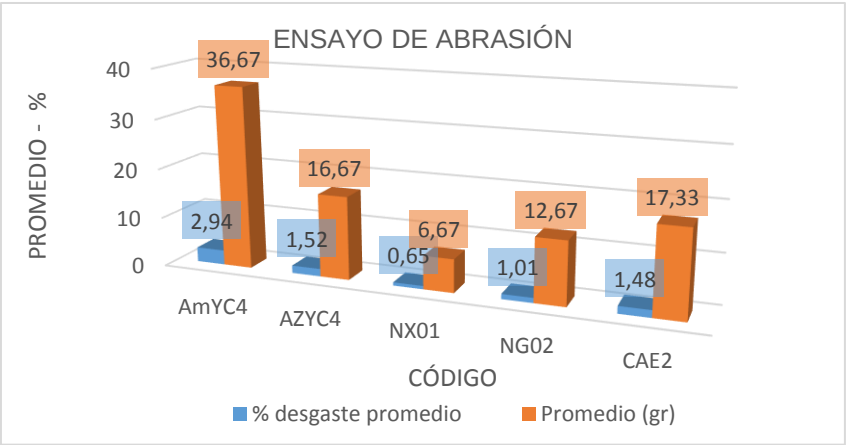


Gráfico 7: Desgaste en porcentaje y peso en gramos al ser sometersе a la abrasión
Fuente: Autor

Comportamiento frente al fuego

En la norma alemana DIN4102, parte 1, el barro aun si contiene paja no es considerado combustible si la densidad no es menor que 1700k/m^3 (Minke, 2005)*,en este caso la arcilla utilizada en revoques siembre va a contener humedad, la cual se especifica que su densidad es de 1800 k/m$^{3.}$*

2.9.4. Resultados de ensayos realizados

A Continuación se muestra un resumen de los resultados de los composites empleados en probetas, donde se puede apreciar la resistencia al ser sometidos en los diferentes ensayos, (Goteo, capilaridad, intemperismo, flexión, compresión, abrasión.

Tabla 14: Resumen de resultados de todos los ensayos realizados selección de composite con mejor resultados en ensayos

RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS							
COMPOSITE	GOTEO	CAPILARIDAD		INTERMPERISMO	FLEXIÓN	COMPRESIÓN	ABRASIÓN
	MASA PERDIDA (gr) -50gr	**MASA PERDIDA (%)**	**ABSORCIÓN DE AGUA (%)**	**A-B-C**	**Kg/cm2**	**Kg/cm2 10 -50**	**DESGASTE %**
AmYC4	3	4,2	34,22	B	3,41	7,24	2,94
AZYC4	2,33	10,02	54,91	C	3,42	5,45	1,52
NX01	2	2,25	29,48	A	5,69	10,25	0,65
NG02	1	0,16	8,27	A	27,47	44,82	1,01
CAE2	1,67	0,18	35,93	B	2,81	14,51	1,48

Fuente: Autor

2.9.5. Presupuesto de revoque propuesto

El análisis económico se lo ha realizado del composite con mejores resultados en este caso el código NGO2 que es el que presenta resistencias que sobresalen en la mayoría de ensayos realizados.

Tabla 15: Análisis de precios del propuesto

REVOQUE PROPUESTO					
Analisis de precios unitarios					m2
MANO DE OBRA					
DESCRPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HORA	COSTO /HORA	REN./ HORA	PRECIO TOTAL
Albañil	1	3,13	1,25000	0,4	0,5
Peon	1	1,5	0,60000	0,4	0,24
Subtotal					0,74
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Arcilla		kg	36,750	0,1000	3,67500
Bagazo		kg	0,7500	0,3000	0,22500
Nopal		kg	5,7500	0,2500	1,43750
cola		kg	0,8750	1,6250	1,42188
SUBTOTAL					6,75938
EQUIPOS					
Herramientas manuales 5% de M.O	CANTIDAD	TARIFA	COSTO /HORA	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL					0,037
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				7,53638
	INDIRECTOS%				
	UITILIDADES%				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				7,54
	VALOR OFERTADO				7,54

Fuente: Autor

2.9.6. Comparativa de costes y beneficios.

Tabla 16: Revoques tradicionales - propuesto

COMPARACIÓN DE COSTES BENEFICIOS	Revoco de cal aérea	Yeso	Revoco de cemento	Revoque propuesto de arcilla
Descripción	Cal arerea relación 1-3 – 4-5 con la arena mezclada	Yeso, cal hidratada y aditivos	Arena, cemento	Arcilla , fibra de bagazo,nopal, cola.
Riesgos	Fuertemente alcalino	Ninguno	Aditivos tóxicos del cemento	Ninguno
Resistencia mecánica , compresión.	15.296 kg/cm^2	20.394kg/cm^2	101.97 kg/cm^2	44.818 kg/cm^2
Recursos naturales	Suficiente	Yeso natural limitado, yeso FGD suficiente	Suficiente	Suficiente
Consumo energético	1,03MJ/kg - 1,3MJ/kg 515KW/m^3-647KW/m^3	1,94 MJ/KG = 592KW/m^3	Cemento 3,3- 4,8 MJ/kg	0,5MJ/kg = 236KW/m^3
Capacidad de reciclaje	No	Si,(disminución en resistencia)	No	Si
Emisiones de CO2 por componente básico del material.	46,80 kgCO2/m2 (Mercader, Arellano, & Olivares., 2012)	10,64 kgCO2/m2 (Mercader, Arellano, & Olivares., 2012)	12,09 kgCO2/m2 (Mercader, Arellano, & Olivares., 2012)	14,02 kgCO2/m2 (Mercader, Arellano, & Olivares., 2012)
Precio m^2/ y mano de obra	14.58 $	8.05 $	10.75$	7.54$

Fuente: Autor

Como resultado de la comparativa de costos entre los revoques tradicionales y el propuesto se puede concluir que existe una diferencia de costos entre los tradicionales y el revoque propuesto, sin embargo no se puede omitir los beneficios que proporciona el uso de revoques de arcilla, entre los cuales están; la no existencia de riesgos para la salud, la oportunidad de reciclar, y el poder contar con los recursos suficientes para su utilización.

2.9.7. Comparativa de costes y beneficios mediante la herramienta SMART SPP CCV CO2

Los costes del ciclo de vida (CCV) son los costes que un producto causará a la autoridad contratante durante su vida útil1. Más allá de los costes de adquisición, los CCV también tienen en cuenta los costes de funcionamiento (particularmente el consumo de energía y agua), costes de mantenimiento, impuestos, costes para deshacerse del producto o el valor de reventa.

Con esta herramienta se puede definir cuál de los revoques (cal, yeso, cemento, arcilla) es factible, tanto en el ámbito económico, como también los beneficios o perjuicios que estos provocan a través de la emisión de CO2 para el medio ambiente.(ver anexo 12).

Resultados

Tabla 17: Resultados del costo de ciclo de vida de los revoques en 15 y 25 años, (software SPP CCV CO2)

Resultados CCV, en valor actual neto

<< Haga clic en el botón de expansión [+] situado a la izquierda para mostrar más resultados

Total de costes en valor actual neto [después de 15 años] por oferta	[EUR]	**745.078**	**447.043**	**1.274.818**	**198.701**
Costes anuales promedio por oferta	[EUR/año]	**49.672**	**29.803**	**84.988**	**13.247**
Costes totales [después de 25 años]	[EUR]	**885.862**	**531.513**	**1.515.699**	**236.246**
Total de costes por unidad [después de 15 años]	[EUR/unidad]	**745.078**	**447.043**	**1.274.818**	**198.701**
Costes anuales por unidad (y año)	[EUR/unidad*año]	**49.672**	**29.803**	**84.988**	**13.247**
Coste por unidad [después de 25 años]	[EUR/unidad]	**885.862**	**531.513**	**1.515.699**	**236.246**

Tabla 18: Emisión de CO2, (software SPP CCV CO2)

Resultados de CO_2: Cifras clave

Emisiones medias anuales por oferta	C [kg CO2/año/oferta]	**44.603**	**26.762**	**76.321**	**11.894**
Emisiones totales por oferta	[kg CO_2/oferta]	**669.094**	**401.439**	**1.144.826**	**178.427**

Resultados CO2 detallados

<< Haga clic en el botón de expansión [+] situado a la izquierda para mostrar más resultados

Resultados del CO_2: Funcionamiento

Resultados de CO2: Emisiones Integradas

Emisiones integradas por unidad	[kg CO_2/unidad]	**47**	**11**	**12**	**14**
Emisiones totales integradas durante uso (sin pasarlas al usuario subsiguiente)	[kg CO_2/oferta]	**47**	**11**	**12**	**14**
Posiblemente traspaso de emisiones integradas al usuario subsiguiente	[kg CO_2/oferta]	**33**	**5**	**8**	**9**

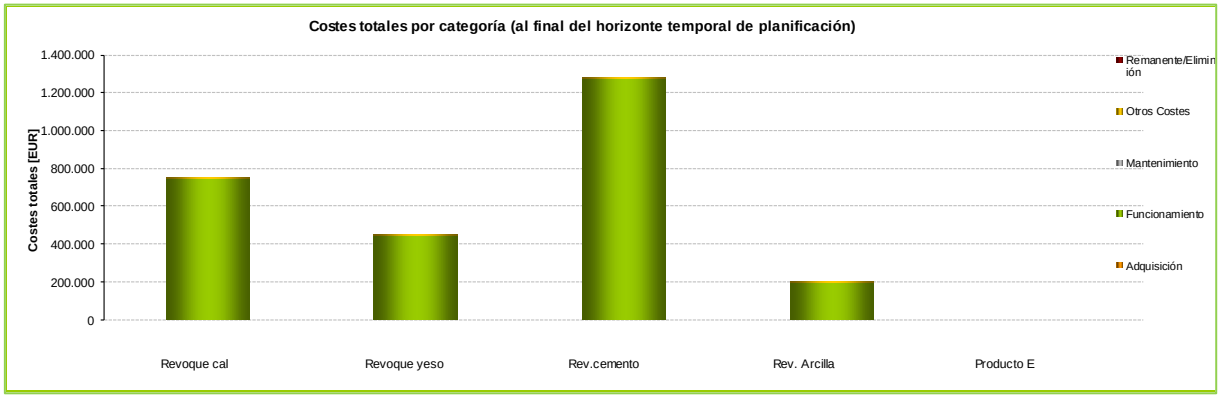


Gráfico 8: Costes del revoque en una proyección de 15 años
Fuente: Autor

Mediante este grafico de costos en la proyección planificada, se despliega que el revoque de arcilla, involucra una menor inversión a lo largo de su vida útil , esto se debe a que los costos de mantenimiento, funcionamiento, adquisición son menores a los demás revoques propuestos(cal,yeso , cemento).

CAPÍTULO III:

APLICACIÓN EN VIVIENDAS DE ENSAYO, ADOBE Y MAMPOSTERÍA DE LADRILLO.

3.1. Experimentación y aplicación del revoque

Componentes y tratamiento de los elementos utilizados en el proceso de experimentación del revoque en paredes seleccionadas

Se puede utilizar algunos tipos de revoques aplicables a base de arcilla, desde los más costosos hasta los económicos como en este caso la arcilla y la fibra de bagazo de caña de azúcar, tomando en cuenta que estos presten factores importantes como la adherencia, resistencia, desgaste, resistencia al impacto, y que exista poca figuración, y sobre todo durabilidad.

Para lograr llegar a término la respectiva experimentación del revoque obtenido con mejores resultados se procede a la obtención y preparación de cada uno de los componentes como son la arcilla, el nopal, y el bagazo de caña de azúcar.

3.1.1. Secado de arcilla M1

Se prepara la arcilla luego de ser extraída para ser sometida a secado natural es decir se la extiende en el piso debidamente limpio para que no se contamine con otros componentes, y de esta manera ser utilizada en la aplicación y poder tomar su peso para el porcentaje necesitado en el composite.

Imagen 70: Obtención y secado arcilla M1
Fuente: Autor

3.1.2. Recolección de nopal (Opuntia ficus indica)

Se procedió a cosechar recolectar las pencas (clacodios) maduras para poder realizar la respectiva maceración para la obtención del mucílago.

Imagen 71: Cosecha del nopal,(Opuntia Ficus- Indica)
Fuente: Autor

3.1.3. Recolección de bagazo de caña de azúcar

Este componente se lo obtuvo en la molienda del señor Francisco Barrigas de tamaño de 10-50-70-100cm, siendo fibra muy larga para utilizar en el revoque, para lo cual fue colocada en una máquina de trituradora de hierba la cual nos arroja la fibra de tamaño de 1-10cm, para lo cual se selecciona la fibra más pequeña entre 1 -6 cm de longitud, para luego ser tratada.

Imagen 72: (A)Obtención del bagazo de caña de azúcar, molienda del sr. Francisco barrigas,(B) triturado de bagazo.
Fuente**: Autor**

3.1.4. Proceso de tratado a la materia prima para aplicación

- **Arcilla**

Una vez seca y triturada la arcilla se procedió a tamizar para mantener una homogeneidad al ser mezclada con los demás componentes, cabe recalcar que el secado fue a temperatura ambiente 25°C.

Imagen 73: Tamizado de la arcilla
Fuente: Autor

- **Nopal**

Luego de tener la materia prima se procede a realizar trozos pequeños de las pencas , de tamaño aproximado de 6x6 cm, y se los pone a macerar a una temperatura de 25-30°C en relación 1:1 de agua y nopal por un lapso de 3 días, y posteriormente se procede a retirar todo el material solido de nopal, lo cual se lo hace por medio del filtrado en una malla cuadrada de aberturas de 5x 5 cm, obteniendo así el mucilago listo para poder ser aplicado en el composite.

Imagen 74: (A)Troceado, (B) maceración y (C,D,E,F) filtrado del mucílago de nopal

- **Tratado del bagazo de caña de azúcar**

Se coloca en un recipiente el agua con la cal para sumergir el bagazo en este hidróxido de calcio, esto con la finalidad de que el bagazo quede apto para la construcción y con el tiempo se evite daños en la fibra por el agua o cualquier agente, al estar expuesto al exterior, se lo deja por 48 horas en sumersión y luego de estar se lo pone a secar al ambiente natural.

Imagen 75: Tratado al bagazo con cal, (A) cal disuelta en agua, (B) bagazo sumergido en agua con cal , (C) Secado de bagazo luego del tratamiento con cal.
Fuente: Autor

3.2. Aplicación en paredes seleccionadas, adobe, mampostería de ladrillo, y pared mixta.

Para realizar la aplicación de este revoque es lo principal tomar el peso de cada componentes, para evitar alteraciones al momento de colocarlo es así que se procede a pesar en kg , la arcilla 36.75 kg fibra de bagazo 0.75 kg, mucilago de nopal 5.75 kg, cola 0.88 kg, esto en cada m2 con un espesor de revoque de 0.02m.

Imagen 76: Peso de materiales, arcilla, mucilago de nopal, fibra de bagazo, cola bioplast.
Fuente: Autor

Al no existir batidora mecánica se lo hace manualmente, tratando de obtener un amasado homogéneo de todos los materiales, primero se agrega la arcilla, luego los aditivos, y por último la fibra para evitar que esta se adhiera a la cola o al mucilago, según investigaciones anteriores.

Imagen 77; Mezcla de materiales
Fuente: Autor

Al aplicar en la mampostería de ladrillo y muros de adobe no se humedece debido a que la consistencia del revoque tiene propiedades que sustituyen el humedecer paredes.

- **Vivienda de adobe**

Imagen 78: Aplicación de revoque vivienda 1
Fuente: Autor

La aplicación a esta vivienda se lo hace manualmente, ya que al hacerlo con herramienta (llana)la textura de los materiales se altera.

Vivienda de mampostería de ladrillo

Imagen 79: Revoque aplicado en mampostería de ladrillo
Fuente: Autor

Al hacer la aplicación del revoque en mampostería de ladrillo, se lo hizo primeramente con llana metálica pero al no obtener los resultados esperados se procedió hacerlo manualmente, dando como resultado una textura más estética a la vista.

Vivienda de adobe y mampostería de ladrillo

Imagen 80: Revoque aplicado en mampostería de ladrillo y adobe.
Fuente: Autor

En esta vivienda con pared mixta se logró colocar el revoque manualmente, y en la cual se demuestra que el revoque es compatible con ambos materiales el ladrillo y adobe.

- **Semana 2**

Imagen 81: Revoque aplicado en adobe (A) , mampostería de ladrillo (B) , adobe y mampostería de ladrillo (C)
Fuente: Autor

- **Semana 3**

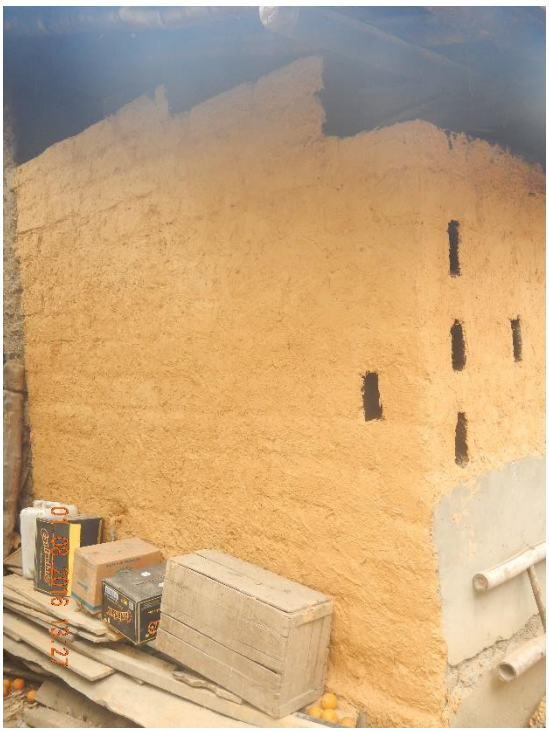


Imagen 82: Revoque aplicado en adobe.
Fuente: Autor

Imagen 83: Revoque aplicado en mampostería de ladrillo semana 3
Fuente: Autor

Imagen 84: Revoque aplicado en mampostería de ladrillo y adobe. Semana 3
Fuente: Autor

Luego de 5 meses de aplicado el revoque en las diferentes paredes de ensayos, se observa que no han existido alteraciones, como desprendimientos, fisuras, decoloración, es decir que cumple con las expectativas esperadas, cabe recalcar que la arcilla no posee ningún pigmento, y que la utilización del nopal en la mezcla es el que le da una mejor coloración al revoque. Así mismo la utilización de fibra de bagazo tratado evita que aparezca hongos en los revoque dándole así un ciclo de vida más extenso para ser reemplazado.

COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Al inicio de esta investigación se plantea como hipótesis: **que mediante el desarrollo de un composite mejorado a base de arcilla se obtendrá un revoque eficiente con el uso de aditivos naturales y artificiales, que le darán la estabilidad y durabilidad necesaria para el acabado en vivienda de adobe y mampostería de ladrillo,** lo cual se puede apreciar en los resultados obtenidos, resultando positivos en cuanto a la estabilización y resistencia mecánicas obtenidas, que dan la satisfacción esperada, ello se refleja en la aplicación en viviendas de ensayo que no muestran alteración alguna hasta la fecha.

CONCLUSIONES

De los diferentes ensayos realizados y las experiencias obtenidas en los mismos se concluye lo siguiente:

- Se puede potenciar los requerimientos de la construcción en tierra, y todas sus exigencias, economía, bajo impacto ambiental y por ende menos perjuicio para la salud.
- El mejoramiento de la resistencia al agua del mortero, se logró por medio de aditivos naturales.
- Las fibras tratadas mejoran considerablemente la estabilización y resistencia mecánica es decir mejoran su estructura interior haciendo que exista una mejor cohesión interna y por ende, adherencia, evitando además que estas se fisuren y exista baja degradación de la fibra en la matriz del compuesto.
- La utilización de fibra larga (3-5cm) de bagazo mejoró las propiedades de resistencia del revoque evitando así fisuración, sin embargo la fibra de cascara de arroz y sus ceniza provoca numerosas fisuras.
- Además de la utilización de fibras también el uso de otros elementos como, yeso, cal, nopal, cadillo, cola blanca, son componentes que aumentan las propiedades del revoques, en este caso la cola y el nopal que mejoran su adherencia, su coloración e impermeabilidad.
- El comportamiento de los revoques aplicados tanto en pared de ladrillo como en muros de adobe son semejantes por ello no se aprecia diferencias ni problemas, en todo este trayecto de 5 meses no muestra fisuramiento, ni desprendimiento del material.
- El revoque estabilizado con cola blanca y nopal, presento menor absorción de agua que los demás composites y por ello mejora la durabilidad frente a la erosión producida por el agente que causa mayo daño como es el agua.
- La cola blanca y nopal son productos de fácil accesibilidad en el mercado, lo que facilitaría su utilización en el campo de la construcción y mejorarían los resultados al utilizar arcillas en revoques.
- En obra de fábrica, estos los costos disminuirían debido a que los materiales, son de fácil acceso en el lugar.

RECOMENDACIONES

- El revoque de arcilla es necesario hacer el mayor número de ensayos posible para así lograr constatar su efectividad al momento de aplicarlo.

- La proporción adecuada de cada componente es mejor hacerlo por peso porque ahí se pueden determinar las cantidades suficientes y exactas para luego evitar alteraciones al momento de aplicar y posibles resultados que alteren su adherencia.

- En el tratamiento de los mucílagos debe tenerse en cuenta los días de maceración para ser aplicados esto con el objeto de obtener una resina de mejor calidad para el composite, ya que al no hacerlo esto podría alterar a los resultados requeridos.

- Al momento de mezclar todos los componentes hay que tener en cuenta que el hacerlo de forma manual hace que la distribución de estos no sea uniforme y por ende al realizar las probetas hayan pequeños cambios en su contextura y estructura al momento de aplicarlo, lo que se refleja luego en los resultados generales, por lo que se recomienda hacerlo con maquinaria específica es decir una batidora industrial.

- Se debe tratar las fibras para que no se produzcan alteraciones en el color, y deterioro en la estructura interna del revoque, evitando que el contacto con agua lo dañe y se produzca moho en este.

- Al ser utilizado un revoque en paredes de ladrillo y de adobe se debe tomar en cuenta la trabajabilidad del mortero y que al momento de aplicarlo no haya problemas de falta de adherencia.

- En obra de fábrica la inversión en los rubros de construcción disminuye por la disponibilidad de la materia prima.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso, P., & Cruz, S. (2012.). Recubrimientos y acabados con tierra para vivienda del medio rural , eficiencia y sustentabilidad.

Aranda-Jiménez, Y. G., & Suárez-Domínguez, E. J. (2013.). Cactus stalk waterproof effect in compressed earth blocks. *Nova Scientia*, *6*(11), 311–323. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007 07052014000100017&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

Bailon, E. I., & Espinosa, R. I. (2015). *Contexto y análisis de la vivienda en la region sur del Ecuador.* Loja- Ecuador.

Barbeta, G. S. (04 de 09 de 2011). Método integral para conseguir técnicamente la estabilizacion optima de la tierra. 3. Obtenido de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6106/05TESI4.pdf?sequence=5

Braga, G. (2014). Materiales y Tecnología Nº 5 (Acabados superficiales-revoques).

Bustamante, J. S. (2013). Seguimiento de una obra civil y funcionabilidad delpersonal encargado para una buena calidad laboral y de CONSTRUCCIÓN. *Práctica academica*. Pereira.

Cadena, C. G., José, A., & Silvera, B. (2002). Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. *Ingeniería & Desarrollo. Universidad Del Norte*, *12*, 9.

Castilla, F. J. (2011). Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporaneas. *Informes de La Construcción*, *63*, 143–152. http://doi.org/10.3989/ic.10.019

Carlos E. Alderete, L. E. (2006). El suelo-cemento, un recurso tecnológico. *Centro de Investigación Habitat y Energía, CIHE, SI, FADU, UBA* .

Castilla, F. J. (2004). Estabilizacion de morteros de barros para la protecccion de muros de tierra. *Tesis Doctoral*. Madrid, España.

Castilla, F. J. (2011). Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporáneas. *Informes de la Construcción, Vol. 63, 523, 143-152,*, 144-152.

Chavez, A. J. (2009). Mortero ecologico para casas autoconstruidas con materiales locales en el departamento de jutiapa. *Tesis*. Guatemala.

Ciatti, X. I. (2015). Construcción con Tierra Investigación y Documentación.

Filho, R. R. (2007). El uso de la tierra como elemento constructivo en Brasil : manejo , usos , desafíos y paradigmas.

Gatti, F. (05 de 09 de 2012). Arquitectura y construcción en tierra. *Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra*. Barcelona.

Gonzalo, S. V. (2012). Morteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos. *trabajo de fin de master*.

Granda, U. L. (2014). Determinación y analisis de revoques en la restauración de muros de adobe en la provincia de Loja. *Trabajo de fin de titulación*.

Guerrero, L. F. (2007). Arquitectura en tierra.Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes, 20*(2), 1`85. Recuperado el 10 de 2015

http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm. (s.f.). Obtenido de http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm

J. Linares, F. H. (1983). La arcilla como material ceramico.caracteristicas y comportamiento. Granada: Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada.

Jiménez, M. d., & Ochoa, G. A. (2014). *Reutilización del bagazo de la caña de azúcar, en la elaboración de tableros y su aplicación en paredes, pisos y cielos falsos.*

Kita, Y., & Verriest, A. J. (2014). Evaluación de bitumen como estabilizante para patrimonio construido en tierra bajo el clima trópico húmedo. *Estudios sobre conservación, restauración y museología, II*, 129-142.

Martínez, T. G. (2016). *Análisis constructivo de la obra de Diébedo Francis Kéré en el contexto de la arquitectura vernácula de Burkina Faso.*

Mercader, M. P., Arellano, A. R., & Olivares., M. (2012). Modelo de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. *Informes de la Construcción, Vol. 64, 527, 401-414*.

Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra.* Alemania: Fin de siglo.

Minke, G. (2005). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. *Manual de construccion en tierra*.

Mullor, F. S. (2011). La arquitectura de tierra. *Evoluvion a traves de la historia*. Valencia.

Peñalosa, W. F. (2012). Aplicación del barro en revestimiento de paredes en el canton Cuenca. *Monografía previa a la obtención del Título de Diseñador de Interiores.* Cuenca, Ecuador.

Robayo, R., Mattey, P., & Delvasto, S. (2013). Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y reforzado con fibras de acero. *Revista de la Construcción* .

Rufino, J. (2013). Determinación de los problemas técnico – constructivos actuales que

afectan la calidad y durabilidad de las viviendas de tierra en la provincia de Uige , Angola Determination of techcical and constructive problems that affec the quality and durability of , *XXXIV*(2).

S. Bestraten, E. H. (julio - septiembre de 2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la construccion, Vol. 63, 523, 5-20,*, 12. Recuperado el 16 de 01 de 2016

Sánchez, P. A. (2008). Recubrimientos y acabados con tierra para vivienda del medio rural, eficiencia y sustentabilidad. *Horizontes de Arquitectura A.C.*

Saraz, J. A., Aristizabal, F. V., & Mejía, J. A. (2007). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azucar. *Dyna*.

Serrano, T., Borrachero, M. V., Monró, J. M., & Payá, J. (2012). Morteros aligerados con cascarilla de arroz: diseño de mezclas y evaluación de propiedades. *Dyna*.

Vacacela, P. F. (2016). Propuesta de mejoramiento del sistema constructivo bahareque en galluchaqui, para la vivienda tradicional de la cultura saraguro.

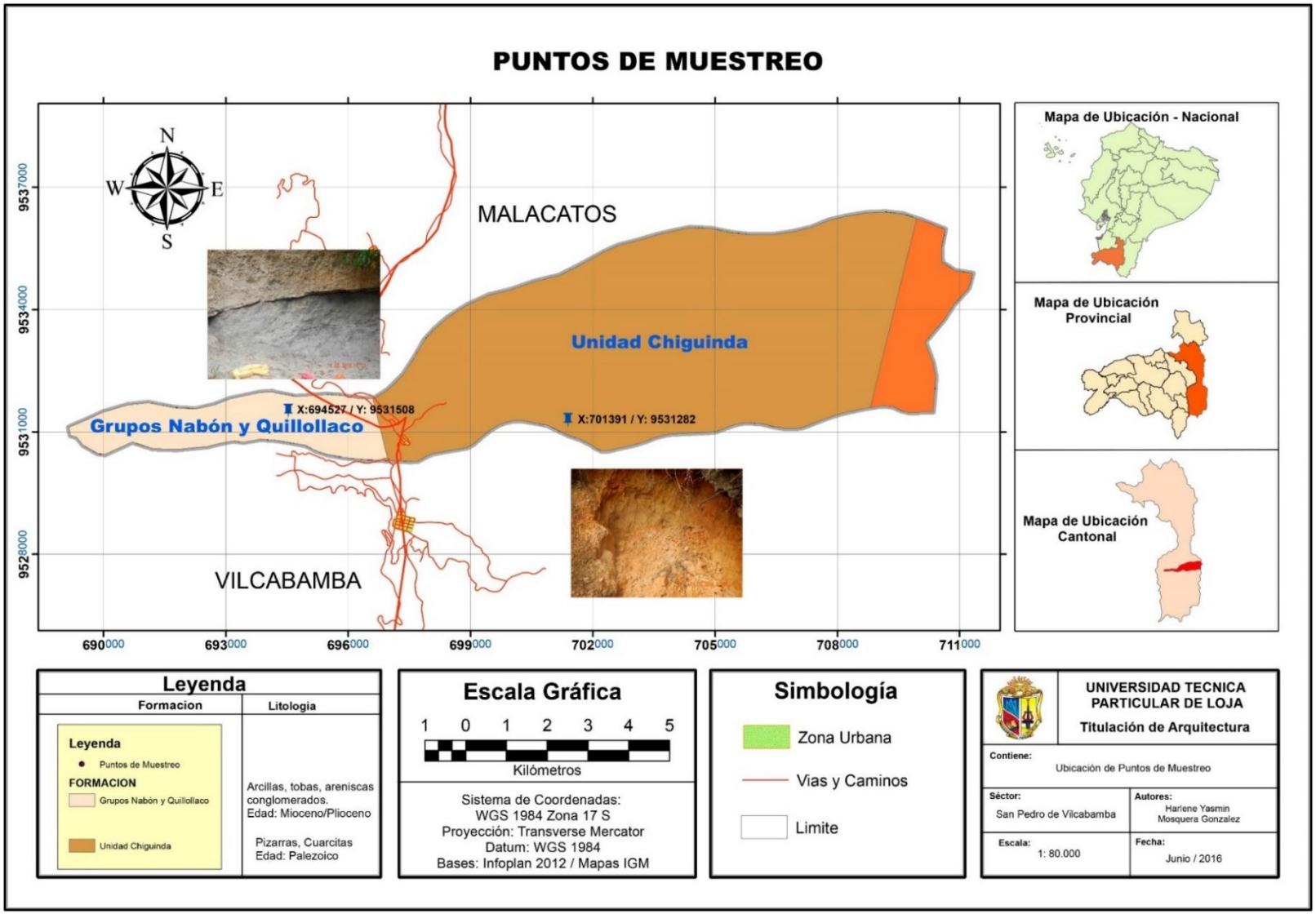
Vazquez, M. D. V. (2014.). Muebles de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete”(ENCRyM), *11*, 129–144. Retrieved from http://www.bibliotecaenba.sep.gob.mx/tesis/2008_2009/038416_Informe_LB.pdf

Vega, M. A., Deleg, J. A., & Paredes, F. P. (2012). Diseño de paneles prefabricados en tierra.

Verduch, A. G. (1985). Origen y composición de las arcillas ceramicas. En C. Instituto de Cerámica y Vidrio. Madrid.

ANEXOS

ANEXO 1


PUNTOS DE MUESTREO
N
S
W
E
MALACATOS
Unidad Chiguinda
Grupos Nabón y Quillollaco
X:694527 / Y: 9531508
X:701391 / Y: 9531282
VILCABAMBA
9537000
9534000
9531000
9528000
690000
693000
696000
699000
702000
705000
708000
711000
Mapa de Ubicación - Nacional
Mapa de Ubicación Provincial
Mapa de Ubicación Cantonal
Leyenda
Formacion
Litologia
Leyenda
Puntos de Muestreo
FORMACION
Grupos Nabón y Quillollaco
Unidad Chiguinda
Arcillas, tobas, areniscas conglomerados.
Edad: Mioceno/Plioceno
Pizarras, Cuarcitas
Edad: Palezoico
Escala Gráfica
1 0 1 2 3 4 5
Kilómetros
Sistema de Coordenadas:
WGS 1984 Zona 17 S
Proyección: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
Bases: Infoplan 2012 / Mapas IGM
Simbología
Zona Urbana
Vias y Caminos
Limite
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
Titulación de Arquitectura
Contiene:
Ubicación de Puntos de Muestreo
Séctor:
San Pedro de Vilcabamba
Autores:
Harlene Yasmin Mosquera Gonzalez
Escala:
1: 80.000
Fecha:
Junio / 2016

ANEXO 2

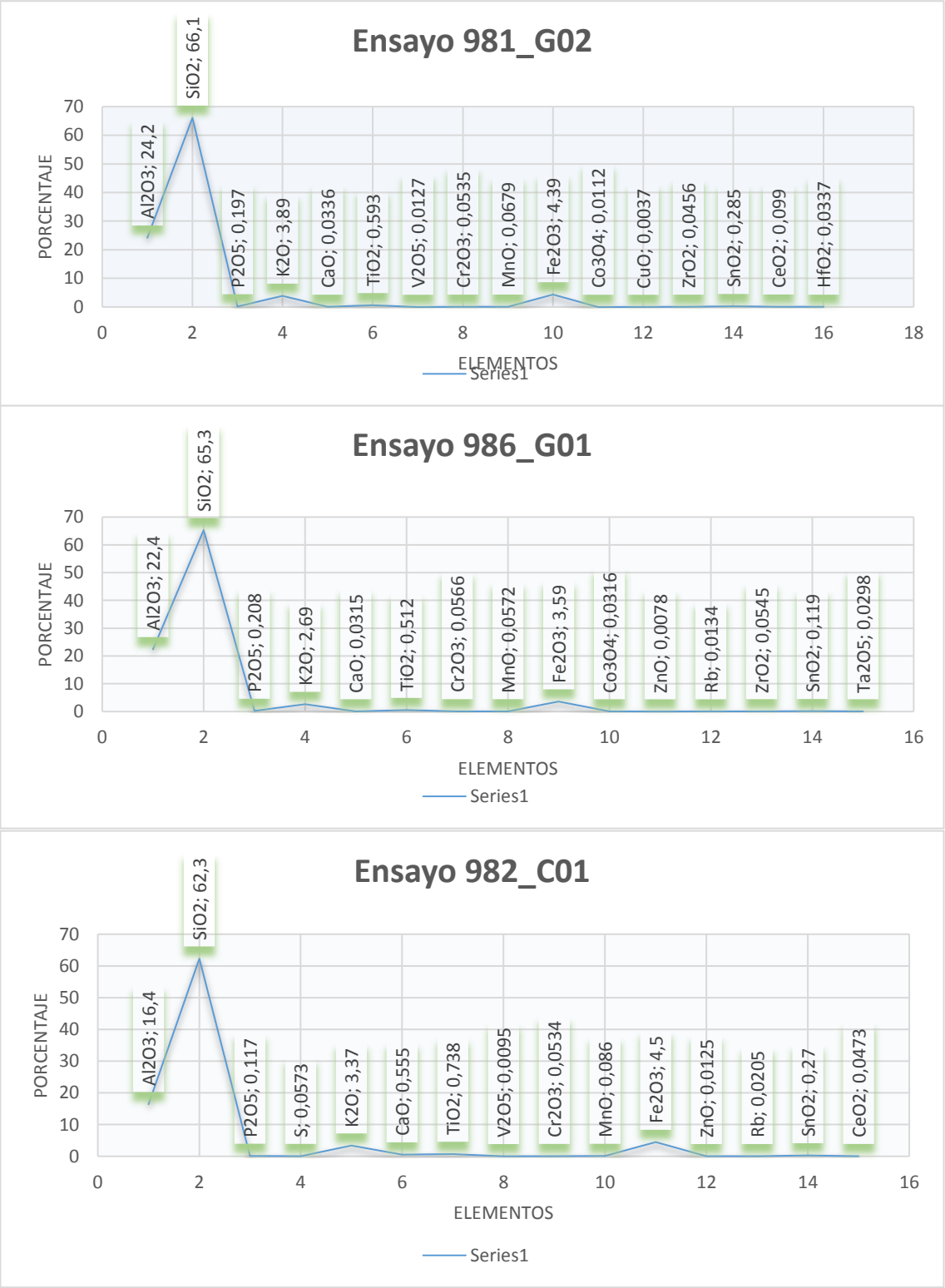


Gráfico 9: ensayos de fluorescencia
Fuente: Autor

ANEXO 3

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIOS UTPL

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN	
PROYECTO :	T.F.T
TEMA:	MEJORAMIENTO DE REVOQUES
LOCALIZACIÓN:	PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA
REALIZADO POR:	HARLENE MOSQUERA
FECHA:	JUNIO -2016

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
POZO: 1
MUESTRA: M1
PROFUNDIDAD: 1 m

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		531,85	526,76	58,45	1,09	
		498,72	494,29	61,26	1,02	1,05
2.- LÍM. LÍQUIDO	19	63,28	60,63	50,51	26,19	
	23	49,10	46,49	36,42	25,92	
	26	81,12	78,35	67,65	25,89	
	31	69,31	66,46	55,09	25,07	25,71
	34	72,41	69,91	59,79	24,70	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		59,14	58,87	57,44	18,88	
		39,71	39,38	37,62	18,75	18,82
		0,00	0,00	0,00		

4.- GRANULOMETRÍA

PESO IN=	1126,44	(H/S)	S
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			1126,44

5.- CLASIFICACIÓN 74,71

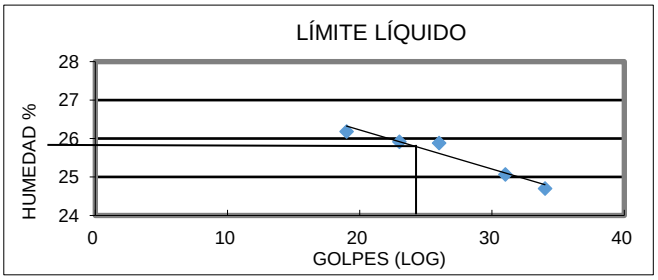
GRAVA	1
ARENA	40
FINOS	59

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	16,89	1	99
No. 10	21,72	2	98
No. 40	28,65	3	97
No. 200	461,91	41	59

LL =	26,00
LP =	19,00
IP =	7,00

CLASIFICACIÓN

SUCS :	SC
AASHTO:	A-4
IG(86):	5
IG(45):	5



CLASIFICACIÓN SUCS: Arenas arcillosas (SC)

Observaciones: La toma de muestras es realizada autor de T.F.T de la UTPL. , H.M

Ing. Ángel Tapia Ch.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANEXO 4

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO :	TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	
TEMA:	MEJORAMIENTO DE REVOQUES DE ARCILLA	NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
LOCALIZACIÓN:	PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA	POZO: 1
REALIZADO POR :	HARLENE MOSQUERA	MUESTRA: M2
FECHA:	ABRIL DE 2013	PROFUNDIDAD: 1 ,5m

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		531,85	526,76	61,88	1,09	
		498,72	494,29	60,69	1,02	1,06
2.- LÍM. LÍQUIDO	16	74,03	70,46	59,16	31,59	
	23	79,37	75,84	64,40	30,86	
	26	81,92	77,49	62,85	30,26	
	31	80,70	76,28	61,54	29,99	30,50
	36	72,43	68,99	57,42	29,73	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		58,84	58,57	57,24	20,30	
		53,57	53,34	52,24	20,91	20,60
		63,25	62,92	61,31	20,50	

4.- GRANULOMETRÍA

PESO IN=	1126,44	(H/S)	S
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			1126,44

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	0,00	0	100
No. 10	2,10	0	100
No. 40	7,27	1	99
No. 200	14,36	1	99

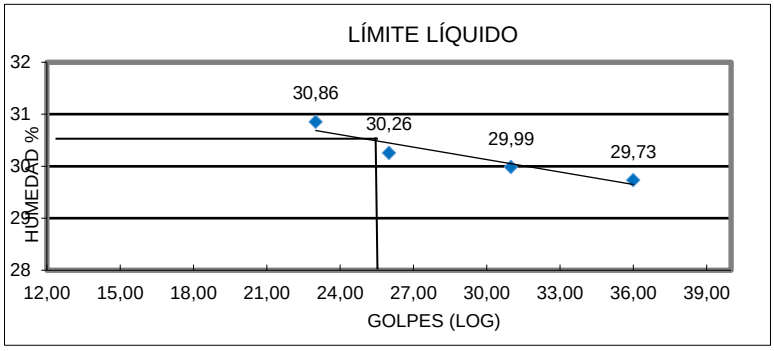
5.- CLASIFICACIÓN 74,71

GRAVA	0
ARENA	1
FINOS	99

LL =	31,00
LP =	21,00
IP =	10,00

CLASIFICACIÓN

SUCS :	CL
AASHTO:	A-4
IG(86):	13
IG(45):	8



CLASIFICACIÓN SUCS: Arenas arcillosas (SC)

Observaciones: La toma de muestras es realizada autor de T.F.T de la UTPL., H.M

Ing. Ángel Tapia Ch.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANEXO 5

Mediante la manipulación de las mismas al trasladarlas para realizar el ensayo de interperismo se observa que las placas CA1 y CAZ02 son muy frágiles y se rompen fácilmente, esto debido a que las fibras utilizadas son fibra de cascara de arroz quemadas, los cual hace que estas dimensiones y la consistencia de la misma no sirva como refuerzo ya que debilita las propiedades mecánicas de estos compuestos, debido la carencia de fibra larga.
Por ello se las excluye a CA1 y CAZ02 para la realización de los próximos ensayos a realizar.

Imagen 97 Placas excluidas para ensayos posteriores CA1 , CAZ02 por su fragilidad.
Fuente: autor

ANEXO 6

Tabla 19: ***Ensayo por goteo***

ENSAYO POR GOTEO								
CODIGO	#.PLACA.	W. SECO INIC.(gr)	ABSORCIÓN (gr)	W Seco 2 (gr)	SEC-ABS (gr)	Absor.promedio (gr)	W masa erosionada (gr)	Promedio W masa erosionada
AmYC4	1	1207	1431	1204	224	192,67	3	3,00
	2	1231	1420	1227	189		4	
	3	1191	1356	1189	165		2	
AZYC4	1	1221	1478	1219	257	229,00	2	2,33
	2	1102	1304	1099	202		3	
	3	1180	1408	1178	228		2	
NX01	1	1010	1305	1008	295	220,67	2	2,00
	2	1021	1196	1019	175		2	
	3	1027	1219	1025	192		2	
NG02	1	1296	1385	1295	89	79,00	1	1,00
	2	1183	1238	1182	55		1	
	3	1321	1414	1320	93		1	
CAE2	1	1225	1528	1223	303	375,00	2	1,67
	2	1233	1611	1232	378		1	
	3	1093	1537	1091	444		2	

Fuente: Autor

ANEXO 7

Tabla 20: Resultados de ensayo por capilaridad

ENSAYO POR CAPILARIDAD – PÉRDIDA DE MASA							
CODIGO	PESO SECO (gr)	PESO DESECADO 1 (gr)	PESO DESECADO 2 (gr)	PERDIDA DE MASA (gr)	PROMEDIO	PERDIDA DE MASA EN (%)	PROMEDIO
AZYC4 1	212,35	208,32	188,72	19,60		9,41	
2	257,29	253,13	228,75	24,38		9,63	
3	222,99	218,29	Se destruyo en ensayo		23,59		10,02
4	247,5	242,93	216,14	26,79		11,03	
AmYC4 1	313,33	307,96	297,02	10,94		3,55	
2	312,16	306,68	296,29	10,39	11,73	3,39	4,12
3	274,36	269,78	256,77	13,01		4,82	
4	270,28	265,98	253,41	12,57		4,73	
CAE2 1	314,00	305,25	304,55	0,70		0,23	
2	302,74	294,11	293,39	0,72		0,24	
3	272,60	264,53	263,96	0,57	0,50	0,22	0,18
4	268,16	260,38	259,86	0,52		0,20	
5	262,73	254,98	254,98	0,00		0,00	
NG02 1	305,77	303,3	303,16	0,14		0,05	
2	322,29	319,72	319,59	0,13		0,04	
3	318,13	315,78	313,62	2,16	0,51	0,68	0,16
4	325,24	322,82	322,82	0,00		0,00	
5	280,86	278,51	278,39	0,12		0,04	
Nx01 1	258,71	254,69	249,69	5,00		1,96	
2	241,60	238,07	232,57	5,50	5,39	2,31	2,25
3	232,98	229,44	223,99	5,45		2,38	
4	242,54	238,21	232,61	5,60		2,35	

Fuente: Autor

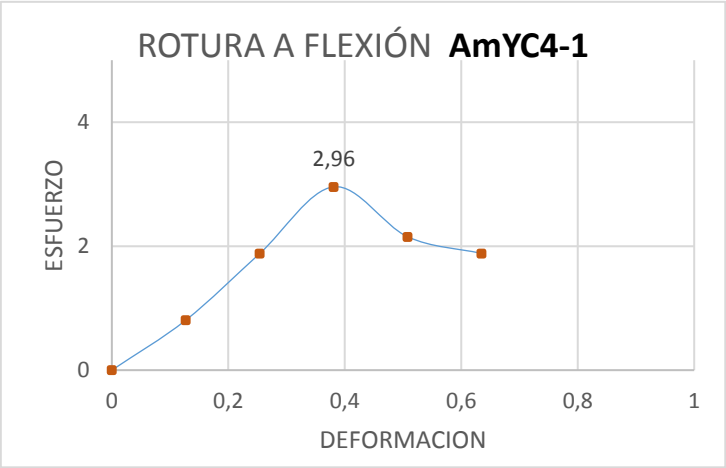
ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD

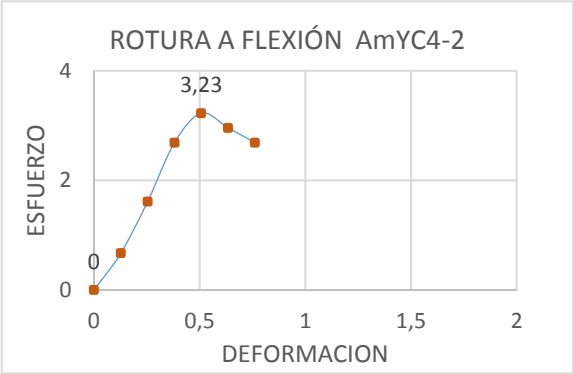
CODIGO	PESO SECO (gr)	PESO DESECADO 1 (gr)	PESO ABSORBIDO (gr)	PESO DESECADO 2 (gr)	AGUA ABSORBIDA EN gr	PROMEDIO	AGUA ABSORBIDA EN %	PROMEDIO
AZYC4 1	212,35	208,32	312,00	188,72	123,28		58,06	
2	257,29	253,13	363	228,75	134,25		52,18	
3	222,99	218,29	333	Se destruyo en ensayo		130,80	0,00	54,91
4	247,5	242,93	351	216,14	134,86		54,49	
AmYC4 1	313,33	307,96	396	297,02	98,98		31,59	
2	312,16	306,68	397	296,29	100,71	99,63	32,26	34,22
3	274,36	269,78	356	256,77	99,23		36,17	
4	270,28	265,98	353	253,41	99,59		36,85	
CAE2 1	314,00	305,25	405	304,55	100,45		31,99	
2	302,74	294,11	392	293,39	98,61		32,57	
3	272,60	264,53	368	263,96	104,04	101,45	38,17	35,93
4	268,16	260,38	363	259,86	103,14		38,46	
5	262,73	254,98	356	254,98	101,02		38,45	
NG02 1	305,77	303,3	338	303,16	34,84		11,39	
2	322,29	319,72	355	319,59	35,41		10,99	
3	318,13	315,78	333	313,62	19,38	25,48	6,09	8,27
4	325,24	322,82	335	322,82	12,18		3,74	
5	280,86	278,51	304	278,39	25,61		9,12	
Nx01 1	258,71	254,69	351	249,69	101,31		39,16	
2	241,60	238,07	317	232,57	84,43	72,03	34,95	29,48
3	232,98	229,44	306	223,99	82,01		35,20	
4	242,54	238,21	325	232,61	92,39		38,09	

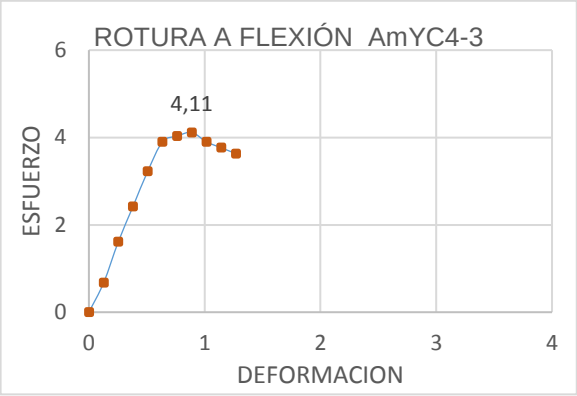
ANEXO 8 ENSAYO A FLEXIÓN

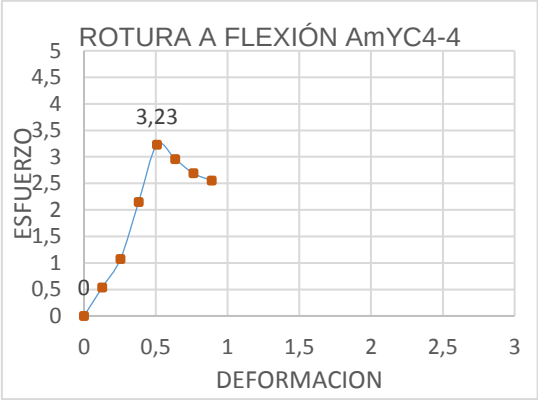
Dial de Deform. .001"	lecturas del dial.(mm)	Lecturas Deform. De carga	CARGA (kg)	LARGO cm	ALTURA cm	ANCHO cm	ESFUERZO (kg/cm2)
0,001	0	0,8305					0
5	0,13	3	2,49	12,00	3,85	3,80	0,81
10	0,25	7	5,81	12,00	3,85	3,80	1,88
15	0,38	11	9,14	12,00	3,85	3,80	2,96
20	0,51	8	6,64	12,00	3,85	3,80	2,15
25	0,64	7	5,81	12,00	3,85	3,80	1,88

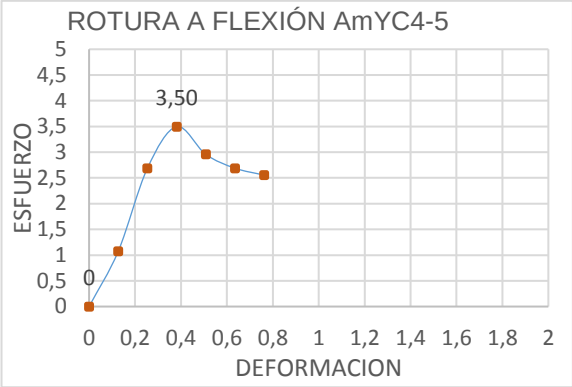
RESULTADOS ENSAYO FLEXIÓN (kg/cm2.)=



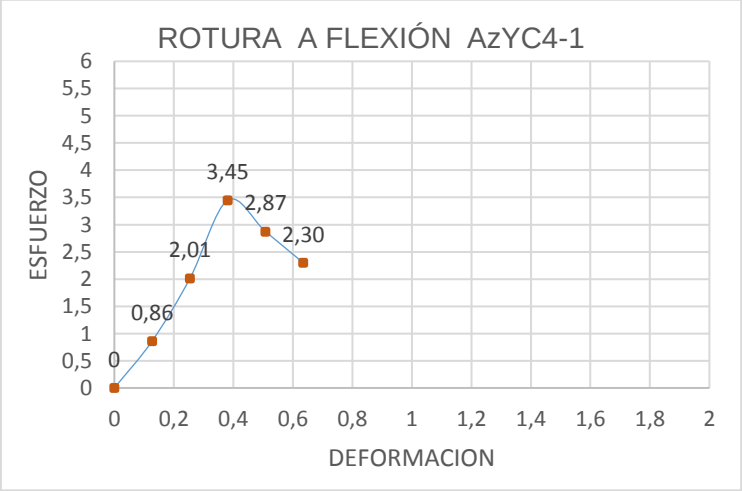


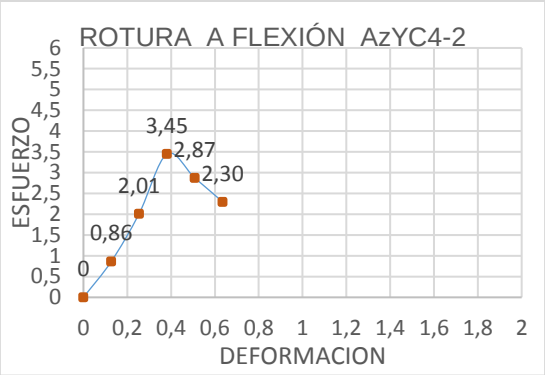


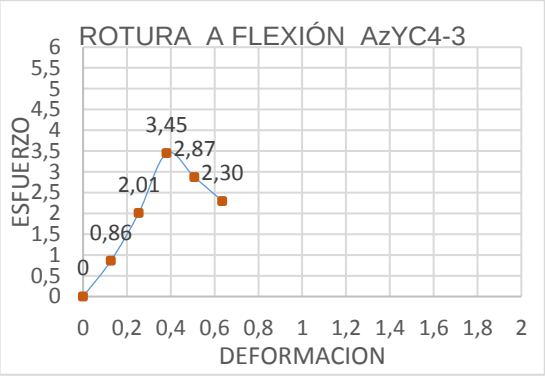


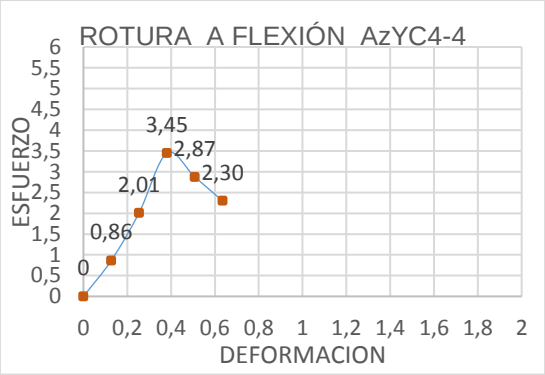


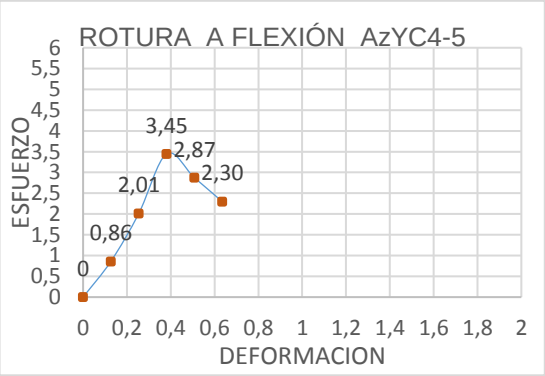
Dial de Deform. .001"	Lecturas del Dial.(mm)	Lecturas Deform. De carga	CARGA (kg)	LARGO cm	ALTURA cm	ANCHO cm	ESFUERZO (kg/cm2)
0,001	0	0,8305					0
5	0,13	3	2,49	12,00	3,80	3,70	0,86
10	0,25	7	5,81	12,00	3,80	3,70	2,01
15	0,38	12	9,97	12,00	3,80	3,70	3,45
20	0,51	10	8,31	12,00	3,80	3,70	2,87
25	0,64	8	6,64	12,00	3,80	3,70	2,30





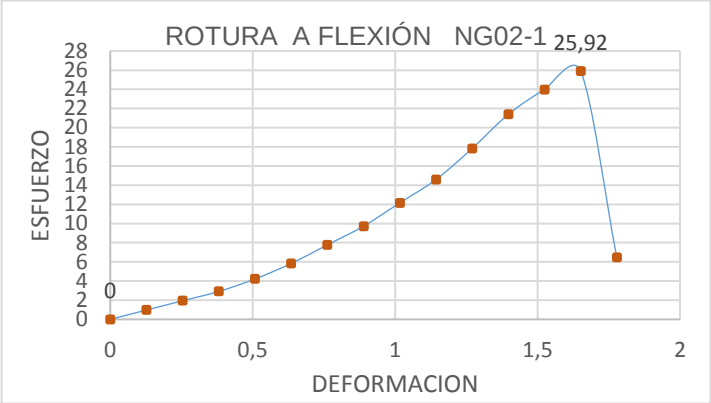


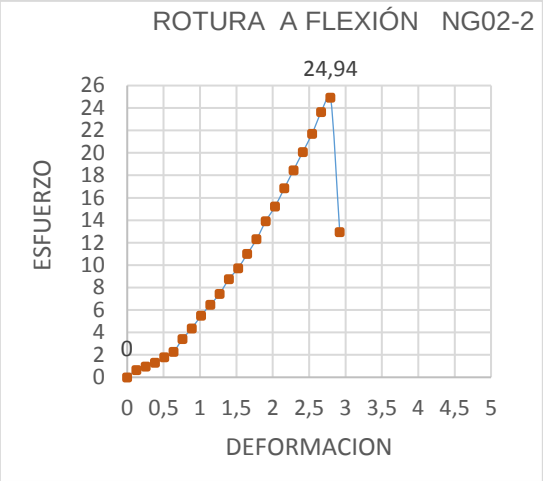


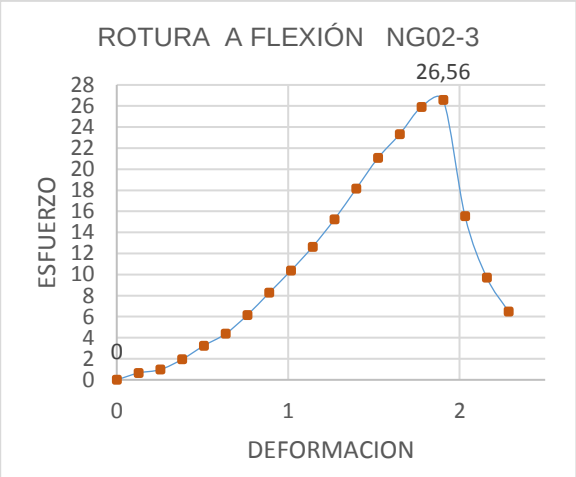


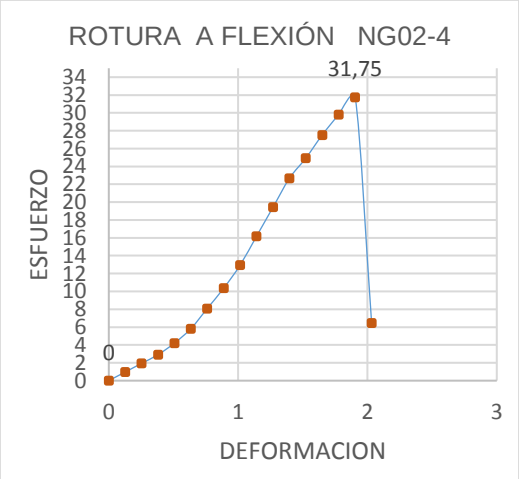
Dial de Deform. .001"	lecturas del dial.(mm)	Lecturas Deform. De carga	CARGA (kg)	LARGO cm	ALTURA cm	ANCHO cm	ESFUERZO (kg/cm2)
0,001	0	0,8305					0
5	0,13	3	2,49	11,70	3,78	3,45	0,97
10	0,25	6	4,98	11,70	3,78	3,45	1,94
15	0,38	9	7,47	11,70	3,78	3,45	2,92
20	0,51	13	10,80	11,70	3,78	3,45	4,21
25	0,64	18	14,95	11,70	3,78	3,45	5,83
30	0,76	24	19,93	11,70	3,78	3,45	7,77
35	0,89	30	24,92	11,70	3,78	3,45	9,72
40	1,02	37,5	31,14	11,70	3,78	3,45	12,15
45	1,14	45	37,37	11,70	3,78	3,45	14,58
50	1,27	55	45,68	11,70	3,78	3,45	17,82
55	1,40	66	54,81	11,70	3,78	3,45	21,38
60	1,52	74	61,46	11,70	3,78	3,45	23,97
65	1,65	80	66,44	11,70	3,78	3,45	25,92

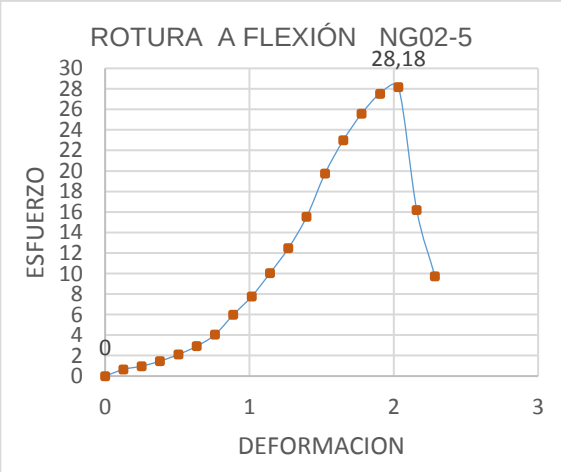
70	1,78	20	16,61	11,70	3,78	3,45	6,48



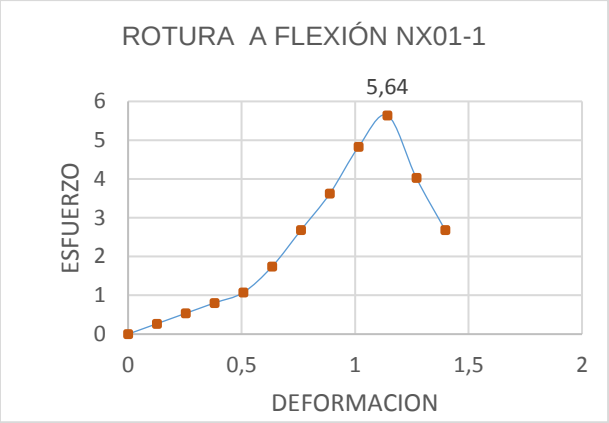


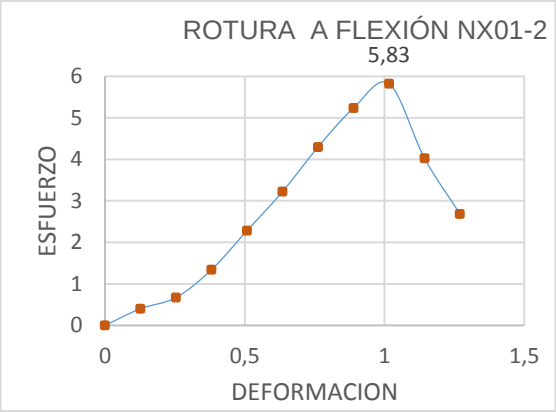


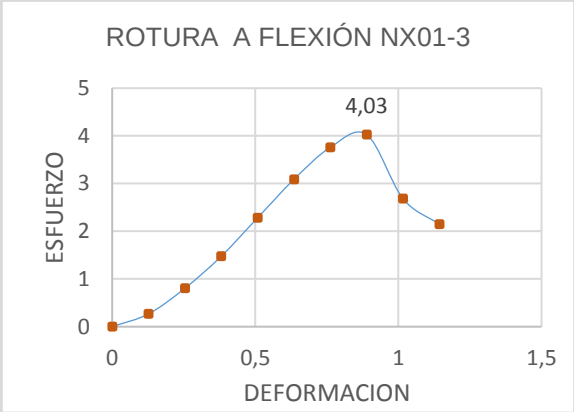


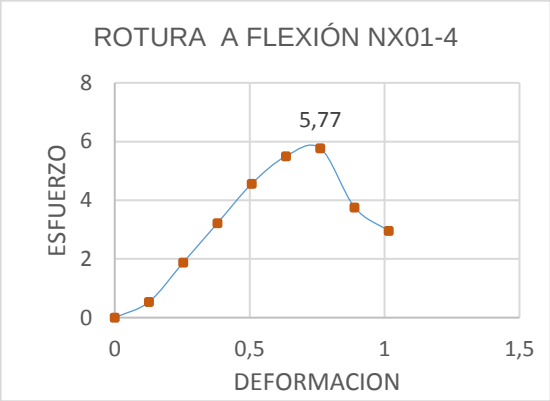


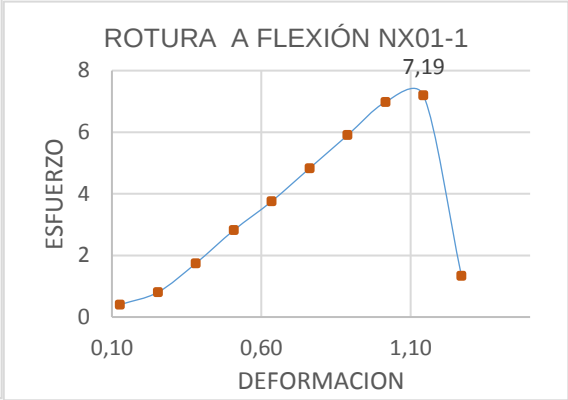
Dial de Deform. .001"	lecturas del dial.(mm)	Lecturas Deform. De carga	CARGA (kg)	LARGO cm	ALTURA cm	ANCHO cm	ESFUERZO (kg/cm2)
0,001	0	0,8305					0
5	0,13	1	0,83	11,80	4,00	3,70	0,27
10	0,25	2	1,66	11,80	4,00	3,70	0,54
15	0,38	3	2,49	11,80	4,00	3,70	0,81
20	0,51	4	3,32	11,80	4,00	3,70	1,07
25	0,64	6,5	5,40	11,80	4,00	3,70	1,74
30	0,76	10	8,31	11,80	4,00	3,70	2,68
35	0,89	13,5	11,21	11,80	4,00	3,70	3,62
40	1,02	18	14,95	11,80	4,00	3,70	4,83
45	1,14	21	17,44	11,80	4,00	3,70	5,64
50	1,27	15	12,46	11,80	4,00	3,70	4,03
55	1,40	10	8,31	11,80	4,00	3,70	2,68



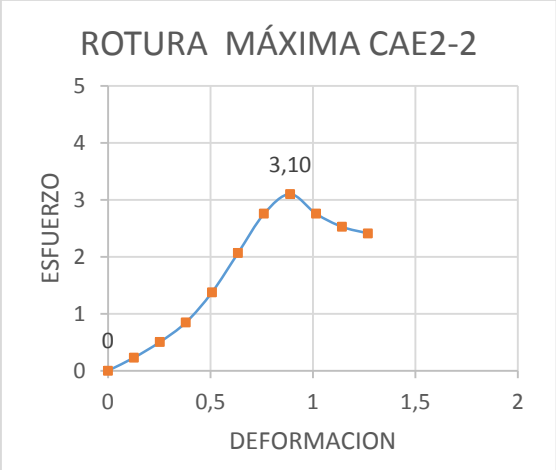


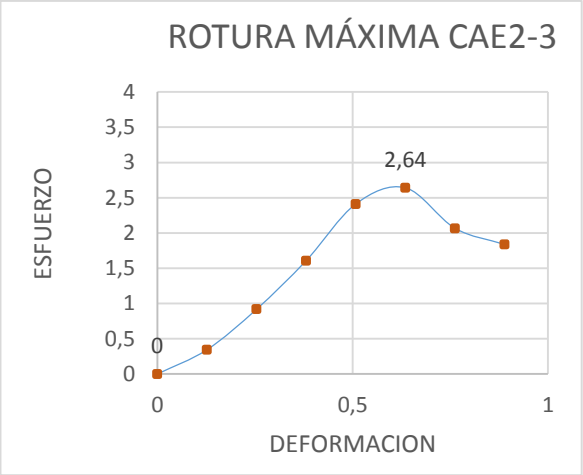


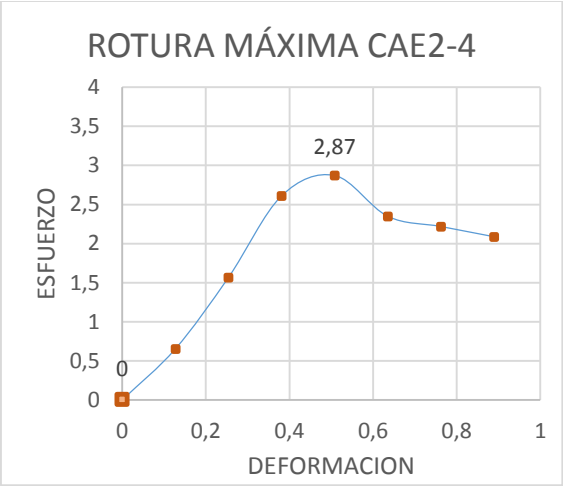


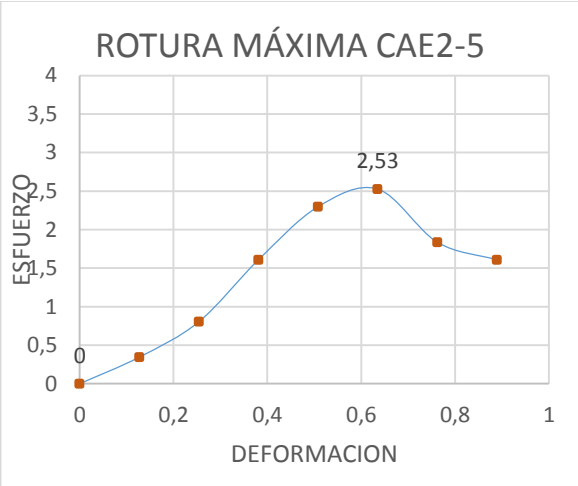


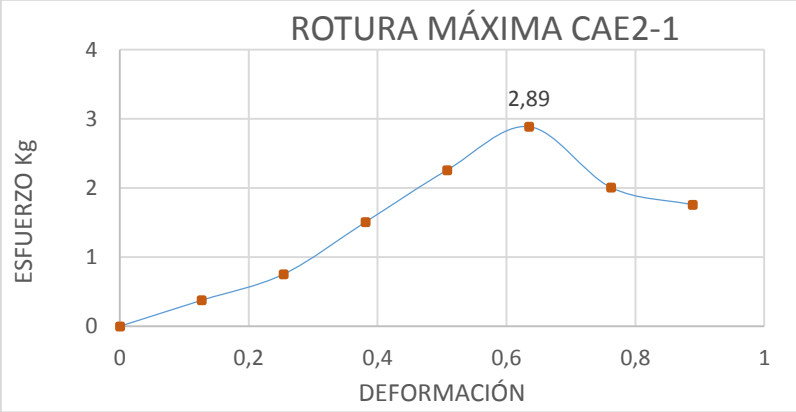
Dial de Deform. .001"	lecturas del dial.(mm)	Lecturas Deform. De carga	CARGA (kg)	LARGO cm	ALTURA cm	ANCHO cm	ESFUERZO (kg/cm2)
0,001	0	0,8305					0
5	0,13	1,5	1,25	11,80	3,85	3,90	0,38
10	0,25	3	2,49	11,80	3,85	3,90	0,75
15	0,38	6	4,98	11,80	3,85	3,90	1,51
20	0,51	9	7,47	11,80	3,85	3,90	2,26
25	0,64	11,5	9,55	11,80	3,85	3,90	2,89
30	0,76	8	6,64	11,80	3,85	3,90	2,01
35	0,89	7	5,81	11,80	3,85	3,90	1,76


ROTURA MÁXIMA CAE2-2
ESFUERZO
DEFORMACION
3,10
0
0
1
2
3
4
5
0
0,5
1
1,5
2


ROTURA MÁXIMA CAE2-3
ESFUERZO
DEFORMACION
2,64
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
0
0,5
1


ROTURA MÁXIMA CAE2-4
ESFUERZO
DEFORMACION
2,87
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1


ROTURA MÁXIMA CAE2-5
ESFUERZO
DEFORMACION
2,53
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1


ROTURA MÁXIMA CAE2-1
ESFUERZO Kg
DEFORMACIÓN
2,89
0
1
2
3
4
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1

ANEXO 9

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO : TRABAJO DE FIN DE TITULACION
TEMA: MEJORAMIENTO DE REVOQUE A BASE DE ARCILLA
LOCALIZACiÓN : LOJA
SOLICITADO : HARLENE MOSQUERA
FECHA : JUNIO DE 2016

NORMA: AASHTO T-208
MUESTRA: S.P.V
PROFUN.: 2.0 m.
REALIZADO: ING. A.T.

DATOS DE LA MUESTRA.

DIÁMETRO:		
ÁREA :	26,01	cm2.
ALTURA :	5,11	cm.
VOLUMEN :	132,91	cm3.
PESO :	170,07	gr.
DENSIDAD:	1,28	gr/cm3

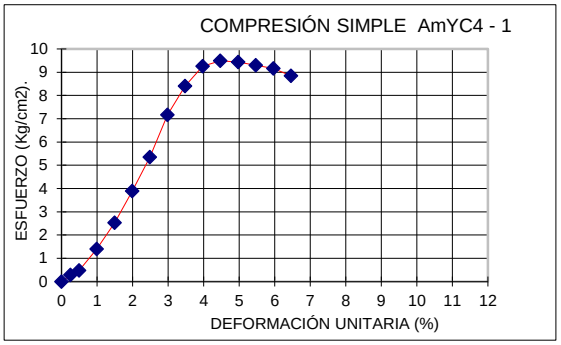
CONTENIDO DE HUMEDAD.

Peso Hum.:	gr.
Peso Sec.:	gr.
Peso Cap.:	gr.
W (%) :	%

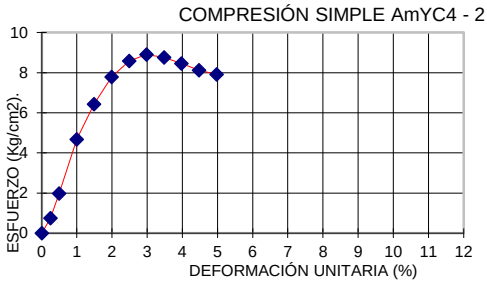
CONSTANTE DEL ANILLO
K : 4,92 kg/cm2.

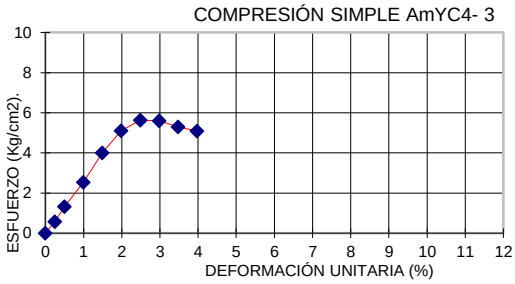
DATOS DE LA PRUEBA

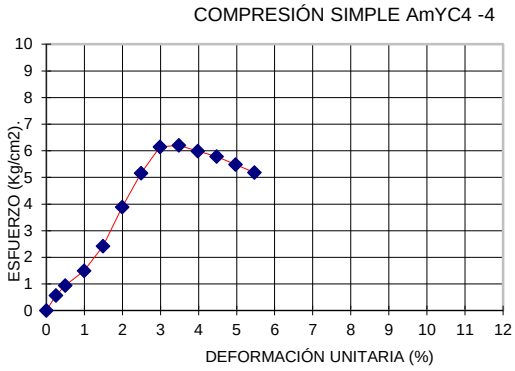
Dial de Deform. .001"	Dial Carga .001"	Deform. Unit. (%).	Carga (Kg.)	Área Corre g. (cm2.)	Tensión Desviante (Kg/cm2.)
0	0	0,00	0,00	26,01	0,00
5	1,5	0,25	7,38	26,07	0,28
10	2,5	0,50	12,30	26,14	0,47
20	7,5	0,99	36,90	26,27	1,40
30	13,5	1,49	66,42	26,40	2,52
40	21,0	1,99	103,32	26,54	3,89
50	29,0	2,49	142,68	26,67	5,35
60	39,0	2,98	191,88	26,81	7,16
70	46,0	3,48	226,32	26,95	8,40
80	51,0	3,98	250,92	27,09	9,26
90	52,5	4,47	258,30	27,23	9,49
100	52,5	4,97	258,30	27,37	9,44
110	52,0	5,47	255,84	27,51	9,30
120	51,5	5,96	253,38	27,66	9,16
130	50,0	6,46	246,00	27,81	8,85
RESULTADOS COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm2.)=					9,49

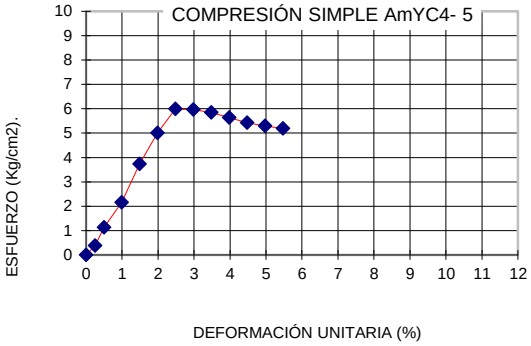


M.Sc. Ángel Tapia Ch.
MECÁNICA DE SUELOS


COMPRESIÓN SIMPLE AmYC4 - 2
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE AmYC4- 3
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE AmYC4 -4
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE AmYC4- 5
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO : TRABAJO DE FIN DE TITULACION
TEMA: MEJORAMIENTO DE REVOQUE A BASE DE ARCILLA
LOCALIZACiÓN : LOJA
SOLICITADO : HARLENE MOSQUERA
FECHA : JUNIO DE 2016

NORMA: AASHTO T-208
MUESTRA: S.P.V
PROFUN.: 2.0 m.
REALIZADO: ING. A.T.

DATOS DE LA MUESTRA.

DIÁMETRO:		
ÁREA :	26,01	cm2.
ALTURA :	5,11	cm.
VOLUMEN :	132,91	cm3.
PESO :	170,07	gr.
DENSIDAD:	1,28	gr/cm3

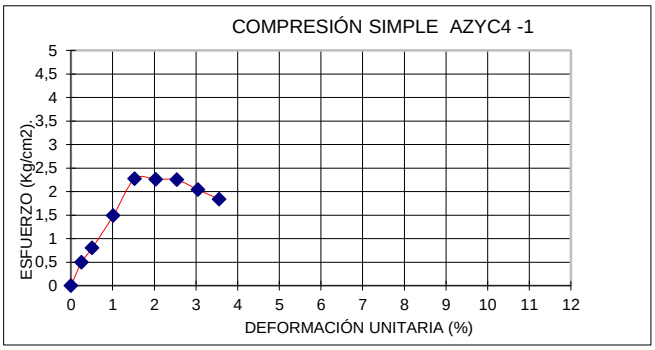
CONTENIDO DE HUMEDAD.

Peso Hum.:	gr.
Peso Sec.:	gr.
Peso Cap.:	gr.
W (%) :	%

CONSTANTE DEL ANILLO
K : 4,92 kg/cm2.

Dial de Deform. .001"	Dial Carga .001"	Deform. Unit. (%).	Carga (Kg.)	Área Correg. (cm2.)	Tensión Desviante (Kg/cm2.)
0	0	0,00	0,00	24,55	0,00
5	2,5	0,25	12,30	24,61	0,50
10	4	0,51	19,68	24,68	0,80
20	7,5	1,02	36,90	24,80	1,49
30	11,5	1,52	56,58	24,93	2,27
40	11,5	2,03	56,58	25,06	2,26
50	11,5	2,54	56,58	25,19	2,25
60	10,5	3,05	51,66	25,32	2,04
70	9,5	3,56	46,74	25,46	1,84

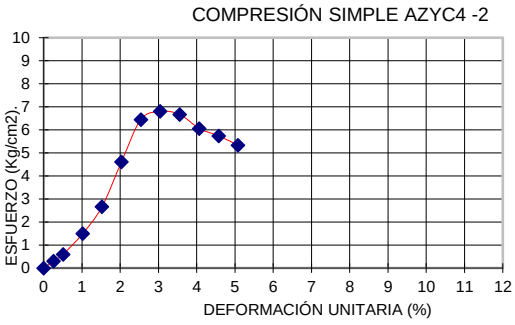
RESULTADOS COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm2.)= 2,27

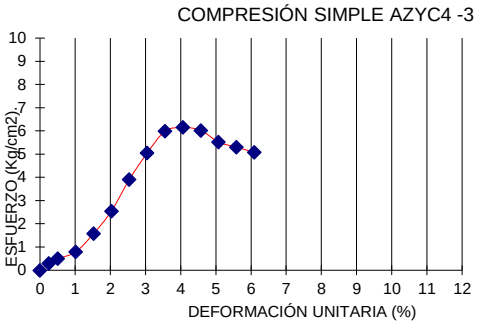


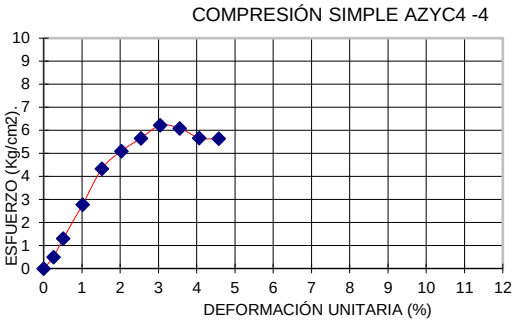
OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Mosquera .H y llevada al laboratorio de mecánica de suelos de la U.T.P.L

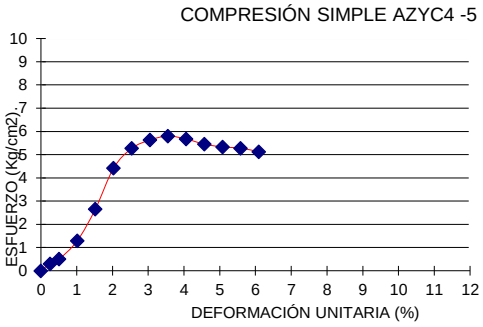
M.Sc. Ángel Tapia Ch.
MECÁNICA DE SUELOS

Harlene Mosquera
TESISTA









UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO : TRABAJO DE FIN DE TITULACION

TEMA: MEJORAMIENTO DE REVOQUE A BASE DE ARCILLA

LOCALIZACIÓN : LOJA

SOLICITADO : HARLENE MOSQUERA

FECHA : JUNIO DE 2016

NORMA: AASHTO T-208

POZO: 5

PROFUN.: 2.0 m.

REALIZADO: ING. A.T.

DATOS DE LA MUESTRA.

DIÁMETRO:		
ÁREA :	24,20	cm2.
ALTURA :	4,98	cm.
VOLUMEN :	123,66	cm3.
PESO :	176,18	gr.
DENSIDAD:	1,42	gr/cm3

CONTENIDO DE HUMEDAD.

Peso Hum.:	gr.
Peso Sec.:	gr.
Peso Cap.:	gr.
W (%) :	%

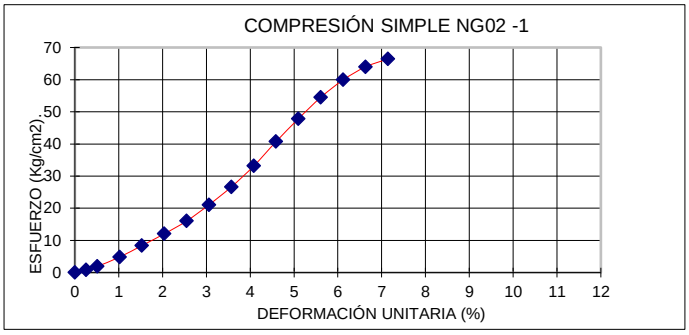
CONSTANTE DEL ANILLO

K : 4,92 kg/cm2.

DATOS DE LA PRUEBA

Dial de Deform.	Dial Carga	Deform. Unit.	Carga	Área Correg.	Tensión Desviante
.001"	.001"	(%).	(Kg.)	(cm2.)	(Kg/cm2.)
0	0	0,00	0,00	24,20	0,00
5	4	0,26	19,68	24,26	0,81
10	9,5	0,51	46,74	24,32	1,92
20	24,0	1,02	118,08	24,45	4,83
30	42,0	1,53	206,64	24,58	8,41
40	60,5	2,04	297,66	24,70	12,05
50	81,0	2,55	398,52	24,83	16,05
60	107,0	3,06	526,44	24,96	21,09
70	136,0	3,57	669,12	25,10	26,66
80	170,0	4,08	836,40	25,23	33,15
90	210,0	4,59	1033,20	25,36	40,73
100	248,0	5,10	1220,16	25,50	47,85
110	284,0	5,61	1397,28	25,64	54,50
120	314,0	6,12	1544,88	25,78	59,93
130	337,0	6,63	1658,04	25,92	63,97
140	352,0	7,14	1731,84	26,06	66,45
150	354,0	7,65	1741,68	26,20	66,46
160	342,0	8,16	1682,64	26,35	63,86
170	323,0	8,67	1589,16	26,50	59,97

RESULTADOS COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm2.)= 66,45



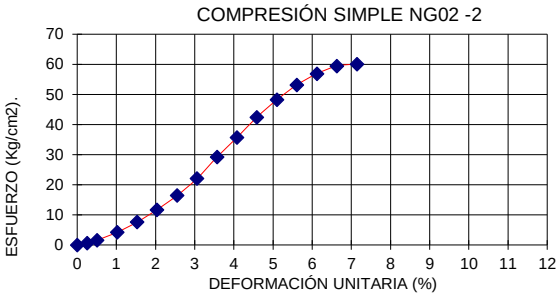
OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Mosquera .H y llevada al labotorio de mecanica de suelos de la U.T.P.L

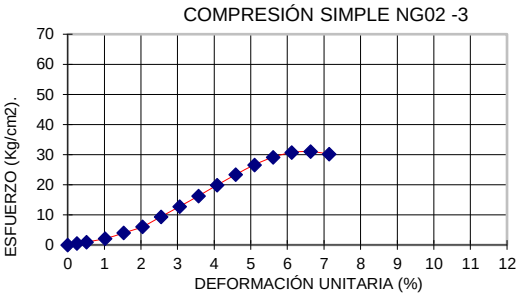
M.Sc. Ángel Tapia Ch.

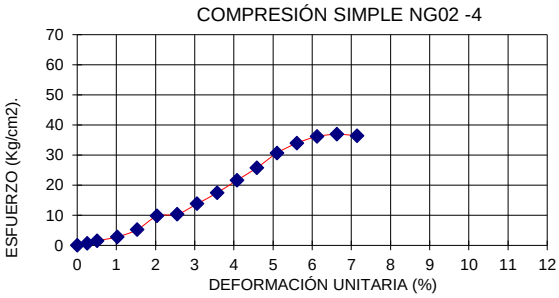
MECÁNICA DE SUELOS

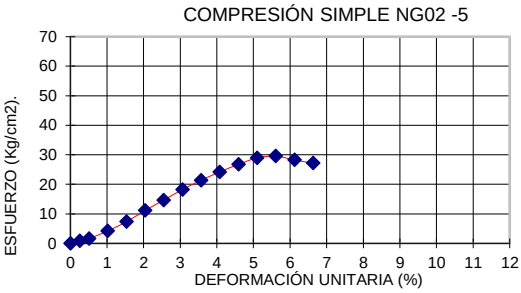
Harlene Mosquera

TESISTA









UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO : TRABAJO DE FIN DE TITULACION

TEMA: MEJORAMIENTO DE REVOQUE A BASE DE ARCILLA
LOCALIZACiÓN : LOJA

SOLICITADO : HARLENE MOSQUERA

FECHA : JUNIO DE 2016

NORMA: AASHTO T-208
MUESTRA: S.P.V

PROFUN.: 2.0 m.
REALIZADO: ING. A.T.

DATOS DE LA MUESTRA.

DIÁMETRO:		
ÁREA :	25,30	cm2.
ALTURA :	5,08	cm.
VOLUMEN :	129,28	cm3.
PESO :	130,91	gr.
DENSIDAD:	1,01	gr/cm3

CONTENIDO DE HUMEDAD.

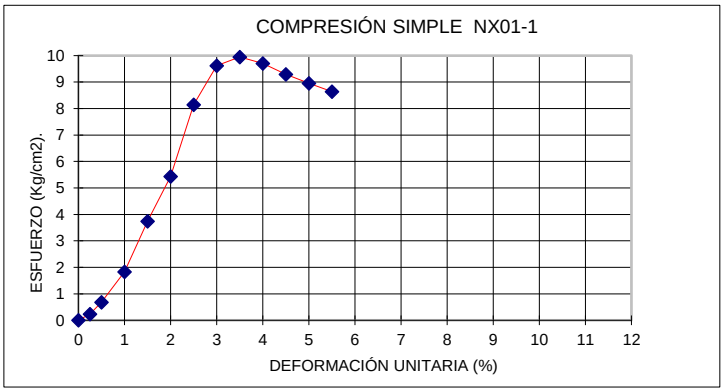
Peso Hum.:		gr.
Peso Sec.:		gr.
Peso Cap.:		gr.
W (%) :		%

CONSTANTE DEL ANILLO
K : 4,92 kg/cm2.

DATOS DE LA PRUEBA

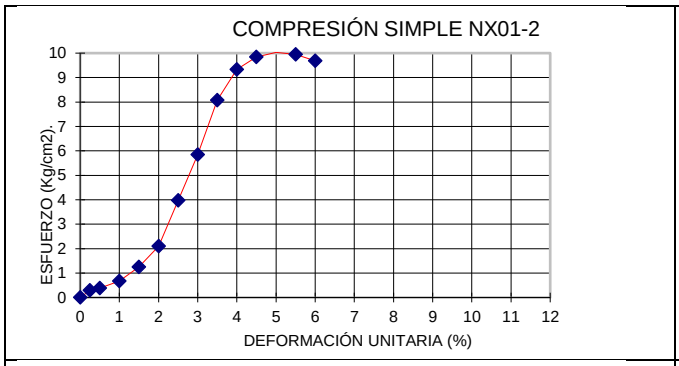
Dial de Deform. .001"	Dial Carga .001"	Deform. Unit. (%).	Carga (Kg.)	Área Correg. (cm2.)	Tensión Desviante (Kg/cm2.)
0	0	0,00	0,00	25,30	0,00
5	1,2	0,25	5,90	25,36	0,23
10	3,5	0,50	17,22	25,43	0,68
20	9,5	1,00	46,74	25,56	1,83
30	19,5	1,50	95,94	25,69	3,74
40	28,5	2,00	140,22	25,82	5,43
50	43,0	2,50	211,56	25,95	8,15
60	51,0	3,00	250,92	26,08	9,62
70	53,0	3,50	260,76	26,22	9,95
80	52,0	4,00	255,84	26,35	9,71
90	50,0	4,50	246,00	26,49	9,29
100	48,5	5,00	238,62	26,63	8,96
110	47,0	5,50	231,24	26,77	8,64

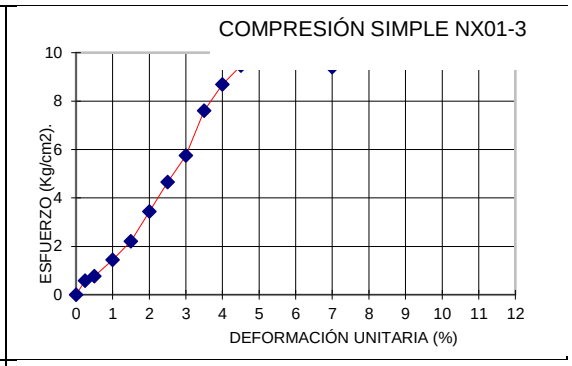
RESULTADOS COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm2.)= 9,95

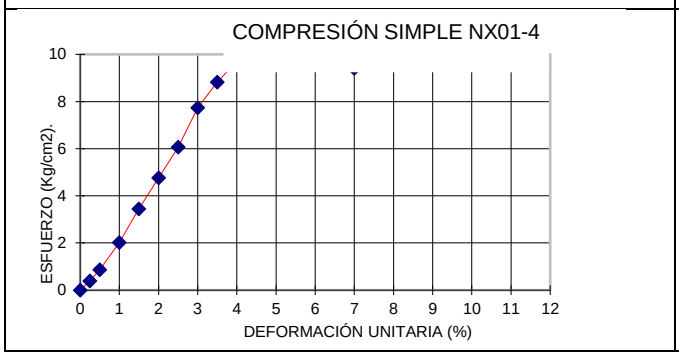


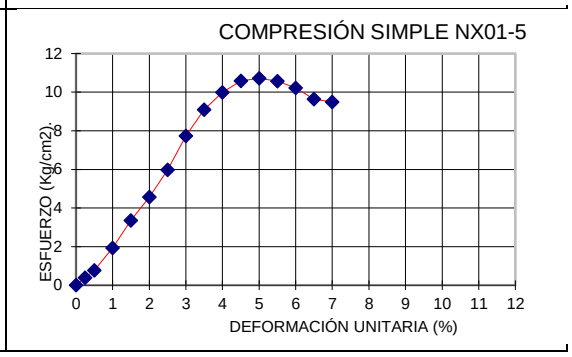
M.Sc. Ángel Tapia Ch.
MECÁNICA DE SUELOS

Harlene Mosquera
TESISTA


COMPRESIÓN SIMPLE NX01-2
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE NX01-3
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE NX01-4
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE NX01-5
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

PROYECTO :	TRABAJO DE FIN DE TITULACION	NORMA: AASHTO T-208
TEMA:	MEJORAMIENTO DE REVOQUE A BASE DE ARCILLA	POZO: 5
LOCALIZACiÓN :	LOJA	PROFUN.: 2.0 m.
SOLICITADO :	HARLENE MOSQUERA	REALIZADO: ING. A.T.
FECHA :	JUNIO DE 2016	

DATOS DE LA MUESTRA.

DIÁMETRO:		
ÁREA :	23,81	cm2.
ALTURA :	4,91	cm.
VOLUMEN :	121,67	cm3.
PESO :	138,09	gr.
DENSIDAD:	1,13	gr/cm3

CONTENIDO DE HUMEDAD.

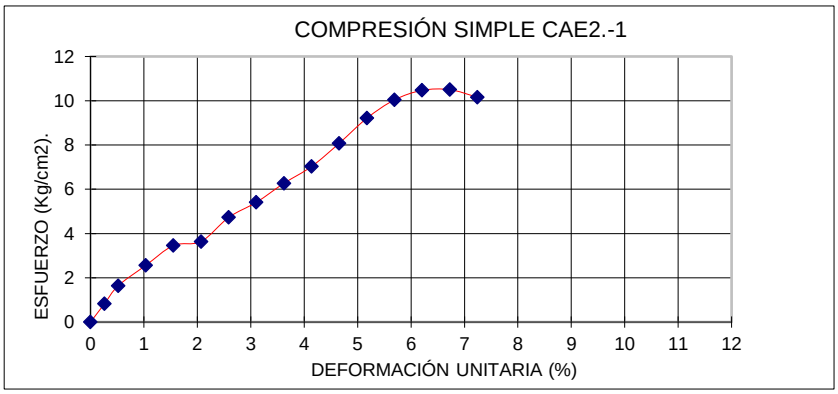
Peso Hum.:	gr.
Peso Sec.:	gr.
Peso Cap.:	gr.
W (%) :	%

CONSTANTE DEL ANILLO
K : 4,92 kg/cm2.

DATOS DE LA PRUEBA

Dial de Deform. .001"	Dial Carga .001"	Deform. Unit. (%).	Carga (Kg.)	Área Correg. (cm2.)	Tensión Desviante (Kg/cm2.)
0	0	0,00	0,00	23,81	0,00
5	4	0,26	19,68	23,87	0,82
10	8	0,52	39,36	23,93	1,64
20	12,5	1,03	61,50	24,06	2,56
30	17,0	1,55	83,64	24,19	3,46
40	18,0	2,07	88,56	24,31	3,64
50	23,5	2,59	115,62	24,44	4,73
60	27,0	3,10	132,84	24,57	5,41
70	31,5	3,62	154,98	24,70	6,27
80	35,5	4,14	174,66	24,84	7,03
90	41,0	4,66	201,72	24,97	8,08
100	47,0	5,17	231,24	25,11	9,21
110	51,5	5,69	253,38	25,25	10,04
120	54,0	6,21	265,68	25,39	10,47
130	54,5	6,73	268,14	25,53	10,50
140	53,0	7,24	260,76	25,67	10,16
150	52,0	7,76	255,84	25,81	9,91

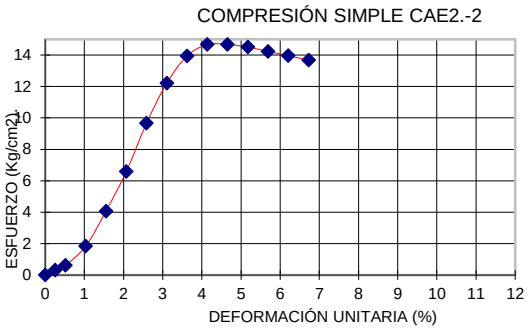
RESULTADOS COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm2.)= 10,50

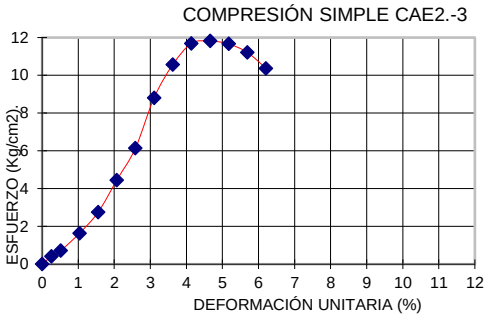


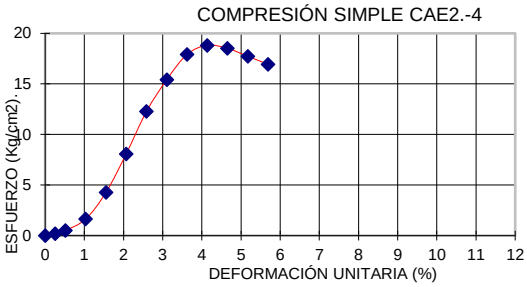
OBSERVACIONES: los ensayos han sido realizada por el M.Sc. Ángel Tapia Ch. y la alumna Harlene Mosquera

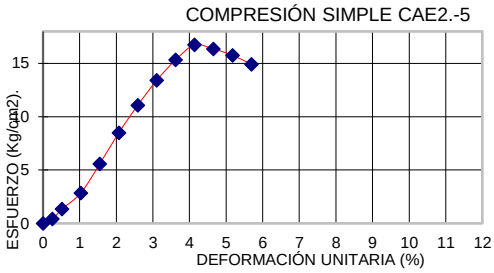
M.Sc. Ángel Tapia Ch.
MECÁNICA DE SUELOS

Harlene Mosquera
TESISTA


COMPRESIÓN SIMPLE CAE2.-2
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE CAE2.-3
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE CAE2.-4
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)


COMPRESIÓN SIMPLE CAE2.-5
ESFUERZO (Kg/cm2).
DEFORMACIÓN UNITARIA (%)

ANEXO 10

Tabla 21: Resultados de ensayo de abrasión

ENSAYO DE ABRASIÓN							
PESO K DE TALADRO = 2,5 kg							rpm=1400
CÓDIGO	# DE PLACA	W o	Wf	W o - Wf	Promedio (gr)	% desgaste	% desgaste promedio
AmYC4	1	1257	1216	41	36,67	3,26	2,94
	2	1226	1195	31		2,53	
	3	1256	1218	38		3,03	
AZYC4	1	1210	1193	17	16,67	1,40	1,52
	2	1038	1016	22		2,12	
	3	1071	1060	11		1,03	
NX01	1	1008	1003	5	6,67	0,50	0,65
	2	1020	1012	8		0,78	
	3	1067	1060	7		0,66	
NG02	1	1268	1252	16	12,67	1,26	1,01
	2	1276	1267	9		0,71	
	3	1226	1213	13		1,06	
CAE2	1	1273	1263	10	17,33	0,79	1,48
	2	1179	1168	11		0,93	
	3	1139	1108	31		2,72	

Fuente: Autor

ANEXO 11 PRESUPUESTOS DE REVOQUES TRADICONALES | **m²** | **Revoque base de mortero de cal.**

Revoque **a buena vista**, **acabado superficial rugoso, para enlucir**, con **15** mm de **mortero técnico de cal hidráulica natural, resistencia a compresión de 1,5 a 5 N/mm², color a elegir**, aplicado en **dos manos sobre un paramento vertical de hasta 3 m de altura**, **previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material y en los frentes de la losa**; como capa base para la restauración de un revestimiento existente, en muros de piedra, obras de mampostería y mamposterías de ladrillo o de bloque, sin incluir la preparación del soporte.

Rubro	Unidad	Descripción	Cantidad	**Costo unitario**	**Costo parcial**
1		Materiales			
mt08aaa010a	m³	Agua.	0,020	1,56	0,03
mt09pmc010b	kg	Mortero técnico de cal hidráulica natural, resistencia a compresión de 1,5 a 5 N/mm², color a elegir, compuesto por cal hidráulica natural NHL 3,5, agregados seleccionados y aditivos, permeable al vapor de agua, aplicable como capa base en revoques interiores y exteriores.	24,000	0,46	11,04
mt09var030a	m²	Malla de fibra de vidrio tejida, con impregnación de PVC, de 10x10 mm de luz, antiálcalis, de 115 a 125 g/m² y 500 µ de espesor, para armar revoques tradicionales, enfoscados y morteros.	0,210	1,54	0,32
			Subtotal materiales:		**11,39**
2		Mano de obra			
mo039	h	Revocador.	0,484	4,18	2,02
mo111	h	Peón revocador.	0,484	2,64	1,28
			Subtotal mano de obra:		**3,30**
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	14,69	0,29
			Costos directos (1+2+3):		14,98

RUC010 | **m²** | **Revoque base de mortero de cal.**

Revoque **a buena vista**, **acabado superficial rugoso, para enlucir**, con **15** mm de **mortero técnico de cal hidráulica natural, resistencia a compresión de 1,5 a 5 N/mm², color a elegir**, aplicado en **dos manos sobre un paramento vertical de hasta 3 m de altura**; como capa base para la restauración de un revestimiento existente, en muros de piedra, obras de mampostería y mamposterías de ladrillo o de bloque, sin incluir la preparación del soporte.

Rubro	Unidad	Descripción	Cantidad	**Costo unitario**	**Costo parcial**
1		Materiales			
mt08aaa010a	m³	Agua.	0,020	1,56	0,03
mt09pmc010b	kg	Mortero técnico de cal hidráulica natural, resistencia a compresión de 1,5 a 5 N/mm², color a elegir, compuesto por cal hidráulica natural NHL 3,5, agregados seleccionados y aditivos, permeable al vapor de agua, aplicable como capa base en revoques interiores y exteriores.	24,000	0,46	11,04
			Subtotal materiales:		**11,07**
2		Mano de obra			
mo039	h	Revocador.	0,472	4,18	1,97
mo111	h	Peón revocador.	0,472	2,64	1,25
			Subtotal mano de obra:		**3,22**
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	14,29	0,29

Coste de mantenimiento decenal: $ 2,48 en los primeros 10 años.	**Costos directos** (1+2+3):	14,58

RBC020 **m²** **Revoque base de mortero de cemento.**

Revestimiento decorativo en fachadas y paramentos interiores, con **mortero seco para enlucido en capa gruesa, tipo resistencia a compresión de 3 a 7,5 N/mm², de 15 mm de espesor, color blanco, acabado liso**, para la realización de la capa de acabado en revestimientos continuos bicapa.

Rubro	Unidad	Descripción	Cantidad	**Costo unitario**	**Costo parcial**
1		Materiales			
mt28moc020d	kg	Mortero seco para enlucido en capa gruesa, tipo resistencia a compresión de 3 a 7,5 N/mm², de 15 mm de espesor, color blanco, acabado liso, compuesto de cemento blanco, polvo de mármol y aditivos orgánicos e inorgánicos.	24,000	0,32	7,68
			Subtotal materiales:		**7,68**
2		Mano de obra			
mo039	h	Revocador.	0,390	4,18	1,63
mo111	h	Peón revocador.	0,390	2,64	1,03
			Subtotal mano de obra:		**2,66**
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	4,000	10,34	0,41
Coste de mantenimiento decenal: $ 0,55 en los primeros 10 años.			**Costos directos** (1+2+3):		10,75

RPG015	m²	Yeso proyectado.

Revestimiento de yeso de construcción B1, proyectado, **aplanado**, sobre paramento **vertical, de más de 3 m de altura**, **armado y reforzado con malla antiálcalis**, **acabado enlucido con yeso de aplicación en capa fina C6**, de **15** mm de espesor, **sin guardavivos**.

Rubro	Unidad	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial
1		Materiales			
mt28vye020	m²	Malla de fibra de vidrio tejida, antiálcalis, de 5x5 mm de luz de malla, flexible e imputrescible en el tiempo, de 70 g/m² de masa superficial y 0,40 mm de espesor de hilo, para armar yesos.	1,050	0,92	0,97
mt09pye010c	m³	Pasta de yeso de construcción para proyectar mediante mezcladora-bombeadora B1.	0,012	94,16	1,13
mt09pye010a	m³	Pasta de yeso para aplicación en capa fina C6.	0,003	88,11	0,26
			Subtotal materiales:		**2,36**
2		Equipo y maquinaria			
mq06pym010	h	Mezcladora-bombeadora para morteros y yesos proyectados, de 3 m³/h.	0,492	7,44	3,66
			Subtotal equipo y maquinaria:		**3,66**
3		Mano de obra			
mo033	h	Enlucidor.	0,331	4,18	1,38
mo071	h	Ayudante enlucidor.	0,185	2,64	0,49
			Subtotal mano de obra:		**1,87**
4		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	7,89	0,16
Coste de mantenimiento decenal: $ 1,37 en los primeros 10 años.			**Costos directos** (1+2+3+4):		8,05

REVOQUE CON COLA PARA VIVIENDAS DE ADOBE Y LADRILLO					
Analisis de precios unitarios					m2
MANO DE OBRA					
DESCRPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HORA	COSTO /HORA	REN./ HORA	PRECIO TOTAL
Albañil	1	3,13	1,25000	0,4	0,5
Peon	1	1,5	0,60000	0,4	0,24
Subtotal					0,74
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Arcilla		kg	42,350	0,1800	7,62300
cola		kg	0,9400	1,6250	1,52750
Agua		lt	6,7500	0,0014	0,00945
SUBTOTAL					9,15995
EQUIPOS					
Herramientas manuales 5% de M.O	CANTIDAD	TARIFA	COSTO /HORA	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL					0,037
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				9,93695
	INDIRECTOS%				
	UITILIDADES%				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				9,94
	VALOR OFERTADO				9,94

REVOQUE TRADICIONAL PARA VIVIENDAS DE TAPIA Y ADOBE

Analisis de precios unitarios m2

MANO DE OBRA

DESCRPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HORA	COSTO /HORA	REN./ HORA	PRECIO TOTAL
Albañil	1	3,13	1,25000	0,4	0,5
Peon	1	1,5	0,60000	0,4	0,24
Subtotal					0,74

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Arcilla	kg	35,600	0,1800	6,40800
Estiércol caballo	kg	0,9000	0,3000	0,27000
Agua	lt	6,7500	0,0014	0,00945
SUBTOTAL				6,68745

EQUIPOS

Herramientas manuales 5% de M.O	CANTIDAD	TARIFA	COSTO /HORA	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL					0,037

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	7,46445
INDIRECTOS%	
UITILIDADES%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	7,46
VALOR OFERTADO	7,46

REVOQUE VERTICAL

Analisis de precios unitarios

MANO DE OBRA					
DESCRPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HORA	COSTO /HORA	REN./ HORA	PRECIO TOTAL
Albañil	1	3,30	3,30000	0,47619	1,57143
Peon	1	3,26	3,26000	0,47619	1,55238
Subtotal					3,12381

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Arena fina	m3	0,0315	12,0000	0,37800
Cemento	kg	15,0000	0,1700	2,55000
Cemantina	kg	2,2500	0,1000	0,22500
Agua	lt.	9,7500	0,0014	0,01365
SUBTOTAL				3,16665

EQUIPOS					
Herramientas manuales 5% de M.O	CANTIDAD	TARIFA	COSTO /HORA	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL					0,15619

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		6,44665
INDIRECTOS%	25%	1,61166
UITILIDADES%		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		8,058
VALOR OFERTADO		8,058

Anexo 12

Análisis costo - beneficio

El objetivo de utilizar esta metodología es estimar y evaluar los impactos medioambientales atribuibles a un producto o servicio durante todas las etapas de su vida, lo cual se puede lograr a través del software SMART SPP CCV CO2,

Los costes del ciclo de vida (CCV) son los costes que un producto causará a la autoridad contratante durante su vida útil[1]. Más allá de los costes de adquisición, los CCV también tienen en cuenta los costes de funcionamiento (particularmente el consumo de energía y agua), costes de mantenimiento, impuestos, costes para deshacerse del producto o el valor de reventa.

Con esta herramienta se puede definir cuál de los revoques (cal, yeso, cemento, arcilla) es factible, tanto en el ámbito económico, como también los beneficios o perjuicios que estos provocan a través de la emisión de CO2 para el medio ambiente.

La base de datos de este sofware esta referenciada por información de la union europea, por tal motivo los datos se encuentran en euros, razon por la cual se procede a convertir valores de dolares a euros, el cambio actual:

- 1 euro = 1.09$
- 1 .00 $ = 0.92 euros

A traves de este sofware se obtiene datos de los revoque que se quiere calcular(revoque de cal, yeso, cemento, arcilla),estos al ingresarlos al sofware calcula los costos del ccv y los beneficios ambientales.

Entre los factores a analizar en cada tipo de revoque estan:

- Costes de adquisición
- Costes de funcionamiento
- Costes de mantenimiento
- Impuestos anuales/tarifas u otros costes anuales
- Valor remanente o costes al fin de la vida
- Información específica sobre las emisiones de CO_2

Finalmente se hará se obtiene los resultado de los CCV, para la proyección de los 15 años, y el programa por defecto nos facilitará resultados de hasta 25 años de los costes por unidad de m2.

También los resultados de CO2 emitidos en los 15 años de la línea de horizonte propuesta, como a los 25 años.

En esta evaluación la herramienta permite hacer un análisis para poder decidir cuál es el material más factible ya que con el estudio realizado para una proyección de 15 años se podrá elegir el que menor costo y energía requiera, y el que menos emisión de CO2 emita al ambiente.

1. Datos generales:

ID del producto.- REVOQUES TRADICIONALES - PROPUESTO

La moneda del software está predeterminada en euros, lo cual al cambio de dólares a euros da un cambio de 0.92$ **[€]**. (España)
Tasa de descuento.- Se considera la tasa de interés nominal activa vigente para septiembre de 2016, establecido por el Banco Central del Ecuador para el emprendimiento, para el productivo empresarial, tasa anual % =10.19+0.15(inflación). https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm
Tasa de inflación.- Según IPC, estimado para septiembre de 2016 en 0.15% (http://www.ecuadorencifras.gob.ec/indice-de-precios-al-consumidor-2016/)
Ofertas de productos.- Revoque (cal, yeso, cemento, arcilla).

Vida útil.- Se espera una vida útil de 50 años (cal y cemento), de 30 años para yeso, y 40años par arcilla), esta expectativa con debido mantenimiento en este lapso de tiempo.

CCV y CO2 - Cálculo para actividades de Contratación

Para facilitar el uso de esta herramienta, se ha desarrollado una guía del usuario. Puede descargarla en www.smart-spp.eu.

SMART SPP

Información General								
ID de la Licitación	C		REVOQUES TRADICIONAL - PROPUESTO					*Comentarios del Responsable de Compras*
Información que debe especificar el comprador								
Localidad		[país]	España		Moneda	EUR		
Horizonte temporal de planificación	C	[años]	15					
Tasa de descuento (nominal)	C	[%]	10,34					
Tasa de inflación	C	[%]	0,15					*Para ver más columnas de productos, haga clic en el botón de expansión [+] situado en la parte superior*
Factores de emisiones de CO_2			[Haga clic para especificar los factores de emisión]			GEMIS_breve		
Información que debe especificar el proveedor								
Ofertas de Productos	C		**Producto A**	**Producto B**	**Producto C**	**Producto D**	**Producto E**	**Comentarios / Explicaciones**
ID personales de las ofertas	C		**Revoque cal**	**Revoque yeso**	**Rev.cemento**	**Rev. Arcilla**		
Número de unidades que se van a comprar/arrendar		[#]	1	1	1	1		
Vida Útil	C	[años]	50,00	30,00	50,00	40,00		

(http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm, s.f.).

2. Información sobre los Costes de ciclo de vida:

Información sobre los Costes del Ciclo de Vida (CCV)							
Tasa de descuento		[%]	10,34				
Tasa de inflación		[%]	0,15				
Costes de Adquisición							
Precio de Compra		[EUR/unidad]	13,40	7,40	9,88	6,93	
o *Especifique los costes anuales de inversión >>*	C		[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]
Costes de instalación de las unidades	C	[EUR]	2,96	1,72	2,44	0,68	
Costes únicos iniciales	C	[EUR]	10,43	5,68	7,43	6,24	
Costes de Funcionamiento							
Costes totales de funcionamiento por año		[EUR/unidad*año]					
o *Especifique los costes anuales de*			[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]
Costes de Mantenimiento							
Costes totales de mantenimiento por año		[EUR/unidad*año]	0,23	0,13	0,05	0,16	
o *Especifique los costes anaules de mantenimiento*			[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]
Otros Costes							
Impuestos anuales / tarifas / subsidios y otros costes	C	[EUR/unidad*año]	1,88	1,04	1,38	0,97	
Valor Remanente / Costes de eliminación							
Valor remanente / Costes de eliminación	C	[EUR/unidad]	0,09	0,16	0,05	0,28	

Precio de compra.- se considera el valor en que se puede comercializar los revoques propuestos.

Material de revoque	Costo euros	Costo dolares
Revoque cal 1m2=	13.40 €	14.58 $
Revoque yeso 1m2=	7.40 €	8.05 $
Revoque cemento 1m2=	9.88 €	10.75 $
Revoque arcilla 1m2=	6.93 €	7.54 $

Estos costos estimados son obtenidos de presupuestos, ofertados en el mercado.

Costes de instalación.- Se considera un costo para mano de obra, transporte, instalación completa, no depende cuantas unidades.

Cal	Yeso	Cemento	Arcilla
2,96	1,72	2,44	0,68

Costes únicos iniciales.- Estos costes normalmente son independientes del número de unidades y del ciclo de vida del producto. Para ellos se ha tomado en cuenta los materiales utilizados para cada tipo de revoque esto por m2 la unidad, se excluye el coste de instalación.

COSTOS ÚNICOS INICIALES			
	RUBROS	PRECIO. EUROS	PRECIO. DOLARES
REVOQUE DE CAL	Agua Mortero de cal Agregados Aditivos Herramientas	10,43	11,36
REVOQUE DE YESO	Agua Malla fibra de vidrio Pasta de yeso para proyectar Pasta yeso capa fina Equipo y maquinaria Herramienta	5,68	6,18
	Agua	7,43	8,09

REVOQUE DE CEMENTO	Mortero Aditivos orgánicos e inorgánicos Herramientas		
REVOQUE DE ARCILLA	Agua Nopal Fibra de bagazo trat. Cola	6,24	6,8

Costes de mantenimiento anual.- Son los siguientes para cada material,se hace una proyección estimada de mantenimiento cada 5 años el la arcilla, cada 10 para (cal, yeso) y cemento, cada 15 años.

Costes de mantenimiento

Material	Dólares	EUROS
CAL	4,96	4,56
YESO	2,74	2,52
CEMENTO	1,65	1,53
ARCILLA	1,74	1,6

Este mantenimiento incluye;

- Limpieza superficial
- Curado
- Aplicación de aditivos hidrofugantes.

Otros costes para cada producto

Se ha calculado valor de impuesto al valor agregado (IVA), para noviembre que es de 14%, con respecto al precio que se ofertan para la comercialización los revoques respectivamente. En esta proyección no se incluyen impuesto de aduana ya que todos los materiales se los encuentra en el país.

Material	Dólares	14%	Euros	14%
Cal	14,58	2,04	13,4	1,88
Yeso	8,05	1,13	7,4	1,04
Cemento	10,75	1,51	9,88	1,38
Arcilla	7,54	1,06	6,93	0,97

Costes remanentes

Para estos costes se proyecta que mediante la eliminación de estos revoques sean reciclables, para ello se obtiene el precio del kg de yeso reciclado que es de 0.16 $,con el cual se pone valores estimados a los demás materiales por no encontrarse información sobre reciclado de estos respectivamente.

Detalles de funcionamiento

Se selecciona una fuente de energía de acuerdo a la demanda de energías de cada material para obtenerlo y su producción,los costos se energía se determina por el valor actual del kvh (1.04 $) según el precio por kwh EERSA, la tasa de inflación para septiembre es de 0.15%, las unidades de consumo de referencia, se determina un aproximado como referencia de cada material de acuerdo al consumo, en este caso (9,6,11,4 kwh/hora) esto por cada las unidades que se realicen por día tomando en cuenta 8 horas de trabajo. Se toma la energía consumida en Guayaquil por consumo del día que son un promedio de 6.08kvh en una vivienda ,lo cual sirve para dar una valor estimado a las 8 horas de consumo al utilizar cada material ya que al ser diferentes demanda cantidades distintas de energía. http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101556358/1/Ecuador_consume_18.469_GWh_de_luz_por_hora.html#.WCsvM9XhDIU.

Detalles de Funcionamiento

Para más columnas de producto, haga clic en el botón de expansión [+] situado en la parte superior

			Producto A	Producto B	Producto C	Producto D	Producto E
ID Personal de la oferta:			Revoque cal	Revoque yeso	Rev.cemento	Rev. Arcilla	no especificado
Fuente de energía / modo funcionamiento 1			**000_ES_electricidad-mix_incl-red**	**000_ES_electricidad-mix_incl-red**	**000_ES_electricidad-mix_incl-red**	**000_ES_electricidad-mix_incl-red**	
Unidad de energía (unidad en.)			kWh	kWh	kWh	kWh	
Factor de emisión		kg CO2 / uni. de en.	0,5162	0,5162	0,5162	0,5162	
Especifique el modo de funcionamiento	C		Poencia maxima	Potencia reducida	Potencia maxima	Potencia reducida	
Costes de fuente de energía por unidad de en.	C	[EUR] / en. de unid.	1,04	1,04	1,04	1,04	
Tasa de incremento del precio (tasa de inflación para el tipo de energía específica)	C	[%]	0,15	0,15	0,15	0,15	
¿Electricidad?			sí	sí	sí	sí	
Unidad de consumo de referencia	C		hora	hora	hora	hora	
Unidades de consumo de energía por unidades de consumo de referencia			kWh / hora	kWh / hora	kWh / hora	kWh / hora	
Número de unidades de consumo de energía por unidad de consumo de referencia	C	uni. de en. / unidad ref. cons.	9	6	11	4	
Unidades de referencia por año			hora / año	hora / año	hora / año	hora / año	
Promedio de unidades de referencia por año		unid. de ref. / año	9600	8640	13440	5760	
Costes anuales por unidad		[EUR/unidad]	89.856	53.914	153.754	23.962	0
Emisiones anuales de la fuente de		[kg CO2/año]	44.603	26.762	76.321	11.894	0
Emisiones anuales de la fuente de energía 1 (electricidad)		[kg CO2/año]	44.603	26.762	76.321	11.894	0
Fuente de energía / modo funcionamiento 2			**002_diesel**	**003_petróleo**	**002_diesel**	**000_ES_electricidad-mix_incl-red**	

Emisiones de CO2 por material de revoque.

Información específica de CO_2

Todas las cifras que se introduzcan se ***acumularán***

		Producto A	Producto B	Producto C	Producto D	Producto E
Emisiones integradas totales	[kg CO2/unidad]	46,80	10,64	12,09	14,02	
Especifique las emisiones integradas>>		[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]
Emisiones anuales: funcionamiento	[kg CO2/año/unidad]					
Emisiones relacionadas con el consumo de electricidad	[kg CO2/año/unidad]	1.464,80	201,96	411,60	2.803,14	
Especifique las emisiones anuales >>		[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]	[Clic para especificar]
		Demasiados datos (introducidos)	Demasiados datos (introducidos)	Demasiados datos (introducidos)	Demasiados datos (introducidos)	

Las cantidades de emisión de CO2 (Mercader, Arellano, & Olivares., 2012)la revista informes de la construcción, genera un modelo de cuantificación de las emisiones de CO2, producidas en el modelo habitual de la construcción, derivadas del proceso de fabricación de los recursos materiales empleados en su ejecución. En la cual nos da como datos los siguientes para cal 46.80, yeso10.64, cemento 12.09, arcilla 14.02,(kgC02/unidad) estas cantidades como referencia para el cálculo de emisión de C02 por m2 de revoque. *Emisiones relacionadas con el consumo de electricidad,* se toma en cuenta cuanto CO2 se emite al día según los metros cuadrados que se establezca por las 8 horas laborables, y esto por la electricidad que se necesita por día en este caso (9,6,11,4 kvh/dia).

Resultados

Resultados CCV, en valor actual neto

<< Haga clic en el botón de expansión [+] situado a la izquierda para mostrar más resultados

Total de costes en valor actual neto [después de 15 años] por oferta	[EUR]	**745.078**	**447.043**	**1.274.818**	**198.701**
Costes anuales promedio por oferta	[EUR/año]	**49.672**	**29.803**	**84.988**	**13.247**
Costes totales [después de 25 años]	[EUR]	**885.862**	**531.513**	**1.515.699**	**236.246**
Total de costes por unidad [después de 15 años]	[EUR/unidad]	**745.078**	**447.043**	**1.274.818**	**198.701**
Costes anuales por unidad (y año)	[EUR/unidad*año]	**49.672**	**29.803**	**84.988**	**13.247**
Coste por unidad [después de 25 años]	[EUR/unidad]	**885.862**	**531.513**	**1.515.699**	**236.246**

Resultados de CO_2: Cifras clave

Emisiones medias anuales por oferta	C [kg CO2/año/oferta]	**44.603**	**26.762**	**76.321**	**11.894**
Emisiones totales por oferta	[kg CO_2/oferta]	**669.094**	**401.439**	**1.144.826**	**178.427**

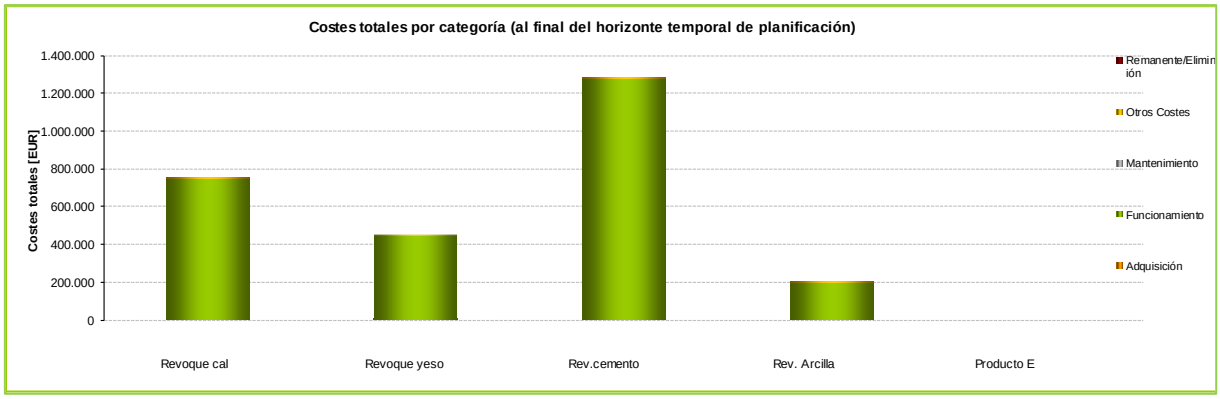
Resultados CO2 detallados

<< Haga clic en el botón de expansión [+] situado a la izquierda para mostrar más resultados

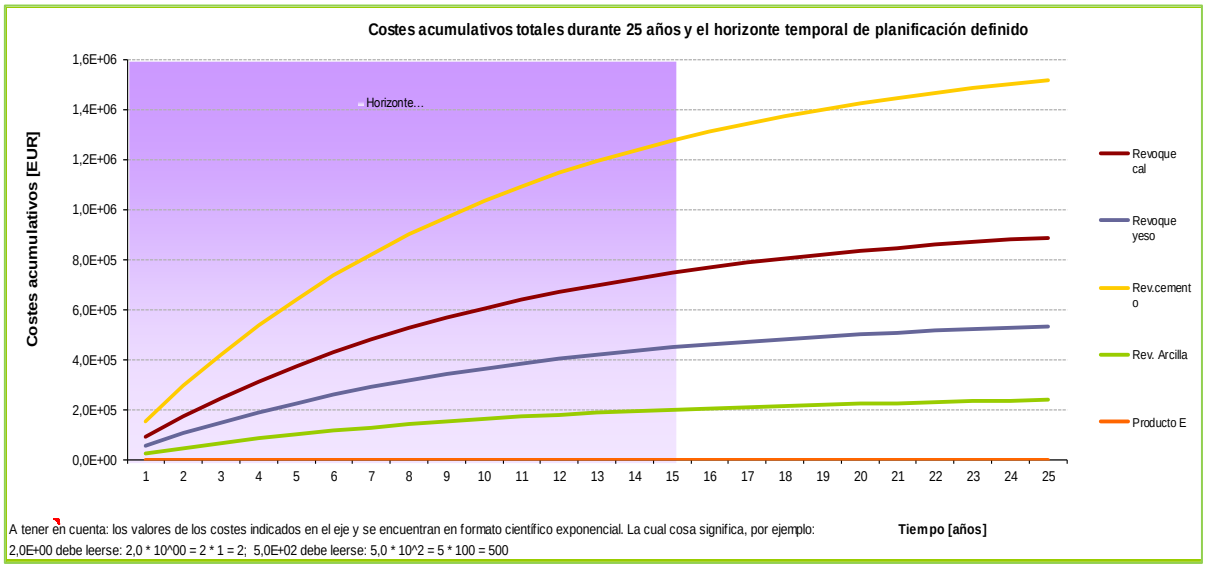
Resultados del CO_2: Funcionamiento

Resultados de CO2: Emisiones Integradas

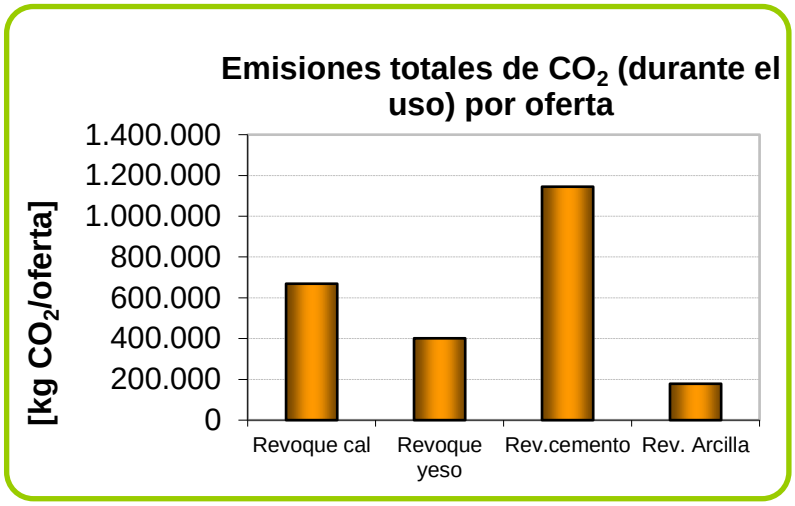
Emisiones integradas por unidad	[kg CO_2/unidad]	**47**	**11**	**12**	**14**
Emisiones totales integradas durante uso (sin pasarlas al usuario subsiguiente)	[kg CO_2/oferta]	**47**	**11**	**12**	**14**
Posiblemente traspaso de emisiones integradas al usuario subsiguiente	[kg CO_2/oferta]	**33**	**5**	**8**	**9**

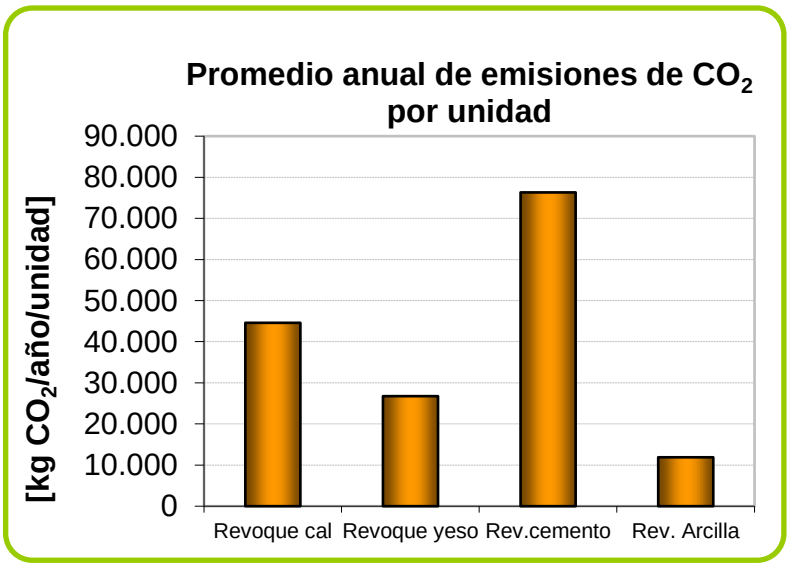


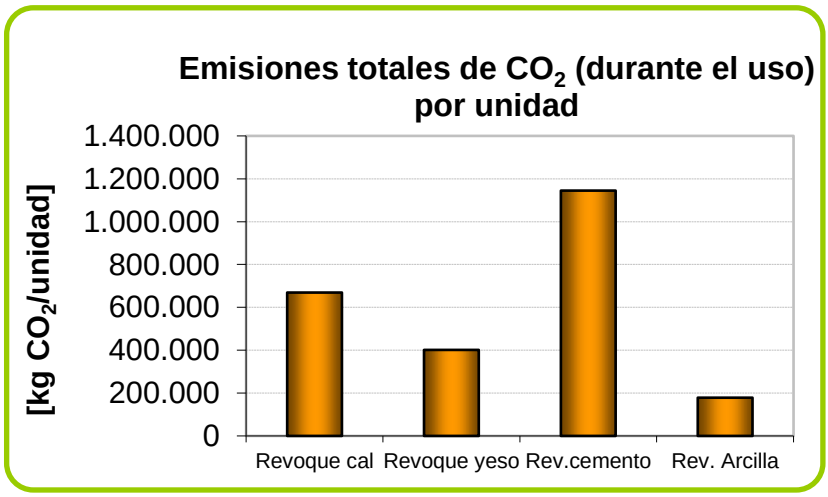
Mediante este grafico de costos en la proyección planificada, se despliega que el revoque de arcilla, involucra una menor inversión a lo largo de su vida útil , esto se debe a que los costos de mantenimiento, funcionamiento, adquisición son menores a los demás revoques propuestos(cal,yeso , cemento).



El revoque de arcilla es el material que menos costos implica en el desarrollo y durante su vida útil. La producción en la proyección propuesta de 15 años es el que presenta menos costos.







En las gráficas se puede establecer que el revoque que emite menor cantidad de CO_2 tanto por unidad de oferta, como anualmente, es el revoque de arcilla.

Mediante la comparación de costo beneficio de los revoques en la proyección de 15 años se puede concluir que, el que implica una menor inversión es el revoque de arcilla, ya que es más factible porque menor precios de adquisición, producción, funcionamiento, y ambientalmente libera menor cantidad de CO_2.