

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA
FACULTAD DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y AMBIENTE
INGENIERÍA CIVIL



**Propuesta de elaboración de ladrillo a base de arcilla para
viviendas de la comunidad Cerro Colorado del municipio de
Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.**

Trabajo investigativo para obtener el título de Ingeniero Civil

Autores:

Br. Bismarck Alfonso Robelo Hurtado

Br. Royan de Zahra Ghadimi Brenes

Tutor:

MSc. Jimmy Vanegas

Noviembre, 2016

Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

Por Royan Ghadimi:

A Dios, por llevarme siempre de su mano, porque me ha convertido en una mujer fuerte que ha utilizado cada uno de los obstáculos como un escalón para crecer, por permitirme culminar una de mis más grandes metas la cual es obtener mi título universitario y poder compartir esta alegría con todos mis seres queridos.

A mis padres Bahram Ghadimi y Patricia Brenes, quienes fueron un pilar y en mis tiempos de desánimos me dieron más de mil motivos para continuar.

A mi abuelita Petrona López y mi nana Raquel Duarte, por ser esas mujeres que me han visto como una hija más y me han acompañado en cada una de mis caídas y triunfos.

A mi mejor amigo, mi compañero de tesis, mi “caito”, quien a lo largo de estos cinco años de conocerlo me ha dado una mano amiga y apoyo incondicional, y en la realización de esta tesis a pesar de nuestras diferencias supo aguantar mis cambios de humor y arranques de enojo.

Por Bismarck Robelo:

Dedico esta tesis primeramente a Dios, que me ha permitido tener salud y vida, que me ha puesto en firme para tratar de que me enfoque en mis metas y estudios poniendo frente en alto en cada percance y obstáculo.

A mis padres Horacio Robelo y Patricia Hurtado, que con mucho esfuerzo, cariño y alguno que otro regaño han permitido que llegue hasta este punto de finalización. Se los agradezco bastante.

A mis familiares, en más de alguno que otro he estado en sus oraciones para el bien de seguir adelante y... como olvidar a mi compañera de tesis, mi “musulmana” que decidió que formáramos parte de lo que es este trabajo investigativo, aun teniendo en cuenta las incomodidades, pensamientos y pequeñas irresponsabilidades que pudiéramos tener como personas durante todo este proceso. Le rindo el sombrero a esta chavala por la paciencia que me tuvo. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haber sido nuestro pilar y base en todo momento y nos ha permitido culminar esta etapa de nuestras vidas con éxito.

A nuestros padres que fueron ese apoyo incondicional, que creyeron en nuestras habilidades y deseo de apoyar a esta comunidad.

Al Ing. Otoniel Baltodano coordinador de la carrera, quien brindó su tiempo y apoyo infinito a las visitas a la comunidad que se requerían.

A nuestro tutor Ing. Jimmy Vanegas, por confiar nuestras capacidades, por guiarnos en cada uno de los pasos para lograr los objetivos de esta investigación, por iluminarnos y aclararnos todas las dudas que nos surgían en el trayecto de la elaboración de este documento.

Al Ing. Jean Carlos Gutiérrez encargado del “Laboratorio de Ingeniería Julio y Adolfo López de la fuente S.J” por estar siempre a nuestra disposición y otorgar los laboratorios, equipos y herramientas que necesitábamos.

A la comunidad Cerro Colorado de Ciudad Darío, Matagalpa, porque en cada visita que se realizó su recibimiento era con sonrisas y luz de esperanza para mejorar sus condiciones de vida, recuerdos que se convirtieron en el principal motivo de nuestra tesis.

Finalmente expresamos inmensa gratitud a la **Universidad Centroamericana**, por crear en nosotros valores éticos y cristianos, porque a lo largo de estos cinco años siempre nos brindaron los mejores docentes que tenían, su preocupación por nuestro aprendizaje como humanos y futuros ingenieros era infinita, una vez más gracias por impulsarnos a apoyar y servirle a nuestro país, nuestra hermosa Nicaragua.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3	ANTECEDENTES	5
4	JUSTIFICACIÓN	7
5	OBJETIVOS	9
5.1	General	9
5.2	Específicos.....	9
6	FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
6.1	MARCO HISTORICO	10
6.1.1	El suelo como material de construcción	10
6.1.2	Ladrillos históricos	11
6.1.3	Evolución del ladrillo	12
6.2	MARCO TEÓRICO.....	13
6.2.1	Adobe	13
6.2.2	Ventajas y desventajas.....	14
6.2.3	Calidad del adobe.....	15
6.2.4	Métodos de la Asociación Americana de Ensayos de Materiales (ASTM)18	
7	MARCO METODOLÓGICO	22
7.1	Tipo de estudio.....	22
7.2	Universo y Muestra	22
7.3	Procedimiento para la recolección de la información y obtención de resultados	23
7.4	Determinación de propiedades físicas de las arcillas.....	23
7.5	Clasificación granulométrica	25
7.6	Elaboración y ensayo de especímenes.....	26
8	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	29
8.1	Información del área de estudio	29

8.1.1	Ubicación del sitio de estudio	29
8.2	INFORMACIÓN DE LABORATORIO	31
8.2.1	Ubicación del edificio	31
8.3	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	32
8.4	DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS Y ENSAYOS DE CAMPO	33
8.4.1	Prueba de brillo y color	34
8.4.2	Prueba de bolita.....	36
8.4.3	Prueba de lavado.....	38
8.4.4	Prueba de apariencia.....	39
8.4.5	Prueba de adherencia	40
8.4.6	Prueba de tacto	41
8.4.7	Prueba de jarras	42
8.5	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO.....	44
8.5.1	Granulometría y Límites de Atterberg.....	45
8.6	ESTABILIZACIÓN GRANULOMÉTRICA	52
8.6.1	Fibras de zacate	53
8.7	REALIZACIÓN DE CUBOS.....	55
8.7.1	Esquema - Preparación de zacate.....	55
8.7.2	Esquema - Realización de cubos	56
8.8	PRUEBAS DE COMPRESIÓN.....	58
8.8.1	Suelos Puros con zacate	59
8.8.2	Suelos combinados con zacate	62
8.9	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE VOLUMEN	65
8.10	REALIZACIÓN Y ENSAYO DE LADRILLOS	66
8.10.1	Suelos para mezclas del adobe	67
8.10.2	Formas y dimensiones de los adobes	67
8.10.3	Elaboración del adobe.....	68
9	CONCLUSIONES	72
10	RECOMENDACIONES	76

11	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	77
12	LISTA DE REFERENCIAS	78
13	ANEXOS	81
13.1	SUELOS PUROS.....	81
13.1.1	Suelo A y B.....	81
13.1.2	Suelo C y D	82
13.2	COMPACTACIÓN PURO	83
13.2.1	Suelo A 1 gr.....	83
13.2.2	Suelo A 3 gr.....	84
13.2.3	Suelo B 1 gr.....	85
13.2.4	Suelo B 3 gr.....	86
13.2.5	Suelo C 1 gr	87
13.2.6	Suelo C 3 gr	88
13.2.7	Suelo D 1 gr	89
13.2.8	Suelo D 3 gr	90
13.3	SUELOS COMBINADOS	91
13.3.1	Suelo Rojo (A) + Suelo Naranja (B).....	91
13.3.2	Suelo Rojo (A) + Suelo Naranja (C)	92
13.3.3	Suelo Rojo (A) + Suelo Naranja (D)	93
13.4	COMPACTACIÓN COMBINADOS	94
13.4.1	Suelo Rojo (A) + Suelo Naranja (B).....	94
13.4.2	Suelo Rojo (A) + Suelo Blanco (C)	95
13.4.3	Suelo Rojo (A) + Suelo Negro (D)	96

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 Machu Picchu, Perú	10
Figura 2 Iglesia Santiago Apóstol, Telica	11
Figura 3 Partes de un ladrillo.....	12
Figura 4 Adobe con Zacate	13
Figura 5 Macro localización.....	29
Figura 6 Micro localización.....	30
Figura 7 "Laboratorio Julio y Adolfo López de la Fuente S.J"	31
Figura 8 Localización de laboratorio.....	31
Figura 9 Localización de bancos de materiales.....	32
Figura 10 Esquema de ensayos de campo	33
Figura 11 Prueba de brillo y Color.....	34
Figura 12 Prueba de bolita suelos puros.....	36
Figura 13 Prueba de bolita suelos combinados.....	37
Figura 14 Prueba de lavado	38
Figura 15 Prueba de apariencia	39
Figura 16 Prueba de adherencia.....	40
Figura 17 Prueba de tacto.....	41
Figura 18 Prueba de jarras.....	42
Figura 19 Jarra Suelo Rojo.....	42
Figura 20 Jarra Suelo Naranja	43
Figura 21 Jarra Suelo Blanco	43
Figura 22 Jarra Suelo Negro	43
Figura 23 Esquema de ensayos de laboratorio	44
Figura 24 Esquema de prueba granulométrica	45
Figura 25 Límite líquido suelo blanco.....	51
Figura 26 Límite líquido suelo negro	51
Figura 27 Esquema de estabilización granulométrica.....	52

Figura 28 Fibras de zacate.....	53
Figura 29 Elementos de la mezcla	55
Figura 30 Esquema de preparación del zacate	55
Figura 31 Esquema de realización de cubos	56
Figura 32 Cubos puros ensayados.....	61
Figura 33 Cubos naranjas ensayados.....	61
Figura 34 Cubo blanco ensayado.....	61
Figura 35 Cubos naranjas ensayados.....	63
Figura 36 Adobera triple	67
Figura 37 Adobera individual.....	68
Figura 38 Mezcla homogenizada	69
Figura 39 Llenado de adobera	69
Figura 40 Desmoldado de ladrillos de adobe	69
Figura 41 Secado de adobes	70
Figura 42 Ladrillos apilados.....	70
Figura 43 Fisuras y grietas en ladrillos.....	70
Figura 44 Prueba empírica de resistencia.....	70
Figura 45 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código R1	83
Figura 46 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código R3.....	84
Figura 47 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código N1	85
Figura 48 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código N3.....	86
Figura 49 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código B1	87
Figura 50 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código B3.....	88
Figura 51 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código Ne1	89
Figura 52 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código Ne3.....	90
Figura 53 Resistencia a compresión códigos N30701, N30703, N50501, N50503.....	94
Figura 54 Resistencia a compresión códigos B30701, B30703, B50501, B50503.....	95
Figura 55 Resistencia a compresión códigos Ne30701, Ne30703, Ne50501, Ne50503.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cantidad mínima para ensayo de granulometría.....	25
Tabla 2 Coordinada de bancos de materiales.....	33
Tabla 3 Resultados prueba de brillo y color	34
Tabla 4 Resultados prueba de bolita suelos puros.....	36
Tabla 5 Resultados prueba bolita suelos combinados	37
Tabla 6 Resultados prueba de lavado.....	38
Tabla 7 Granulometría suelo rojo.....	47
Tabla 8 Clasificación SUCS suelo rojo.....	47
Tabla 9 Granulometría suelo naranja.....	48
Tabla 10 Clasificación SUCS suelo naranja.....	48
Tabla 11 Granulometría suelo blanco	49
Tabla 12 Clasificación SUCS suelo blanco	49
Tabla 13 Granulometría suelo negro.....	50
Tabla 14 Clasificación SUCS suelo negro.....	50
Tabla 15 Código de dosificaciones.....	57
Tabla 16 Resistencia a la compresión de suelos puros	59
Tabla 17 Resistencia a la compresión suelos combinados	62
Tabla 18 Resistencia a la compresión de ladrillos.....	71
Tabla 19 LL e IP suelo blanco y negro	73
Tabla 20 Dosificaciones códigos R1 y R3.....	81
Tabla 21 Dosificaciones códigos N1 y N3	81
Tabla 22 Dosificaciones códigos Ne1 y Ne3	82
Tabla 23 Dosificaciones códigos B1 y B3	82
Tabla 24 Dosificaciones códigos N30701, N30703, N50501, N50503.....	91
Tabla 25 Dosificaciones códigos B30701, B30703, B50501, B50503.....	92
Tabla 26 Dosificaciones códigos Ne30701, Ne30703, Ne50501, Ne50503	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Curva granulométrica suelo rojo	47
Gráfico 2 Curva granulométrica suelo naranja	48
Gráfico 3 Curva granulométrica suelo blanco.....	49
Gráfico 4 Curva granulométrica suelo negro.....	50
Gráfico 5 Estabilización granulométrica	53
Gráfico 6 Resistencia a la compresión suelos puros.....	60
Gráfico 7 Resistencia a la compresión suelos combinados	63
Gráfico 8 Resistencia de cubo con código B30703	64
Gráfico 9 Porcentaje de reducción de volumen en suelos puros.....	65
Gráfico 10 Porcentaje de reducción de volumen para suelos combinados	66

RESUMEN

La presente investigación está enfocada en la realización de ladrillos de adobe mejorado a base de suelos existentes en la zona para la implementación en los sistemas constructivos de las viviendas de la comunidad Cerro Colorado, municipio de Darío, departamento de Matagalpa.

Ésta comunidad de aproximadamente 24 viviendas, no cuenta con una metodología tecnificada, tal como una dosificación específica de materiales, que permita la fabricación y construcción de sus viviendas con éste tipo de mampuestos de adobe, es por ello que, en distintas épocas del año sus viviendas presentan una serie de daños en su integridad lo que conlleva al colapso parcial o total de las mismas.

Dado este problema, surge la necesidad de desarrollar una mezcla de adobe, con el fin de mejorar las condiciones de vida de los pobladores ofreciendo características que aporten al confort, estética y durabilidad de sus viviendas.

Este documento está enmarcado en el tipo de investigación experimental, fundamentada a nivel práctico y científico en el desarrollo de los procedimientos empleando una serie de técnicas para la recolección de datos de suelos, selección de proporciones en las mezclas y específicamente en el análisis de las pruebas de ensayo y error en los resultados finales.

Para la elaboración de las mezclas de adobe mejorado y el cumplimiento de los objetivos planteados se utilizó como guía el Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú (RNE E.0.80) combinando los parámetros propuestos con las normas ASTM para los procesos y metodologías de los ensayos; y el sistema SUCS para la clasificación de los suelos en estudio.

Para finalizar esta investigación, se pudo concluir que la combinación de los suelos de tonalidad roja y negra con la integración de zacate genera un mejor desempeño como sistema de adobe mejorado, por lo que podrá incorporar éste en la fabricación de las viviendas de la Comunidad Cerro Colorado.

ABSTRACT

The present research is focused on the realization of improved brick adobe a base of soils existing in the area for the implementation in the construction systems of the houses of the community Cerro Colorado, Darío municipality, department of Matagalpa

This community of approximately 24 houses does not have a technical methodology, such as a specific dosage of materials, which allows the manufacture and construction of their homes with this type of adobe masonry, which is why, at different times of the year Housing presents a series of damages in its integrity which leads to partial or total collapse of the same.

Given this problem, the need arises to develop a mixture of adobe, in order to improve the living conditions of the inhabitants offering characteristics that contribute to the comfort, aesthetics and durability of their homes.

This document is framed in the type of experimental research, based at a practical and scientific level in the development of the procedures using a series of techniques for the collection of soil data, selection of proportions in the mixtures and specifically in the analysis of the tests Of trial and error in the final results.

For the elaboration of the improved adobe blends and the fulfillment of the objectives the systems were used as guide for the control of the quality ASTM for the processes and the methodologies of the tests; And the SUCS system for the classification of the soils under study.

To finish this research, it was possible to conclude that the combination of soils of red and black tonality with the integration of Zarate generate a better performance as an improved adobe system, so that it can incorporate this in the manufacture of the dwellings of the Community Cerro Colorado.

1 INTRODUCCIÓN

En la antigüedad, las primeras casas y ciudades se construyeron con tierra cruda y, que con el paso del tiempo se mejoró mediante fibras de tipo vegetal para aumentar su resistencia dando origen a materiales como el “adobe”. Hoy, para levantar nuestros hogares empleamos materiales de elevada energía incorporada, difícil reciclaje y que en ocasiones cuentan con elementos tóxicos.

Para la fabricación de ladrillos de adobe existen varios estudios y proyectos sociales en países latinoamericanos como Perú, debido a que este mampuesto se ha utilizado en uno de los principales sistemas constructivos de viviendas populares que pueden resistir a manifestaciones de sismos de considerable magnitud.

En Nicaragua, el uso del adobe como mampuesto para la edificación de viviendas, se remonta desde el tiempo de la colonización española como un sistema constructivo tradicional siendo la zona norte del país un reflejo de estas estructuras. Según documentos nacionales se conoce que del total de viviendas construidas, actualmente el 73% son de adobe, sobre todo en los departamentos de Matagalpa, Nueva Segovia, Estelí, Madriz y parte de Jinotega (Anónimo, Una arquitectura al rescate del adobe, 2014) ; Sin embargo, la forma tradicional de construir con este elemento no garantiza seguridad para sus habitantes debido al desconocimiento de requisitos de construcción necesarios para este país.

La orientación de este trabajo radica en el departamento de Matagalpa principalmente en la comunidad de Cerro Colorado que consta de aproximadamente 24 viviendas de las cuales, 22 evidencian la falta de calidad y desconocimiento de durabilidad y seguridad estructural, ya que no cumplen con criterios mínimos de estructuración y resistencia.

Las construcciones más recientes vistas en ésta comunidad presentan un sistema constructivo deficiente desde el punto de vista estructural, ya que el método que ellos utilizan consiste en una serie de varillas semi rectas extraídas de árboles nativos, las cuales se disponen una seguida de otra de forma horizontal, para luego ser “repelladas” con una mezcla de tierra, paja y excremento de ganado. Este cerramiento se utiliza por lo general, confinado entre elementos verticales de madera no tratada de mayor diámetro (5 cm a más) a modo de columnas que dan cierta rigidez y soporte a todo el sistema. Ésta técnica constructiva genera que en las diversas épocas del año las viviendas sufran deterioro parcial o total, tales como: fisuras, desprendimiento de material, entre otros.

Por ésta razón se pretende realizar un estudio de los diferentes tipos de suelos en la zona para poder clasificarlos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS, y poder obtener sus características mecánicas como elemento esencial para la fabricación de ladrillos de adobe.

Además, se espera que los pobladores de ésta comunidad tengan una mejor calidad de vida a través de viviendas de ladrillos de adobe que sean durables, con acabado fino, fácil de construir y sobre todo resistentes a eventos naturales bajo principios de seguridad, dignidad e integración.

En Nicaragua, aún no existe un manual enfocado en las edificaciones de adobe, por lo que se tomará como guía estudios realizados en Perú y a su norma legal titulada “RNE E.080” que comprende las características, comportamiento y diseño de edificaciones con este mampuesto.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Nicaragua es el cuarto país en el mundo que ha sido afectado por los eventos climáticos extremos entre 1994 y 2013 de acuerdo con el Índice de Riesgo Climático Global 2015, publicado por la organización medioambiental alemana German Watch (Kreft, Eckstein, Junghans, Kerestan, & Hagen, 2014). Dentro de las afectaciones en dicho período se destaca el deterioro que han sufrido las estructuras de la comunidad Cerro Colorado de Ciudad Darío, Matagalpa.

En esta pequeña zona, la técnica de construcción utilizada por los comunitarios consiste en una serie de maderas rollizas extraídas de árboles locales, las cuales se disponen una seguida de otra de forma vertical, para luego ser repelladas con una mezcla de tierra, paja y estiércol de ganado. Este cerramiento se utiliza por lo general, confinado entre elementos verticales de madera a modo de columnas que dan cierta rigidez y soporte a todo el sistema.

En periodos normales de lluvias las paredes de éstas casas absorben y retienen agua, y estas a su vez se expanden. Cuando la lluvia cesa, el agua almacenada que se evapora, ocasiona que las partículas de arcillas se contraigan creando huecos llenos de aire lo que origina fisuras en las paredes. Esto, acompañado de vientos, incrementa el daño provocando desprendimientos del recubrimiento de arcilla en la mezcla de adobe de la vivienda. Cuando se presentan lluvias intensas las paredes se saturan completamente, lo que resulta ser un peso extra sobre las mismas, y su estado físico pasa de ser de sólido a líquido produciendo colapso parcial, y en el peor de los casos, el colapso total de las viviendas. En temporadas opuestas, es decir, muy soleadas, las arcillas se contraen al perder su humedad natural causando fisuras parecidas a la piel de cocodrilo o fracturas, dejando expuesto el interior de la vivienda.

Estos problemas se correlacionan con la construcción de algunos componentes de las viviendas, como son los aleros. Las dimensiones de estos, por lo general, las realizan bajo una mala concepción en la configuración geométrica de estos elementos presentando dimensiones no adecuadas o irregulares, lo que produce una disfuncionalidad entre las uniones del alero con las paredes. Esto permite que el alcance directo de las lluvias y el sol sean inevitable, contribuyendo al deterioro progresivo de la vivienda.

Toda esta combinación de problemas aumenta la vulnerabilidad estructural y crea una mayor inseguridad para sus ocupantes por lo que se evaluará desde el punto

de vista funcional y constructivo, la respuesta a la interrogante: ¿Es factible validar y recomendar este mampuesto en la utilización del sistema constructivo de viviendas de adobe en la comunidad en estudio?

3 ANTECEDENTES

El hecho de que existan estructuras de adobe con muchos años de existencia refleja cuan duraderas puede llegar a ser. La tierra se empleó para levantar fortificaciones, castillos, murallas, ermitas, mezquitas, graneros, molinos y viviendas populares, en lugares como el Sahara, África Central y Oriental, América Latina o toda Europa, incluyendo también lugares lluviosos como Suecia, Noruega y Dinamarca. En los países con mayor necesidad de viviendas y menos recursos como sucede en casi toda África, Oriente Medio y América Latina, la tierra es el material de construcción que predomina, fundamentalmente en las zonas rurales (Aguilera Maidana, 2006).

La gran muralla China, fue uno de los primeros ejemplos donde la tierra se usó en gran escala. En el valle de Mesopotamia, por no existir piedras naturales, sólo se utilizó como material de construcción el adobe.

En Nicaragua aún no se ha encontrado un estudio científico o normas que incluyan el significado, características y comportamiento de este mampuesto, Sin embargo, en varios países de Suramérica como Perú, Ecuador, Bolivia, entre otros, se lleva años investigando la construcción con tierra en áreas sísmicas, por ejemplo, trabajos realizados por:

(Amorós García, 2011) (Cáceres Arroyo, 2014) (Delgado Salvador, 2006) (Lopez Galvez & Bernilla Carlos, 2012) (Torres Barrera & Moya Heredia, 2015) (Zelaya Jara, 2007)etc.

En primer lugar se tiene que, en el año 2006 se publica el Reglamento Nacional de Edificaciones Cap. III.2 sub índice E0.80 en donde se establecen las normas legales para edificaciones de adobe para Perú, desde las definiciones hasta el tipo de cimientos que debe contener la estructura de acuerdo a su ubicación geográfica, éste último expresa el tipo y uso de suelo principal en cada zona del país.

También en el año 2007 fue presentado en la escuela universitaria de Post-Grado de la Universidad Nacional Federico Villareal de Perú el *Estudio sobre diseño sísmico en Construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres* elaborado por el Ing. Víctor Antonio Zelaya Jara (Zelaya Jara, 2007), como requisito para optar el título de Maestría en gerencia de la construcción moderna.

Esta investigación explica de forma clara y detallada la dosificación y dimensiones que debe tener el adobe para que un modelo propuesto de viviendas construidas

con este mampuesto pueda mitigar los desastres sísmicos ocurridos en la capital de Perú.

En países como Argentina se encuentra que en la escuela Universitaria Nacional de Córdoba (UNC) se presentó, en relación con la Sociedad Ambiental, el estudio sobre las ventajas de la construcción de muros con adobes – ladrillos de tierra cruda, respecto al consumo de agua para la producción de éstos, en comparación con los sistemas constructivos que emplean ladrillos cocidos o bloques de cemento por la Ing. María Marcela Cheble.

Este estudio demuestra que desde el proceso de obtención del producto en sí hasta el producto final, el ladrillo de adobe proporciona un ahorro significativo de hasta un 60% en cuanto a la cantidad de agua para su elaboración respecto a los bloques, y un 37% con relación al ladrillo común.

Además de ésta serie de documentos consultados existen muchos más, los cuales aportan una breve guía y distintos puntos posibles a tomar en cuenta en la elaboración de éste tema de investigación

4 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal la propuesta de diseño de un modelo de ladrillo de adobe, que cumpla con parámetros de calidad de resistencia mecánica y exposición a agente naturales (Agua, viento y la variación diaria de temperatura según la estación del año) dado que el uso de éste material es muy frecuente en zonas rurales como es la comunidad de Cerro Colorado, donde la autoconstrucción con adobe ha demostrado ser la respuesta apropiada y quizás, la principal vía para tener una casa digna.

La mezcla a utilizar deberá ser del material de la zona tales como suelo y paja, esto con el fin de no incurrir en gastos adicionales para los beneficiarios. Estos materiales sumamente económicos generan un gran aislamiento térmico creando espacios agradables, sin embargo, debido a la falta de asesoría técnica las viviendas disminuyen drásticamente su vida útil. Siendo ésta la importancia de la investigación, se declara que las casas de adobe bien diseñadas y construidas pueden ser, por su simplicidad, duración y costo, la base para resolver el problema de las viviendas en los países en vías de desarrollo como Nicaragua, sobre todo las del sector en estudio.

Además de presentar mejores condiciones estructurales, este producto muestra una serie de ventajas más tales como:

- Fácil de obtener localmente.
- La construcción con tierra cruda es sencilla y con poco gasto energético.
- Excelentes propiedades térmicas.
- La tierra es un material inerte que no se incendia, pudre, o recibe ataques de insectos.

El uso de este mampuesto contribuiría a uno de los temas con mayor relevancia a nivel mundial: disminución del cambio climático y el calentamiento global en donde el adobe, el taquezal, las tejas, y otros elementos relacionados, como materiales de construcción tradicional, aportarían a un equilibrio de las temperaturas en los ambientes internos de la vivienda reduciendo considerablemente la presencia o el aumento de calor en la casa que conlleva la disminución del uso de ciertos electrodomésticos tales como: abanicos y aire acondicionado.

Por tanto, la propuesta presentada permitirá a los habitantes de la comunidad la elaboración de ladrillos de adobe, ofreciendo características que mejoren el confort,

estética, durabilidad y principalmente, sean resistentes a las diferentes sollicitaciones de cargas inducidas.

Además, este elemento puede ser una opción de cambio en la vida de los habitantes siendo éste, un puente a una posible sustentabilidad económica, ya que abrirá puertas a oportunidades de empleos que permitirá un mercado en la venta de estos ladrillos.

5 OBJETIVOS

5.1 GENERAL

Dotar a la Comunidad de Cerro Colorado, Matagalpa de un mampuesto de abode ajustado a las necesidades y materiales locales para la edificación de sus viviendas.

5.2 ESPECÍFICOS

- Identificar los principales problemas del sistema constructivo actual de la comunidad
- Extraer muestras de suelo y clasificarlos según el *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS*
- Obtener la dosificación correcta para la fabricación de ladrillos de adobe en la implementación de las estructuras de las viviendas de Cerro Colorado
- Realizar pruebas de laboratorio con el fin de determinar los valores de resistencia a la compresión de la mezcla adecuada del ladrillo de adobe

6 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 MARCO HISTORICO

6.1.1 El suelo como material de construcción

El suelo ha sido utilizado por el hombre como material de construcción desde hace miles de años atrás. Existen obras muy antiguas que han desafiado el tiempo, entre ellas se encuentra la gran muralla de China, las ruinas de Chan Chan y el complejo más grande del tiempo precolombino en América Latina, y Machu Picchu en Perú (Ver Figura 1), estas edificaciones muestran que nuestros antepasados poseían gran confianza en la aplicación de este material para realizar obras majestuosas.



Figura 1 Machu Picchu, Perú

En Nicaragua, las principales construcciones de adobe están en Granada y León, pero son más populares y vigentes en el norte del país, donde la gente aún elabora los ladrillos de adobe para construir sus propias casas. Entre las más destacadas se encuentran:

Iglesia Santiago Apóstol, Telica; Esta parroquia es un monumento nacional de gran importancia y un símbolo histórico para las autoridades municipales y su población. Es una construcción sencilla, sus paredes son de adobe, y su techo de tejas de barro, su piso está compuesto por losetas y ladrillos de barro. De esta iglesia se dice que ronda los 350 años de edificada. Esta iglesia tiene dañada su

torre, construida con barro, taquezal y adobe, presenta humedad en sus paredes por la misma característica del tipo de material usado en la construcción de la época (Siglo XVII) (Ver figura 2)

En León las iglesias de la Virgen de la Merced, San Juan Apóstol, El Calvario y San Juan de Dios. León, es una ciudad que por su misma característica Colonial posee la mayor cantidad de iglesias que oscilan entre los 300 y 480 años de antigüedad, ejemplo concreto la Basílica Catedral de León, declarada por la UNESCO Patrimonio Histórico e intangible de la Humanidad.



Figura 2 Iglesia Santiago Apóstol, Telica

6.1.2 Ladrillos históricos

Una de las primeras referencias del uso de ladrillos a lo largo de la historia se encuentra en Palestina, donde ya elaboraban ladrillos de adobe, secados al sol, hace más de 9.000 años. En Mesopotamia aparecen los primeros ladrillos cocidos que se usan como elementos decorativos y en cubrimientos de muros de adobe. El imperio chino construye parte de su gran muralla con ladrillos, y el imperio romano también los usa en termas, anfiteatros y acueductos (López Arce, 2006).

La civilización Caldea, ha dejado importantes monumentos fabricados con arcilla; ellos levantaron los muros de Babilonia que tenían 95 metros de altura y para sus elementos exteriores usaron adobe. El adobe también se utilizó en viviendas y en todo tipo de construcciones. La dimensión promedio era de 0.50 x 0.40 x 0.12. El grosor de las paredes de los edificios importantes fue considerable, alcanzando algunas veces entre 3 y 4 metros (González de la Cotera, s.f).

En la Edad Media también se utiliza el ladrillo en el Norte de Italia, Norte de Europa y Países Bajos, y se construyen edificios domésticos, palacios y castillos. Durante el Renacimiento, la arquitectura georgiana británica lo emplea masivamente en Inglaterra. Los colonos lo llevan a América, aunque ya existían civilizaciones prehispánicas que utilizaban ladrillos de adobe revestidos de piedra. En España es característico el uso del ladrillo por la influencia musulmana en Castilla, Aragón y Andalucía. En la ciudad de Toledo, también tenemos ejemplos de termas romanas o edificios del Neoclásico dejados por cristianos, mezquitas construidas por los musulmanes o sinagogas levantadas por los judíos (López Arce, 2006).

6.1.3 Evolución del ladrillo

Los primeros ladrillos de adobe, elaborados con arcillas mediante moldeado manual, se secaban al sol. Más adelante se seguían secando al sol, pero se cocían en hornos de leña, a diferencia de los ladrillos actuales, en general extrusionados mecánicamente, secados en estufa y cocidos en hornos eléctricos. Esto hace que los ladrillos antiguos sean mucho más heterogéneos que los actuales, producidos en serie (López Arce, 2006).

Las caras de un ladrillo se denominan, tabla, testa y canto, y sus respectivos lados, soga, tizón y grueso (Ver Figura 3). En los ladrillos antiguos, las dimensiones van cambiando con el tiempo y según la zona geográfica. Sin embargo, el color es un parámetro que variará dependiendo de las materias primas de la zona y de la temperatura alcanzada en la cocción. La disposición y aspecto estético de los ladrillos en la fachada de los edificios da lugar a distintos aparejos, cuyo conocimiento puede ser de gran utilidad para datarlos arqueológicamente.

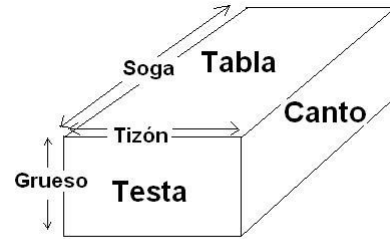


Figura 3 Partes de un ladrillo

Los ladrillos comunes utilizados en construcción de muros para revestir pueden ser ladrillos huecos sencillos, dobles o triples, perforados o rasillas. Por otro lado, tenemos los ladrillos rústicos, imitando a los ladrillos macizos antiguos, o los ladrillos refractarios, fabricados para resistir altas temperaturas en hornos o chimeneas.

Aún hoy, aproximadamente, el 50 % de la población del mundo construye sus viviendas con barro, en distintas formas, con el uso de diferentes técnicas y normas. En la actualidad sigue vigente el uso del barro (Adobe) como material básico en construcciones de todo tipo tomando como referencia las nuevas tecnologías que se vienen desarrollando en el mundo; inclusive en zonas de países desarrollados como: Australia, Nueva Zelanda, España, entre otros (López Arce, 2006).

6.2 MARCO TEÓRICO

6.2.1 Adobe

En la lengua castellana, adobe se usa para diferenciar al ladrillo crudo del cocido, y el empleo de esta palabra está documentado ya en escritos de principios del siglo XII. Para mejorar la estabilidad en el secado del ladrillo y perfecto enlace de partículas, en un artículo publicado en la Revista General de Arquitectura y de los Trabajos Públicos sobre las construcciones de este tipo” se recomienda añadir a la tierra “pajas viejas, viejo heno, hierbas, céspedes, hojas, algas, cañas, juncos, no importa qué, pero evidentemente lo que se halle al alcance y de menor valor” (Solanas, Calatayud, & Claret, 2009).

Otro significado de adobe “es la mezcla en húmedo de arcilla (lodo o fango), arena y paja, aunque en algunos países se les agrega estiércol como elemento extra para la composición y resistencia del adobe. Todo estos son materiales abundantes y de bajo precio en cualquier lugar del mundo” (Ver Figura 4) (Canching & Rocío, 2007).



Figura 4 Adobe con Zacate

Éste material compuesto se subestima de alguna manera porque se asocia con la construcción de baja calidad digna de un país en vías de desarrollo. Esto se debe a que en nuestra cultura se tiene la idea de que es un tipo de construcción “de pobres”, e incluso algunas enciclopedias lo indican así en la definición de tapia como procedimiento constructivo:

“Pared de tierra que se construye en el campo para las edificaciones y cerramientos de patio y porciones de terrenos en los países en que escasea la piedra. También se construyen con cal y con cantos cuando se dispone de ellos. Sin embargo, hay localidades en que, por costumbre más bien que por falta de material, se hacen paredes de tierra, aun existiendo en abundancia materiales más apropiados, por carecer las gentes del campo de conocimientos de construcción de mampostería y por resultar más económicas.” (Anónimo, Arquitectura de tierra. Encuentros internacionales. Centro de investigación Navapalos, 1999)

Pero se debe de tener en cuenta que por un gran tiempo el Adobe fue utilizado por muchas personas en los 5 continentes y por tantas culturas por su costo y fácil fabricación, pero ¿qué otras desventajas y ventajas tiene?, ¿porque retomarlo nuevamente? O al menos tomarlo en cuenta.

6.2.2 Ventajas y desventajas

Una de las ventajas más importantes que presenta este mampuesto es su bajo costo de adquisición, ya que por ser realizado de materiales naturales abundantes en el país coloca a este material como el número uno en precios bajos. Además de esta ventaja se encuentran muchas más, tales como:

- **La tierra es un material inocuo.** No contiene ninguna sustancia tóxica, siempre que provenga de un suelo que no haya padecido contaminación.
- **Es totalmente reciclable.** Si en la construcción no se mezcla la tierra con algún producto fabricado por los humanos (por ejemplo, cemento), sería posible integrar totalmente el material en la naturaleza una vez se decidiera derruir el edificio.
- **Fácil de obtener localmente.** Prácticamente cualquier tipo de tierra es útil para construir, o bien se puede escoger una técnica u otra en función de la tierra disponible. También se pueden hacer mezclas con otro material cercano (cal, yeso, paja...).
- **La construcción con tierra cruda es sencilla y con poco gasto energético.** No requiere un gran transporte de materiales o una cocción a alta temperatura.
- **Su obtención es respetuosa.** Si se extrae del propio emplazamiento, provoca un impacto poco mayor que el que ya supone realizar la propia construcción. No lleva asociados problemas como la deforestación o la minería extractiva que implican otros materiales constructivos.
- **Excelentes propiedades térmicas.** La tierra tiene una gran capacidad de almacenar el calor y cederlo posteriormente (cualidad conocida como inercia térmica). Así, permite atenuar los cambios de temperatura externos, creando un ambiente interior agradable (Anónimo, Contruir con tierra, Terra Ecología Orgánica, 2005).
- **Propiedades de aislamiento acústico.** Los muros de tierra transmiten mal las vibraciones sonoras, de modo que se convierten en una eficaz barrera contra los ruidos indeseados.
- **La tierra es un material inerte** que no se incendia, pudre, o recibe ataques de insectos. Esto es así porque se evita el uso de las capas superiores de suelo, con gran cantidad de material orgánico.
- **Es un material por naturaleza transpirable.** Los muros de tierra permiten la regulación natural de la humedad del interior de la casa, de modo que se evitan las condensaciones.
- **Económicamente asequible.** Es un recurso barato (o prácticamente gratuito) que a menudo ya se encuentra en el lugar donde se levantará la casa.

Entre las principales desventajas que se presentan, se tiene que:

- **Limitación en altura-** La construcción con tierra cruda, debido a la resistencia del material, se puede construir hasta dos pisos.
- **Vulnerabilidad ante el agua-** El agua produce sobre el adobe y el tapial, un efecto erosivo similar al ejercido sobre el suelo sin vegetación. No obstante existen diversas técnicas que la cultura popular ha desarrollado en diferentes partes del mundo para solventar este problema. Para evitar el efecto negativo del agua de lluvia que se acumula en el suelo en momentos de precipitación intensa, los edificios construidos con tierra se sustentan sobre cimientos de piedra (o de cualquier otro material resistente al agua, hasta una altura en la que el agua no pueda llegar a ella. Para los casos de lluvia racheada (que cae con cierta inclinación por acción del viento) existen otras soluciones como colocar aleros o recubrir el muro con una capa de cal.
- **Debilidad sísmica.** Debido a la naturaleza mecánica del material, las estructuras de adobe y de tapial son vulnerables al efecto de los temblores y de los terremotos. No obstante, existen técnicas constructivas de sencillo desarrollo que permiten a este tipo de estructura ser resistentes a estos fenómenos naturales. Diseñar la planta de la casa de forma ortogonal, dotarla de cubiertas ligeras y rígidas o una corta longitud de los muros son algunos de los procedimientos que hace que los edificios con tierra cruda sean resistentes a los sismos.

Con este tipo de arquitectura, se consigue una adaptación del edificio al suelo, al entorno y al clima en el que se construye, aprovechando enormemente la propia naturaleza nativa, y logrando respetar al medio sin alterarlo con emisiones no deseadas de CO₂ ni contaminándola con agentes tóxicos.

6.2.3 Calidad del adobe

En relación al suelo, su composición se basa en una mezcla de limo, arena y arcilla que al combinarse con el agua producen barro, pero aún existe el problema de que el material no se encuentre apto para preparar la mezcla.

Existen diferentes métodos para verificar la factibilidad de dicho material para su uso en la fabricación de los adobes. La norma E.080 solamente indica que su gradación debe aproximarse a un porcentaje de arcilla del orden de 10 a 20%, limo con 15 a 25% y arena con 55 a 70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos.

Por otro lado, existen otros métodos para establecer si un suelo es apto para fabricar adobes, basado en ensayos de campo que permiten finalmente determinar su nivel de calidad entre éstos están:

6.2.3.1 Prueba de color

Éste método consiste en observar el color de suelo obtenido. Los distintos tipos de colores expresan sus características generales de éste, tales como:

- Negro: Suelos orgánicos
- Claros y brillantes: Suelos inorgánicos
- Gris claro: Suelos limosos con carbonato cálcico, suelos poco cohesivos (Mecánica de Suelos, 1988).

Para la mezcla de adobe, se sugiere utilizar suelos claros y brillantes.

6.2.3.2 Prueba de brillo

Se corta una muestra de suelo al estado de masilla y se observa el tono que ésta posee, las cuales pueden ser:

- Opacos: Suelos arenosos
- Mates: Limosos poca arcilla
- Brillantes: Suelos arcillosos

Para la mezcla de adobe, se sugiere utilizar suelos mates (Romero & Preyra, 2012).

6.2.3.3 Prueba de tacto

La prueba consiste en realizar 5 a 6 bolas pequeñas de cada muestra de suelo de aproximadamente 4 cm de diámetro dejando secar cada una de ellas y tratando de romperlas con 2 dedos de una mano. Si no se rompe, se ocupará el suelo, de lo contrario, no es útil. Si no hay suficiente arcilla en un suelo, la mezcla de agua y suelo (Barro) no será suficientemente fuerte cuando seque. Si por el contrario hay suficiente gravilla o arena en el suelo, el barro se encogerá y se rajará cuando seque (Canching & Rocío, 2007).

6.2.3.4 Prueba de bolita

Esta prueba consiste en dejar caer una bola de suelo de aproximadamente 7 cm de diámetro al suelo desde una altura de aproximadamente 1.2m. Si el impacto produce gran cantidad de fisuras en la masa hay mucha arena, de lo contrario si no se produce ningún fisuramiento hay mucha arcilla en su composición (García Doval, 2011).

6.2.3.5 Prueba de lavado

La prueba consiste en seleccionar una pequeña porción de cada tipo de suelo, de tal manera que con ayuda de un grifo de agua lavarlo por completo tomando en cuenta el tiempo de lavado y la dificultad de la misma (Borges Ramos, 2010).

6.2.3.6 Prueba de apariencia

Esta prueba consiste en tomar una pequeña porción de cada tipo de suelo y enrasarlas en pequeñas taras y al cabo de 24 horas observar algún tipo de fisuramiento o algún otro detalle significativo una respecto a las otras (Romero & Preyra, 2012).

6.2.3.7 Prueba de adherencia

La prueba consiste en penetrar o cortar por la mitad pequeñas bolas de cada tipo de suelo a ensayar tomando en cuenta la dificultad de penetración y la adherencia en el instrumento ocupado (Vilela Mora, 2010).

6.2.3.8 Prueba de jarras

Esta prueba consiste en llenar un recipiente de boca ancha hasta la mitad de su altura con suelo y la parte restante con agua limpia agitando vigorosamente ambas partes. Al lapso de un tiempo se miden las capas para determinar la proporción de los componentes principales (arena, limos y arcilla) de la tierra (Vilela Mora, 2010).

6.2.3.9 Pruebas de granulometría

Para realizar esta prueba se tomarán los procedimientos descritos en la norma ASTM D-422, con el fin de conocer las propiedades granulométricas de los suelos en estudio, ya que la tierra para fabricar adobes debe estar formada por: (Morales, Cabrejos, Rengifo, & Candiotti, 1993)

- Limos y arcillas: 25-45%
- Arena: 55%
- Arcilla: 15-17%

O bien, lo que indica el RNE E.080 artículo 4 párrafo 1:

“La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: **arcilla** 10-20%, **limo** 15-25% y **arena** 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos”

6.2.3.10 Límites líquido y plástico

En cuanto a la plasticidad, se tomará como guía las normas ASTM D-4318, AASHTO T-89 y AASHTO 90, además (Barrios, Álvarez, Arcos, Marchant, & Rosi, 1987) afirman que para la mezcla de adobe es conveniente utilizar suelos con bajo índice de plasticidad, ya que cuanto más alto sea, mayor será la cantidad de agua contenida en la masa que lo convierte en moldeable y una vez seco, se tendrán mayores retracciones, por cuanto evaporará un volumen mayor de agua. Se propone que los suelos para elaborar adobe presenten un límite líquido entre 20 y 40 y un límite plástico inferior a 20.

6.2.3.11 Pruebas de compresión

Un grupo importante de autores e Instituciones como (Moromi Nakata, 1993; Tejada Schmidt, 1989), entre otros, coinciden en que la resistencia mínima que debe alcanzar un adobe debe encontrarse entre 1,00 y 1,20 MPa como mínimo. Sin embargo se tomará como guía las normas: ASTM C 109 / C 109M-95, Norma RNE E0.80

6.2.4 Métodos de la Asociación Americana de Ensayos de Materiales (ASTM)

• Traslado de Muestras (ASTM D 420)

Esta guía se refiere a los métodos de ASTM por el que se puede determinar las condiciones de suelo, roca, tierra y agua. El objetivo de la guía es identificar y localizar, tanto horizontal como verticalmente, tipos importantes de suelos y rocas y las condiciones de agua subterránea presentes dentro de un área de sitio determinado y establecer las características de los materiales del subsuelo mediante toma de muestras o ensayos in situ, o ambos.

➤ *Para este tipo de procedimiento son necesarios los siguientes instrumentos*

- *Palas largas de placa o plancha metálica rectangular.*
- *Sacos*

• Método de prueba estándar para resistencia a la degradación de tamaño pequeño agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles (ASTM C131)

Para ésta prueba se utilizará la máquina de los ángeles (H-3860B) donde su objetivo principal es medir la degradación de agregados minerales mediante la abrasión o

desgaste, impactando y moliendo el material mediante la rotación de un tambor cilíndrico metálico con un específico número de esferas metálicas. Sin embargo su uso en esta investigación fue desgastar el zacate hasta obtener un tamaño adecuado para la utilización en la elaboración de cubos.

➤ *Para este tipo de procedimiento son necesarios los siguientes instrumentos*

- *Máquina de Los Ángeles*
- *Cargas abrasivas de esferas de acero*

- **Método de prueba estándar para la clasificación de los suelos para propósitos ingenieriles (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) (ASTM D2487)**

Esta norma clasifica los suelos desde cualquier ubicación geográfica en categorías que representan los resultados de las pruebas de laboratorio prescritas para determinar las características en base al tamaño de partícula, el límite líquido y el índice de plasticidad.

El sistema de clasificación USCS o SUCS los suelos de un sistema unificado se designan por un símbolo de dos letras: el primero considera que el principal componente de la tierra, y la segunda describe información de la curva granulométrica o características de plasticidad.

En el sistema de clasificación SUCS – USCS: se utilizan los símbolos de cinco letras:

- G por grava (gravel)
- S por arena (sand)
- M por limo (silt)
- C por arcilla (clay)
- O por suelos orgánico (organic soil)
- P for turba (peat soils)

Reglas:

1. Si menor del 50% del suelo pasa la malla No. 200 (0.075 mm), el suelo es de grano grueso, y la primera letra será G o S;
2. Si más del 50% pasa la malla No. 200(0.075 mm), el suelo es de grano fino y la primera letra será M o C

3. a) Arenas y gravas limpias (con menos del 5% que pasa la malla No. 200): se les da una segunda letra P si están mal graduada o W si bien graduadas. Arenas y gravas, con más de 12% en peso que pasa la malla No. 200: se les da una segunda letra M si son limosas o C, si son arcillosos.

b) Arenas y gravas que tienen entre 5 y 12%: se dan clasificaciones dual como SP-SM. Limos, arcillas y suelos orgánicos se les da la segunda letra H o L para designar a la plasticidad de alta o baja.

- **Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos (ASTM C136)**

El presente método de prueba cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos mediante cribado. Algunas especificaciones para los agregados que hacen referencia a este método contienen requerimientos de clasificación que incluyen tanto fracciones de agregados gruesos como de agregados finos.

ASTM D421: Ésta práctica que contempla la preparación de las muestras de suelo secas que se obtienen del campo para el análisis del tamaño de partículas y la determinación de las constantes en el suelo.

ASTM D422: Éste método de ensayo contempla la determinación cuantitativa de la distribución de las partículas en el suelo. La distribución de tamaños de la partícula mayor que 75 micras (retenido en el tamiz N°200) es determinado por tamizado, mientras que la distribución de partículas menores que 75 micras es determinado por un proceso de sedimentación, usando un hidrómetro para asegurar los datos necesarios.

- **Método de prueba estándar para materiales más finos de 75 mm (No. 200) en Agregados Minerales por lavado**

El material más fino que el tamiz 75 mm (No. 200) se puede separar de las partículas más grandes de manera más eficiente y completamente por tamizado en húmedo que a través del uso de tamizado en seco. Por lo tanto, cuando se desean determinaciones precisas de material más fino que 75 micras de agregado fino o grueso, este método de ensayo se usa en la muestra antes de secar el tamizado de acuerdo con la norma ASTM C136. Los resultados de este método de ensayo se incluyen en el cálculo en la norma ASTM C136, y la cantidad total de material más fino que 75 micras por lavado, además de la obtenida por tamizado en seco la misma muestra. Por lo general, la cantidad adicional de material más fino que 75

micras en el proceso de tamizado en seco es una cantidad pequeña. Si es grande, la eficiencia de la operación de lavado se debe comprobar. También podría ser una indicación de la degradación del agregado.

- **Diseño de mezclas y elaboración de mampuestos**

NTON 12 008-09: Norma para los requisitos físicos y mecánicos de los bloques de concreto que se utilizan en las construcciones civiles, así como los procedimientos para el control de calidad de los mismos.

- **Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Utilizando Muestras Cúbicas de 2 pulgadas [50 mm]) (ASTM C109)**

Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, utilizando muestras en forma de cubo de 2 pulgadas [50 mm]. Este método de prueba cubre la aplicación de la prueba utilizando tanto unidades pulgada-libra como unidades SI. Los valores que se muestran en unidades del sistema internacional o pulgada-libra deben ser considerados por separado como estándares.

- *Para este tipo de procedimiento son necesarios los siguientes instrumentos*
 - *Molde para cubos 2 pulgadas (50mm)*
 - *Enrasador*
 - *Desmolante liquido*

- **Métodos de prueba estándar para el muestreo y ensayo de las unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas (ASTM C140-05)**

Estos métodos de ensayo cubren el muestreo y análisis de las unidades de mampostería de concreto para las dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y el contenido de humedad. Pruebas de carga de flexión y la determinación del peso de lastre de los adoquines de hormigón del techo también están cubiertos.

El control de calidad para la fabricación de estas unidades deberá seguir la siguiente lógica, según el esquema de procedimiento planteado por el Instituto Nacional del Emprendedor (Secretaría de Comercio de los Estados Unidos Mexicanos, 2010) y adaptado un poco a la realidad nacional de nuestro proceder con la norma NTON 12 008-09.

7 MARCO METODOLÓGICO

7.1 TIPO DE ESTUDIO

Este tipo de investigación será definido según el Análisis y alcance de los resultados como tipo experimental, el cual consistirá en la realización del ensayo denominado “Prueba de los cubos” (Norma ASTM C 109), donde se analizará la consistencia, cantidad de fisuras formadas en los especímenes según combinación de suelo propuesto, y el comportamiento ante la compactación. Los ensayos estarán en función de determinar las siguientes variables, tales como la resistencia mecánica, permeabilidad, densidad, apariencia (textura) y manejabilidad (peso de mampuesto).

7.2 UNIVERSO Y MUESTRA

La investigación está centrada en el departamento de Matagalpa, en donde el acceso hasta el punto de interés está ubicada en la carretera Panamericana Norte (Nic 1) -San Rafael del Jobo con coordenadas 12°47'54.8"N 86°07'28.5"W". El trayecto de esta trocha comprende las comunidades de “Las Tunas”, “Apompuá”, “La China” y “Cerro Colorado”. Ésta última comunidad (24 casas) con coordenadas 12°46'42.2"N 86°04'19.3"W será zona de interés de los bancos materiales para la extracción de los suelos en estudio.

La investigación estará centrada en 4 tipos de suelos (Suelo Rojo, Naranja, Blanco y Negro) con los cuales se propondrán siete mezclas evaluados a los 3, 7, 14 y 21 días. Mezcla 1: “Suelos Individualizados o Puros”, Mezcla 2: “Suelos puros más 1 gramo de zacate”, Mezcla 3: “Suelos puros más 3 gramos de zacate”, Mezcla 4: “30%Suelo Rojo con 70% los otros tipos de suelo más 1 gramos de zacate”, Mezcla 5: “30%Suelo Rojo con 70% los otros tipos de suelo más 3 gramos de zacate”, Mezcla 6: “50%Suelo Rojo con 50% los otros tipos de suelo más 1 gramo de zacate” y Mezcla 7: “50%Suelo Rojo con 50% los otros tipos de suelo más 3 gramo de zacate”.

La cantidad realizada para cada mezcla descrita con anterioridad fue de 48, 48, 36, 36, 36 y 36 cubos respectivamente para un total de 288 cubos.

7.3 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

a) Selección de bancos de materiales:

Se deberá hacer una inspección de alguna zona vecina cercana a la construcción a practicar, determinando la que reúne los requisitos por la facilidad de transporte y aspecto económico. Se debe tomar como referencia la fuente de procedimiento del suelo utilizado en anteriores construcciones. De la misma manera, se identificará una zona con facilidad de obtención del zacate.

b) Recolección de muestra:

Las muestras serán extraídas mediante el método de “Pozos a cielo abierto” descrito en el libro “Mecánica de Suelos”

“En este tipo de muestreo exploratorio se practica una excavación con dimensiones suficientes para que un técnico pueda descender en ella y examinar los diferentes estratos que se presentan en su estado natural... En estos pozos se pueden tomar muestras alteradas o inalteradas (muestras bloques) de acuerdo con el programa de exploración y muestreo establecido previamente” (Mecánica de Suelos, 1988).

7.4 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ARCILLAS

a) Prueba de color: Se tomará una muestra del suelo en estudio. Luego, se ubicará en un recipiente describiendo el tipo de color que presenta (Mecánica de Suelos, 1988).

b) Prueba de brillo: Se cortará una muestra de suelo al estado de masilla y se observa el tono que ésta posee (Romero & Preyra, 2012).

c) Prueba de tacto: Como una prueba rápida y empírica se realizará 5 a 6 bolas pequeñas de cada muestra de suelo de aproximadamente 4 cm de diámetro. Después que las bolitas estén secas, tratar de romperlas con 2 dedos de una mano. Si no se rompe, se ocupará el suelo, de lo contrario, no es útil.

Si no hay suficiente arcilla en un suelo, la mezcla de agua y suelo (Barro) no será suficientemente fuerte cuando seque. Si por el contrario hay suficiente gravilla o

arena en el suelo, el barro se encogerá y se rajara cuando seque (Canching & Rocío, 2007) .

d) Prueba de bolita: Como una prueba rápida y empírica se realizará una pequeña bola de cada muestra de suelo de aproximadamente 7 cm de diámetro. Después se dejará caer de una altura de 1.2 m. Una vez en el suelo, examinar la cantidad de las fisuras formadas en la bolita (García Doval, 2011).

e) Prueba de lavado: Se tomará una pequeña porción de cada tipo de suelo, de tal manera que con ayuda de un grifo de agua lavarlo por completo. Tomar cuenta el tiempo de lavado y la dificultad de la misma (Borges Ramos, 2010).

f) Prueba de apariencia Se tomará una pequeña porción de cada tipo de suelo y enrasarlas en pequeñas taras, luego de 24 horas se retomará las muestras observando algún tipo de fisuramiento o algún otro detalle significativo una respecto a las otras (Romero & Preyra, 2012).

g) Prueba de adherencia: Se realizarán pequeñas bolitas de cada tipo suelo, penetrándolas o cortándolas por la mitad con ayuda de una espátula. Tomar en cuenta la dificultad de penetración y la adherencia en el instrumento ocupado (espátula) (Vilela Mora, 2010).

h) Prueba de jarras: Se pondrá 270 gramos de tierra tamizada (tamiz N°4) en un beaker de boca ancha y se verterá 300 ml de agua limpia.

Luego, se agitará vigorosamente la botella hasta que todas las partículas de la tierra estén en suspensión. Poner el beaker sobre una mesa y esperar que todas las partículas de arena reposen al fondo. Las partículas de arena reposarán inmediatamente. Las partículas de limos y arcillas durante algunas horas.

Finalmente, se medirá las capas para determinar la proporción de arena y limos con arcillas (Vilela Mora, 2010).

7.5 CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA

a) Análisis granulométrico: Para el análisis granulométrico, primero se homogenizará cuidadosamente el total de la muestra en estado natural (triturándola con una mazo), tratando de romper sus partículas individuales, hasta que quede completamente suelto. Durante éste proceso se evitará la compactación de las partículas, especialmente si se trata de suelos blandos como las arcillas.

Posteriormente, se reducirá por cuarteo las cantidades mínimas a considerar según el tamaño máximo de partículas indicado en la tabla 1.

Tabla 1 Cantidad mínima para ensayo de granulometría

Tamaño máximo de partículas (mm)	Cantidad mínima a ensayar (kg)
5	0.50
25	10.0
50	20.0
80	32.0

Se seca el material al aire (temperatura ambiente), o bien utilizando un horno a una temperatura inferior a 60°C, hasta conseguir pesadas similares (mismo peso) en la muestra cada 30 minutos. Cuando esté completamente seca, se obtendrá la cantidad mínima recomendada (Mt) a ensayar según la tabla anterior.

Inmediatamente obtenido el tamaño de muestra a ensayar, se separará a través del tamiz 3/8" ASTM (10mm), esta fracción retenida se pesará y se lavará con el fin de eliminar todo el material fino (partículas de tamaño menor a 0.074 mm). Para esto, se saturará el suelo en un recipiente hasta que las partículas más finas se suelten. Enseguida se lavará constantemente el suelo colocando como filtro la malla N° 200 ASTM (0.08 mm), hasta observar que el agua salga limpia. El material retenido en la malla se depositará en una bandeja y se colocará en el horno durante 24 horas a una temperatura 110°± 5°C. Cumplido el tiempo de secado y enfriada la muestra, se pesará (Mf) y por diferencia de peso respecto a Mt se obtendrá el peso del material fino por lavado.

A continuación, se depositará el material en la criba superior (malla N°200 ASTM) del juego de tamices, los que deberán encontrarse limpios y ordenados descendientemente hasta la 3/8". Se hará vibrar el conjunto durante 5 a 10 minutos y se registrará el peso del material retenido en cada tamiz.

b) Límites líquidos y plásticos: Para la obtención de los límites se pone la muestra a ensayar en el plato de evaporación agregándole suficiente cantidad de agua destilada, mezclando con la espátula hasta lograr una pasta homogénea. Esta muestra debe curarse durante el tiempo que sea necesario para lograr una adecuada distribución de la humedad.

Se colocará el aparato de límite líquido sobre una base firme (Verificando que esté limpia y seca) y se depositará en la taza unos 50 a 70 grs. del material preparado previamente, para luego alisar la superficie con la espátula, de modo que la altura obtenida en el centro sea de 10 mm y la masa ocupe un volumen de 16 cm³ aproximadamente. Una vez enrasado, se pasará el acanalador para dividir la pasta en dos partes a través de un surco de 63 mm de lo longitud. Si se presentan desprendimientos de la pasta en el fondo de la taza, se debe retirar todo el material y reiniciar el procedimiento.

Cuando se tiene el surco, se girará la manivela del aparato con una frecuencia de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la ranura cierre en 10 mm de longitud en el fondo de ella. Finalmente, se tomará aproximadamente 10 gr del material que se junta en el fondo del surco para determinar la humedad.

El material sobrante se trasladará al plato de evaporación para mezclarlo nuevamente con agua destilada y se repetirá el procedimiento por lo menos 2 veces más, de modo que se obtenga tres puntos que varíen en un rango de 15 a 35 golpes (ideal es tomar 5 puntos). Es importante señalar que el ensayo se deberá realizar desde la condición más húmeda a la más seca.

7.6 ELABORACIÓN Y ENSAYO DE ESPECÍMENES

a) Dosificación: En esta parte se realizará una serie de combinaciones de suelos tomando como punto de partida y suelo fijo el de tonalidad rojiza (Gran contenido de arcilla) ya que, como principio de una mezcla, servirá como material cementante para la realización de los mampuestos de adobe. Éste con las demás muestras de suelos se procederán a mezclar en proporciones de: 50:50, 70:30 además de la estimación de la cantidad de zacate en cada proporción. Así mismo, realizarán mezclas individualmente con cada tipo de suelo.

b) Prueba de Compresión: Cada molde de cubos será llenado de acuerdo a las proporciones descritas anteriormente en donde, de la misma manera que el

procedimiento de realización de cubos para mortero, dejándolo secar para posteriormente ensayarlos en la Máquina Universal a la edad de 3, 7, 21 28 días.

Antes de ensayar los cubos de adobe, se procederá a observar la apariencia del espécimen registrando cualquier detalle característico. Luego, se procederá a utilizar la máquina Universal para el ensayar los cubos apuntando los resultados de resistencia de cada ensaye. Los resultados se registrarán en unidad Kg/cm².

c) Fabricación de moldes: El molde se fabricará de manera tradicional, utilizando moldes sin fondo y vaciando la mezcla en el molde directamente sobre un suelo plano y firme, o si es posible encima de un plástico para su fácil manejo. Las dimensiones de éste serán: 7 in x 7 in x 12 in.

d) Elaboración de mezcla: Preparación del barro: Seleccionada la cantera de procedencia del suelo a utilizar en la elaboración de los bloques, la tierra o suelo no deberá contener piedras ni materia orgánica o elementos extraños, se limpiará convenientemente. La tierra o suelo debe ser humedecido totalmente, y deberá permanecer en reposo por el lapso de uno o dos días; esta operación se denomina “podrir el barro”, para que reaccionen totalmente los componentes, en forma especial la arcilla.

Mezclado: Se remojará el suelo seleccionado, retirándose las piedras y otros elementos extraños. Luego, se agregará agua poco a poco, realizándose el mezclado con lampas y amansando con fuerza el barro con los pies. Se agregará paja a la mezcla de barro para controlar las rajaduras de los adobes. Es muy importante mantener el barro ya mezclado en reposo húmedo, durante un día o dos, antes de proceder al moldeo de los adobes.

Tendal: Como ya se ha indicado, se establecerá una zona para el secado de los adobes, que se denomina tendal, que debe ser limpia, nivelada y lo suficientemente extensa para abarcar, la producción de varios días. Para evitar la adherencia de elementos extraños, entre el adobe y el tendal, que podría generar grietas y fisuras, se colocará una capa de arena fina o arenilla, en el tendal, que permita separar fácilmente los elementos adheridos. El secado, depende del clima, pudiendo tardarse de 2 a 4 semanas. Si el clima es muy caluroso, los adobes se pueden secar bajo sombra durante los primeros dos días, para evitar el secado brusco que podría generar fisuras y gran porcentaje de desperdicios por agrietamiento.

Después de tres días de secado, se colocaran los adobes en posición de canto, para que el secado sea rápido y uniforme.

Los adobes secados, son colocados en un lugar específico, zona para almacenamiento, en donde se pueda luego, colocar en un medio de transporte, vehículo de carga o parihuela para ser enviados al lugar de la construcción.

8 RESULTADOS Y DISCUSIONES

8.1 INFORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

8.1.1 Ubicación del sitio de estudio

a) *Macro Localización*

Ciudad Darío es un municipio perteneciente al Departamento de Matagalpa en la República de Nicaragua ubicado a 45 km de su cabecera departamental, y a 90 km de la capital, Managua.

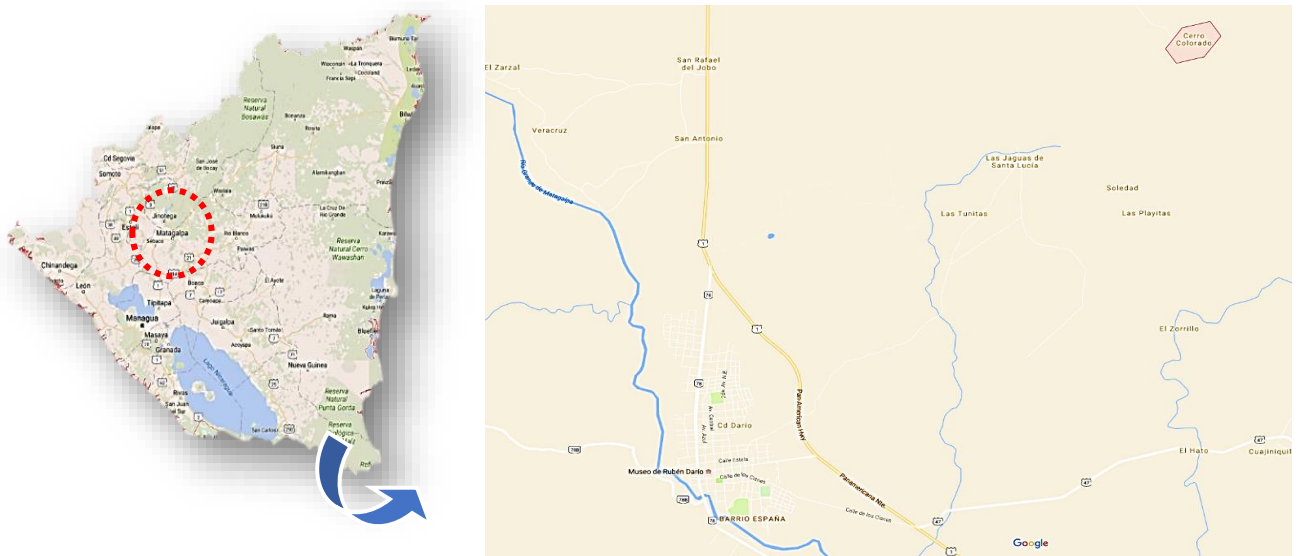


Figura 5 Macro localización

b) Micro localización

Cerro Colorado es una comunidad rural ubicada en el Municipio de Ciudad Darío (Ver Figura 6), nombrada así debido a la cercanía de cerro con el mismo nombre.



Figura 6 Micro localización

8.2 INFORMACIÓN DE LABORATORIO

8.2.1 Ubicación del edificio

El laboratorio *Julio y Adolfo López de la Fuente S.J.* se encuentra en el Departamento Managua en la República de Nicaragua ubicado a 600 metros al noroeste la Universidad Centroamericana “UCA” o enfrente de la Universidad de Ingenierías “UNI”.

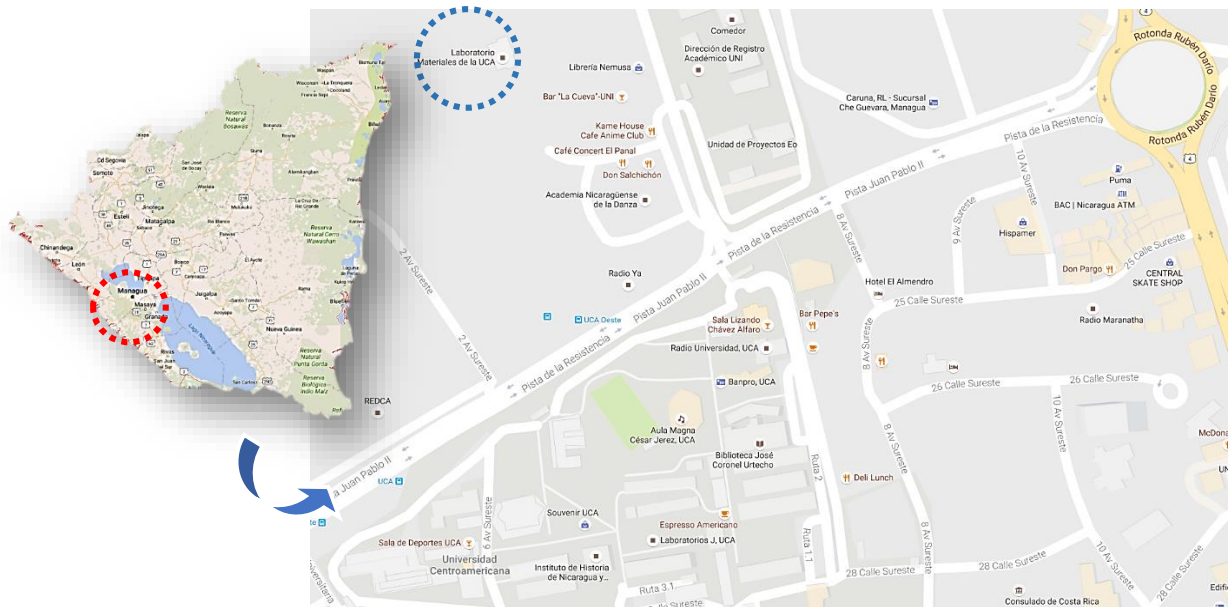


Figura 8 Localización de laboratorio



Figura 7 "Laboratorio Julio y Adolfo López de la Fuente S.J"

8.3 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Se visitó la comunidad Cerro Colorado en el mes de Septiembre del año 2015, en donde se obtuvieron 4 tipos de suelos o materiales nombrándolos de la siguiente manera:

- Suelo A: Arcilla Roja (*Cercanía de la construcción de pozo de agua*)
- Suelo B: Arcilla Naranja
- Suelo C: Arcilla Blanca (*Mitad del tramo hacia el proyecto*)
- Suelo D: Arcilla Negra (*Al pie del cerro colorado, casa de Don Roger*)
- Zacate Silvestre: (*Ubicado en las áreas verdes de la comunidad*)

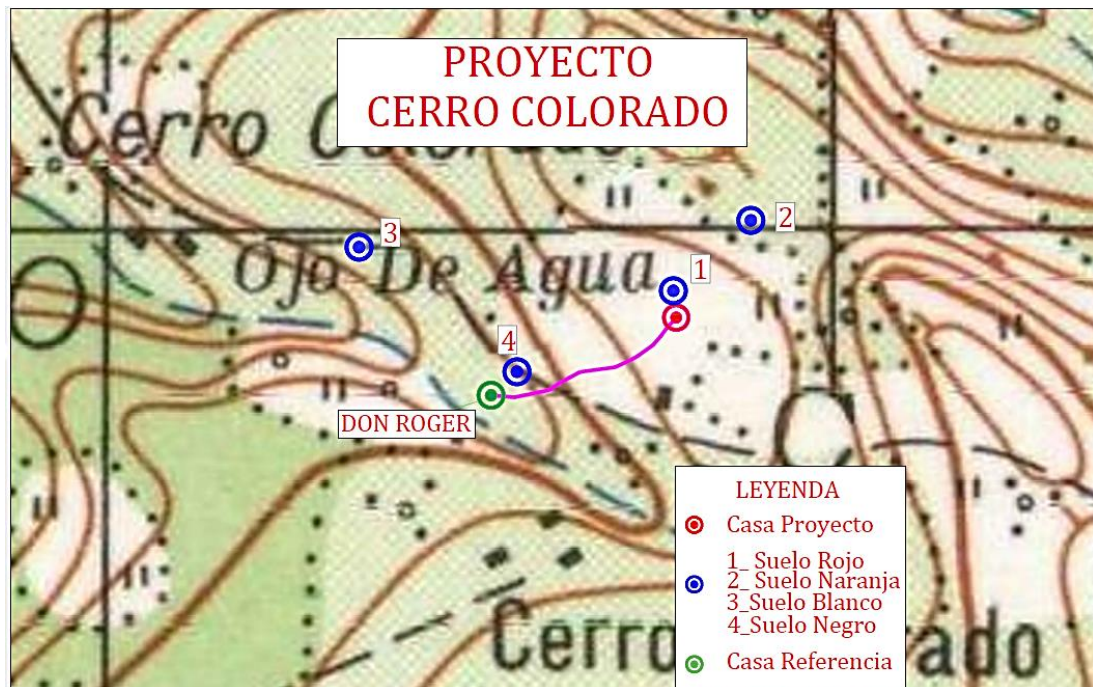


Figura 9 Localización de bancos de materiales

A continuación, se presentan las coordenadas de los bancos de materiales para los ensayos:

Tabla 2 Coordenadas de bancos de materiales

Suelo	Coordenadas		Color
	Norte	Este	
A	1412892.00	600772.00	Rojo
B	1413000.00	600879.00	Naranja
C	1412962.00	600337.00	Blanco
D	1412791.00	600556.00	Negro

Se extrajeron aproximadamente 200 Kg de cada tipo de suelo la realización de las pruebas descritas en la metodología.

8.4 DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS Y ENSAYOS DE CAMPO

En ciertos casos, la identificación empírica del suelo puede ser suficiente para pequeñas operaciones, pero normalmente son indispensables algunos ensayos indicadores como: prueba de brillo – color, prueba de bolitas, prueba de lavado, ensayo de lavado, ensayo de apariencia, ensayo de tacto, etc. Estos proporcionan información valiosa sobre la necesidad de realizar ensayos de laboratorio.

No se necesitan realizar todos los ensayos pues esto puede ser tedioso, sólo aquellos que dan una visión clara de las muestras, para excluir aquellas muestras con deficiencias. No solo es necesario obtener un material de buena calidad, sino economizar costos, consumo de energía y de mano de obra. Además, todas estas pruebas serán necesarias para la evaluación durante el comportamiento mecánico del material de construcción.

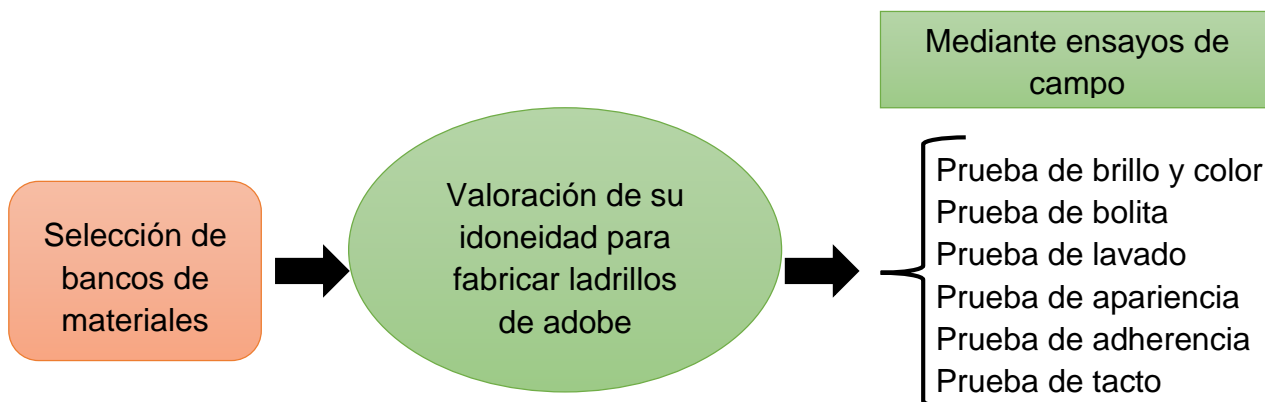


Figura 10 Esquema de ensayos de campo

8.4.1 Prueba de brillo y color

EQUIPO: Ninguno

DURACIÓN: Poco tiempo

RESULTADOS: Según (Romero & Preyra, 2012) las muestras de suelos respecto a su color se clasificaron como:



Figura 11 Prueba de brillo y Color



*De izquierda a derecha: Suelo A, Suelo B, Suelo C y Suelo D

Tabla 3 Resultados prueba de brillo y color

Suelo	Color	Tonalidad	Resultado	
			Prueba de color	Prueba de brillo
A	Rojo	Brillante	Suelos inorgánicos	Suelo arcilloso
B	Naranja	Brillante	Suelos inorgánicos	Suelo arcilloso

C	Blanco	Mate	Suelos inorgánicos	Limos con poco arcilla
D	Negro	Opaco	Suelos orgánicos	Suelo arenoso

Además, estos autores sugieren utilizar solamente suelos claros y brillantes para la elaboración de estos mampuestos, lo que indica que el suelo negro es el único que no cumple con estos criterios.

OBSERVACIONES: Ninguna

8.4.2 Prueba de bolita

EQUIPO: Ninguno

DURACIÓN: Poco tiempo

RESULTADOS: El resultado al dejarlas caer de una altura de aprox. 1.20mt para cada una de las bolitas de suelo fueron los siguientes:



Figura 12 Prueba de bolita suelos puros

Tabla 4 Resultados prueba de bolita suelos puros

Suelo	Color	Resultado
A	Rojo	Sin agrietamientos
B	Naranja	Sin agrietamientos
C	Blanco	Grietas en toda su superficie
D	Negro	Grietas diminutas

De la misma de manera, se procedió a realizar la prueba de las bolitas, haciendo una masa de la arcilla roja en combinación con las demás arcillas naranja, blanca y negra, para un total de 3 bolitas.



Figura 13 Prueba de bolita suelos combinados

Tabla 5 Resultados prueba bolita suelos combinados

Suelo	Color	Resultado
AB	Rojo-Naranja	Sin agrietamientos
AC	Roja-Blanco	Grietas en su superficie
AD	Roja-Negro	Agrietamientos leves

Al realizar dicho experimento, se observó que individualmente, los suelos rojos (A), naranja (B) y negro (D) presentaron la menor cantidad de grietas en su superficie al igual que la combinación de Suelo A-B y Suelo A-C.

Dado lo resultados obtenidos, se tomará como aprobado para éste ensayo el **suelo tipo A, B y D; al igual que sus combinaciones.**

Observaciones: Las mezclas realizadas para este ensayo fueron de 50% arcilla roja con 50% de otro tipo de arcilla.

8.4.3 Prueba de lavado

EQUIPO: Grifo de agua

DURACIÓN: Poco tiempo

RESULTADOS: En la siguiente tabla se presenta los resultados de la prueba de lavado:



Figura 14 Prueba de lavado

**De izquierda a derecha: Suelo A, Suelo B, Suelo C y Suelo D*

Tabla 6 Resultados prueba de lavado

APRECIACIÓN DE LAVADO		
	Partículas	Tiempo de lavado
Suelo A	No se sintió ninguna partícula durante su lavado.	Requirió gran cantidad de tiempo y agua para su limpieza.
Suelo B	No se sintió ninguna partícula durante su lavado.	Requirió gran cantidad de tiempo y agua para su limpieza.
Suelo C	Partículas finas durante su lavado.	Mayor facilidad durante su lavado.
Suelo D	Partículas gruesas y finas durante su lavado.	Mayor facilidad durante su lavado.

Al lavarse las manos después de estas pruebas la manera en que el suelo se elimina nos da un mayor indicio de su composición: la arena y el limo son fáciles de retirar, mientras que la arcilla necesita ser frotada. Siendo así, los suelos rojos (A) y naranja (B) fueron los que presentaron mayor duración durante su lavado lo que indica una gran cantidad de arcillas en su composición. El suelo blanco (C) y negro (D), con menor tiempo de lavado, presentaron partículas de arena fina y gruesas, respectivamente. Aunque teniendo en comparación estos dos últimos, el suelo negro (D) presentó un equilibrio entre cantidad de arcilla y partículas de arena, por lo que no se descartará para éste ensayo.

Dado lo resultados obtenidos, se tomará como aprobado para éste ensayo el **suelo tipo A, B y D.**

OBSERVACIONES: Ninguno

8.4.4 Prueba de apariencia

EQUIPO: Taras de pequeño diámetro y altura

DURACIÓN: Poco tiempo

RESULTADOS: Después del secado de cada suelo en la taras, el suelo A fue el único que presentó agrietamientos en toda su superficie.



Figura 15 Prueba de apariencia

** De izquierda a derecha: Suelo A, Suelo B, Suelo C y Suelo D*

Esto indica que el suelo rojo (A), una vez que pierde su contenido de humedad presenta una mayor retracción en comparación a los demás suelos. Por lo que se puede decir que este suelo presenta arcilla en casi su totalidad, por lo que se descartará en esta prueba.

Dado lo resultados obtenidos, se tomará como aprobado para éste ensayo el **suelo tipo B, C y D.**

OBSERVACIONES: Ninguno

8.4.5 Prueba de adherencia

EQUIPO: Espátula

DURACIÓN: Poco tiempo

RESULTADOS: Las bolitas de suelos rojo (A) y naranja (B) tuvieron resistencia al ser cortados por la espátula además de adherirse al mismo, lo que indica que son suelos con un mayor contenido de arcilla, a diferencia los suelos blancos (C) y negros (D) que fueron cortados con facilidad.



Figura 16 Prueba de adherencia

** De izquierda a derecha: Suelo A, Suelo B, Suelo C y Suelo D*

Teniendo un principio similar al ensayo de lavado y dado los resultados obtenidos, se tomará como aprobado para éste ensayo el **suelo tipo A, B y D**.

OBSERVACIONES: Ninguna

8.4.6 Prueba de tacto

EQUIPO: Taras de pequeño diámetro y altura

DURACIÓN: Poco tiempo

RESULTADOS: Después de realizar una pequeña esfera se presionó con el dedo pulgar cada tipo de suelo con el fin de observar el comportamiento del mismo ante el aplastamiento



El suelo A y B presentan terrones duros que resistieron a ser desmenuzados cuando estaban secos, pero al humedecerlo se volvieron plásticos y pegajosos lo que indica

Figura 17 Prueba de tacto

que tiene un alto contenido de arcilla. El suelo C posee una consistencia de arena fina similar a la arena de playa, siendo ligeramente áspero así como también mantiene muy poca cohesión cuando se humedece. El suelo D presenta partículas de mayor dimensión, y cierto grado de cohesión en una mezcla.

Dado lo resultados obtenidos, se tomará como aprobado para éste ensayo el **suelo tipo A, B y D.**

OBSERVACIONES: Ninguna

8.4.7 Prueba de jarras

EQUIPO: Beaker 500ml y agitador

DURACIÓN: 8 horas

RESULTADOS: Al cabo del tiempo de ocho horas, se procedió a medir con una cinta métrica las capas sedimentadas de los 4 tipos de suelos, determinando finalmente el porcentaje que representa del total de sedimento cada una de las capas:



Figura 18 Prueba de jarras

**De izquierda a derecha: Suelo A, Suelo B, Suelo C y Suelo D*

Del ensayo (Ver figura 18) se observa:



Figura 19 Jarra Suelo Rojo

Para el suelo A (Ver Figura 19) se observa un $H_{total} = 350cc = 7\text{ cm} = 100\%$.

Se registran 2cm de limo equivalente a $H_1 = 100cc - (28.6\%)$, en su capa inmediata superior se encuentra arcilla hasta los 7cm comprendida desde los 100cc hasta 350cc correspondiendo a $H_2 = 250cc - (71.4\%)$ y por último, con 2cm desde los 350cc – 400cc con $H_3 = 50cc$ el agua con poco contenido orgánico flotante.



Figura 20 Jarra Suelo Naranja



Figura 21 Jarra Suelo Blanco

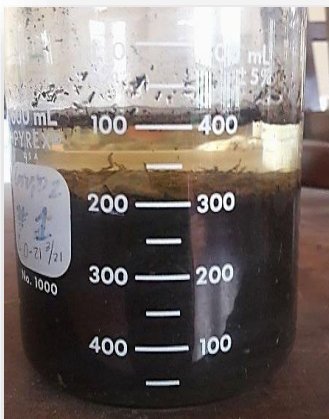


Figura 22 Jarra Suelo Negro

Para el suelo B (Ver Figura 20) se observa un $H_{total} = 250cc = 5\text{ cm} = 100\%$.

Se registra 2cm de limo equivalente a $H_1 = 100cc - (40\%)$, en su capa inmediata superior se encuentra arcilla hasta los 5cm comprendida desde los 100cc hasta 250cc correspondiendo a $H_2 = 150cc - (60\%)$ y por último, con 1.5cm desde los 250cc - 40cc con $H_3 = 150cc$ agua con poco contenido orgánico flotante.

Para el suelo C (Ver Figura 21) se observa un $H_{total} = 200cc = 4\text{ cm} = 100\%$.

Se registra 1.5cm de limo equivalente a $H_1 = 75cc - (37.5\%)$, en su capa inmediata superior se encuentra arcilla hasta los 3cm comprendida desde los 75cc hasta 150cc correspondiendo a $H_2 = 75cc - (37.5\%)$, posterior se encuentra arena liviana con $H_3 = 50cm (25\%)$ y por último, con 4cm desde los 200cc - 400cc con $H_3 = 200cc$ el agua con una mínima cantidad de material orgánico.

Para el suelo D (Ver Figura 22) se observa un $H_{total} = 300cc = 6\text{ cm} = 100\%$.

Se registra 1cm de arena fina equivalente a $H_1 = 50cc - (16.7\%)$, en su capa inmediata superior se encuentra limo hasta los 3cm comprendida desde los 50cc hasta 200cc correspondiendo a $H_2 = 150cc - (50\%)$, posterior se encuentra la arcilla con 2cm desde los 200c - 300cc con $H_3 = 100cc (33.3\%)$ y por último con $H_4 = 100cc$ desde los 300cc-400cc el agua que se observa algo turbia con contenido orgánico de la muestra.

8.5 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO

Resulta evidente comprender la razón de este grupo de ensayos debido a que reflejan datos basados en fundamentos teóricos generando mayor credibilidad y confianza en los resultados obtenidos.

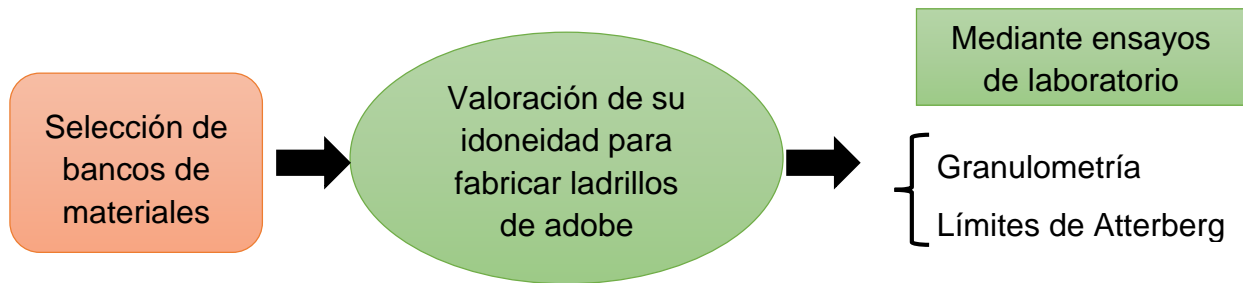


Figura 23 Esquema de ensayos de laboratorio

8.5.1 Granulometría y Límites de Atterberg

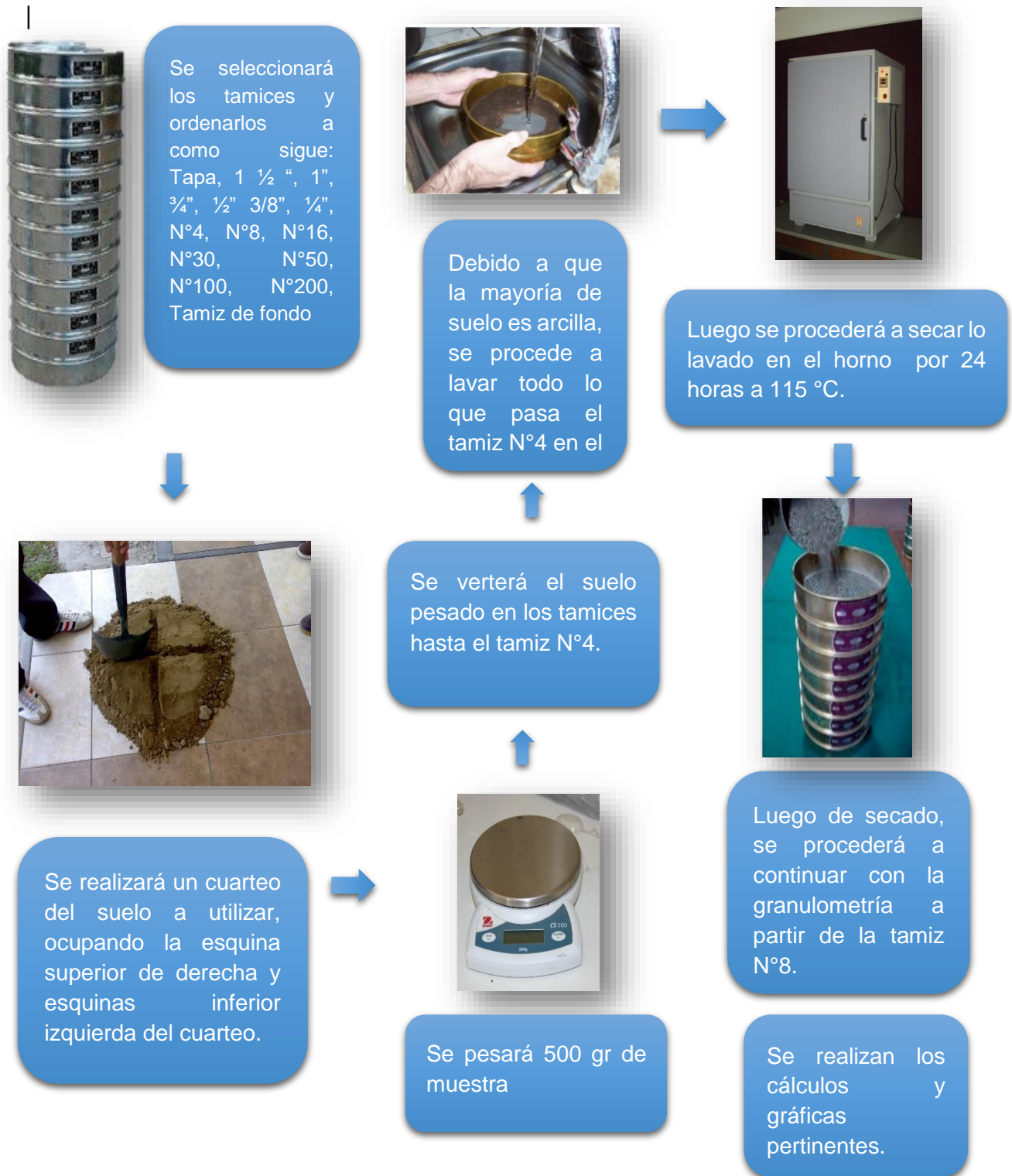
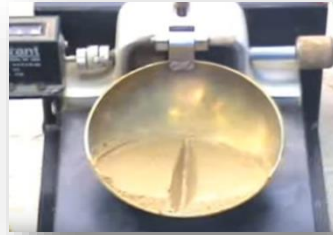


Figura 24 Esquema de prueba granulométrica



Se pesará 50 gr del suelo completamente seco tamizado por lo pasante del tamiz



Luego, se pasará el acanalador para dividir la pasta en dos a través de un surco de 63mm

Cuando se tiene el surco, se girará la manivela del aparato con una frecuencia de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la ranura cierre en 10 mm de longitud en el fondo de ella.



Se agregará apróx. de 15 a 20 ml de agua destilada revolviendo repetidamente la mezcla con ayuda de una espátula.



Luego, se hará incrementos de 1 a 3 ml, mezclado para luego alisar en la superficie de copa de Casagrande con la



Finalmente, se tomará aproximadamente 10 gr del material que se junta en el fondo del surco. El material sobrante se trasladará al plato de evaporación para mezclarlo nuevamente con agua y se repetirá el procedimiento por lo menos 2 veces más, de modo que se obtenga tres puntos que en un rango de 15 a 35 golpes (ideal es tomar 5 puntos).

La granulometría es un procedimiento para clasificar los suelos según la distribución de los diferentes tamaños de sus partículas, ya que estas tendrán un especial interés en la selección de materiales que servirán como componentes en la mezcla para la fabricación de ladrillos de adobe mejorado, los cuales requieren materiales con graduaciones determinadas.

El RNE E.080 artículo 4 párrafo 1 recomienda lo siguiente:

“La graduación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: **arcilla** 10-20%, **limo** 15-25% y **arena** 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos”

A continuación, se muestran las Clasificación SUCS de cada suelo en estudio:

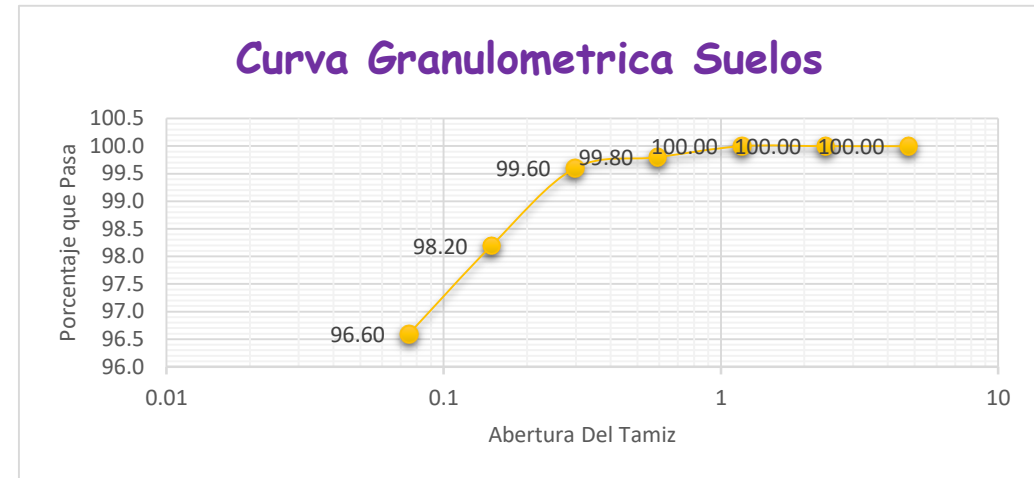
8.5.1.1 Muestra 1: Roja

Tabla 7 Granulometría suelo rojo

Tamiz No	Abertura (mm)	Peso retenido parcial (g)	% Retenido Parcial	Retenido Acumulativo	% que pasa por el tamiz
1 1/2	38.100	0	0.0	0.00	100.00
1	63.000	0.0	0.0	0.0	100.00
3/4	19.050	0.0	0.0	0.0	100.00
1/2	12.700	0.0	0.0	0.0	100.00
3/8	9.525	0.0	0.0	0.0	100.00
1/4	6.300	0.0	0.0	0.0	100.00
4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.00
8	2.360	0.0	0.0	0.0	100.00
16	1.180	0.0	0.0	0.0	100.00
30	0.600	1.0	0.2	0.2	99.80
50	0.300	1.0	0.2	0.4	99.60
100	0.150	7	1.40	1.8	98.20
200	0.075	8	1.60	3.4	96.60
Pasa 200		483	96.60	100.0	0.00
Suma		500	100.00		



Gráfico 1 Curva granulométrica suelo



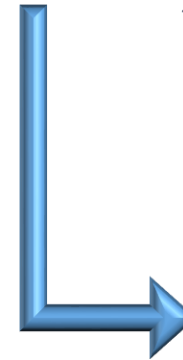
Según la clasificación SUCS-UCS las letras **C** y **H** significan: Arcilla y alta plasticidad respectivamente, en este caso el suelo presenta más del 50% de arcilla (C) el nombre de su clasificación es **CH** (arcillas inorgánicas de alta plasticidad).

Su alto valor de límite líquido indica que aproximadamente el 94% correspondiente a su peso deberá ser agregado de agua para que este suelo pase de un estado plástico a estado líquido.

Por otro lado, el IP refleja que se requiere gran cantidad de agua para que el suelo pase del estado semisólido al líquido.

Tabla 8 Clasificación SUCS suelo rojo

DATOS	
% que pasa	
Tamiz n°4	100.00
Tamiz n°200	96.60
Plasticidad	
Límite líquido	93.31
Índice Plástico	59.98
Coeficientes	
Coeficiente de uniformidad	6.00
Coeficiente de curvatura	1.50
RESULTADOS	
Clasificación	CH
Descripción	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas



8.5.1.2 Muestra 2: Naranja

Tabla 9 Granulometría suelo naranja

Tamiz No	Abertura (mm)	Peso retenido parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que pasa por el tamiz
1 1/2	38.100	0	0.0	0.00	100.00
1	63.000	0.0	0.0	0.0	100.00
3/4	19.050	0.0	0.0	0.0	100.00
1/2	12.700	0.0	0.0	0.0	100.00
3/8	9.525	0.0	0.0	0.0	100.00
1/4	6.300	0.0	0.0	0.0	100.00
4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.00
8	2.360	3.0	0.6	0.6	99.40
16	1.180	5.0	1.0	1.6	98.40
30	0.600	4.0	0.8	2.4	97.60
50	0.300	6.0	1.2	3.6	96.40
100	0.150	15	3.00	6.6	93.40
200	0.075	24	4.80	11.4	88.60
Pasa 200		443	88.60	100.0	0.00
Suma		500	100.00		



Curva Granulometrica Suelos

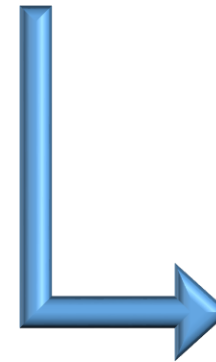
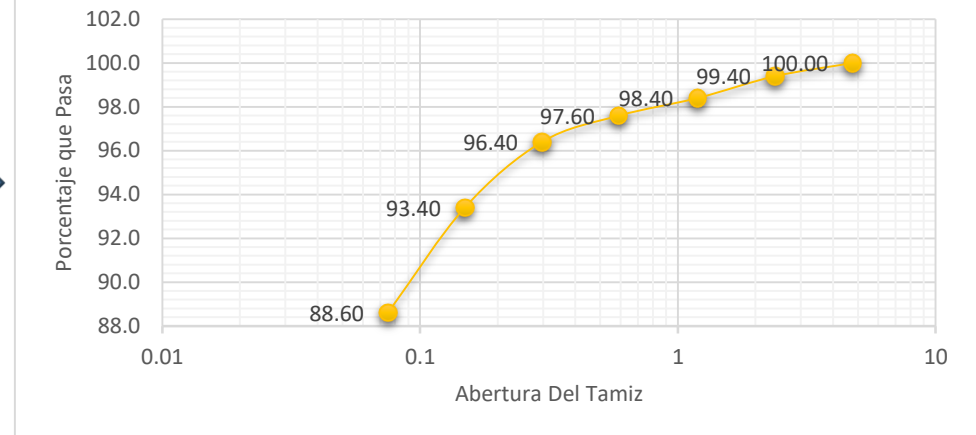


Tabla 10 Clasificación SUCS suelo naranja

DATOS	
% que pasa	
Tamiz n°4	100.00
Tamiz n°200	88.60
Plasticidad	
Limite liquido	91.11
Indice Plastico	24.44
Coeficientes	
Coeficiente de uniformidad	6.00
Coeficiente de curvatura	1.50
RESULTADOS	
Clasificación	MH ó OH
Descripción	Limo elástico inorgánico u orgánico

Según la clasificación SUCS-UCS las letras **M, O, y H** significan: Limo, suelo orgánico y alta plasticidad respectivamente, en este caso el suelo presenta más del 50% de limo nombre de su clasificación es **MH ó OH** (Limo elástico inorgánico u orgánico)

Su alto valor de límite líquido indica que aproximadamente el 91% correspondiente a su peso deberá ser agregado de agua para que este suelo pase de un estado plástico a estado líquido.

Por otro lado, el IP refleja que un pequeño incremento de agua en el contenido de humedad lo transformará de semisólido a la condición de líquido.

8.5.1.4 Muestra 4: Negra

Tabla 13 Granulometría suelo negro

Tamiz No	Abertura (mm)	Peso retenido parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que pasa por el tamiz
1 1/2	38.100	0	0.0	0.00	100.00
1	25.000	27.0	5.4	5.4	94.60
3/4	19.050	10.0	2.0	7.4	92.60
1/2	12.700	22.0	4.4	11.8	88.20
3/8	9.525	0.0	0.0	11.8	88.20
1/4	6.300	13.0	2.6	14.4	85.60
4	4.750	12.0	2.4	16.8	83.20
8	2.360	14.0	2.8	19.6	80.40
16	1.180	11.0	2.2	21.8	78.20
30	0.600	7.0	1.4	23.2	76.80
50	0.300	6.0	1.2	24.4	75.60
100	0.150	6.0	1.20	25.6	74.40
200	0.075	5	1.00	26.6	73.40
Pasa 200		367	73.40	100.0	0.00
Suma		500	100.00		



Gráfico 4 Curva granulométrica suelo negro

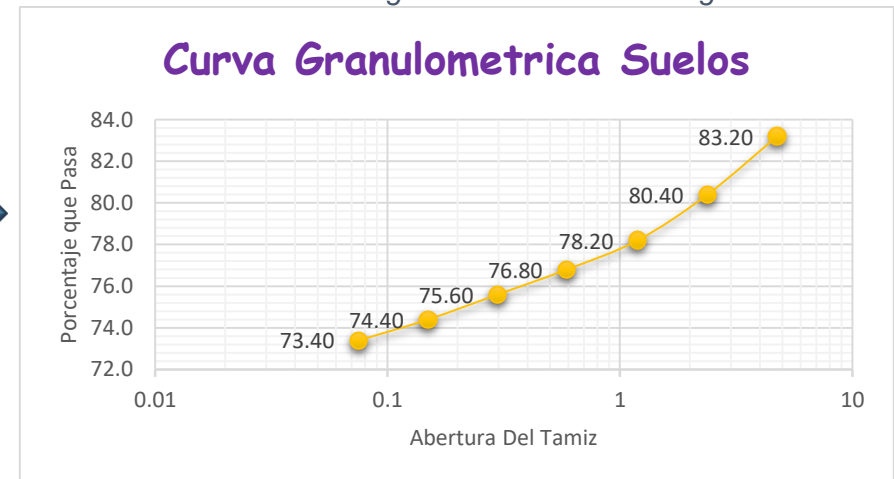
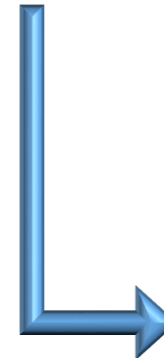


Tabla 14 Clasificación SUCS suelo negro

DATOS	
% que pasa	
Tamiz nº4	83.20
Tamiz nº200	73.40
Plasticidad	
Límite líquido	50.47
Índice Plástico	17.13
Coeficientes	
Coeficiente de uniformidad	6.00
Coeficiente de curvatura	1.50
RESULTADOS	
Clasificación	MH ó OH
Descripción	Limo elástico inorgánico u orgánico



Según la clasificación SUCS-UCS las letras **M, O, y H** significan: Limo, suelo orgánico y alta plasticidad respectivamente, en este caso el suelo presenta más del 50% de limo nombre de su clasificación es **MH ó OH** (Limo elástico inorgánico u orgánico).

El valor de límite líquido indica que aproximadamente el 50% correspondiente a su peso deberá ser agregado de agua para que este suelo pase de un estado plástico a estado líquido.

El IP muestra que se requiere de poca cantidad de agua para modificar el estado del suelo de semisólido a líquido.

A como se observa en las curvas granulométricas para su clasificación SUCS, los suelos rojos se clasifican como “arcillas inorgánicas de alta plasticidad” y; los suelos naranja y negro se clasificaron como “Limo elástico inorgánico u orgánico”. En cambio, el suelo blanco “arenas limosas” lo que indica que existe una mayor relación de arena y baja cantidad de limos y arcillas en su composición. (Cabe destacar que el suelo negro, a pesar de su clasificación, presenta cierto porcentaje de arena en su composición, por lo que también será considerado como suelo aportador de partículas de arenas en las mezclas).



Figura 25 Límite líquido suelo blanco



Figura 26 Límite líquido suelo negro

Dada estas clasificaciones y los porcentajes que según el RNE E.080 establece, se consideraran el suelo rojo, en porcentajes arcillas y limos, en un 30% y 50% en combinación de un 50% y 70% de los suelos Negro y Blanco. (El suelo naranja no será tomado en cuenta como principal material en las mezclas por lo se combinará únicamente con el suelo rojo, esto solamente para la simple observación del comportamiento de éste en las mezclas).

En el caso de los suelos blanco y negro tienen porcentajes de límites líquidos entre 40 y 50 acercándose a los valores recomendados por (Barrios et al., 1987) en donde expresa “que los suelos para elaborar adobe presenten un límite líquido entre 20 y 40 y un límite plástico inferior a 20”. Además, presentan índice de plasticidad similares, 16.18% y 17.13% respectivamente, ambos al ser menor que 20% se consideran aceptables y óptimos para su utilización en la mezcla de adobe.

8.6 ESTABILIZACIÓN GRANULOMÉTRICA

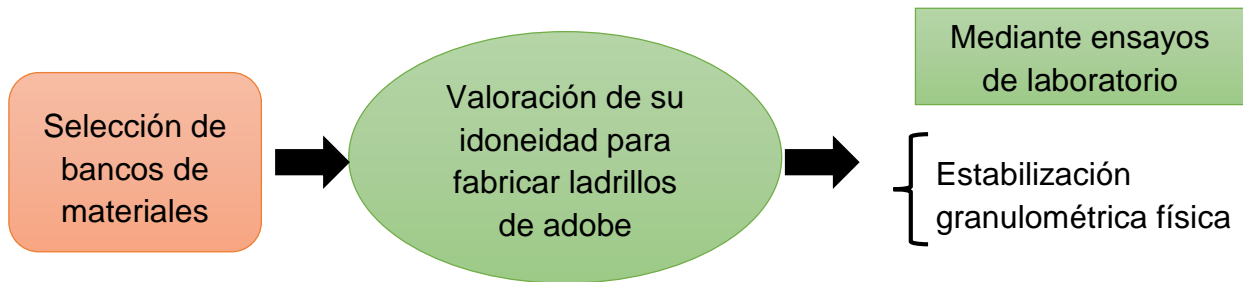


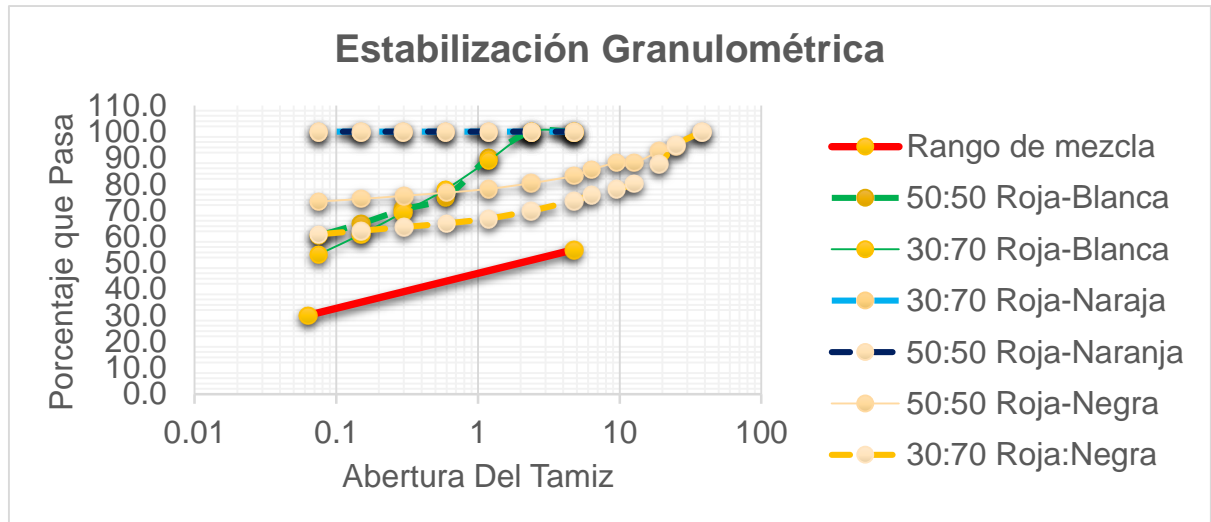
Figura 27 Esquema de estabilización granulométrica

La estabilización física modifica las propiedades de la tierra y se logra mediante la incidencia en su textura, que consiste generalmente en mezclar dos o más suelos naturales para obtener un material compuesto que sea superior a cualquiera de sus componentes, de forma tal que se obtenga un material que cumpla los requerimientos establecidos en las especificaciones. Esto sin el uso de algún material químico que modifique íntimamente las propiedades de los granos del suelo.

Para esto, con las combinaciones de los suelos en los porcentajes propuestos, se procedió a hacer una gráfica en donde reflejara cada una de las granulometrías, con el fin de determinar la curva más próxima a las proporciones establecidas en el RNE. E.080.

De tal manera, se puede observar en la Gráfica 5 que las combinaciones Roja-Blanca son las gráficas más próximas a la cantidad en porcentajes de arcillas, limos y arenas que se requiere a diferencia de las combinaciones del suelo Rojo con Naranja y Negro que reflejan una falta significativa en su contenido de arena necesaria para las mezclas.

Gráfico 5 Estabilización granulométrica



8.6.1 Fibras de zacate

De la misma manera, se hará uso de fibras de zacates como componente estabilizador de las mezclas a realizar, esto con el fin de:



Figura 28 Fibras de zacate

- Impedir la fisuración en el secado y repartir las tensiones debidas a la retracción de la arcilla en toda la masa del material.

- Acelerar el secado al drenar la humedad al exterior a través de los canales de las fibras. Inversamente la presencia de fibras aumenta la absorción de agua.
- Aligerar el material disminuyendo su masa volumétrica mejorando sus propiedades aislantes.
- Aumentar la resistencia a la tracción, es su contribución más importante.

Hay que tener en cuenta que los suelos deben satisfacer determinadas exigencias para ser estabilizados, sin embargo, aquellos que no poseen las características deseadas para un determinado tipo de construcción pueden ser mejorados empleando uno o más estabilizadores. Por lo que las fibras de zacate podrán cumplir las siguientes funciones:

- Incrementar las resistencias mecánicas en las construcciones con suelo.
- Reducir o eliminar completamente la absorción de agua.
- Reducir rajaduras, otorgando flexibilidad, lo cual permite que el suelo se expanda o contraiga en algún grado.
- Reducir la expansión y contracción excesivas reforzando el suelo con un material fibroso.

8.7 REALIZACIÓN DE CUBOS

En el ensayo para la fabricación de cubos se propuso una serie de dosificaciones, combinando los suelos en porcentajes de 30-70% y 50-50%; así también, elaborando especímenes en donde solo implicaría un tipo de suelo en la combinación, esto con el fin de observar y analizar la integridad física de cada mezcla para su posterior ensayo a los 3, 7, 21 y 28 días en la Maquina Universal, obteniendo así, el mayor valor de resistencia mecánica a la compresión.

La mezcla básica para estos es la siguiente:



Figura 29 Elementos de la mezcla

8.7.1 Esquema - Preparación de zacate

Para preparar el material del zacate silvestre fue necesario su corte o trituración ya que el tamaño de cada hebra vegetal no era proporcional al volumen de los boquetes de cada cubo en el molde. Para ello, se ocupó la Maquina de Los Ángeles procediendo con lo siguiente:

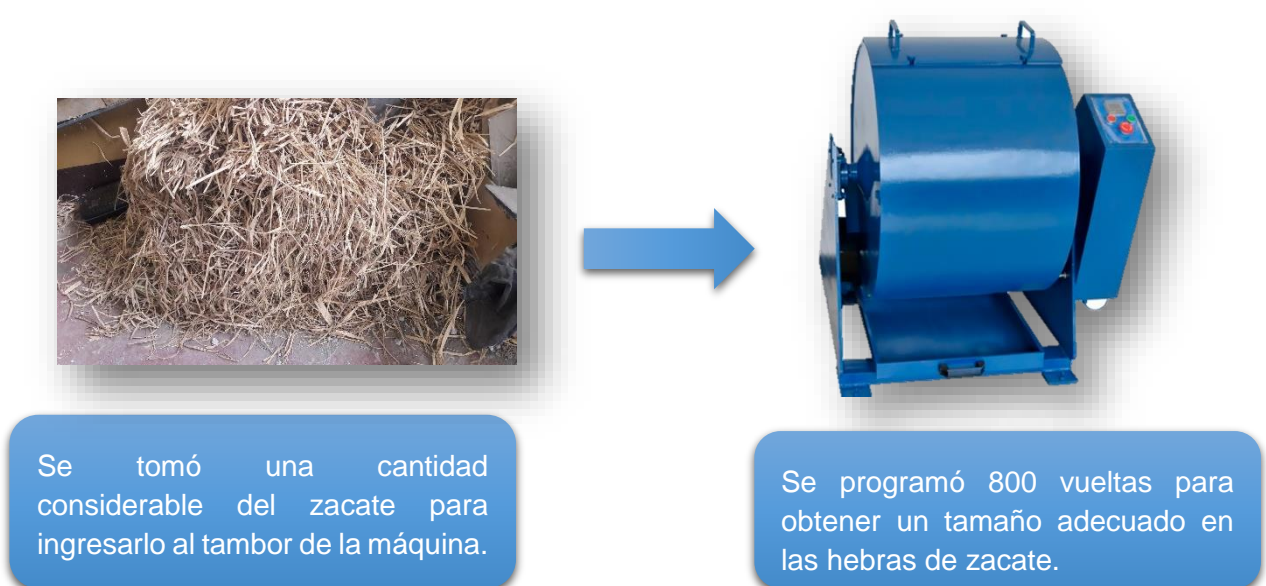


Figura 30 Esquema de preparación del zacate

8.7.2 Esquema - Realización de cubos



Se seleccionan los porcentajes de suelos y zacate a combinar y son ubicados en una bandeja.



Se agrega la mezcla en los moldes evitando dejar vacíos o espacios dentro del boquete.



Se deja secar por el tiempo establecido



Se mezcla en seco para posteriormente agregar agua.



Se vierte agua y se mezcla de tal manera que se obtenga una masa homogénea, manipulable y sin grumos.



Se retira el molde luego de su secado, listos para ser ensavados.

Figura 31 Esquema de realización de cubos

8.7.2.1 Dosificaciones

A como se puede apreciar en la tabla 15, se realizaron las mezclas de los suelos individualizando cada tipo, variando la cantidad de zacate en 1 y 3 gr gramos. Así mismo, para conocer más a fondo la trabajabilidad de los suelos en conjunto se realizaron cuatro dosificaciones por cada mezcla, teniendo como principal partícipe el Suelo Rojo (A) variando la misma cantidad de zacate y el suelo complementario entre un 70 y 50 por ciento para la participación en la mezcla.

la. (Las dosificaciones fueron denotadas por códigos)

Tabla 15 Código de dosificaciones

Suelo	Dosificación	Código
ROJA	Suelo A + 1gr Zacate + Agua	R1
	Suelo A + 3gr Zacate + Agua	R3
NARANJA	Suelo B + 1gr Zacate + Agua	N1
	Suelo B + 3gr Zacate + Agua	N3
BLANCA	Suelo C + 1gr Zacate + Agua	B1
	Suelo C + 3gr Zacate + Agua	B3
NEGRA	Suelo D + 1gr Zacate + Agua	Ne1
	Suelo D + 3gr Zacate + Agua	Ne3
ROJA - NARANJA	30% Suelo A + 70% Suelo B + 1gr Zacate + Agua	N30701
	30% Suelo A + 70% Suelo B + 3gr Zacate + Agua	N30703
	50% Suelo A + 50% Suelo B + 1gr Zacate + Agua	N50501
	50% Suelo A + 50% Suelo B + 3gr Zacate + Agua	N50503
ROJA - BLANCA	30% Suelo A + 70% Suelo C + 1gr Zacate + Agua	B30701
	30% Suelo A + 70% Suelo C + 3gr Zacate + Agua	B30703

	50% Suelo A + 50% Suelo C + 1gr Zacate + Agua	B50501
	50% Suelo A + 50% Suelo C + 3gr Zacate + Agua	B50503
ROJA - NEGRO	30% Suelo A + 70% Suelo D + 1gr Zacate + Agua	Ne30701
	30% Suelo A + 70% Suelo D + 3gr Zacate + Agua	Ne30703
	50% Suelo A + 50% Suelo D + 1gr Zacate + Agua	Ne50501
	50% Suelo A + 50% Suelo D + 3gr Zacate + Agua	Ne50503

8.8 PRUEBAS DE COMPRESIÓN

Tras elaborar una serie de especímenes para cada una de las dosificaciones, se procedió a realizar la prueba de compresión a los mismos, donde se espera que el valor mínimo sea el indicado en la norma peruana tomada como guía “RNE E.80”

$$f_0 = 12kg/cm^2$$

Es importante destacar que este criterio de comparación es el más importante durante toda la investigación debido a que es el principal método para la selección de la mezcla adecuada para la fabricación del mampuesto o piezas de adobe mejorado.

Los resultados obtenidos para cada uno de ellos son los siguientes:

8.8.1 Suelos Puros con zacate

Para los suelos puros se realizó la medición del volumen del elemento y posterior a esto pruebas de compresión a cada 3, 7, 21 y 28 días en la máquina universal, los valores promedios para cada uno de ellos resultaron los siguientes:

Tabla 16 Resistencia a la compresión de suelos puros

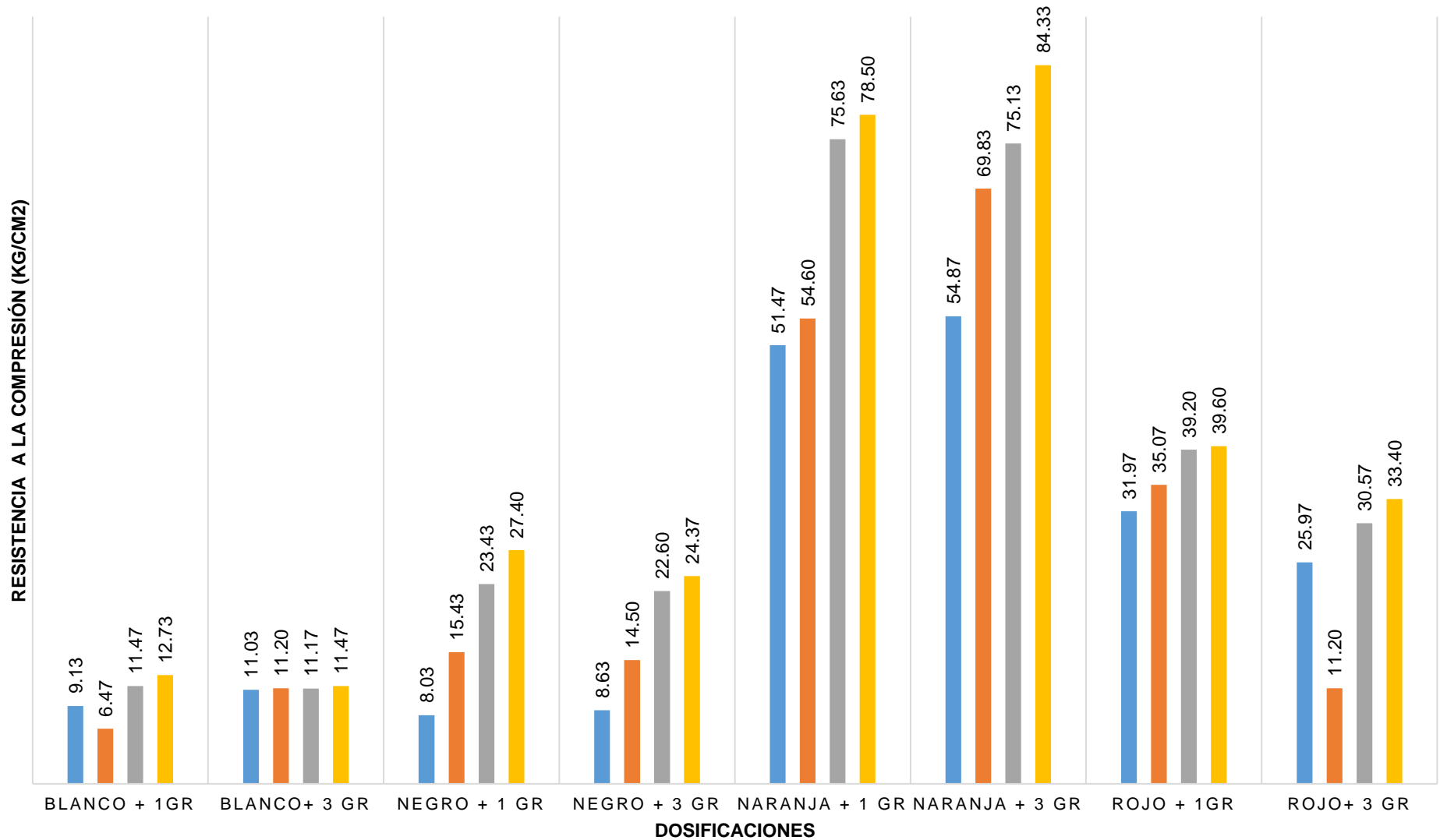
Código	Resistencia $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$			
	3 días	7 días	21 días	28 días
R1	31.97	35.07	39.20	39.60
R3	25.97	11.20	30.57	33.40
N1	51.47	54.60	75.63	78.50
N3	54.87	69.83	75.13	84.33
B1	9.13	6.47	11.47	12.73
B3	11.03	11.20	11.17	11.47
Ne1	8.03	15.43	23.43	27.40
Ne3	8.63	14.50	22.60	24.37



Gráfico 6 Resistencia a la compresión suelos puros

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM²) SUELOS PUROS CON ZACATE

■ 3 días ■ 7 días ■ 21 días ■ 28 días



Analizando cada uno de los valores se puede concluir para cada suelo lo siguiente:



Figura 32 Cubos puros ensayados

Suelo Rojo: Ocupa el 2do lugar dentro de los suelos más resistentes debido a su alto contenido de arcilla que por sus características se conoce que mientras esté seca su resistencia a la compresión es alta



Figura 33 Cubos naranjas ensayados

Suelo Naranja: Este suelo es el más resistente a la compresión, es muy importante señalar que este suelo presenta resistencia mayor de 50kg/cm² al alcanzar los 3 días de fabricación y de 75 - 85kg/cm² a los 28 días. Este al igual que el suelo rojo son los que contiene más arcilla, sin embargo el suelo naranja presenta mayor cohesión y solidez en la mezcla (Ver figura 34), lo que aporta mayor aguante al aplastamiento.

Suelo Blanco: Es el que presenta menor resistencia por tener características de arenas finas, su composición granulométrica presenta menos del 40% en limos y arcillas. Entre todos los suelos es el más granular (Ver figura 35). La resistencia máxima alcanzada es apenas de 12kg/cm².



Figura 34 Cubo blanco ensayado



Suelo Negro: Este se encuentra en el tercer lugar tanto en resistencia su composición granulométrica presenta más arcilla que arena, pero la diferencia en porcentajes es mínima. La arena presente genera reducción de resistencia del suelo.

Luego de esto se puede concluir que el suelo naranja es el que presenta mejor resistencia a la compresión respecto a los demás.

8.8.2 Suelos combinados con zacate

De la misma manera se procedió a realizar las pruebas a compresión solamente a los 28 días debido a que los mampuestos deben ser utilizados después de 20-28 días de su fabricación.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 17 Resistencia a la compresión suelos combinados

CÓDIGO	RESISTENCIA (KG/CM2)
N30703	30.30
N30701	31.40
N50501	36.67
N50503	50.30
B30703	31.00
B30701	38.73
B50501	37.70
B50503	35.07
NE30703	60.87
NE30701	64.93
NE50501	55.20
NE50503	32.9

Gráfico 7 Resistencia a la compresión suelos combinados

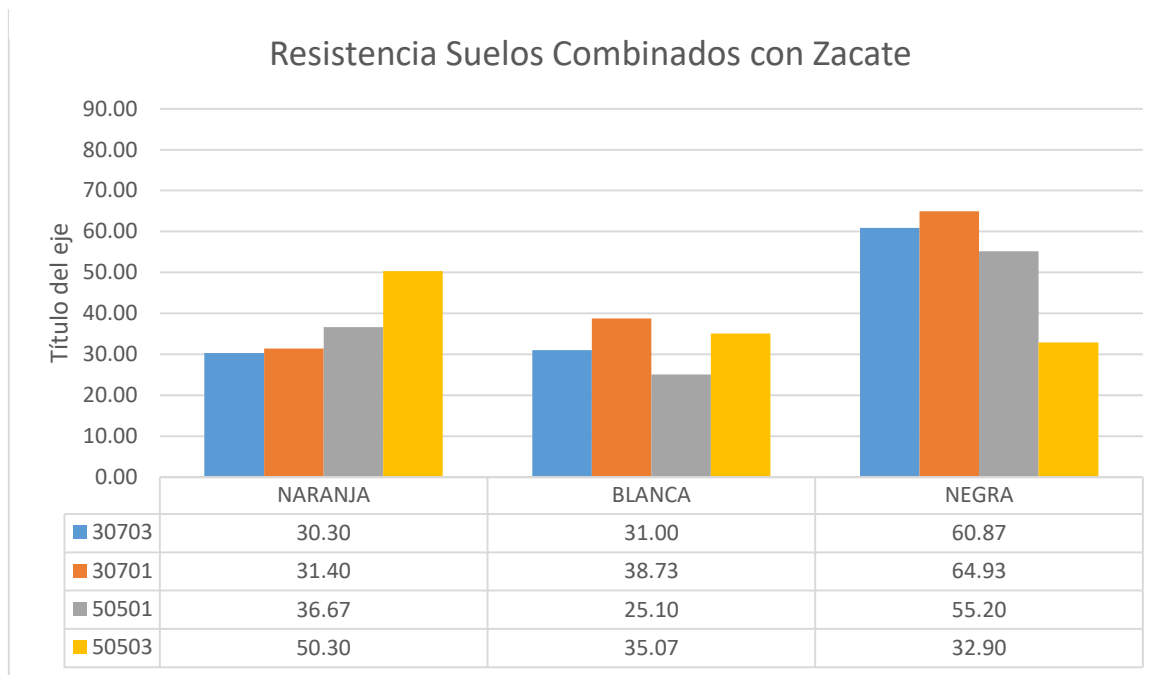


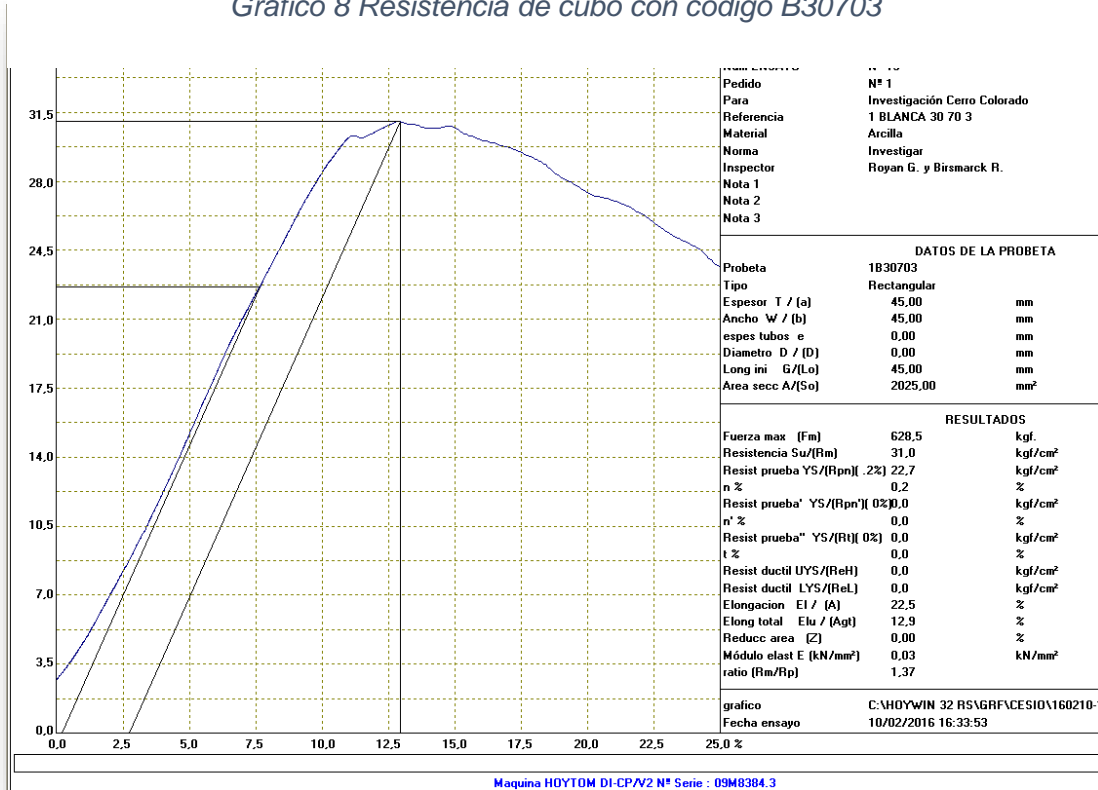
Figura 35 Cubos naranjas ensayados

Se observa claramente que el código N30703 correspondiente a la dosificación 30% Arcilla Roja + 70% Arcilla Blanca + 3 gr Zacate es el que presenta menor valor en resistencia (30.30 Kg/cm²) lo que indica que este suelo presenta mejor soporte a

compresión en su estado puro.

El segundo valor mínimo en resistencia, corresponde al código B30703 con 31.00 kg/cm² (Ver gráfico 8). Es notorio que todas las dosificaciones combinadas Suelo Blanco con Arcilla Roja presentan mejor resistencia que el suelo blanco puro, ya que el suelo rojo por su alto contenido de arcilla aporta mayor resistencia a la compresión que el suelo blanco caracterizado como arena fina.

Gráfico 8 Resistencia de cubo con código B30703



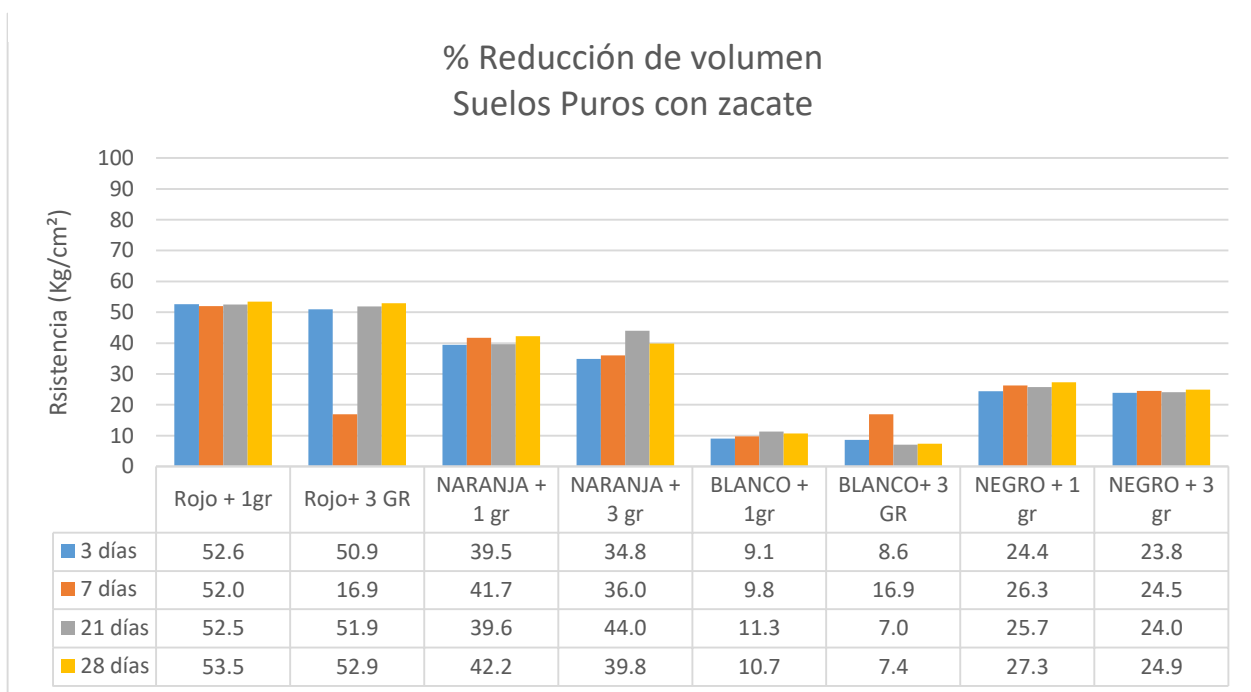
Analizando el extremo superior, se encuentra el código Ne30701 correspondiente a la dosificación 30% Arcilla Roja + 70% Arcilla Negra + 1 gr Zacate con la mayor resistencia a la compresión 64.93 kg/cm². Definitivamente el suelo rojo colabora a la resistencia del suelo negro.

8.9 PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE VOLUMEN

El valor del porcentaje de reducción en el volumen refleja la cantidad de humedad perdida durante el secado de las mezclas. Ésta cantidad estará íntimamente relacionada a los valores de límites líquidos de cada suelo, obtenido del ensayo para la determinación de los Límites de Atterberg.

Analizando las mezclas de los suelos puros con zacate en el gráfico 9, se puede observar que:

Gráfico 9 Porcentaje de reducción de volumen en suelos puros



Suelos Rojo y Naranja, tanto para 1 y 3 gramos de zacate, son los suelos que presentan los mayores valores reducción con porcentajes entre un 40 hasta un 50 por ciento, esto debido a que la mayor parte de su composición es arcilla, contrayéndose una vez seco.

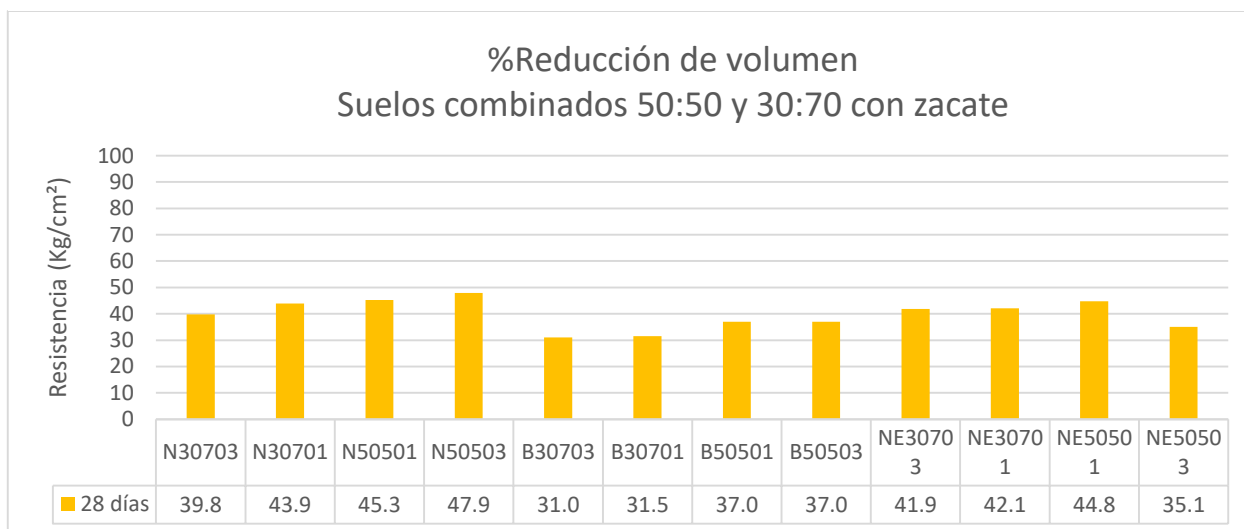
Suelos Negros: Ocupan el 2do lugar en reducción de su porcentaje de volumen, debido a que este suelo presenta ciertas cantidades de partículas de arena y menor cantidad de arcillas, presentará valores promedios en cuanto a los demás, oscilando sus porcentajes de reducción entre 24 y 27 por ciento de su volumen total.

Y por último, los suelos Blancos son los que reflejan los menores porcentajes de reducción, oscilando entre valores de 7 a 16 por ciento, esto debido a la mayor presencia de partículas de arena finas que limos y arcillas presentes, lo que la reducción resultaría en porcentajes bajos.

Un comportamiento similar puede apreciarse en el gráfico 10, en donde se muestran los porcentajes de reducción de volumen de los suelos combinados en 50:50 y 30:70 con zacate.

De esta manera se combinó el suelo rojo con los demás para estabilizar el porcentaje de arcillas principalmente en los suelos blancos y negros en donde se obtuvo en el mismo orden el valor en porcentaje de reducción en volumen.

Gráfico 10 Porcentaje de reducción de volumen para suelos combinados



8.10 REALIZACIÓN Y ENSAYO DE LADRILLOS

EQUIPO: Adobera

MATERIALES: Tierra, zacate, agua

HERRAMIENTAS: Baldes, Cuchara, zaranda,

DURACIÓN: Poco tiempo

RESULTADOS: Posterior a la realización de cubos con diferentes dosificaciones, se decidió realizar el mejor prototipo por cada suelo, con el fin de ver su comportamiento en escala real.

8.10.1 Suelos para mezclas del adobe

Dado que la combinación suelo rojo y negro obtuvo mejores resultados de resistencias a la compresión, los ladrillos fueron realizados con esta dosificación y las combinaciones rojo con blanca se ocuparán para actividades de acabos finos y repellos en las paredes ya que actué mejor ante agentes del intemperismos.

Los materiales a escoger para la creación de los ladrillos será:

- Suelo Rojo
- Suelo negro
- Zacate o Paja

A continuación, se presenta el código de la mezcla a ocupar:

NE30703: 30% Suelo Rojo + 70% Suelo Negro + 3 gr de zacate por cada 300 gr del total del suelo.

8.10.2 Formas y dimensiones de los adobes

Para la elaboración de ladrillos se ha diseñado una adobera triple de madera con medidas interiores de 7" x 7" x 12" (17.78cm x 17.78cm x 30.48cm) para cada uno con el fin de realizar 3 ladrillos de una vez (Ver imagen #xxx)

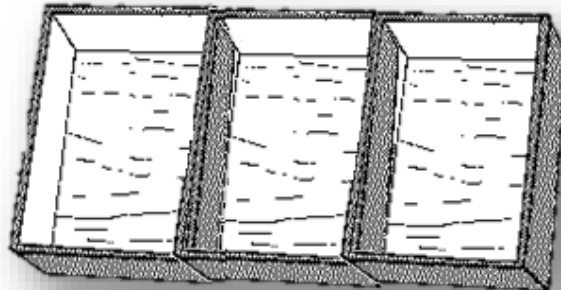
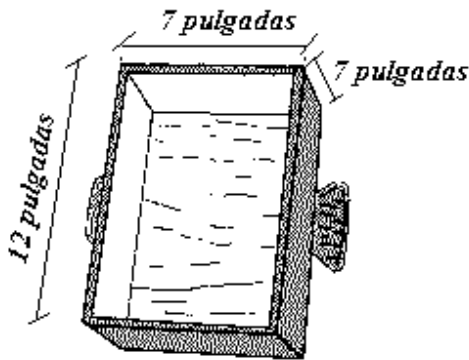


Figura 36 Adobera triple

El problema surgirá cuando, a la hora de desmoldar, al tener la adobera con mezcla el ladrillo no se podrá retirar de la misma por lo que habrá dos opciones para su posible extracción:

Primero: Dejar la mezcla en el molde al menos un día para poder sacarlo.

Segundo: Remojar el molde con agua y llenar cada boquete del molde para sacarlo rápidamente (ésta opción involucra una actividad de dos personas si el molde es doble o triple)



Ancho – Alto – Largo 7 pulgadas x 7 pulgadas x 12 pulgadas
--

Figura 37 Adobera individual

Cabe señalar existen otros métodos para la extracción tales como: engrasar el molde, aplicar arena de mar a todas las caras internas, colocación de plástico, pero esto involucra la compra y un producto secundario que puede resultar gastos innecesarios para la realización de los ladrillos.

8.10.3 Elaboración del adobe

Para el procedimiento a seguir en la fabricación de los ladrillos de adobe mejorado se ocupó el documento “Fabricación de ladrillos de adobe” elaborado para la capacitación de los pobladores de la comunidad de Cerro Colorado, en donde se plantean los siguientes pasos:

- 1) Para la elaboración de 3 ladrillos con las dimensiones especificadas anteriormente se utilizó la siguiente dosificación:

1 balde de arcilla ROJA

1 ½ balde de arcilla NEGRA

1 ½ balde de ZACATE

1 balde de AGUA



Figura 38 Mezcla homogenizada

2) Se dejó dormir por 2 días (en promedio).

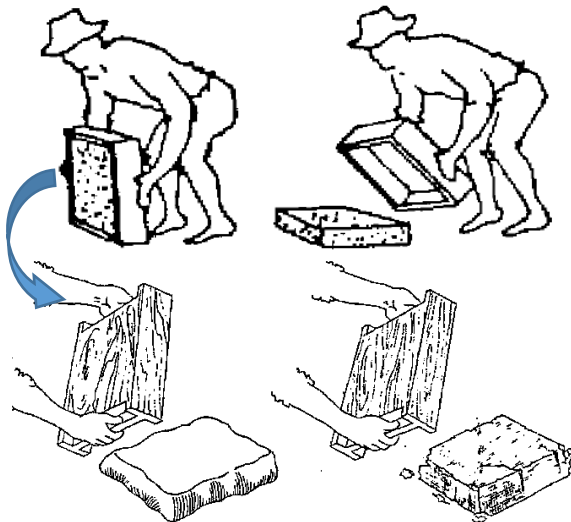
Esto es con el fin de homogenizar la mezcla y triturar las rocas de arcilla roja presentes en la mezcla (Ver figura39).



Figura 39 Llenado de adobera

3) Se llenó la adobera lanzando con fuerza porciones de barro (Ver figura 40). Esto para tener la mínima cantidad de vacíos en la integridad del ladrillo de adobe.

4) El barro debió de estar al ras de la adobera, emparejando la superficie usando una regla.



5) Se **desmoldó** con suaves sacudidas verticales

“Si al retirar el molde el adobe se deforma o se “comba” es porque la mezcla contiene mucha agua, si el adobe se raja o se quiebra es porque el barro está muy seco” (Ver figura 41)

Figura 40 Desmoldado de ladrillos de adobe

6) Secado y almacenamiento

Para secado de los adobes, se utilizó una superficie horizontal, limpia y libre de impurezas. Espolvoreando arena fina (si se tiene) sobre toda la superficie del tendal para evitar que se peguen los adobes (Ver figura 42).



Figura 41 Secado de adobes

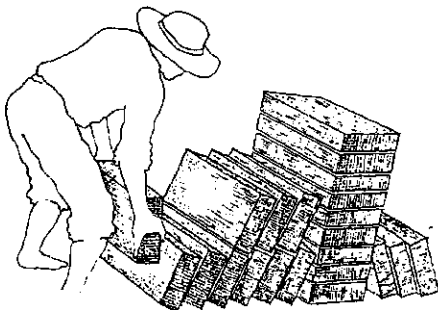


Figura 42 Ladrillos apilados

Luego de 3 días los adobes se ubicaron de canto y al cabo de una semana se apilaron (Ver figura 43).

7) Control de calidad

Si a las cuatro semanas el adobe de prueba presenta grietas o deformaciones (Ver figura 44), se debe agregar más paja al barro.

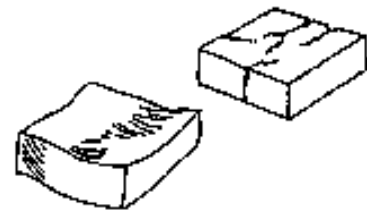


Figura 43 Fisuras y grietas en ladrillos

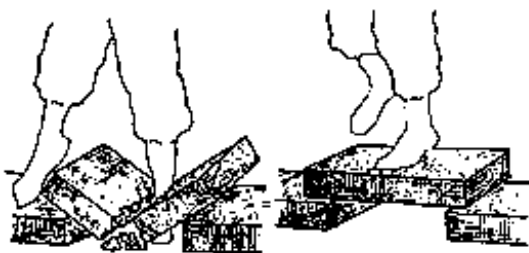


Figura 44 Prueba empírica de resistencia

Si a las cuatro semanas el adobe de prueba no resiste el peso propio de un hombre se debe agregar más arcilla al barro (Ver figura 45).

Luego de realizar la prueba de control de calidad con los ladrillos, se realizó el ensayo de compresión con la maquina universal. Los resultados obtenidos de resistencias de los ladrillos en la tabla 18 no son valores iguales a la prueba de los cubos debido a lo a que el ensayo de estos fueron a los 15 días luego de su elaboración, la posible influencia en la geometría de ambos ensayos y la cantidad y forma de mezclado en cada procedimiento. Aun así, los valores obtenidos de la mezcla son válidos y aceptables, por lo que se elegirá éste mezcla para la producción de los ladrillos de la comunidad, cumpliendo con la mínima resistencia establecido en el RNE E.080 para ladrillos de Adobe (12 kg/cm²) y dejando para actividades de detalles exteriores el suelo blanco como repello en las viviendas de la zona.

Tabla 18 Resistencia a la compresión de ladrillos

30% Roja + 70% Negra + 3gr Zacate

	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm²)	Volumen (cm³)	Resistencia (kg/cm²)
	15.7	15.2	28.0	238.8	6685.2	16.5
	16.0	15.0	28.0	240.0	6720.0	14.2
	16.5	16.3	27.5	269.1	7400.6	12.9
	16.0	15.4	28.0	246.4	6899.2	16.4
	16.0	14.2	27.8	227.2	6316.2	19.7
	16.0	14.5	28.0	232.0	6496.0	17
Promedio	16.0	15.1	27.9	242.2	6752.9	16.1

9 CONCLUSIONES

a) Condiciones actuales:

Tras las visitas realizadas a la comunidad de Cerro Colorado en Ciudad Darío, Matagalpa, se pudo observar que:

Los dueños de las viviendas en un 100% desconocen algún tipo de procedimiento para la construcción de estructuras de adobe lo que hace que estén expuestas a eventos sísmicas sin resistencia para salvaguardar las vidas de sus habitantes.

Se determinó que el principal defecto constructivo de estas viviendas, es la cobertura del techo, no tienen buen comportamiento, las lluvias terminaran por horadar la torta de barro, y parte de los remates del mismo, para dar paso a filtraciones que afectaran la caña.

Al ser un proceso constructivo pasado de generación en generación entre sus habitantes y sin ningún tipo de actualización en la información de este material, verificamos que más del 80% de las estructuras no cumplen con el dimensionamiento mínimo de sus partes como: cimientos, muros, traslapes, cubierta, etc.

Existen materiales de la zona que se pueden implementar en el mejoramiento y refuerzo de las estructuras existentes pero no son consideradas por los habitantes por desconocer sus propiedades.

Se observa que las viviendas en un 100%, están propensas a sufrir serias consecuencias si no se toman las medidas del caso.

b) Medio ambiente:

La dosificación propuesta para realizar los ladrillos de adobe mejorado no requiere de ningún tipo de maquinaria ni proceso que aporte contaminación al medio ambiente.

c) Economía:

Los suelos a utilizar para la elaboración del mampuesto se encuentran al alcance de los pobladores de la zona beneficiada, por lo que por su cercanía no incurrir a ningún gasto económico.

d) Ensayos de laboratorio:

Los ensayos realizados en campo así como los de laboratorio, constituyen una herramienta esencial para definir las características del suelo y función específica para cada uno de ellos.

- Granulometría y límites de Atterberg

Posterior a la realización de granulometría se logró concluir que el suelo rojo es el que presenta más arcilla en su composición lo que lo caracteriza como un suelo cementante, por otro lado, el suelo blanco en su mayoría está constituido por arena fina.

La realización de los límites de atterberg demostró que los suelos Blanco y Negro son los únicos que cumplen con los rangos establecidos por (Barrios et al., 1987) en LL y IP (Ver tabla 19), por tal motivo fueron los elegidos como suelos óptimos para realizar ladrillos de adobe.

Tabla 19 LL e IP suelo blanco y negro

<i>Suelo</i> → <i>Prueba</i> ↓	<i>Blanco</i>	<i>Negro</i>	<i>Rango</i> ↓
<i>LL</i>	43.45%	5.47%	20 - 40 %
<i>IP</i>	16.18 %	17.13%	< 20 %

El índice plástico se considera directamente proporcional al porcentaje de retracción de volumen, es decir, en cuanto más alto sea el IP mayor será la cantidad de agua contenida en la masa que lo convierte en moldeable y una vez seco, se tendrán mayor reducción de volumen.

- Estabilización granulométrica y mezclado

La estabilización física de los suelos es la mejor alternativa para este tema en estudio ya que una de las metas es que los pobladores de la comunidad de Cerro Colorado logren realizar sus propios mampuestos con los materiales pertenecientes a la misma, además los resultados que se obtienen son satisfactorios y cumplen con los requisitos de porcentajes de cada tipo de suelo necesario para la mezcla descrito en el RNE E.080 y valores de resistencia mínima a la compresión (12

kg/cm²) y (20 kg/cm²) para unidades de mampostería de concreto presente en la norma ASTM C109.

Los porcentajes resultantes de la estabilización granulométrica fue de 30% arcilla roja + 70% del suelo Blanco o Negro, esto debido a que el suelo rojo por su propia cuenta contiene demasiada arcilla y un alto contenido de plasticidad por lo que se recomienda utilizar este suelo en partes moderadas.

Los gramos de zacate en las mezclas corresponden a 12% del total del volumen del suelo utilizado, este material genera mayor cohesión de los mampuestos puesto que su función es mantener “unidas” todas las partículas de suelo este a su vez reduce en gran medida las posibles fisuras del mismo al momento de su contracción

La cantidad de agua en la mezcla corresponde aproximadamente al 20% del volumen total del suelo utilizado para llegar a la trabajabilidad óptima, sin embargo este valor varía de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona y la humedad que presente el suelo al momento de utilizarlo.

El tiempo de secado de los mampuestos está directamente relacionado con el clima de la zona y el lugar de almacenamiento.

- Reducción de volumen

Los suelos arcillosos por su naturaleza necesitan de mayor cantidad de agua para conseguir una trabajabilidad óptima, sin embargo el suelo arenoso requiere un mínimo porcentaje de agua para conseguirlo, por esta razón se obtuvo que el suelo rojo puro es el que presenta mayor porcentaje de reducción de volumen con un 53% caso opuesto es el suelo blanco puro con valores de 7% - 10%. Sin embargo, nuestro mayor interés se encuentra en las dosificaciones realizadas con los suelos estabilizados las cuales reflejan un promedio de 44.2% para las combinaciones son suelo naranja, 34.1 para suelos blancos y 41.0 para suelos negros.

- Prueba de compresión

Los suelos en su condición pura no generan resultados esperados tales como: buena cohesión, agrietamientos mínimos, reducción de volumen mínimo, entre otros, motivo por el cual se realizó estabilización física granulométrica.

Los especímenes de 8in³ con mayor resistencia a la compresión (más de 50kg/cm²) fueron los códigos: N1, N3, Ne30701 y Ne30703 con 78.50 kg/cm², 84.33 kg/cm², 64.93 kg/cm² y 60.87 kg/cm² respectivamente.

- Mezcla ideal

Finalmente la mezcla ideal es la correspondiente al código Ne30703 con dosificación 30% arcilla roja + 70% arcilla negra + 3gr de zacate por cada 300 gr de suelo con la que se realizó prototipos a escala real (7" x 7" x 12") obteniendo una resistencia promedio de 16.1 kg/cm² y 32% en reducción de volumen. Estos valores difieren con los obtenidos en los especímenes de 8in³ debido a que estos fueron ensayados a una edad de 15 días, presentan geometría diferente y posiblemente el mezclado también influye en la cohesión.

10 RECOMENDACIONES

Si se logra llevar a cabo esta propuesta de mampuesto sería conveniente tomar en cuenta algunos puntos a mejorar con el propósito de optimizar los beneficios, por lo que se recomienda:

Para la elaboración del ladrillo:

- Primeramente se deberá comprobar si existe suficiente material en los bancos de materiales y verificar que está permitida la explotación de esa área
- Antes de la elaboración de los ladrillos mejorados es necesario tener una superficie completamente horizontal y limpia para la colocación de los mampuestos

Para la utilización del ladrillo:

- Esperar que los ladrillos tengan más de 20 días de elaborados y examinar que estos estén completamente secos
- Utilizar rocas macizas en la base de paredes a una altura de aproximadamente 30cm para que la humedad de la tierra no penetre directamente a las paredes y de esta manera alargar la vida de las mismas
- Utilizar techos con 15% - 30% de pendiente con aleros mayores a 50cm para que el agua de lluvia y rayos de sol no haga un daño directo a las paredes

11 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Con el fin de ampliar las posibilidades de valoración de este tipo de ladrillos, se sugieren algunas de estas futuras líneas de investigación:

- Estudio de diferentes relaciones agua/arcilla para determinar la óptima correspondencia de las mismas en referencia a la obtención de una mejora en las características mecánicas del ladrillo y trabajabilidad.
- Estudio de distintas dimensiones de ladrillos para conseguir las óptimas características mecánicas de los mismos
- Revisión del comportamiento físico del mampuesto ante agentes del intemperismo (resistencia a ciclos de humectación/secado, resistencia a la erosión, absorción de agua por capilaridad, resistencia a ciclos de hielo/deshielo, propiedades térmicas, permeabilidad al vapor de agua, reacción al fuego, etc.)
- Propuesta de sistema arquitectónico y estructural (cimientos, columnas y vigas) para la edificación de casas

12 LISTA DE REFERENCIAS

- Aguilera Maidana, J. J. (2006). *Estudio energético de una guardería en Santa Eulalia de Ronçtíco*. Recuperado el 06 de Agosto de 2016, de http://docplayer.es/4553818-Resumen-proyecto-barcelona-construida-con-parametros-de-bioarquitectura-1.html#show_full_text
- Amorós García, M. (2011). *Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal*. E.U. de Arquitectura Técnica (UPM), Construcciones Arquitectónicas y su Control. Recuperado el 26 de Abril de 2016
- Anónimo. (1999). *Arquitectura de tierra. Encuentros internacionales. Centro de investigación Navapalos*. Madrid, España. Recuperado el 15 de Octubre de 2016
- Anónimo. (2005). *Construir con Tierra, Terra Ecológica Orgánica*. Recuperado el 06 de agosto de 2016, de <https://www.terra.org/categorias/articulos/construir-con-tierra>
- Anónimo. (2005). *Construir con tierra, Terra Ecología Orgánica*. Recuperado el 06 de agosto de 2016, de <https://www.terra.org/categorias/articulos/construir-con-tierra>
- Anónimo. (27 de Diciembre de 2014). Una arquitectura al rescate del adobe. *El Nuevo Diario*. Recuperado el 13 de Octubre de 2016, de <http://www.elnuevodiario.com.ni/especiales/338039-arquitecta-rescate-adobe/>
- Borges Ramos, J. (2010). *Construcción con tierra: Ensayos de Campo*. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Recuperado el 22 de Octubre de 2016
- Cáceres Arroyo, C. J. (2014). *Análisis comparativo de costos de una vivienda económica de un piso de adobe y otra de albañilería confinada en la zona urbana de Cajamarca*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado el 26 de Abril de 2016
- Canching, J., & Rocío, S. (2007). *Uso del adobe como material de construcción*. Recuperado el 26 de Abril de 2016
- Delgado Salvador, E. F. (2006). *Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe de Dos Pisos con Refuerzo*. Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima, Perú. Recuperado el 26 de Abril de 2016

- García Doval, I. (2011). *Habitat y Desarrollo*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de <https://habitatydesarrollo.wordpress.com/2012/02/23/instrucciones-para-elaborar-adobes-y-repellos/>
- González de la Cotera, M. (s.f). *Construcciones de adobe*. Recuperado el 06 de agosto de 2016
- González, M. (2012). *La guía Física-Mecánica de Suelos: Asentamientos*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de <http://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/mecanica-de-suelos-asesntamientos>
- Kreft, S., Eckstein, D., Junghans, L., Kerestan, C., & Hagen, U. (2014). *Índice de Riesgo Climático Global 2015*. Organización Ambiental German Watch. Recuperado el 13 de Octubre de 2016, de <https://germanwatch.org/de/download/10343.pdf>
- López Arce, P. (2006). *Caracterización de ladrillos históricos*. Geociencias (CSIC-UCM), Geomateriales, Madrid, España. Recuperado el 06 de agosto de 2016
- Lopez Galvez, J., & Bernilla Carlos, P. J. (2012). *Evaluación funcional y constructiva de viviendas con adobe estabilizado en Cayalti. Programa COBE-1976*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado el 26 de Abril de 2016
- Mecánica de Suelos*. (1988). La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016
- Morales Morales, R., Torres Cabrejos, R., Rengifo, L., & Irala Candiotti, C. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. Lima, Perú. Recuperado el 26 de Abril de 2016
- Romero, I., & Preyra, J. (2012). *Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones: parte 2*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado el 12 de Octubre de 2016
- Solanas, T., Calatayud, D., & Claret, C. (2009). *21 KG de CO2, Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge*. Cataluña, España. Recuperado el 15 de Octubre de 2016
- Torres Barrera, A. R., & Moya Heredia, J. C. (2015). *Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres*. Lima, Perú: Quito: UCE. Recuperado el 26 de Abril de 2016, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5429>

Vilela Mora, D. E. (2010). *Estabilización de suelos dirigida a la fabricación de bloques de adobe*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. Recuperado el 22 de Octubre de 2016

Zelaya Jara, V. A. (2007). *Estudio sobre Diseño Sísmico en Construcciones de Adobe y su Incidencia en la Reducción de Desastres*. Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú. Recuperado el 26 de Abril de 2016, de <http://docplayer.es/19356794-Estudio-sobre-diseno-sismico-en-construcciones-de-adobe-y-su-incidencia-en-la-reduccion-de-desastres.html>

13 ANEXOS

13.1 SUELOS PUROS

13.1.1 Suelo A y B

Tabla 20 Dosificaciones códigos R1 y R3

Dosificación	Código
Suelo Rojo (A) + 1gr Zacate + Agua	R1
Suelo Rojo (A) + 3gr Zacate + Agua	R3

	Suelo Rojo	Zacate	Agua
<i>Por cubo (x1)</i>	300 gr	1 gr	250 ml
<i>Por molde (x3)</i>	900 gr	3 gr	750 ml
	Código Asignado: R1)		

	Suelo Rojo	Zacate	Agua
<i>Por cubo (x1)</i>	300 gr	3 gr	275 ml
<i>Por molde (x3)</i>	900 gr	9 gr	825 ml
	(Código Asignado: R3)		

Tabla 21 Dosificaciones códigos N1 y N3

Dosificación	Código
Suelo Naranja (B) + 1gr Zacate + Agua	N1
Suelo Naranja (B) + 3gr Zacate + Agua	N3

	Suelo Naranja	Zacate	Agua
<i>Por cubo (x1)</i>	300 gr	1 gr	225 ml
<i>Por molde (x3)</i>	900 gr	3 gr	675 ml
	Código Asignado: N1)		

	Suelo Naranja	Zacate	Agua
<i>Por cubo (x1)</i>	300 gr	3 gr	275 ml
<i>Por molde (x3)</i>	900 gr	9 gr	825 ml
	Código Asignado: N3)		

13.1.2 Suelo C y D

Tabla 23 Dosificaciones códigos B1 y B3

Dosificación	Código
Suelo Blanco (C) + 1gr Zacate + Agua	B1
Suelo Blanco (C) + 3gr Zacate + Agua	B3

	<i>Suelo Blanco</i>	<i>Zacate</i>	<i>Agua</i>
<i>Por cubo (x1)</i>	300 gr	1 gr	148 ml
<i>Por molde (x3)</i>	900 gr	3 gr	444 ml

Código Asignado: B1)

	<i>Suelo Blanco</i>	<i>Zacate</i>	<i>Agua</i>
<i>Por cubo (x1)</i>	300 gr	3 gr	158 ml
<i>Por molde (x3)</i>	900 gr	9 gr	474 ml

Código Asignado: B3)

Tabla 22 Dosificaciones códigos Ne1 y Ne3

Dosificación	Código
Suelo Negro (D) + 1gr Zacate + Agua	Ne1
Suelo Negro (D) + 3gr Zacate + Agua	Ne3

	<i>Suelo Blanco</i>	<i>Zacate</i>	<i>Agua</i>
<i>Por cubo (x1)</i>	300 gr	1 gr	150 ml
<i>Por molde (x3)</i>	900 gr	3 gr	450 ml

Código Asignado: Ne1)

	<i>Suelo Blanco</i>	<i>Zacate</i>	<i>Agua</i>
<i>Por cubo (x1)</i>	300 gr	3 gr	175 ml
<i>Por molde (x3)</i>	900 gr	9 gr	525 ml

Código Asignado: Ne3)

13.2 COMPACTACIÓN PURO

13.2.1 Suelo A 1 gr

		3 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.03	3.92	3.99	15.79	63.02	38.70
		3.92	3.87	3.96	15.15	60.03	29.00
		3.96	3.97	4.04	15.71	63.43	28.20
Promedio		3.97	3.92	4.00	15.55	62.15	31.97
% reducción		21.85	22.89	21.33		52.59	

		7 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		3.96	3.93	3.96	15.54	61.46	29.90
		4.09	3.99	3.99	16.31	65.08	35.70
		3.96	3.98	3.96	15.73	62.22	39.60
Promedio		4.00	3.96	3.97	15.86	62.91	35.07
% reducción		21.23	21.99	21.90		52.01	

		21 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		3.94	3.95	4.02	15.57	62.61	44.40
		3.94	3.89	3.99	15.32	61.08	41.60
		4.01	3.94	3.99	15.80	63.01	31.60
Promedio		3.97	3.92	4.00	15.56	62.23	39.20
% reducción		21.94	22.74	21.29		52.53	

		28 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.01	3.86	4.00	15.49	62.01	45.20
		3.94	3.85	3.98	15.17	60.42	43.80
		3.90	3.91	3.97	15.26	60.52	29.80
Promedio		3.95	3.87	3.98	15.31	60.99	39.60
% reducción		22.21	23.73	21.59		53.48	

Figura 45 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código R1

13.2.2 Suelo A 3 gr

		3 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	3.98	4.05	3.95	16.13	63.67	25.60	
	3.99	3.95	4.00	15.77	63.07	30.00	
	3.99	4.11	4.04	16.41	66.30	22.30	
Promedio	3.99	4.04	4.00	16.10	64.34	25.97	
% reducción	21.52	20.49	21.34		50.92		

		7 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.86	4.79	4.70	23.26	109.35	11.60	
	4.76	4.89	4.69	23.25	109.08	12.80	
	4.78	4.83	4.69	23.09	108.35	9.20	
Promedio	4.80	4.84	4.69	23.20	108.93	11.20	
% reducción	5.58	4.78	7.59		16.91		

		21 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	3.94	3.96	4.03	15.59	62.85	29.90	
	3.88	4.02	3.99	15.60	62.20	30.20	
	4.21	3.86	3.94	16.25	64.04	31.60	
Promedio	4.01	3.94	3.99	15.82	63.08	30.57	
% reducción	21.04	22.36	21.52		51.88		

		28 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	3.93	4.01	3.85	15.76	60.75	27.50	
	3.98	3.98	3.93	15.81	62.19	38.90	
	3.97	3.93	3.98	15.60	62.14	33.80	
Promedio	3.96	3.97	3.92	15.72	61.70	33.40	
% reducción	22.08	21.80	22.76		52.94		

Figura 46 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código R3

13.2.3 Suelo B 1 gr

		3 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.32	4.38	4.35	18.91	82.31	39.20	
	4.30	4.26	4.30	18.31	78.66	51.00	
	4.27	4.25	4.25	18.14	77.16	64.20	
Promedio	4.30	4.29	4.30	18.45	79.36	51.47	
% reducción	15.41	15.47	15.35		39.47		

		7 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.26	4.23	4.24	17.99	76.33	61.00	
	4.27	4.23	4.30	18.05	77.67	50.50	
	4.25	4.18	4.24	17.77	75.39	52.30	
Promedio	4.26	4.21	4.26	17.94	76.46	54.60	
% reducción	16.17	17.09	16.08		41.68		

		21 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.32	4.34	4.30	18.73	80.53	52.40	
	4.32	4.29	4.26	18.52	78.88	88.00	
	4.26	4.30	4.27	18.29	78.11	86.50	
Promedio	4.30	4.31	4.28	18.51	79.17	75.63	
% reducción	15.41	15.19	15.82		39.61		

		28 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.21	4.16	4.21	17.51	73.70	77.20	
	4.31	4.31	4.20	18.59	77.98	80.70	
	4.22	4.27	4.20	17.98	75.50	77.60	
Promedio	4.24	4.25	4.20	18.02	75.72	78.50	
% reducción	16.44	16.42	17.30		42.24		

Figura 47 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código N1

13.2.4 Suelo B 3 gr

		3 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.31	4.40	4.36	18.99	82.84	61.10
		4.46	4.45	4.46	19.87	88.64	51.70
		4.36	4.37	4.46	19.05	84.90	51.80
Promedio		4.38	4.41	4.43	19.30	85.44	54.87
% reducción		13.79	13.25	12.85		34.83	

		7 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.42	4.38	4.40	19.37	85.16	73.50
		4.36	4.34	4.40	18.94	83.24	66.00
		4.37	4.30	4.44	18.80	83.43	70.00
Promedio		4.39	4.34	4.41	19.03	83.95	69.83
% reducción		13.67	14.56	13.18		35.97	

		21 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.12	4.30	4.17	17.70	73.82	74.50
		4.16	4.18	4.20	17.40	72.98	73.50
		4.22	4.15	4.19	17.49	73.24	77.40
Promedio		4.16	4.21	4.18	17.53	73.36	75.13
% reducción		18.02	17.12	17.64		44.04	

		28 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.31	4.32	4.25	18.59	79.00	92.20
		4.26	4.33	4.30	18.45	79.34	66.60
		4.27	4.29	4.28	18.32	78.33	94.20
Promedio		4.28	4.31	4.27	18.46	78.89	84.33
% reducción		15.75	15.10	15.86		39.82	

Figura 48 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código N3

13.2.5 Suelo C 1 gr

		3 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.92	4.96	4.90	24.41	119.70	9.30
		4.91	4.88	4.91	23.98	117.72	9.50
		4.89	5.02	4.89	24.58	120.18	8.60
Promedio		4.91	4.95	4.90	24.32	119.20	9.13
% reducción		3.37	2.47	3.52		9.07	

		7 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.85	4.83	4.91	23.45	115.09	5.20
		4.94	4.88	4.94	24.10	118.97	5.70
		4.92	5.00	4.91	24.61	120.88	8.50
Promedio		4.90	4.91	4.92	24.05	118.31	6.47
% reducción		3.48	3.44	3.18		9.76	

		21 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.85	4.91	4.83	23.83	115.02	8.90
		4.84	5.03	4.90	24.37	119.34	12.10
		4.87	4.87	4.82	23.70	114.34	13.40
Promedio		4.85	4.94	4.85	23.97	116.23	11.47
% reducción		4.44	2.81	4.54		11.34	

		28 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.84	4.96	4.89	24.01	117.27	13.00
		4.81	5.01	4.88	24.11	117.55	12.50
		4.88	4.91	4.86	23.97	116.47	12.70
Promedio		4.84	4.96	4.87	24.03	117.10	12.73
% reducción		4.67	2.33	4.07		10.67	

Figura 49 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código B1

13.2.6 Suelo C 3 gr

		3 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.92	4.99	4.91	24.52	120.50	10.70
		4.90	4.90	4.93	24.02	118.35	11.70
		4.91	5.01	4.91	24.56	120.54	10.70
Promedio		4.91	4.96	4.92	24.37	119.79	11.03
% reducción		3.38	2.27	3.23		8.62	

		7 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.86	4.79	4.70	23.26	109.35	11.60
		4.76	4.89	4.69	23.25	109.08	12.80
		4.78	4.83	4.69	23.09	108.35	9.20
Promedio		4.80	4.84	4.69	23.20	108.93	11.20
% reducción		5.58	4.78	7.59		16.91	

		21 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.94	5.08	4.92	25.07	123.39	11.30
		4.91	4.95	4.91	24.29	119.36	11.60
		4.99	5.00	4.93	24.92	122.86	10.60
Promedio		4.94	5.01	4.92	24.76	121.87	11.17
% reducción		2.68	1.42	3.10		7.04	

		28 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.91	5.00	4.93	24.55	120.96	11.70
		4.88	4.98	4.96	24.29	120.47	11.80
		4.92	5.09	4.90	25.04	122.76	10.90
Promedio		4.90	5.03	4.93	24.63	121.40	11.47
% reducción		3.52	1.08	2.97		7.40	

Figura 50 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código B3

13.2.7 Suelo D 1 gr

		3 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
Promedio		4.62	4.75	4.59	21.95	100.77	7.90
		4.67	4.66	4.66	21.72	101.17	6.00
		4.57	4.57	4.58	20.85	95.38	10.20
		4.62	4.66	4.61	21.51	99.09	8.03
	% reducción	9.07	8.35	9.30		24.41	

		7 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
Promedio		4.55	4.52	4.57	20.53	93.92	16.70
		4.57	4.74	4.60	21.68	99.60	13.20
		4.55	4.62	4.59	21.03	96.53	16.40
		4.56	4.63	4.59	21.08	96.68	15.43
	% reducción	10.33	8.91	9.72		26.26	

		21 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
Promedio		4.59	4.59	4.56	21.06	95.94	25.40
		4.61	4.65	4.54	21.43	97.30	22.10
		4.61	4.64	4.61	21.43	98.82	22.80
		4.60	4.63	4.57	21.31	97.35	23.43
	% reducción	9.40	8.86	10.06		25.74	

		28 días					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
Promedio		4.57	4.49	4.57	20.54	93.81	26.70
		4.54	4.58	4.59	20.78	95.30	28.00
		4.59	4.57	4.61	20.99	96.83	27.50
		4.57	4.55	4.59	20.77	95.31	27.40
	% reducción	10.06	10.51	9.67		27.30	

Figura 51 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código Ne1

13.2.8 Suelo D 3 gr

		3 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.72	4.64	4.60	21.90	100.72	7.90	
	4.65	4.65	4.66	21.63	100.76	8.60	
	4.62	4.62	4.59	21.36	98.12	9.40	
Promedio	4.66	4.64	4.62	21.63	99.87	8.63	
% reducción	8.21	8.69	9.11		23.82		

		7 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.62	4.63	4.68	21.41	100.11	10.10	
	4.62	4.63	4.63	21.38	99.00	15.60	
	4.60	4.60	4.62	21.16	97.82	17.80	
Promedio	4.61	4.62	4.64	21.32	98.97	14.50	
% reducción	9.17	9.07	8.60		24.50		

		21 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.59	4.62	4.61	21.21	97.76	21.60	
	4.59	4.61	4.65	21.16	98.50	25.10	
	4.58	4.75	4.72	21.73	102.55	21.10	
Promedio	4.59	4.66	4.66	21.37	99.59	22.60	
% reducción	9.73	8.28	8.24		24.03		

		28 días					
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
	4.66	4.56	4.62	21.21	98.00	25.60	
	4.56	4.64	4.66	21.18	98.60	24.30	
	4.60	4.57	4.69	21.03	98.64	23.20	
Promedio	4.61	4.59	4.66	21.14	98.42	24.37	
% reducción	9.33	9.65	8.36		24.92		

Figura 52 Resistencia a compresión 3,7,21 y 28 días código Ne3

13.3 SUELOS COMBINADOS

13.3.1 Suelo Rojo (A) + Suelo Naranja (B)

Tabla 24 Dosificaciones códigos N30701, N30703, N50501, N50503

	30% Suelo Rojo	70% Suelo Naranja	Zacate	Agua
Por cubo (x1)	90 gr	210 gr	1 gr	50 ml
Por molde (x3)	270 gr	630 gr	3 gr	150

(Código Asignado: N30701)

	30% Suelo Rojo	70% Suelo Naranja	Zacate	+	Agua
Por cubo (x1)	90 gr	210 gr	3 gr		50 ml
Por molde (x3)	270 gr	630 gr	9 gr		150 ml

(Código Asignado: N30703)

	50% Suelo Rojo	50% Suelo Naranja	Zacate	+	Agua
Por cubo (x1)	150 gr	150 gr	1 gr		50 ml
Por molde (x3)	450 gr	450 gr	3 gr		150 ml

(Código Asignado: N50501)

	50% Suelo Rojo	50% Suelo Naranja	Zacate	+	Agua
Por cubo (x1)	150 gr	150 gr	3 gr		50 ml
Por molde (x3)	450 gr	450 gr	9 gr		150 ml

(Código Asignado: N50503)

13.3.2 Suelo Rojo (A) + Suelo Naranja (C)

Tabla 25 Dosificaciones códigos B30701, B30703, B50501, B50503

	30% Suelo <i>Rojo</i>	70% Suelo <i>Blanco</i>	Zacate		Agua
<i>Por cubo (x1)</i>	90 gr	210 gr	1 gr	+	50 ml
<i>Por molde (x3)</i>	270 gr	630 gr	3 gr		150 ml

(Código Asignado: B30701)

	30% Suelo <i>Rojo</i>	70% Suelo <i>Blanco</i>	Zacate		Agua
<i>Por cubo (x1)</i>	90 gr	210 gr	3 gr	+	50 ml
<i>Por molde (x3)</i>	270 gr	630 gr	9 gr		150 ml

(Código Asignado: B30703)

	50% Suelo <i>Rojo</i>	50% Suelo <i>Blanco</i>	Zacate		Agua
<i>Por cubo (x1)</i>	150 gr	150 gr	1 gr	+	50 ml
<i>Por molde (x3)</i>	450 gr	450 gr	3 gr		150 ml

(Código Asignado: B50501)

	50% Suelo <i>Rojo</i>	50% Suelo <i>Blanco</i>	Zacate		Agua
<i>Por cubo (x1)</i>	150 gr	150 gr	3 gr	+	50 ml
<i>Por molde (x3)</i>	450 gr	450 gr	9 gr		150 ml

(Código Asignado: B50503)

13.3.3 Suelo Rojo (A) + Suelo Naranja (D)

Tabla 26 Dosificaciones códigos Ne30701, Ne30703, Ne50501, Ne50503

	30% Suelo Rojo	70% Suelo Negro	Zacate		Agua
Por cubo (x1)	45 gr	105 gr	0.5 gr	+	116.7ml
Por molde (x3)	135 gr	315 gr	1.5 gr		350 ml

(Código Asignado: Ne30701)

	30% Suelo Rojo	70% Suelo Negro	Zacate		Agua
Por cubo (x1)	45 gr	105 gr	1.5 gr	+	116.7ml
Por molde (x3)	135 gr	315 gr	4.5 gr		350 ml

(Código Asignado: Ne30703)

	50% Suelo Rojo	50% Suelo Negro	Zacate		Agua
Por cubo (x1)	150 gr	150 gr	1 gr	+	233.3 ml
Por molde (x3)	450 gr	450 gr	3 gr		700 ml

(Código Asignado: Ne50501)

	50% Suelo Rojo	50% Suelo Negro	Zacate		Agua
Por cubo (x1)	75 gr	75 gr	1.5 gr	+	116.7 ml
Por molde (x3)	225 gr	225 gr	4.5 gr		350 ml

(Código Asignado: Ne50503)

13.4 COMPACTACIÓN COMBINADOS

13.4.1 Suelo Rojo (A) + Suelo Naranja (B)

30% Roja + 70% Naranja + 1gr Zacate

	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
	4.20	4.20	4.20	17.64	74.09	33.60
	4.20	4.10	4.20	17.22	72.32	36.50
	4.20	4.20	4.20	17.64	74.09	24.10
<i>Promedio</i>	4.20	4.17	4.20	17.50	73.50	31.40
<i>% reducción</i>	17.32	17.98	17.32		43.93	

30% Roja + 70% Naranja + 3gr Zacate

	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
	4.40	4.20	4.40	18.48	81.31	27.50
	4.30	4.30	4.30	18.49	79.51	26.80
	4.30	4.20	4.20	18.06	75.85	36.60
<i>Promedio</i>	4.33	4.23	4.30	18.34	78.88	30.30
<i>% reducción</i>	14.70	16.67	15.35		39.83	

50% Roja + 50% Naranja + 1gr Zacate

	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
	4.10	4.20	4.20	17.22	72.32	37.90
	4.20	4.20	4.20	17.64	74.09	38.00
	4.10	4.10	4.10	16.81	68.92	34.10
<i>Promedio</i>	4.13	4.17	4.17	17.22	71.76	36.67
<i>% reducción</i>	18.64	17.98	17.98		45.26	

50% Roja + 50% Naranja + 3gr Zacate

	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
	4.10	4.00	4.00	16.40	65.60	46.50
	4.20	4.10	4.10	17.22	70.60	50.50
	4.20	4.10	4.00	17.22	68.88	53.90
<i>Promedio</i>	4.17	4.07	4.03	16.94	68.34	50.30
<i>% reducción</i>	17.98	19.95	20.60		47.87	

Figura 53 Resistencia a compresión códigos N30701, N30703, N50501, N50503

13.4.2 Suelo Rojo (A) + Suelo Blanco (C)

30% Roja + 70% Blanca + 1gr Zacate						
Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
4.40	4.50	4.40	19.80	87.12	38.80	
4.40	4.40	4.60	19.36	89.06	39.80	
4.50	4.60	4.50	20.70	93.15	37.60	
Promedio	4.43	4.50	19.95	89.78	38.73	
% reducción	12.73	11.42	11.42	31.52		

30% Roja + 70% Blanca + 3gr Zacate						
Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
4.50	4.50	4.50	20.25	91.13	31.00	
4.50	4.50	4.40	20.25	89.10	29.10	
4.50	4.50	4.50	20.25	91.13	32.90	
Promedio	4.50	4.50	20.25	90.45	31.00	
% reducción	11.42	11.42	12.07	31.01		

50% Roja + 50% Blanca + 1gr Zacate						
Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
4.30	4.40	4.40	18.92	83.25	0.00	
4.40	4.30	4.40	18.92	83.25	35.60	
4.40	4.30	4.30	18.92	81.36	39.70	
Promedio	4.37	4.33	18.92	82.63	25.10	
% reducción	14.04	14.70	14.04	36.97		

50% Roja + 50% Blanca + 3gr Zacate						
Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)	
4.30	4.40	4.40	18.92	83.25	41.50	
4.30	4.30	4.40	18.49	81.36	33.70	
4.40	4.30	4.40	18.92	83.25	30.00	
Promedio	4.33	4.33	18.78	82.62	35.07	
% reducción	14.70	14.70	13.39	36.98		

Figura 54 Resistencia a compresión códigos B30701, B30703, B50501, B50503

13.4.3 Suelo Rojo (A) + Suelo Negro (D)

		30% Roja + 70% Negra + 1gr Zacate					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.24	4.18	4.25	17.71	75.27	66.20
		4.22	4.21	4.20	17.77	74.67	67.40
		4.28	4.25	4.27	18.21	77.76	61.20
Promedio		4.25	4.21	4.24	17.90	75.89	64.93
% reducción		16.39	17.05	16.53		42.11	

		30% Roja + 70% Negra + 3gr Zacate					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.26	4.29	4.20	18.29	76.90	58.70
		4.25	4.23	4.22	17.96	75.85	60.20
		4.26	4.23	4.22	17.98	75.94	63.70
Promedio		4.26	4.25	4.22	18.08	76.23	60.87
% reducción		16.22	16.38	17.00		41.85	

		50% Roja + 50% Negra + 3gr Zacate					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.50	4.50	4.20	20.25	85.05	30.90
		4.50	4.20	4.50	18.90	85.05	36.80
		4.50	4.20	4.50	18.90	85.05	31.00
Promedio		4.50	4.30	4.40	19.35	85.14	32.90
% reducción		11.42	15.35	13.39		35.06	

		50% Roja + 50% Negra + 1gr Zacate					
		Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Resistencia (kg/cm ²)
		4.15	4.09	4.18	16.95	70.79	59.90
		4.21	4.19	4.19	17.67	74.02	49.40
		4.13	4.16	4.21	17.18	72.30	56.30
Promedio		4.16	4.15	4.19	17.27	72.36	55.20
% reducción		18.02	18.39	17.49		44.80	

Figura 55 Resistencia a compresión códigos Ne30701, Ne30703, Ne50501, Ne50503



Propuesta de elaboración de ladrillo a base de arcilla para las viviendas de la comunidad Cerro Colorado del municipio de Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua

