



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS

**“DOSIFICACIÓN ARENA-SUELO EN LA ELABORACIÓN DE
BLOQUES DE ADOBES MEJORADOS USANDO EL SUELO
PROCEDENTE DEL CENTRO POBLADO PALLPANCA Y
SAN JERÓNIMO, CUSCO”**

PRESENTADO POR:

LYS PAMELA SALAZAR ATAUCHI

Bachiller en Ingeniería Civil

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

ASESOR TÉCNICO

ING. EFRAIN CALDERÓN PILARES

ASESOR METODOLÓGICO

DR. EDWARDS J. AGUIRRE ESPINOZA

CUSCO - PERU

2018

Dedicatoria

A Dios y a la Virgen del Carmen por darme calma y paciencia para lograr mis objetivos y por cuidarme siempre en su infinita bondad y amor.

A mi mamá Beny por apoyarme en cada instante de mi vida, a enseñarme a nunca rendirme, por ser mi motivación, por su amor incondicional y por demostrarme que cada día se lucha por los sueños que uno quiere.

A mi papá Percy por su apoyo por permitir realizar mi más grande sueño, por su cariño y protección.

A mi Abuelo Ignacio por enseñarme la Responsabilidad y puntualidad, a mis Hermanas Shargmelee y Patricia por ser el ejemplo de hermanas Mayores por su complicidad, tolerancia y cariño y a mis Lindas sobrinas Ángeles, Antonella y Paola.

A ti, Kevin por cuidarme, enseñarme y estar en cada instante de mi vida, por tu paciencia, por el día a día que me regalas, por apoyarme en este gran reto y por tu amor incondicional.

A mis amigos Nely, Mile, Giova y Tirso por Compartir los buenos y malos momentos en nuestra vida universitaria.

Y a todos Aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

AGRADECIMIENTOS

A mis Docentes Universitarios que me brindaron sus conocimientos y experiencias tanto de la profesión como de la vida, impulsándonos siempre a seguir adelante y luchar por nuestros sueños.

A mi asesor de Tesis el Ing. Efraín Calderón Pilares, por el apoyo, la orientación y el tiempo que me brindo para la realización de la presente tesis, por su amistad que me permitió aprender mucho más de lo estudiado en el presente trabajo y encaminarme por el camino correcto.

A mis dictaminantes Mgt. Ing. Eigner Román Villegas e, Ing. German Mendoza Morales por su constante apoyo, su tiempo brindado, por su invaluable y su reconocida experiencia.

Al Ing. Gorki Ascue, por las recomendaciones durante la elaboración de esta investigación.

ÍNDICE

	Pág.
TÍTULO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I	1
1. Planteamiento del Problema	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.3. Formulación del Problema	4
1.3.1. Problema principal	4
1.3.2. Problemas secundarios	4
1.4. Objetivos de la investigación	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Justificación e Importancia de la Investigación	6
CAPITULO II	7
2. Marco teórico	8
2.1. Antecedentes del problema	8
2.2. Bases Teóricas y Científicas	13
2.2.1. Historia del Adobe	13

2.2.2. Estado del Arte en las construcciones con tierra en el Perú	16
2.3. El Adobe	23
2.4. Componentes del Adobe	24
2.4.1. El Suelo	24
2.4.2. El Agua	25
2.4.3. La Paja	25
2.5. Elaboración de Adobes	26
2.5.1. Preparación del Suelo para elaborar Adobes	26
2.5.2. Gaveras	27
2.5.3. Moldeo de los Adobes	29
2.5.4. Tendales	32
2.5.5. Secado y Almacenamiento	33
2.6. Ensayos Básicos de Mecánica de Suelos	33
2.6.1. Ensayos de Campo	33
2.6.2. Ensayos de Laboratorio	37
2.7. Ensayos de Resistencia y Durabilidad	41
2.7.1. Ensayos de Resistencia	41
2.7.2. Ensayos de Durabilidad	44
2.8. Definición de Términos Básicos	49
2.9. Hipótesis de la Investigación	51
2.9.1. Hipótesis general	51
2.9.2. Hipótesis secundarias	51
2.10. Operacionalización de Variables	51
2.10.1. Variable independiente	51

2.10.2. Variable dependiente	51
CAPÍTULO III	54
3. Metodología de la Investigación	55
3.1. Diseño de investigación	51
3.1.1. Tipo de Investigación	51
3.1.2. Nivel de Investigación	51
3.1.3. Métodos de la Investigación	51
3.1.4. Esquema de Investigación	56
3.2. Población y Muestra de la Investigación	57
3.2.1. Población	57
3.2.2. Muestra	57
3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	57
3.3.1. Técnicas	57
3.3.2. Instrumentos	57
CAPITULO IV	59
4. Resultados de la investigación.	59
4.1. Ensayos de Campo	59
4.2. Ensayos de Laboratorio	61
4.2.1. Ensayo de Analisis Granulométrico	61
4.2.2 Límites de Atterberg	63
4.3. Ensayos de Resistencia de Adobes Tradicionales	65
4.3.1 Ensayos de Resistencia a Compresion Simple	65
4.3.2 Ensayos de Resistencia a Flexion o Módulo de rotura	67
4.4. Ensayos de Durabilidad de Adobes Tradicionales	69

4.4.1. Ensayos de Absorción de Agua por Inmersión Total	69
4.4.2. Ensayos de Absorción de Agua por Capilaridad	70
4.4.3. Ensayos de Abrasión Hídrica por Goteo	72
4.5. Análisis granulométrico de la cantera utilizada para la incorporación de arena	73
4.6. Ensayos de Resistencia de los Bloques de Adobes Mejorados	74
4.6.1. Ensayos de Resistencia a Compresión Simple	74
4.6.2. Ensayos de Resistencia a Flexión o Módulo de rotura	76
4.7. Ensayos de Durabilidad de Adobes Tradicionales	80
4.7.1. Ensayos de Absorción de Agua por Inmersión Total	80
4.7.2. Ensayos de Absorción de Agua por Capilaridad	83
4.7.3. Ensayos de Abrasión Hídrica por Goteo	90
4.8. Interpretación de Resultados	93
4.8.1 Ensayos de Resistencia	93
4.8.2 Ensayos de Durabilidad	94
CAPITULO V	98
5. Discusión de Resultados	99
5.1. Discusión de Resultados	99
CAPÍTULO VI	103
6. Conclusiones y Recomendaciones	104
6.1. Conclusiones	104
6.2. Recomendaciones	107
Referencias y bibliografía	109
Anexo I	111
Anexo II	128

RESUMEN

El adobe es uno de los materiales más usados para la construcción de viviendas y más aún para poblaciones de escasos recursos, la falta de recursos hace que muchos maestros constructores empleen sus conocimientos al momento de fabricarlos sin ningún tipo de asesoramiento y sin una guía técnica dando lugar a unidades de albañilería de baja resistencia. Por este motivo la presente tesis pretende buscar la aplicación de una adecuada dosificación del adobe, para mejorar sus propiedades mecánicas y así hacer construcciones más apropiadas y seguras para la habitabilidad del ser humano. Para ello se realizó ensayos de resistencia (compresión simple, flexión o módulo de rotura) y ensayos de durabilidad usando de guía la norma nacional del Reglamento Nacional de Edificaciones RNE y normas internacionales aplicadas en los países de España (UNE), Sri Lanka (SLS) y el Manual de Terreno de Tierra cruda CDT- Chile. La validación de la hipótesis ha resultado comprobada y demostrada con los diferentes ensayos que fueron sometidos los bloques de adobe mejorados.

Esta investigación ha probado que la adecuada dosificación 60% arena y 40% de suelo, mejora las propiedades mecánicas del bloque de adobe llegando a resistencias exigidas tan solo adicionándole arena de río al suelo extraído del Centro Poblado de Pallpancay-San Jerónimo, Cusco.

Con este estudio se propone hacer llegar una mejor información hacia los maestros constructores en adobe, darles algo simple y claro para una buena elaboración y dosificación del adobe, para tener construcciones más seguras, estables y sin técnicas muy elaboradas.

Palabras clave: Adobe, dosificación, propiedades mecánicas, propiedades físicas, viviendas.

ABSTRACT

The Adobe is one of the most used materials for housing construction and even more for low-income populations, the lack of resources makes many master builders use their knowledge at the time of manufacturing without any advice and without a technical guide giving place to low strength masonry units. For this reason, the present thesis seeks to seek the application of an appropriate dosage of the adobe, to improve its mechanical properties and thus make more appropriate and safe constructions for the habitability of the human being. For this purpose, resistance tests (simple compression, bending or modulus of rupture) and durability tests were carried out using the national standard of the National Construction Regulations RNE and international standards applied in the countries of Spain (UNE), Sri Lanka (SLS) and the CDT-Chile Raw Land Terrain Manual. The validation of the hypothesis has been proven and demonstrated with the different tests that were submitted to the improved adobe blocks.

This research has proven that the proper dosage of 60% sand and 40% of soil improves the mechanical properties of the adobe block, reaching the required resistances by adding river sand to the soil extracted from the Pallpancay-San Jerónimo Town Center, Cusco.

With this study it is proposed to provide better information to the master builders in adobe, to give them something simple and clear for a good preparation and dosage of the adobe, to have safer, more stable constructions and without very elaborate techniques.

Keywords: Adobe, dosage, mechanical properties, physical properties, housing.

LISTA DE TABLAS Y CUADROS

	Pág.
Tabla 2.1: Tabla de numeración y abertura de tamices_____	38
Tabla 2.2: Clasificación de suelos según tamaño de partícula_____	40
Tabla 2.3: Clasificación de suelos según su índice de plasticidad_____	41
Tabla 2.4: Especificaciones del Ensayo de Inmersión Total según normas Internacionales_____	45
Tabla 2.5: Especificaciones del Ensayo Absorción por Capilaridad según normas Internacionales_____	46
Tabla 2.6: Operacionalización de variables_____	52
Tabla 3.1: Ficha técnica Ensayo de Análisis Granulométrico_____	58
Tabla 3.2: Ficha técnica Ensayo de Compresión Simple_____	58
Tabla 3.3: Ficha técnica Ensayo de Flexión o Modulo de Rotura_____	58
Tabla 4.1: Ensayos de Campo del suelo del C.P Pallpuncay_____	60
Tabla 4.2: Análisis granulométrico del suelo del C.P Pallpuncay_____	62
Tabla 4.3: Límite Líquido y Límite Plástico del suelo del C.P Pallpuncay_____	64
Tabla 4.4: Resistencia a la Compresión Simple de los Adobes hechos por los pobladores de sitio _____	66
Tabla 4.5: Resistencia a la Flexión o Módulo de Rotura de los Adobes hechos por los pobladores de sitio_____	67
Tabla 4.6: Ensayo de Absorción de Agua por Inmersión Total de los Adobes hechos por los pobladores de sitio_____	69
Tabla 4.7: Ensayo de Absorción de agua por Capilaridad de los Adobes hechos por los pobladores de sitio_____	70
Tabla 4.8: Ensayo de Abrasión Hídrica por Goteo de los Adobes hechos por los pobladores de sitio _____	72

Tabla 4.9: Análisis granulométrico del Hormigón de la Cantera de Pisac	73
Tabla 4.10: Resistencia a la Compresión Simple de los Adobes en su 1ra Dosificación	74
Tabla 4.11: Resistencia a la Compresión simple de los Adobes en su 2da Dosificación	75
Tabla 4.12: Resistencia a la compresión simple de los Adobes en su 3ra Dosificación	76
Tabla 4.13: Resistencia a la flexión o Modulo de Rotura de los Adobes mejorados en su 1ra Dosificación	77
Tabla 4.14: Resistencia a la flexión o Modulo de Rotura de los Adobes mejorados en su 2da Dosificación	78
Tabla 4.15: Resistencia a la flexión o Modulo de Rotura de los Adobes mejorados en su 3ra Dosificación	79
Tabla 4.16: Ensayo de absorción de Agua por Inmersión Total de los adobes mejorados en su 1ra Dosificación	80
Tabla 4.17: Ensayo de absorción de Agua por Inmersión Total de los adobes mejorados en su 2da Dosificación	81
Tabla 4.18: Ensayo de absorción de Agua por Inmersión Total de los adobes mejorados en su 3ra Dosificación	82
Tabla 4.19: Ensayo de absorción de agua por Capilaridad de los adobes mejorados en su 1ra Dosificación	83
Tabla 4.20: Ensayo de absorción de agua por Capilaridad de los adobes mejorados en su 2da Dosificación	83
Tabla 4.21: Ensayo de absorción de agua por Capilaridad de los adobes mejorados en su 3ra Dosificación	83
Tabla 4.22: Ensayo de Ascensión Capilar de los adobes mejorados en su 1ra Dosificación	84

Tabla 4.23: Ensayo de Ascensión Capilar de los adobes mejorados en su 2da Dosificación	86
Tabla 4.24: Ensayo de Ascensión Capilar de los adobes mejorados en su 3ra Dosificación	88
Tabla 4.25: Ensayo de Abrasión Hídrica por goteo de los adobes mejorados en su 1ra Dosificación	90
Tabla 4.26: Ensayo de Abrasión Hídrica por goteo de los adobes mejorados en su 2da Dosificación	91
Tabla 4.27: Ensayo de Abrasión Hídrica por goteo de los adobes mejorados en su 3ra Dosificación	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1: Biblioteca de Alejandría, Egipto_____	14
Figura 2.2: Fujian Tulou, China_____	15
Figura 2.3: La Gran Muralla, China_____	15
Figura 2.4: Pirámides del Sol Teotihuacán, México_____	16
Figura 2.5: Bóvedas Mortuorias de Ramsés II, Egipto_____	16
Figura 2.6: Sechin Alto adobes cónicos, Ancash_____	17
Figura 2.7: Centro ceremonial Cahuachi, Ica_____	17
Figura 2.8: Huaca Pucllana, Lima_____	18
Figura 2.9: Cajamarquilla, Lima_____	19
Figura 2.10: Ciudadela de Chan Chan, Trujillo_____	20
Figura 2.11: Centro Arqueológico de Racchi, Cusco_____	21
Figura 2.12: Casona del Oidor-Lima_____	22
Figura 2.13: Elaboración artesanal de bloques de adobe_____	24
Figura 2.14: Preparación del suelo para la elaboración de adobes_____	26
Figura 2.15: Moldeado del suelo para la incorporación de paja_____	27
Figura 2.16: Elaboración del adobe con Gaveras sin Fondo_____	28
Figura 2.17: Elaboración del adobe con Gaveras con Fondo_____	28
Figura 2.18: Moldeado de los Adobes_____	30
Figura 2.19: Utilización de gaveras con fondo_____	30
Figura 2.20: Colocación de la masa en gavera sin fondo_____	31
Figura 2.21: Desmoldamiento del Adobe_____	31
Figura 2.22: Tendales para el secado del Adobe_____	32

Figura 2.23: Almacenamiento de los adobes fabricados	33
Figura 2.24: Elaboración para la Prueba de la bolita o Resistencia Seca	36
Figura 2.25: Prueba de la bolita o Resistencia Seca	36
Figura 2.26: Esquema del ensayo a Compresión Simple	42
Figura 2.27: Esquema del ensayo a Flexión	42
Figura 2.28: Ensayo a Flexión a tres puntos de apoyo	43
Figura 2.29: Esquema del Ensayo a Inmersión Total	44
Figura 2.30: Esquema del Ensayo de Absorción de Agua por Capilaridad	46
Figura 2.31: Esquema del Ensayo de Abrasión Hídrica por Goteo	48
Figura 2.32: Baldosas de tierra de dimensiones especificadas	48
Figura 3.1: Esquema Diseño de Investigación	56
Figura 4.1: Esquema del ensayo ascensión capilar en un bloque de adobe	71
Figura 4.2: Esquema del ensayo Ascensión Capilar en un bloque de Adobe en la 1ra Dosificación	85
Figura 4.3: Esquema del ensayo Ascensión Capilar en un bloque de Adobe en la 2da Dosificación	87
Figura 4.4: Esquema del ensayo Ascensión Capilar en un bloque de Adobe en la 3da Dosificación	89

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
COBE	: Construcción con Bloques Estabilizados.
ININVI	: Oficina de Investigación y Normalización de la Vivienda.
Kg-F	: Kilogramo-Fuerza.
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel del mar.
M.V.C	: Ministerio de Vivienda y Construcción.
N.T. P	: Norma Técnica Peruana.
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials.
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
(mm)	: milímetros.
R.N. E	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
P.U.C. P	: Pontificia Universidad Católica del Perú.
SENCICO	: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria y la Construcción.
UNI	: Universidad Nacional de Ingeniería.
UNSA	: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
UNSAAC	: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de investigación titulada “**Dosificación Arena-Suelo en la Elaboración de Bloques de Adobes Mejorados usando el Suelo Procedente del Centro Poblado Pallpancay –San Jerónimo, Cusco**” tiene como objetivo general Determinar la dosificación arena-suelo para obtener un adobe mejorado que ante las pruebas de resistencia y durabilidad pueda incrementar las propiedades mecánicas de un adobe tradicional.

Se evaluó las propiedades mecánicas de los adobes tradicionales hecho por los pobladores, ya que será nuestro patrón de comparación para la realización de adobes mejorados empleando únicamente arena del hormigón de la cantera de Pisac.

Para responder las preguntas planteadas y los objetivos de la presente investigación se planteó VI capítulos.

Capítulo I, Planteamiento del problema, se desarrollan conceptos de la realidad problemática, delimitación de la investigación, problemas de la investigación, objetivos de la investigación, e hipótesis de la investigación.

Capítulo II, Marco Teórico, se desarrollan conceptos previos como los antecedentes de la investigación en el Mundo, en el Perú y en el Cusco, las bases teóricas como: Historia del adobe y el estado de arte en las construcciones con tierra en el Perú como también las bases científicas que sustentan el trabajo de investigación.

Capítulo III, Metodología de la investigación, contiene el diseño de la investigación, población, muestra, técnicas, instrumentos, justificación e importancia de la investigación.

Capítulo IV, Resultados de la investigación, describe los resultados de los, ensayos de campo (prueba del color, dental, olfativa, brillo, cinta de barro y resistencia seca), ensayos de laboratorio como Análisis granulométrico, Limite Líquido y Limite Plástico ensayos de resistencia tanto para un adobe tradicional como para el adobe mejorado (compresión simple y a flexión) y ensayos de durabilidad para un adobe tradicional y un adobe mejorado (absorción de agua por inmersión total, absorción de agua por capilaridad y abrasión hídrica por goteo).

Capítulo V, Discusión de resultados, se refiere descripción, comprobación y discusión de los resultados y procedimientos con los de otros autores.

Capítulo VI, Conclusiones y Recomendaciones, que se logran en el desarrollo del presente trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El adobe como material de construcción, para uso habitacional ha sido utilizado por miles de años.

El año 2013 señala que 14 millones 441 mil 645 peruanos, casi el 50% de la población nacional, habitan en viviendas cuyas paredes están hechas de adobe, quincha, madera y esteras. Esta considerable cantidad de peruanos vive en unos 3 millones 688 mil 452 casas (el 47,1% del total en el Perú) fabricadas con los materiales antes mencionados (INEI, 2014)

La utilización del adobe representa una alternativa viable para resolver el problema de la falta de vivienda, a través de la propuesta de una casa auto construible de bajo costo. En los últimos 25 años se han registrado avances muy importantes para mejorar las edificaciones de adobe. Sin embargo, a pesar de ello, se sigue construyendo con las virtudes y defectos tradicionales y, ciertamente con ausencia de dirección técnica (Ramirez, 2006, pág. 21).

La tecnología del adobe es de carácter popular y ancestral. La construcción con adobe contiene por lo tanto una dosis importante de conocimientos populares, cierta sabiduría que refleja una respuesta a los desafíos del medio ambiente en que se vive, transmitida de una generación a otra, que se expresa en costumbres y en la manera de hacer las cosas (Urbano, 2001, pág. 9).

Las alternativas y estudios se enfocaron más en el comportamiento de las viviendas de adobe ante un sismo, dando soluciones y nuevas técnicas para contrarrestar todos estos efectos causados, pero no en dar una buena dosificación en la elaboración del bloque de adobe para llegar a resistencia que exigen las normas y así también para contrarrestar el desgaste de la masa ocasionado por la acción del intemperismo.

Una característica en la construcción del adobe es que han sido edificadas por autoconstrucción, sin contar con una asistencia técnica competente; los maestros constructores no suelen estar en condiciones de sufragar costos de esa naturaleza y consecuentemente, es muy frecuente observar que estas presentan errores tanto constructivos como en su dosificación adecuada.

La región del Cusco, según estadísticas del INEI del año 2007, tiene el 36% de población urbana y el 62% de población rural habitando en una vivienda de adobe es por este motivo que es necesario plantear una alternativa de solución para una buena elaboración, dosificación, y manejo del adobe como unidad de albañilería.

Pero donde las carencias de información y capacitación son más notables es a nivel de usuarios; las construcciones nuevas en adobe continúan siendo realizadas espontáneamente, generalmente por autoconstrucción, sin tomar previsiones de ningún tipo, ello ocurre tanto en zonas rurales como en urbanas.

Usualmente cuando se trata de moldear adobes comunes, se suele incorporar la paja picada al suelo para controlar el fisuramiento del adobe ,pero no se trata solo de la incorporación de la paja sino de una adecuada dosificación entre sus componentes, en la mayoría de informes, folletos y charlas comúnmente nos dan un porcentaje por cada componente, pero para la aplicación en campo y por un maestro constructor es difícil descifrarlo y solo opta moldearlos con los conocimientos transmitidos por sus antepasados.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- Espacial: El presente estudio está ubicado en el Centro Poblado Pallpancay, distrito de San Jerónimo, provincia del Cusco, departamento del Cusco en el país del Perú.
- Social: Este trabajo está dirigido a la población carente de recursos para construir sus viviendas con material noble, así como estudiantes, técnicos y profesionales que tengan la oportunidad de proyectar o construir con adobe, para tener una información clara y precisa en la elaboración de bloques de Adobe, sin complicar el proceso de fabricación.
- Temporal: El presente trabajo inicia el año 2016 y culmina el 2017
- Conceptual: Este trabajo está referido a la investigación y determinación de la adecuada dosificación arena-suelo en la elaboración del adobe, el trabajo tiene como objetivo dar a conocer mediante ensayos de laboratorio la mejor

dosificación usando el suelo del Centro Poblado Pallpancay–San Jerónimo, Cusco.

Los ensayos a realizar serán:

- ✓ Resistencia por Compresión Simple
- ✓ Flexión (módulo de rotura).
- ✓ Granulometría.
- ✓ Índices de plasticidad-Límites de Atterberg.
- ✓ Absorción de agua por capilaridad de diseño.
- ✓ Inmersión total.
- ✓ Abrasión hídrica por goteo.

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL

¿En qué medida la dosificación arena-suelo proporcionara un adobe mejorado que ante las pruebas de resistencia y durabilidad pueda incrementar las propiedades mecánicas de un adobe tradicional?

1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS

1.3.2.1 Primer Problema

¿Cómo la adecuada dosificación arena-suelo mejora la resistencia al esfuerzo de compresión en un adobe mejorado frente a un adobe tradicional?

1.3.2.2 Segundo Problema

¿Cómo la adecuada dosificación arena-suelo mejora la resistencia al esfuerzo de flexión en un adobe mejorado frente a un adobe tradicional?

1.3.2.3 Tercer Problema

¿Cuál de las dosificaciones arena-suelo se comporta mejor ante las pruebas de durabilidad en un adobe mejorado?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la dosificación arena-suelo para obtener un adobe mejorado que ante las pruebas de resistencia y durabilidad pueda incrementar las propiedades mecánicas de un adobe tradicional.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.4.2.1 Primer Objetivo

Determinar la adecuada dosificación arena-suelo a fin de mejorar la resistencia al esfuerzo de compresión en un adobe mejorado frente a un adobe tradicional.

1.4.2.2 Segundo Objetivo

Determinar la adecuada dosificación arena-suelo a fin de mejorar la resistencia al esfuerzo de flexión en un adobe mejorado frente a un adobe tradicional.

1.4.2.3 Tercer Objetivo

Identificar cuál de las dosificaciones arena-suelo se comporta mejor ante las pruebas de durabilidad.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio de investigación se justifica por la necesidad de proporcionar a la región del Cusco información sobre el comportamiento de una óptima dosificación en la elaboración de bloques de adobe.

El presente trabajo busca principalmente mejorar el comportamiento del adobe ante los ensayos de resistencia como también a los efectos producidos por la intensa precipitación pluvial, oscilaciones de temperatura y humedad en otras palabras busca mejorar resistencia a los ensayos de durabilidad, de modo que puedan tomarse como referencia los resultados de esta investigación y con ello mejore la calidad y la seguridad en la construcción de viviendas de adobe.

La importancia de la investigación radica que, con la aplicación de una buena dosificación, se obtiene una mejor elaboración del adobe con un adecuado comportamiento en comparación a adobe tradicional. Ello es posible debido a las adecuadas proporciones que se obtendrá mejorando su comportamiento mecánico y físico.

Así mismo la importancia de esta investigación, radica en que contribuirá a orientar a las familias y a la sociedad en la prevención e implementación de medidas adecuadas; así como llegar a conclusiones valiosas y aportes que podrán ser tomadas en consideración por investigaciones futuras

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2 MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

2.1.1. EN EL MUNDO:

2.1.1.1 TITULO: “Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con los suelos procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba” presentado por: (Saroza , Barroso I, Menendez J, & Rodriguez M, 2008); donde llegan a las siguientes conclusiones:

- a) Según se ha podido constatar en la bibliografía consultada (1-7), no existe consenso a la hora de recomendar los porcentajes de arena y arcilla que debe presentar el adobe para construcción. No obstante, sí parece haber consenso en que el porcentaje de arcilla existente en el suelo debe ser siempre superior al 15% para que la mezcla del adobe tenga suficiente cohesión.
- b) Los suelos S1 a S6 han ofrecido resistencias a compresión simple superiores a 1 MPa (10 kg/cm²), dándose la circunstancia de que todos ellos tienen un contenido de arena superior al 50%. Además, en todos los casos se trata de suelos “SC” según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
- c) Los suelos S1 a S6 son en todos los casos aptos para la elaboración de adobes con fines constructivos. No obstante, es aconsejable añadirles una cantidad de fibra orgánica en una relación volumétrica suelo/fibra orgánica de 4, pues es la que en todos los casos ha conferido al adobe la mayor resistencia a compresión.
- d) Podemos decir que los suelos S7 a S12 no son aptos para la elaboración de adobes, mientras se mantengan las proporciones originales de sus fracciones granulométricas. Esto es debido a que, o bien no se alcanzan las resistencias adecuadas, o bien se fisuran en exceso.

- e) Los suelos S7 a S12 tienen como característica común que ninguno de ellos alcanza el porcentaje de arena del 50 %. No es aconsejable utilizar estos suelos para la elaboración de adobe para construcción. El motivo de la excesiva fisuración de los suelos S7 a S10 ha sido debido, no cabe duda, el escaso contenido de arena presente en la mezcla.
- f) Tomando como base los suelos S7 a S12 se han elaborado nuevas mezclas de suelo, S7i a S12i, mediante la adición de arena, con la característica común de que en todas ellas el contenido de arena sea del 50%. Para estas nuevas mezclas se ha superado en todos los casos la resistencia a compresión simple de 1 MPa (10 kg/cm²), salvo para el suelo S7i, en el que sólo se ha superado dicho valor para una relación volumétrica suelo/fibra orgánica de 4.
- g) Se ha puesto de manifiesto que, aun cuando los suelos inicialmente no puedan ser utilizados para la elaboración de adobe, se puede mejorar su comportamiento mecánico mediante la adición de arena, alcanzando al menos un porcentaje del 50% de la misma, y siempre que el contenido de arcilla sea adecuado.

2.1.1.2 TITULO: “Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción” presentado por: (Cid Falceto, 2012) de la Universidad Politécnica de Madrid-España ; donde llega a las siguientes conclusiones:

- a) Los bloques comercializados en España se caracterizan:
 - Bloque P: Se trata de un bloque sin estabilizar que no cumple con las exigencias internacionales del ensayo de erosión por pulverizado de agua a presión. Es un bloque apto al ensayo de erosión por caída de agua. Se trata de un BTC que no puede someterse a los ensayos por capilaridad e inmersión total al descomponerse cuando se sumergen en agua. Absorbe 1.5ml en 30 min (mediante tubo de Carsten). Debe utilizarse en parámetros interiores o en exterior si se le aplica una capa de protección.

- Bloque B: Es un adobe estabilizado que cumple con las exigencias internacionales propuestas en los ensayos de erosión (pulverizado de agua a presión y caída de agua). Por su coeficiente de absorción se trata de un bloque débilmente capilar ($C_b=6$) y de baja higroscopicidad ($0.8 \text{ kg/m}^2\cdot\text{min}$). Absorbe 2.5 ml en 30 min (mediante el tubo de Carsten). Absorción total(W_s) del 12%
 - Bloque C: es un bloque estabilizado que cumple con las exigencias de la norma NZS 4298 mientras que es vulnerable a las condiciones de ensayo según normas IS 1725 y SLS 1382, para el ensayo de erosión por pulverizado de agua a presión. Bloque apto a los ensayos de erosión y caída de agua. Por su coeficiente de absorción se trata de un bloque poco capilar ($C_b= 23$) y no es un bloque de baja higroscopicidad ($4.6 \text{ kg/m}^2\cdot\text{min}$). Absorción total (W_s) del 44%. Tiene limitaciones de uso en parámetros exteriores por su alta absorción de agua.
- b) El ensayo de erosión por caída de agua es un método válido para cuantificar la erosión en los bloques de tierra sin estabilizar. Con este ensayo no es posible diferenciar el comportamiento de BTC con diferente grado de estabilizante. Todos los bloques ensayados (P, M, C) son aptos.
- c) El ensayo de absorción de agua por capilaridad únicamente es válido para su aplicación en bloques de tierra estabilizados. Este procedimiento no permite ensayar los bloques P al descomponerse cuando son sumergidos en agua 5mm.
- d) Los bloques ensayados guardan la siguiente relación de absorción por capilaridad según el coeficiente “ C_b ”: Bloque M < Bloque C

2.1.2. EN EL PERU:

2.1.2.1 TÍTULO: “Elaboración de unidades de albañilería hechas a base de suelo –cemento con materia prima proveniente del AA.HH Alejandro Von Humboldt-Paucarpata” presentado por (Vilcapaza Cuayla, 2012) de la Universidad Nacional San Agustín-Arequipa ; donde llega a las siguientes conclusiones:

- a) Tras realizarse los ensayos que nos permiten la clasificación de las unidades como variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión las unidades de suelo cemento según la norma “E-070 Albañilería” las unidades de suelo-cemento elaboradas en la presente tesis clasifican como:

CLASIFICACIÓN LADRILLO SUELO-CEMENTO SÓLIDO	
Tipo de Unidad	Clase
Ladrillo SC - 10%	III
Ladrillo SC - 15%	IV
Ladrillo SC - 20%	IV

CLASIFICACIÓN LADRILLO SUELO-CEMENTO CON PERFORACIONES	
Tipo de Unidad	Clase
Ladrillo SC - 10%	II
Ladrillo SC - 15%	III
Ladrillo SC - 20%	IV

- b) El ensayo de absorción muestra que a mayor cantidad de cemento utilizado en la elaboración de las unidades de suelo-cemento la absorción disminuye. La absorción de las unidades con perforaciones es mayor a las unidades de suelo-cemento sólido.
- c) La succión para las unidades de suelo-cemento sólido varía de 63.4 a 68.9g y para las unidades con perforaciones de 68 a 75g, en ambos casos las unidades elaboradas con 20% de cemento presentan los valores más bajos, en cambio las unidades construidas con 5% de cemento presentan una succión superior.
- d) A mayor cantidad de cemento utilizado en la fabricación de las unidades de suelo-cemento, estas tienen un mejor comportamiento ante la abrasión

(erosión), en todos los casos las unidades presentaron un coeficiente de resistencia a la abrasión mayor a 7 cm²/g.

- e) El empleo de un mayor contenido de cemento en la mezcla mejora las propiedades de las unidades, en cambio el uso de un mayor contenido de agua afecta la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de las unidades de suelo-cemento.
- f) El coeficiente de absorción capilar para las unidades de suelo-cemento sólido varía de 27.14 a 28.50 y para las unidades con perforaciones de 29.6 a 31.6, en todos los casos es menor al valor de 40 establecido en la norma, clasificando como bloques poco capilares.
- g) La resistencia de compresión de los prismas elaborados con las unidades sólidas es superior al de las unidades con perforaciones. Los prismas elaborados con unidades de suelo-cemento al 5% presentan valores inferiores al de los ladrillos de arcilla artesanal.

2.1.3. EN EL CUSCO:

2.1.3.1 TÍTULO: “Evaluación de las Propiedades físicas y mecánicas del adobe de Miska-Paruro (Sismo, Cusco Setiembre del 2014”. Presentado por (Huanca Arotaype, 2016) de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco donde llega a las siguientes conclusiones:

- a) La granulometría calculada en los ensayos de laboratorio no corresponde a los requerimientos dados por la Norma E 080 ADOBE. (Arcilla: 10-20%, Limo 15-25%, Arena 55-70%) el material estudiado tiene un % Finos (limo y arcilla) de 13.12, muy por debajo de lo que pide la norma E 080 y arena con un porcentaje de 70.2% que si cumple con la Norma E 080 y gravas en un 16.68%, la corresponde según la clasificación SUCS, como un material de tipo arena grava-arcillosa.

- b) El resultado de los ensayos de compresión simple de los bloques de adobe dio valores muy bajos de orden de 4.23 kg/cm², valores muy por debajo de lo que especifica la Norma E 080 ADOBE (12 kg/cm²).se pudo observar que todas las fallas fueron de tipo frágil.
- c) El ensayo de Modulo de Rotura en los especímenes estudiados dan como resultado un valor de 1.51 kg/cm², lo cual es inferior a 1/5 del ensayo de compresión simple, es decir al valor de 2.4 kg/cm² aproximadamente para un adobe que resiste 12 kg/cm² a compresión simple según Francisco Mingarro Martin mediante el (ENSAYO BRASILEÑO).
- d) No se logró realizar objetivamente el ensayo de absorción de agua por inmersión total, debido a que la muestra a los 10 min comenzó a fallar bruscamente con desmoronamiento casi total de la muestra a los 30 min de sumergida la muestra, esto demuestra la susceptibilidad del adobe al contacto con agua.
- e) Del ensayo de abrasión hídrica por goteo, se concluye que el tiempo que demora en fallar la muestra fue de 190 min en promedio de las muestras ensayadas. Con el consecuente debilitamiento y ruptura en algunas de las muestras debido a la absorción capilar en los especímenes.

2.2 BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS.

2.2.1. HISTORIA DEL ADOBE¹

Casi desde el inicio de la historia de las civilizaciones, el hombre ha utilizado la tierra arcillosa para construir. Es un principio inmediato, que fue adoptado en el momento que el hombre decidió asentarse permanente en un territorio. No siempre se disponía de madera, o de piedra de fácil trabajar para la construcción seca. He aquí la necesidad de utilizar un aglomerante que fuera capaz de unir piedras uniformes y de diversidad de

¹ Mg. Arq. Filiberto Ramírez García; “El Adobe” Peru-2015

tamaños, o de dar, de algún modo, mayor solidez y resistencia a las construcciones vegetales.

Los primeros vestigios de construcción en tierra datan del Neolítico (6.000-10.000 años de antigüedad), y están situados en Mesopotamia entre el Tigris y el Éufrates. Según los estudios arqueológicos se evolucionó hasta la construcción de edificios emblemáticos como la Torre de Babel, la Biblioteca de Alejandría, o muchos de los edificios de la propia Babilonia.

Todas las culturas antiguas utilizaron la tierra no solo en la construcción de viviendas sino también en fortalezas, obras religiosas, monumentos, edificios agrícolas etc.



Figure 2.1 Biblioteca de Alejandría, Egipto (fuente Miguel A. Figueiras Giménez)

Tipos de viviendas rurales o fortificaciones llamadas Fujian Tulou en China que fueron construidas en su mayoría entre los siglos 12 y 20. Suelen ser unos grandes edificios de tierra apisonada con una configuración rectangular o circular alrededor de un patio central, de tres y cinco pisos de altura. La Gran Muralla China se construyó hace 4000 años, inicialmente casi toda en tierra apisonada y posteriormente fue revestida con piedras naturales y ladrillos, dándole la apariencia de una muralla de piedra.



Figure 2.2 Fujian Tulou, China (fuente Wikipedia)



Figure 2.3 La Gran Muralla China, China (fuente Wikipedia)

Lo mismo podemos decir para la Pirámide del sol en Teotihuacán, México (construida entre los años 300 -900), donde el núcleo está constituido por 2 millones de toneladas de tierra apisonada. En los climas secos donde la madera es escasa, se desarrollaron en el transcurso de los siglos técnicas de mampostería para la construcción de cúpulas, mediante las cuales es posible techar las edificaciones prescindiendo de cimbra. Las bóvedas del Templo mortuario de Ramses II en Gournah, Egipto (está construido en adobe hace más de 3000 años) y el Bazar de Sirdjan en Irán cubierto con ese tipo de cúpulas y bóvedas representan un ejemplo.



Figure 2.4 Pirámide del Sol Teotihuacán, México (Fuente Arkiplus)



Figure 2.5 Bóvedas Mortuorias de Ramsés II, Egipto (Fuente Zonaforo Meristation)

2.2.2 ESTADO DEL ARTE EN LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA EN EL PERU²

2.2.2.1 Época Prehispánica.

El uso de la tierra en la construcción se inicia en el Perú en el periodo pre cerámico, al emplearse como argamasa, para unir piedras campestres más adelante alrededor del 2000 a.c. En el formativo se empleará esta tierra en la fabricación de adobes, posiblemente para reemplazar en forma directa a las piedras.

Este elemento innovador evolucionara en cuanto a formas y dimensiones permitiendo la edificación de múltiples formas arquitectónicas los diversos tipos de adobes utilizados a lo largo de la historia de nuestra cultura son:

² Mg. Arq. Filiberto Ramírez García; “El Adobe” Peru-2015

2.2.2.1 Periodo Formativo Inferior (2000-1200 a.c)

Adobe Cónico: colocados en disposición horizontal con la punta hacia adentro para formar los perfiles externos.

Sitios: Sechin, Moxeque, Punkuri.

Casma –Ancash

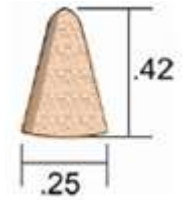


Figure 2.6 Sechin Alto adobes cónicos, Ancash (Fuente Serie Arqueológica N° 12)

Adobe Cilíndrico:

Sitio: Flanco o este del cerro Sechin

Casma-Ancash

Cahuachi-Ica

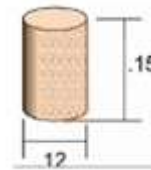


Figure 2.7 Centro ceremonial Cahuachi, Ica (Fuente Adivine Gavazzi)

2.2.2.3 Período Formaciones Regionales (100-800 d.C)

- Adobe paralelepípedo: Colocados alternadamente en forma longitudinal y transversal para obtener una estructura compacta.

Se habrían utilizado moldes de caña

- Adobitos: colocados en fila como libros en un estante sobre dos hiladas colocados en soga, formando parámetros anchos y sólidos que deberían contener el relleno de tierra, grava y cantos rodados, para lograr la elevación de volúmenes piramidales.

Sitios: Huaca Pucllana o Juliana –Lima

Huaca Aramburu-Lima

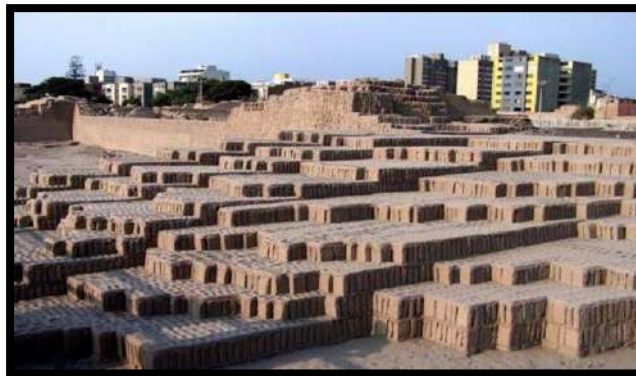
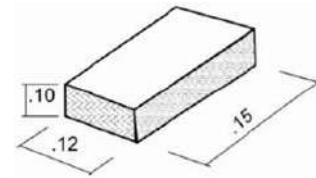
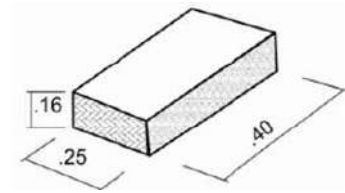


Figure 2.8 Huaca Pucllana, Lima (Fuente mirafloresperu.com)

- Adobes Dentiformes: hechos a mano, en forma de cilindro de barro, que luego apoyado sobre el suelo se adelgaza en la parte superior tomando forma de diente. Su altura variable tiene un promedio de 35 cms. Se encuentra en las edificaciones de las culturas arcaicas Proto-Nazca y Proto-Chimú.
- Esféricos: hechos a mano, de forma tosca e irregular, con un diámetro de 20 cms. Se le encuentra en muros rudimentarios con fuerte talud.

- **Semiesféricos:** hechos a mano, en forma de bola que luego es dejada caer sobre el suelo para que seque en el sitio. Tan antiguo como el anterior se le ha encontrado en ruinas en la localidad de Lambayeque

2.2.2.4 Periodo Formaciones Urbanas –Cultura Wari (800-1200 d.C)

Adobones: Barro apisonado en gaveras de madera, cuando se ha secado es trasladado al sitio de la edificación.

Sitio: Cajamarquilla –Lima

Cajamarquilla sirvió como un importante centro comercial durante la llamada cultura Lima y posteriormente durante la cultura

Ychsma. Se comenzó a construir hacia fines del periodo Intermedio Temprano y fue desocupada a fines del Intermedio Tardío, aunque parece haber estado desocupada durante el Horizonte Medio: cambios climáticos y desastres naturales (terremotos, entre otros) llevó a su abandono varios cientos de años antes de la conquista española. Situado en lo que era un fértil valle en la principal ruta comercial entre el Altiplano de los Andes y las comunidades de la costa del Pacífico, Cajamarquilla se convirtió en un centro cultural, religioso y comercial. Es una gran ciudad con edificios tanto de forma rectangular como piramidal construidos con adobe; es posible observar los restos de templos, calles anchas, plazas ceremoniales, terrazas, cementerios, silos subterráneos de grano, canales y numerosos recintos y edificios cuyo uso no se conoce y que están bastante deteriorados por los terremotos.

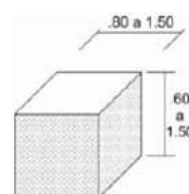
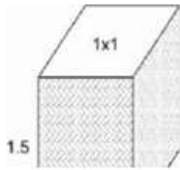


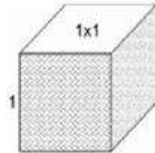
Figure 2.9 Cajamarquilla, Lima (Fuente mirafloresperu.com)

2.2.2.5 Periodo Formaciones Señoriales-Cultura Chimú (1200-1440 d.C)

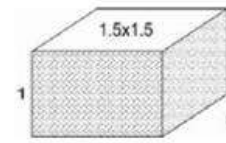
Adobes Altos



Adobes de sección cuadrada



Adobes Planos



La ciudadela de Chan Chan (del quingnam *Chan-Chan*, "Sol resplandeciente") es una ciudad precolombina de adobe, construida en la costa norte del Perú por los chimús. Es la ciudad construida en adobe más grande de América y la segunda en el mundo. Se ubica al noroeste del área metropolitana de Trujillo entre los distritos de Trujillo y Huanchaco. Fue declarada como Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en 1986 e incluida en la Lista del Patrimonio de la Humanidad en peligro en el mismo año.

Chan Chan está formado por nueve ciudadelas o pequeñas ciudades amuralladas. Todo el conjunto fue la capital del reino Chimor, organización estatal de la cultura Chimú.



Figure 2.10 Ciudadela de Chan Chan-Trujillo (Fuente historiaperuana.pe)

2.2.2.6 Periodo del Imperio Incaico –Cultura Inca (1400-15350 d.C)

Frente a la inexistencia de canteras en la costa central el Tawantinsuyo construyó con adobes, absorbiendo así la mano de obra de los territorios conquistados.

Se emplearán moldes y se le agregara paja o valvas de moluscos trituradas para darle mayor consistencia al material.

Dimensiones: .50 x .30 x .15

Sitios: Uqira (Cañete)

Tambo Colorado (Pisco)

Puruchuco (Lima)

En la sierra el adobe será un material secundario y se empleará en hastiales (fachada terminada por las dos vertientes de un tejado) siempre sobre muros de piedra.

Dimensiones: .45 x 1.10 x .10 - .30 x .06 x .12

Sitios: Racchi (Cusco)

Pisac (Cusco)

La estructura más importante del sitio arqueológico de Racchi es el Templo de Viracocha, una enorme estructura rectangular de dos pisos que mide 92 metros de largo por 25.5 de ancho.² La estructura la compone una pared central de adobe de entre 18 y 20 metros de altura, con una base de piedra andesita. Cuenta con ventanas y puertas, está flanqueada a ambos lados por una hilera de 11 columnas circulares con la parte inferior en piedra y la superior en barro.

Antes de su destrucción por los españoles, el templo tenía lo que se cree, el mayor techo en el Imperio incaico, teniendo su cúspide en la pared central que se extiende sobre las columnas y unos 25 metros (82 pies) más allá de cada lado. Las grandes proporciones del templo, y su prominencia en el sitio explican por qué a todo el complejo también se denomina como el Templo de Viracocha



Figure 2.11 Centro Arqueológico de Racchi (Fuente Arql. Lizardo Tavera Vega)

2.2.2.7 Época Virreinal y Republicana

El ladrillo crudo era empleado en España y en las tierras moriscas, aquí junto a los pobladores nativos, los españoles, renovaron la tecnología agregando a los bloques de tierra estiércol de animales y paja cortada. Los muros de adobe, durante el Virreinato y los primeros años de la República, descansaban en cimientos y sobrecimientos de piedra de río y barro. En algunos casos encima del sobrecimientos venía un solado de ladrillo denominado “verdugado”. Para proteger de la humedad a la parte baja de los muros se les recubría con alquitrán, costumbre que perduró hasta principios del siglo XIX. El revestimiento de los muros era con barro y luego blanqueados con cal. En la sierra se incorporan, a la tradición indígena, los conceptos occidentales como la inclusión de piezas de madera para reforzar estructuralmente los muros de adobe. Los adobes medían de 0.40 a 0.60 m. de longitud; 0.20 a 0.30 m. de ancho y de 0.10 a 0.15 m. de altura. Los fuertes terremotos que sacuden especialmente la costa, condicionaron los sistemas constructivos introduciendo el sistema constructivo de “quincha” consistente en la unión de madera y caña recubierta de barro, generalizándose su uso en el siglo XVIII para los segundos niveles, en la mayoría de los casos, manteniendo el primer piso de adobe.



Figure 2.12 Casona del Oidor-Lima (Fuente Juan L. Orrego Penagos)

2.3 EL ADOBE

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E. 080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, actualizada el 07 de abril del 2017 define al adobe como una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja y arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.

La antigua norma E.080 promulgada el 23 de mayo del 2006 define a un adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes de arcilla 10% a 20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiendo utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y solo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más del 12% del área bruta de esta cara. (Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, 2006, pág. 224)

“Se define al adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, está compuesto de suelo y arena. Estos materiales mezclados con agua, adquieren una forma más fluida que permite volcarla en formas de madera con las dimensiones adecuadas. Cuando parte del agua se evapora, el adobe es capaz de sostenerse por sí mismo. Es entonces cuando se remueve la forma, completándose su secado al sol” (Pardiñas, Zamora, & Perez, 2016).

ADOBE = ARENA + FINOS + AGUA



Figure 2.133 Elaboración artesanal de bloques de Adobe (Fuente: Habitación y Desarrollo)

2.4 Componentes del Adobe³

2.4.1. El Suelo

Los suelos son por definición el material que se localiza en las capas superficiales de la corteza terrestre en donde nacen, crecen y se reproducen animales y vegetales, resultado de la desintegración de las rocas a través del tiempo, afectados por los fenómenos naturales y la vida animada que se da en la superficie.

La superficie terrestre está dividida en diferentes capas llamadas horizontes, como son: horizonte A, suelo superficial de material desintegrado; horizonte B, bajo suelo; y por último horizonte C, roca madre (zona de material primario).

La tierra de los horizontes A y B serán las que se utilicen en la fabricación de adobes, por lo tanto, es importante conocer su contenido de arenas, limos y arcillas con lo que estaremos en la posibilidad de conocer su comportamiento.

Elaborar adobes de buena calidad implica como primer paso una adecuada selección de suelos. Para tal fin existen un conjunto de ensayos de laboratorio y una serie de pruebas de campo. Los primeros tienen mucha seguridad en relación con el suelo escogido y puede orientar todo el siguiente proceso de preparación de adobes.

³ Urbano Tejeda Schmidt; Apuntes para el diseño y construcción con Adobe, Perú 2001

- Arenas: Son granos minerales, aunque estas no poseen cohesión por secas, sin grandes desplazamientos entre las partículas que las componen, pero con una fuerte fricción interna.
- Limos: No tienen cohesión por ser secos y con una resistencia a la fricción menor que las arenas, pero en presencia de agua su cohesión aumenta, además de tener variaciones en volumen debido a que se contraen y se expanden.
- Arcillas: Son el componente que da cohesión a los suelos uniéndolos a los suelos más gruesos, pero en las arcillas húmedas se presentan cambios muy severos en la estructura del suelo, por su inestabilidad a diferencia de las arenas.

2.4.2. Agua

Debe ser limpia de sales e impurezas orgánicas o provenir de manantiales naturales y debe tener un pH neutro, esta facilita una adecuada manipulación, no se debe utilizar agua contaminada.

2.4.3. Fibra Orgánica

Las fibras orgánicas que suele emplearse varían según las localidades. Puede tratarse de distintos tipos como: de arroz de trigo, gras común, bagazo de ichu.

Se utilizó la paja picada en trozos de 10 cm y, de preferencia, en un porcentaje de alrededor del 1% en peso. Un porcentaje excesivo puede hacer al barro sea poco trabajable y reducir la resistencia de los adobes.

La paja es también conocida como un estabilizante, ya que este aumenta la resistencia a la flexión; en la sierra sur como en los departamentos de Cusco, Puno y Apurímac es usual adicionar el ichu ya que es un material fácil de encontrar y también de bajo costo para el empleo en la elaboración de adobes.

2.5 Elaboración de Adobes⁴

2.5.1. Preparación del suelo para labrar adobes.

Una vez seleccionado el suelo, se le acomoda en rumas o se le coloca en pozas, y se procede a mojarlo, suministrándole agua en cantidad suficiente para que quede totalmente humedecido; en estas condiciones debe permanecer 48 horas, hasta que toda la masa del suelo este totalmente hidratada, de modo de asegurar que la arcilla contenida en el suelo, en presencia del agua, desarrolle su total capacidad adhesiva.

Esta operación es practicada tradicionalmente por los labradores de adobe y suele llamársele “dormido” o “podrido” del suelo. Sin este paso no se obtienen buenos adobes. Se supone además que la hidratación prolongada origina un efecto bacteriano de fermentación que incrementa la capacidad de aglomerante de la arcilla, proceso que suele ser utilizado por ceramistas.

Usualmente cuando se trata de moldear adobes comunes, se suele incorporar paja picada al suelo por hidratar, aunque este se puede hacer sin inconvenientes en el suelo ya hidratado. Como se indicó el porcentaje de paja no debe superar el 1% de peso del suelo seco.



Figure 2.14 Preparación del suelo para la elaboración de adobes (Fuente Wikipedia)

⁴ Urbano Tejeda Schmidt (2001); “Apuntes para el Diseño y Construcción con Adobe, Consideraciones Sismo resistentes”; pág. 47-52



Figure 2.14 Moldeado del suelo para la incorporación de paja (Fuente Wikipedia)

2.5.2. Gaveras.

Para obtener la forma requerida para los adobes, se emplearán moldes o gaveras, usualmente fabricadas con maderas cepilladas de 1" de espesor, que generalmente son reforzadas en sus bordes superiores con flejes de acero para aumentar su durabilidad incrementando su resistencia ante el continuo rozamiento de la regla de madera que se utiliza en el proceso de moldeo. Las gaveras se diseñan para producir, generalmente, adobes cuadrados y rectangulares, según el tipo que se necesite.

Se puede permitir formas especiales de adobes cuando se trate de encuentros de muros no ortogonales y, para el caso más frecuente de adobes rectangulares, se recomienda que el largo del adobe sea aproximadamente el doble del ancho. Además, recomienda que, en lo posible que la altura de los adobes sea mayor de 8 cm. Y que la relación entre su largo y altura sea de 4 a 1; esto último puede posibilitar un mejor comportamiento de los muros ante fuerzas cortantes de sismo.

Las gaveras, tanto para adobes cuadrados y rectangulares, se suelen emplear de dos formas: con o sin fondo. Las primeras producen adobes más uniformes, más densos y de mejor presentación. Las segundas suelen posibilitar un mayor avance en el proceso de labrado, pero producen un mayor cansancio en los trabajadores.

Un detalle importante de tomar en cuenta al escogerse gaveras con fondo, es la necesidad de dejar una delgada rendija en dos de los extremos de fondo, de modo de

permitir el ingreso de aire en el momento de vaciar la gavera, para que su contenido salga sin dificultad.

Las dimensiones de los adobes son determinadas por diseño. Si se requiere por ejemplo dimensiones en centímetros de 38 x 38 x 8 en, medidas finales, las dimensiones interiores de los moldes serán de 40 x 40, debido a que en el proceso de secado existirá una reducción de dimensiones de contracción. Este fenómeno debe ser verificado en el campo ya que la relación dimensional por contracción del secado puede variar según las características del suelo. La verificación se verá grandemente simplificado si se hubiera optado, al momento de seleccionar el suelo, por la elaboración de adobes de muestra de las mismas dimensiones que se empleara en la obra.

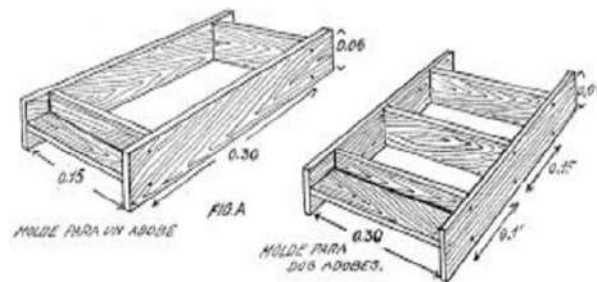


Figure 2.15 Elaboración del adobe con Gaveras sin fondo
(Fuente: PUCP-Nuevas casas resistentes de Adobe)



Figure 2.16 Elaboración del adobe Gaveras con Fondo (Fuente PUCP-
Nuevas casas resistentes de adobe)

2.5.3. Moldeo de los adobes.

El proceso de moldeo de los adobes varía de acuerdo al tipo de gavera que se utilice con él o sin él. Se trata de conseguir en todo caso que la gavera quede totalmente llena, incluso en las esquinas, de ser posible de una sola operación.

Cuando se trabaja con gaveras que cuenten con fondo, se utiliza una mesa o superficie plana la cual se apoya la gavera. Además, se dispone un balde con agua, arena fina y una regla de madera. El molde que se emplea ha sido previamente sumergido por varias horas en agua y se utiliza siempre húmedo. El operario aplica a la superficie interior de la gavera arena fina la que se adhiera a dicha superficie en una delgada capa, que luego impedirá que la masa de tierra se pegue en el molde cuando este sea llevado al tendal. Luego separa con las manos, de la ruma de suelo preparado que se encuentra adyacente a la mesa, una cantidad de masa con la cual forma una bola que lanza vigorosamente sobre la gavera, tratando de llenarla en un solo golpe; seguidamente presiona sobre las esquinas para asegurar su llenado total y procede a retirar el suelo sobrante pasando cuidadosamente, apoyándose en los bordes superiores de la gavera, la regla de madera empapada en agua. Finalmente lanza el sobrante de tierra a la ruma y traslada el molde lleno al tendal. Allí deposita el adobe fresco mediante un movimiento rápido que evite derramar el material y luego levanta con cuidado el molde para no dañar las aristas del adobe o causar deformaciones.

Posteriormente, si se acumulan residuos de material en la gavera, se sumerge esta en un balde para limpiarla, se le sacude para eliminar el exceso de agua, vuelve a aplicar arena fina y se repite la operación descrita.

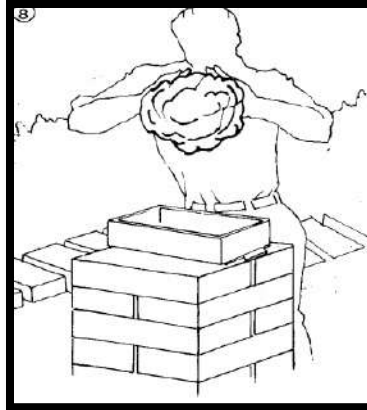


Figure 2.17 Moldeado de los Adobes (Fuente: PUCP-Nuevas casas resistente adobe)

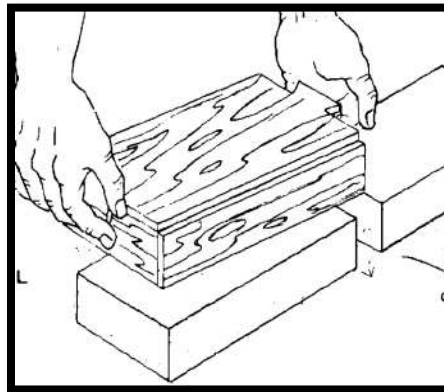


Figure 2.18 Utilización de gavera con fondo (Fuente: PUCP-Nuevas casas resistentes de adobe)

En el caso de trabajar con gaveras sin fondo, el moldeado de los adobes se realiza directamente en el tendal, por lo que es muy conveniente que este sea lo más uniforme posible. El proceso se inicia con la ubicación del molde en el lugar el cual quedara el adobe; se traslada el suelo preparado al punto donde se encuentra la gavera, operación que suele hacerse utilizando mantas o telas plásticas, y se vierte el material en el molde. Seguidamente se presiona con las manos en las esquinas de la gavera para asegurarse que quede completamente llena y se retira los sobrantes mediante el uso de una regla de madera, alisando la superficie superior del adobe fresco para conseguir cierta uniformidad de esta. Finalmente se retira la gavera para usarla en el siguiente adobe.

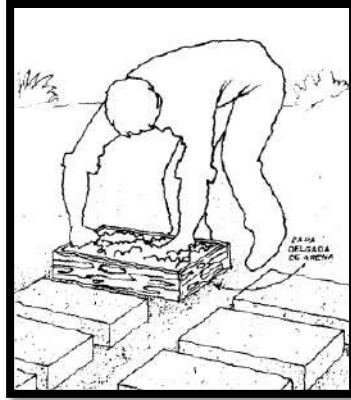


Figure 2.19 Colocación de la masa en gavera sin fondo (Fuente: PUCP-Nuevas casas resistentes de adobe)

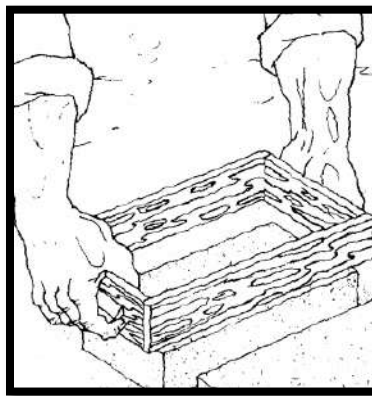


Figure 2.20 Desmoldamiento del Adobe (Fuente: PUCP-Nuevas casas resistentes de adobe)

2.5.4. Tendales

Deberán ser superficies de tierra niveladas y compactadas, sobre las cuales debe esparcirse arena fina. Es importante que el tendal sea de tierra para posibilitar un cierto equilibrio entre los procesos de filtración y evaporación durante el secado de los adobes, a fin de minimizar el alabeo. En ese sentido se recomienda evitar superficies como veredas o similares, que no permitan filtraciones. La arena fina tiene por objeto facilitar la libre contracción del adobe durante el secado, evitando se adhiera al tendal y se genere rajaduras.

En zonas muy calurosas o soleadas, es conveniente proteger el tendal con algún techo liviano que proporcione sombra. En zonas soleadas es indispensable evitar durante las dos primeras horas el secado, que el sol incida directamente en los adobes, produciendo un secado brusco de las superficies superiores de estos, lo que a su vez produce rajaduras de los mismos. En caso de imposibilidad de contar con una superficie techada, será necesario cubrir los adobes recién moldeados con una capa de arena, o con paja, para protegerlos de la acción directa del sol.

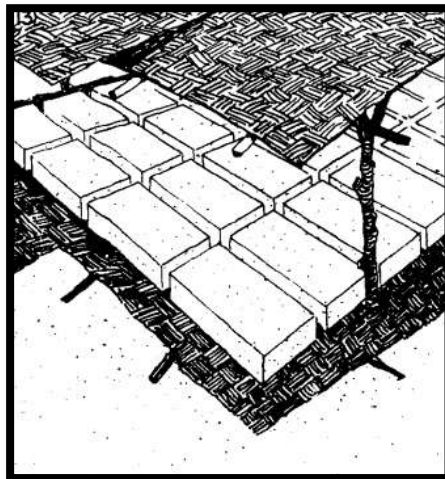


Figure 2.21 Tendales para el secado del Adobe (Fuente: PUCP-Nuevas casas resistentes de adobe)

2.5.5. Secado y Almacenamiento

El tiempo de secado varía, dependiendo de las condiciones climáticas locales. En Cusco los adobes quedan completamente secos a los 30 días, en Piura, zona calurosa, a los 15 días. El adobe puede “cantearse” a los tres días para acelerar su secado. En general a las dos semanas los adobes pueden apilarse en rumbas de 10 a 12 hiladas, cuidando de mantener la circulación de aire para facilitar su secado.

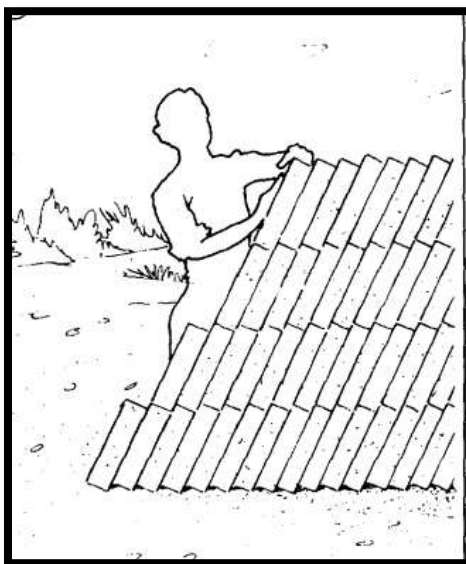


Figure 2.22 Almacenamiento de los adobes fabricados (Fuente: PUCP Nuevas casas resistentes de adobe)

2.6 ENSAYOS BÁSICOS DE MECÁNICA DE SUELOS⁵

2.6.1. Ensayos de Campo

Cuando se evaluó que los ensayos de laboratorio no son indispensables o resulten ser muy costosos, se puede recurrir a ensayos de campo, que en muchos casos han sido relacionados con resultados de laboratorio, pudiendo por tanto ser empleados para seleccionar suelos adecuados.

Los ensayos de campo son numerosos y su descripción es muy extensa, por eso solo se mencionará los más útiles y que puedan ser explicados no solo por técnicos

⁵ Ing. Juan J. Menéndez García, Ing. Washington Esquivel Zamora, UNSAAC “Estabilización del Adobe Tradicional por Granulometría”

experimentados, sino que, además, puedan también ser aprendidos y usados por personas que construyan en adobe

2.6.1.1 Prueba del color.

El color es un factor importante en la identificación de un suelo, pero como varía con el contenido de humedad es necesario determinar el color en un determinado estado húmedo. El correspondiente estado de humedad debe ser consignado en el momento del ensayo.

- ✓ El color negro y los colores de una verdosa aceituna y desde castaño claro, significan ser suelos orgánicos.
- ✓ El color rojo indica la presencia de óxidos de hierro lo que da al suelo una alta resistencia, los colores claros y brillantes son propios de suelos inorgánicos.
- ✓ El rojo y el café rojizo indican la presencia del hierro, casi siempre en forma de hierro deshidratado.
- ✓ El color amarillento y el café amarillento indican la presencia de hierro, posiblemente hidratos de hierro.

2.6.1.2 Prueba dental.

Es un método rápido y útil para la identificación de las arenas, limos y arcillas. Para esta prueba se toma una pisca de suelo y se muele ligeramente entre los dientes. Proceda e identificar el suelo como sigue:

- ✓ Suelos Arenosos: las partículas duras y agudas de la arena rechinarán entre los dientes causando una sensación desagradable.
- ✓ Suelos Limosos: Los granitos de limo son mucho más pequeños que las partículas de la arena, aunque rechinarán entre los dientes, no dan una sensación particularmente desagradable. Se sienten más suaves que las arenas.
- ✓ Suelos arcillosos: los granitos de arcilla no rechinarán en absoluto más bien se notan suaves y quebradizos como harían entre los dientes. Se encontrará que un pedazo seco de suelo que contenga mucha arcilla tiende a pegarse cuando se toca ligeramente con la mano y procede como se fuera a lavarse las manos, deslizando una mano sobre la otra.

Sacúdase y obsérvese el residuo. Lo dará una pauta de la cantidad de finos presentes en el suelo. Úsese los términos poco, regular y alto contenido de finos.

2.6.1.3 Prueba olfativa.

Esta prueba no da pautas de los suelos orgánicos por que usualmente expiden un olor característico, el olor pueda hacerse más aparente calentando una muestra húmeda.

2.6.1.4 Prueba del brillo.

Se cortará con una espátula una muestra de suelo al estado de masilla. Identifíquese los suelos como sigue:

- ✓ Suelos arenosos: la superficie permanece opaca.
- ✓ Suelos Limosos y Limos o Arcillas de Baja Plasticidad: se denota una superficie mate.
- ✓ Suelos Arcillosos: esta clase de suelos presentan una superficie brillante y una textura continua.

2.6.1.5 Prueba “Cinta de Barro”⁶

Para tener una primera evaluación de la existencia de arcilla en un suelo se puede realizar la prueba “Cinta de Barro” (en un tiempo aproximado de 10 min)

Utilizando una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre el dedo pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla.

2.6.1.6 Prueba de “Resistencia Seca” o “Presencia de Arcilla”⁷

Formar cuatro bolitas con tierra de la zona. Utilizar la tierra de la zona que se considere apropiada para emplearla como material de construcción y agregarle una mínima cantidad de agua para hacer cuatro bolitas. La cantidad de agua es la mínima necesaria para formar sobre las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que estas se deformen significativamente a simple vista, al secarse.

⁶ Reglamento Nacional de Edificaciones- Norma E 080; pág.19

⁷ Reglamento Nacional de Edificaciones- Norma E 080; pág.20

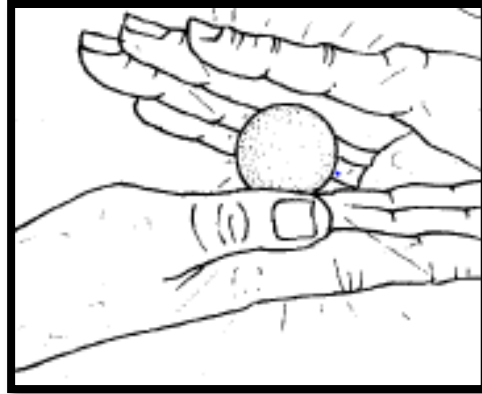


Figure 2.23 Elaboración de la prueba de la bolita o resistencia seca (Fuente: PUCP-Nuevas casas resistentes de adobe)

Dejar secar las cuatro bolitas por 48 horas, asegurándose que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc.

Una vez de transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano. En caso que luego de la prueba se quiebre, rompa o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar cuatro bolitas con los mismos materiales y dejando secar en las mismas condiciones anteriores.



Figure 2.24 Prueba de la bolita o resistencia seca (Fuente: PUCP-Nuevas casas resistentes de adobe)

Si se vuelve a romper, quebrar o agrietar, se debe desechar la cantera de suelo donde se ha obtenido la tierra, salvo que se mezcle con arcilla o suelo muy arcilloso.

En caso, que luego de la prueba no se rompa, no se quiebre o no se agriete ninguna de las cuatro bolitas, dicha cantera puede utilizarse como material de construcción.

2.6.2. Ensayos de Laboratorio

2.6.2.1 Análisis Granulométrico de Suelos AASHTO 7-88 ASTM D-4318⁸

Este es un ensayo que nos permite cuantificar la distribución tamaños de las partículas del suelo, describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75µm (N ° 200) según especificaciones técnicas (MTC E 107).

El análisis granulométrico al cual se somete un suelo es de mucha ayuda para la construcción de proyectos tanto estructuras como carreteras por que con este se puede conocer la permeabilidad y la cohesión del suelo.

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o SUCS.

Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente. Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. (74 micrones) se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración indicado en la tabla N° 01. Para suelos de tamaño inferior, se utiliza el método del hidrómetro, basado en la ley de Stokes

⁸ MTC E 107-2000; Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado, Perú 2003

Tabla 2.1:
Tabla de numeración y abertura de tamices

Tamiz (ASTM)	Tamiz (Nch) (mm.)	Abertura real (mm.)	Tipo de suelo
3 "	80	76,12	GRAVA
2 "	50	50,80	
1 1/2 "	40	38,10	
1 "	25	25,40	
3/4 "	20	19,05	
3/8 "	10	9,52	ARENA GRUESA
N° 4	5	4,76	
N° 10	2	2,00	ARENA MEDIA
N° 20	0,90	0,84	
N° 40	0,50	0,42	
N° 60	0,30	0,25	ARENA FINA
N° 140	0,10	0,105	
N° 200	0,08	0,074	

Fuente: Espinace R., 1979

2.6.2.2 Clasificación de Suelos MÉTODO S.U.C.S⁹

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Suelos gruesos: El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos.

-Gravas: símbolo genérico G

-Arenas: símbolo genérico S

Las gravas y las arenas se separan con la malla N°4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla N°4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

⁹ Juárez Badillo y Rico Rodríguez; Mecánica de Suelos, México 2009

1. Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (*well graded*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GW y SW.
2. Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (*poorly graded*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.
3. Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del *sueco mo y mjla*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.
4. Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo G (*clay*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC y SC.

Suelos finos: También en este caso el sistema considera a los suelos agrupados formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado por los suelos gruesos y dando lugar a las siguientes divisiones:

- Limos inorgánicos, de símbolo genérico M (del *sueco mo y mjla*).
- *Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C (clay)*.
- Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O (organic).

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdivide, según su límite líquido, en dos grupos. Si este es menor del 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (*low compressibility*), obteniéndose por esta combinación los grupos *ML, CL y OL*. Los suelos finos con límite mayor del 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (*high compressibility*), teniéndose así los grupos *MH, CH y OH*

Tabla 2.2
Clasificación de suelos según el tamaño de partícula.

TIPO DE MATERIAL		TAMAÑO DE PARTICULAS
GRAVA		75 mm-4.75 mm
ARENA		Arena gruesa: 4.75 mm-2.00mm
		Arena media: 2.00 mm-0.425mm
		Arena fina: 0.425mm - 0.075mm
MATERIAL FINO	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras-Suelos, Geotecnia y Pavimentos

2.6.2.3 Límites de Atterberg

Los Límites de Atterberg establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido.

Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según Norma ASTM D 4318 Y AASHTO T 89, el límite plástico (LP, según Norma ASTM D 4318 Y AASHTO T 90) y el límite de contracción (LC, según Norma ASTM D 4318 Y AASHTO T 89)

- **Límite líquido:** Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido.
- **Límite plástico:** Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.
- **Límite de retracción o contracción:** cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.

La Plasticidad es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos.

Tabla 2.3
Clasificación de suelos según índice de plasticidad.

INDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERISTICA
IP > 2	ALTA	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	MEDIA	suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	BAJA	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	NO PLASTICO(NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras-Suelos, Geotecnia y Pavimentos

2.7 Ensayos de Resistencia y Durabilidad.

2.7.1. Ensayos de Resistencia

2.7.1.1 Compresión simple

El ensayo de compresión simple se realizó a lo recomendado en la antigua Norma E 080. La resistencia se determinará ensayando unidades cuya arista será igual a la menor dimensión de las unidades de adobe.

El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 piezas, definiéndose la resistencia última (f_c) como el valor que sobrepasen en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando pizas completamente secas, siendo el valor mínimo f_c aceptable de 12 kg/cm².

Para hallar la resistencia a la compresión en unidades de adobes se emplea la siguiente ecuación:

$$f = \frac{Pu}{A}$$

Donde:

f : Resistencia a la compresión en kg/cm²

Pu : Carga aplicada (kg)

A : Área de aplicación de la carga cm²

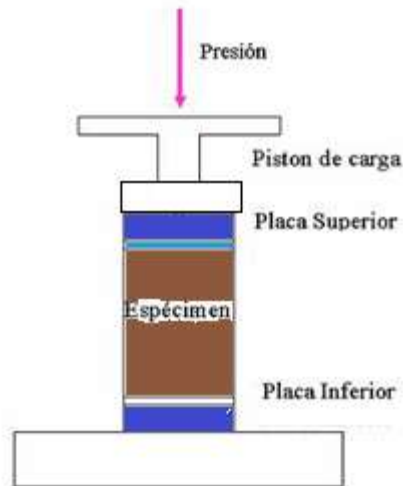


Figure 2.25 Esquema del Ensayo de Compresión Simple (Fuente:)

2.7.1.2 Flexión o Módulo de Ruptura¹⁰

El ensayo de flexión se aplica a una probeta en forma de barra con sección rectangular o circular la cual es flexionada usando una técnica de tres puntos de aplicación de la carga. El esquema de aplicación de carga por tres puntos se ilustra en la Fig.2.26

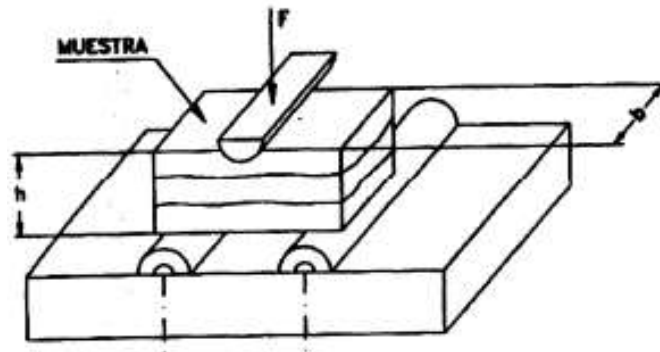


Figure 2.26 Esquema del Ensayo de flexión (Fuente: Universidad de Oviedo, España)

10 TEMAI.2.8. MECANICAS.Ensayos, Universidad de Oviedo-España 2004

Para hallar el Módulo de rotura o flexión del material se utiliza la siguiente formula:

$$Mr = \frac{3PL}{2BT^2}$$

Dónde:

Mr.= Modulo de rotura (Kg/cm²)

P= Carga en Kg

T= Altura del adobe en (cm)

B= Ancho del adobe en (cm)

L=Longitud entre sus apoyos (cm)

El ensayo se realiza en bloques de dimensiones de 40cm L x 20 cm A x 12 cm Espesor, sin ningún tipo de acondicionamiento de las superficies, para la investigación se utilizó la máquina de compresión simple acondicionándola para el ensayo de flexión a tres puntos, se utilizó una parrilla de acero liso de dimensiones 60 cm x 30 cm en el cual se realizó una soldadura para los 2 apoyos de la base, y un tercer apoyo para la carga puntual utilizando varillas de acero soldadas de modo que la carga se aplique en el centro de la probeta estas varillas miden 15 cm como se muestra en la figura.



Figure 2.27 Ensayo a Flexión a tres puntos de apoyo (Fuente: Elaboración propia)

2.7.2. Ensayos de Durabilidad¹¹

2.7.2.1 Ensayos de Absorción de Agua por Inmersión Total

El ensayo de absorción de agua se define en las normas internacionales como “wáter absorption” KS 02-1070 (KEBS 1999) o “Total wáter absorption” SLS 1382-2(SLSI 29009) para bloques de tierra comprimida o adobes estabilizados.

El ensayo se realiza introduciendo las probetas de ensayo en un recipiente que permita la inmersión total. Posteriormente se dejan sumergidas las muestras a temperatura ambiente durante 24 horas. Finalmente se secan las muestras retirando el agua superficial y pesamos el bloque (masa saturada).

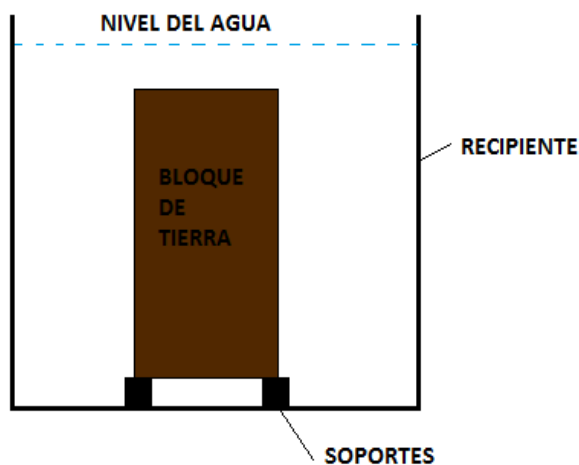


Figura 2.28 Esquema del Ensayo de Inmersión total (Fuente: Norma SLS 1382)

El cálculo del valor de absorción de la muestra, se calcula con la expresión siguiente:

$$W_s(\%) = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100$$

¹¹ Cid Falceto J.J. Durabilidad de los Bloques de Tierra Comprimida, Evaluación y Recomendaciones para la Normalización de los Ensayos de Erosión y Abrasión

Dónde:

Md= es la masa de la probeta seca. (g)

Ms= es la masa de la probeta después de la inmersión (g)

Ws= es el porcentaje de absorción de agua de la probeta.

En la tabla siguiente se muestran un resumen de las normas internacionales de tierra que aplican el ensayo descrito, donde se exponen el número de probetas a ensayar y los criterios de evaluación utilizados para la aceptación de la muestra para cada uno de los casos.

Tabla 2.4
Especificaciones según Normas Internacionales

Norma	Nº muestras	Criterio de Evaluación
IS 1725	1	≤ 15%
NBR 8492	3	-
ARS 683	-	≤ 15%
NT 21.33	-	≤ 15%
KS 02-1070	5	≤ 15%
SLS 1382	3	< 15%

Fuente: Jaime Jesús Cid Falceto

2.7.2.2 Ensayo de Absorción de Agua Por Capilaridad

Se aplica a la norma española para materiales de tierra y en varias normas internacionales como son: la norma africana ARSO 683 (ARSO 1996), La norma colombiana NTC 5324 (ICNTEC 2004), La norma no experimental francesa XP 13-901 (AFNOR 2001) y la norma española UNE 41410 (AENOR2008).

En la tabla siguiente se resumen las especificaciones para este ensayo:

Tabla 2.5

Tabla de especificaciones del ensayo de absorción por capilaridad

	Normativa Internacional			
	ARSO 683	XP P13-901	NTC 5324	UNE 41410
Numero de probetas	3	3(6)	3(6)	6
Piezas destinadas...	exterior	Medio humedo	Medio humedo	Cara vista
Temperatura de secado	40° C	70°C	70°C	70°C
Tiempo de inmersión	10 min	10 min	10 min	10 min
Coefficiente de absorcion "Cb"	Si	Si	Si	Si
Interpretacion de los Cb calculados	No	Si	Si	No
Evaluacion del Cb	No	Si	Si	No

Fuente: Jaime Jesús Cid Falceto

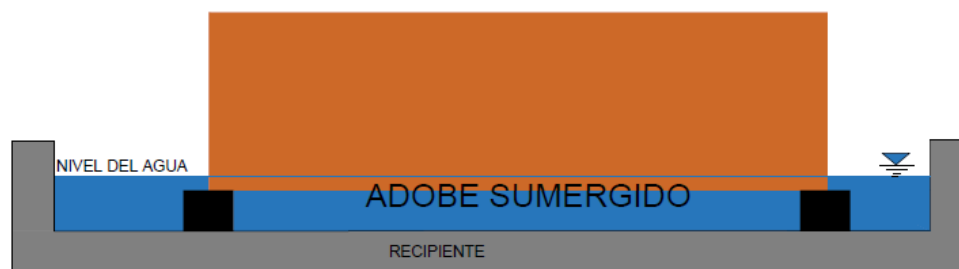


Figure 2.29 Esquema del Ensayo de Absorción de Agua por Capilaridad (Fuente: Elaboración propia)

Este ensayo se realiza para conocer la velocidad de absorción por capilaridad de los bloques que normalmente se usan para paramentos exteriores cara vista (AENOR 2008) o en ambientes húmedos (ICONTEC 2004)

El tiempo de inmersión a los bloques de tierra se harán en 10 min ± 0.2min y para el cálculo del coeficiente “Cb” se realiza con la siguiente expresión.

$$Cb = \frac{M}{S \times \sqrt{t}} \times 100$$

Dónde:

M: es la masa del agua absorbida del bloque durante el ensayo, en gramos.

S: es la superficie de la cara sumergida, en centímetros cuadrados.

T: es la duración de inmersión del bloque, en minutos donde $t=10$ min

El número de probetas a ensayar oscila entre tres a seis, según las normas citadas anteriormente. Respecto a la interpretación y evaluación de los resultados obtenidos con el coeficiente de absorción “Cb”, no todos los documentos realizan una clasificación de los resultados obtenidos únicamente en la norma colombiana NTC (ICONTEC 2004) y la Norma Experimental Francesa XP P13-901 (AFNOR 2001). Hacen referencia a dos categorías de bloques de tierra según los valores del coeficiente “Cb”:

$C_b \leq 20$ bloques débilmente capilares

$C_b \leq 40$ bloques pocos capilares

2.7.2.3 Ensayos de Abrasión Hídrica por Goteo

Con este ensayo se pretende determinar la resistencia a la erosión del material de tierra, componente del adobe ante una incidencia continua de agua. Este ensayo se encuentra referenciado en el manual de terreno de tierra cruda (CDT- CHILE)

Las condiciones particulares con las que se realiza este ensayo son las siguientes:

- ✓ Se tamizada la tierra a hacer utilizada para la elaboración de adobes en la malla n°4 (4.76mm de abertura).
- ✓ Las dimensiones de las Baldosas de tierra serán de 20cm x 20cm x 2 cm de espesor en un total de 05 baldosas por ensayo
- ✓ Las baldosas de tierra se colocan sobre un soporte apoyado sobre dos bloques de ladrillo. A una altura de 2.5 m se coloca un recipiente lleno de agua (cap. 10 litros) con un grifo o gotario que regula la salida del mismo hasta obtener una gota por segundo (aprox. 500cm³/hora) haciendo coincidir la caída de la gota con el centro de la baldosa, y se toma el tiempo que demora atravesar la baldosa por completo.

- ✓ Las baldosas de tierra se secarán en 15 días o hasta que esta seca completamente para llevarlos al ensayo, es importante que la baldosa este los 03 primeros días en sombra para que no haya una evaporación brusca del agua contenida.

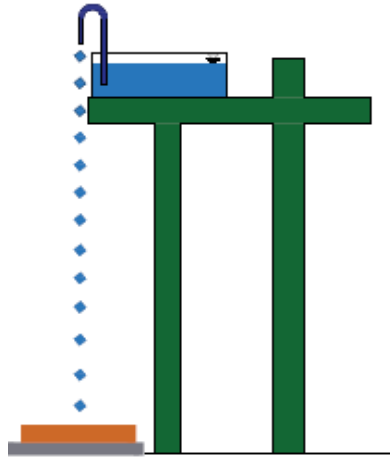


Figura 2.31 Esquema del ensayo de abrasión hídrica por goteo
(Fuente: Elaboración propia)

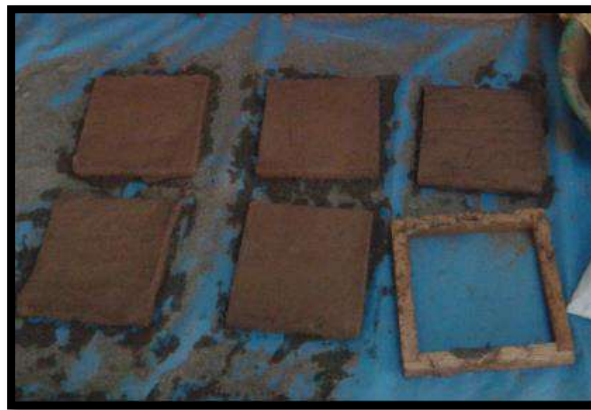


Figura 2.32 Baldosas de tierra de dimensiones especificadas
(Fuente: Elaboración propia)

2.8 Definición de Términos Básicos:

Todos los términos a ser usados en la investigación. Así como los conceptos que requieran ser detallados, serán definidos en forma precisa, para dar a conocer un vocabulario necesario para alcanzar un entendimiento austero como mínimo para cualquier persona interesada por el trabajo.

1. ABRASIÓN: Se denomina abrasión a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.
2. ARENA: agregado fino, proveniente del hormigón de río, que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8”). (RNE-2011)
3. BALDOSA: Testigo de forma cuadrangular, hecha a base de suelo tamizado en la malla n° 4 con dimensiones especificadas (MTC-Chile)
4. BLOQUE: Pieza de mortero o arcilla con un grueso superior al del ladrillo normal que se emplea en construcción también llamado ladrillo grueso (www.parro.ar/definicion-de-bloque).
5. COHESION: Es la máxima resistencia del suelo a la tensión. (Mecánica de Suelos, Juárez Badillo-Rico Rodriguez,1995).
6. COLAPSO: Destrucción o ruina de un sistema u organización. (Mecánica de Suelos, Juárez Badillo-Rico Rodriguez,1995).
7. COMPRESIÓN: Es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo.(Mecánica de Suelos ,Juárez Badillo-Rico Rodríguez,1995).
8. DESINTEGRACIÓN: Es un proceso en el cual unas partículas se transforman en otras. (Diccionario ilustrado Larousse, 2001).
9. DOSIFICACIÓN: Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales componentes de un diseño. (Diccionario ilustrado Larousse, 2001).

10. ESTABILIDAD: estado de una estructura sometida a carga, sobre la que no actúan, en ningún punto, esfuerzos capaces de superarlos límites de elasticidad de los materiales. (Mecánica de Suelos, Juárez Badillo-Rico Rodríguez, 1995).
11. ESTRUCTURA: Armadura que sustenta alguna cosa. (Diccionario Enciclopédico Lexus, Ed, Lexus, 1997).
12. INTEMPERISMO: Es la disgregación o descomposición de los materiales expuestos a la humedad, la temperatura y al efecto de la materia orgánica. (Diccionario ilustrado Larousse, 2001).
13. INMERSIÓN: Acto de sumergir o sumergirse. (Diccionario Enciclopédico Lexus, Ed, Lexus, 1997).
14. MÓDULO DE ROTURA: Resistencia máxima determinada en un ensayo de flexión o torsión. En un ensayo de flexión, el módulo de rotura en la flexión es el esfuerzo máximo en la fibra cuando se produce el fallo. (www.instron.com.ar/es-ar/our-company/library/glossary/m/modulus-ofrupture)
15. PRUEBA DE CAMPO: Ensayo realizado sin herramientas a pie de obra o en laboratorio, basados en conocimientos comprobados que permite tomar decisiones de selección de canteras.
16. PRUEBA DE LABORATORIO: Ensayo de laboratorio que permite conocer las características mecánicas de la tierra para diseñar y tomar decisiones de ingeniería.
17. TESTIGO: Muestra rectangular de suelo compactado para analizar sus propiedades mecánicas.

2.9 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.9.1. Hipótesis General

Al Analizar la dosificación arena-suelo se obtuvo un adobe mejorado, comportándose mejor ante las pruebas de resistencia y durabilidad.

2.9.2. Hipótesis secundaria

1ra. Hipótesis Secundaria

El análisis de la dosificación arena-suelo incrementa la resistencia al esfuerzo de compresión en un adobe mejorado frente a un adobe tradicional.

2da. Hipótesis Secundaria

El análisis de la dosificación arena – suelo incrementa la resistencia al esfuerzo de flexión en un adobe mejorado frente a un adobe tradicional

3ra. Hipótesis Secundaria

La segunda dosificación (60%A-40%) se comporta mejor ante las pruebas de durabilidad en un adobe mejorado.

2.10 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

2.10.1. VARIABLES INDEPENDIENTE

- ✓ adición de arena de hormigón de río.

2.10.2. VARIABLES DEPENDIENTE

- ✓ Resistencia a Compresión Simple.
- ✓ Resistencia a la Flexión o Modulo de Rotura.
- ✓ Absorción de Agua por Capilaridad.
- ✓ Inmersión Total.
- ✓ Abrasión Hídrica por Goteo.

Variable Independiente

Tabla 2.6
Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
% de Adición de arena del hormigón de río	Modifica las Propiedades Mecánicas del adobe.	Material que se utiliza como ingrediente para modificar las propiedades mecánicas del	Dosificación	% de arena de hormigón de río.

Fuente: Elaboración propia

Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
Resistencia a la compresión.	La resistencia de un material es la propiedad que tiene para resistir la acción de las fuerzas, cuando actúa sobre un cuerpo se presentan fuerzas resistentes en las fibras del cuerpo que se denominan fuerzas internas. Fuerza interna es la resistencia interior de cuerpo a una fuerza externa (Rios, 2010)	Capacidad de soportar cargas y esfuerzos.	Ensayo a compresión simple.	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
Resistencia a la flexión o modulo de rotura.	El ensayo de flexión se aplica a una probeta en forma de barra con sección rectangular o circular la cual es flexionada usando una técnica de tres puntos de aplicación de la carga.	Capacidad de soportar cargas y esfuerzos.	Ensayo a flexión.	Kg/cm ²

Fuente: 1Elaboración propia

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
Absorción de agua por capilaridad	Este ensayo se realiza para conocer la velocidad de absorción por capilaridad de los bloques que normalmente se usan para paramentos exteriores cara vista (AENOR 2008) o en ambientes húmedos (ICONTEC 2004)	Capacidad de resistir humedad	Ensayo de absorción de agua por capilaridad	Coefficiente de absorción $C_b = g/cm^2 \times min^{0.5}$

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
Absorción de agua por inmersión total	El ensayo se realiza introduciendo las probetas de ensayo en un recipiente que permita la inmersión total. Posteriormente se dejan sumergidas las muestras a temperatura ambiente durante 24 horas. Finalmente se secan las muestras retirando el agua superficial y pesamos el bloque (masa saturada).	Capacidad de resistencia a la inundación total	Ensayo a absorción de agua por inmersión total	% de absorción.

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
Abrasión hídrica por goteo	Con este ensayo se pretende determinar la resistencia a la erosión del material de tierra, componente del adobe ante una incidencia continua de agua. Este ensayo se encuentra referenciado en el manual de terreno de tierra cruda (CDT- CHILE)	Capacidad de soportar la erosión al material	Ensayo Abrasión hídrica por goteo.	minutos

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA

INVESTIGACIÓN

3 Metodología de la Investigación

3.1 Diseño de la Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

La presente investigación, “DOSIFICACIÓN ARENA-SUELO EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBES MEJORADOS CON EL SUELO PROCEDENTES CENTRO POBLADO PALLPANCAY–SAN JERÓNIMO-CUSCO”, es una INVESTIGACION APLICADA, por que intenta resolver un problema práctico y además hace uso de conocimiento existente actual para lograr este objetivo.

3.1.2 Nivel de Investigación

La investigación presente tiene como nivel de investigación EXPERIMENTAL, porque busca descubrir el un fenómeno y medir el grado de relación que existe entre las variables.

3.1.3 Métodos de la Investigación

La presente investigación es CUANTITATIVA dado que dentro del estudio investigaremos las propiedades mecánicas de los materiales, correlacionando las variables independientes con cada una de las combinaciones de las dosificaciones apoyados en datos estadísticos cuantitativos.

3.2 Esquema de Investigación

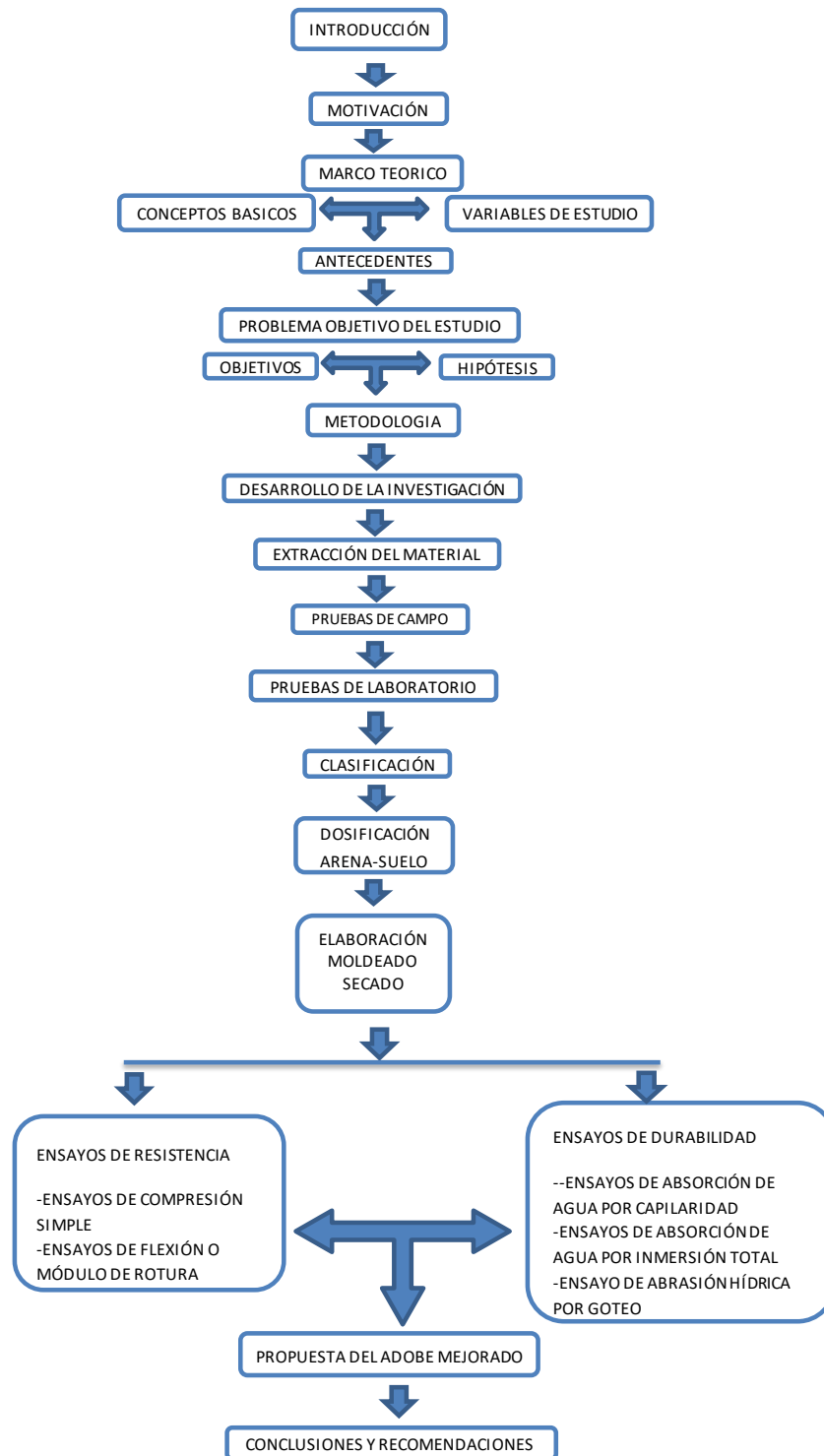


Figura 3.1 Diseño de Investigación (Fuente: Elaboración propia)

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 POBLACIÓN

La población de esta investigación son los adobes del Centro Poblado Pallpuncay– San Jerónimo, Cusco.

3.3.2 MUESTRA

- ✓ 20 Testigos de fabricación artesanal elaborados por los pobladores en la zona del C.P Pallpuncay San Jerónimo-cusco.
- ✓ 36 Testigos de adobes mejorados de dimensiones 40cm x 20cm x 12 cm para la 1ra, 2da y 3ra dosificación empleados en los ensayos de Flexión, Inmersión total, Absorción Hídrica por capilaridad y ascensión capilar,
- ✓ 18 Testigos de adobes mejorados de dimensiones 19 cm x 12 cm x 12 cm para la 1ra, 2da y 3ra dosificación empleados en el ensayo de Compresión Simple.
- ✓ 15 baldosas de dimensiones 20 cm x 20cm x 2 cm de espesor empleadas en el ensayo de Abrasión Hídrica por goteo.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 TÉCNICAS

El procedimiento que se empleó será el de OBSERVACIÓN

3.4.2 INSTRUMENTOS

El instrumento que se usó será LA FICHA TÉCNICA.

Principalmente para nuestra recolección de datos se utilizaron:


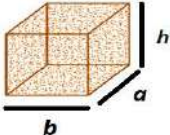
- ✓ Fichas técnicas de laboratorio
- ✓ Registro de observación
- ✓ Registro de resultados de laboratorio

Tabla 3.1
Ficha Técnica Ensayo de Análisis Granulométrico

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
PROYECTO:	"DOSIFICACIÓN ARENA-SUELO EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBES MEJORADOS USANDO EL SUELO PROCEDENTES DEL CENTRO POBLADO PALLPANCAJ –SAN JERÓNIMO, CUSCO"					
LOCALIZACIÓN:	PALLPANCAJ-SAN JERONIMO					
MUESTRA			FECHA:			
PESO SECO DESPUES DE LAVAR:		PESO SECO ANTES DE LAVAR:				
	TAMIZ	PESO RET.	PESO CORR.	% PESO RETENIDOS	% PESOS ACUM.	% QUE PASA
	PIUIG	DIAM.(mm)				
	2	50.8				
	1	25.4				
	3/4	19.05				
	3/8	9.53				
	1/4	6.35				
	4	4.750				
	8	2.380				
	16	1.190				
	30	0.590				
	50	0.300				
	100	0.150				
	200	0.075				
CAZUELA						


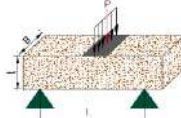
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.2
Ficha Técnica Ensayo de Compresión Simple

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
ENSAYO:	COMPRESION SIMPLE					
PROYECTO:	"DOSIFICACIÓN ARENA-SUELO EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBES MEJORADOS USANDO EL SUELO PROCEDENTES DEL CENTRO POBLADO PALLPANCAJ –SAN JERÓNIMO, CUSCO"					
LOCALIZACIÓN:	PALLPANCAJ-SAN JERONIMO					
MUESTRA	PESO(gr)	MENSION(cm)	CARGA Kg-F	f_o Kg/cm²		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
PROMEDIO						

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.3
Ficha Técnica Ensayo de Flexión o Modulo de Rotura

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
ENSAYO:	FLEXIÓN O MÓDULO DE ROTURA					
PROYECTO:	"DOSIFICACIÓN ARENA-SUELO EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBES MEJORADOS USANDO EL SUELO PROCEDENTES DEL CENTRO POBLADO PALLPANCAJ –SAN JERÓNIMO, CUSCO"					
LOCALIZACIÓN:	PALLPANCAJ-SAN JERONIMO					
ESPECIMEN	B(cm)	t(cm)	L(cm)	P (kg)	Mr(kg/cm²)	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
PROMEDIO						

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA

INVESTIGACIÓN

4 RESULTADOS DE INVESTIGACION.

4.1 Ensayos de Campo

Tabla 4.1
Ensayos de Campo

<p>Prueba de Color</p>	<p>El color característico del suelo fue el de color café rojizo que indica la presencia del hierro, casi siempre en forma de hierro deshidratado. SUELO INORGANICO</p> 
<p>Prueba Dental</p>	<p>Al introducirse a los dientes no causa una sensación desagradable. SUELO LIMOSO</p>
<p>Prueba Olfativa</p>	<p>No presenta ningún olor característico. SUELO INORGANICO</p> 
<p>Prueba de Brillo</p>	<p>Se denota una superficie Mate. SIENDO SUELOS LIMOSOS Y LIMOS O ARCILLAS DE BAJA PLASTIDAD.</p> 

<p>Prueba Cinta de Barro</p>	<p>La masilla hecha del suelo solo pudo estirarse 10 cm, entonces nuestro suelo tiene poca cantidad de arcilla.</p> 
<p>Prueba Resistencia Seca</p>	<p>Las 4 bolitas hechas nos dieron resultados positivos, cada una de ellas no se rompieron entonces nuestro suelo es optimo para ser usado.</p> 

Fuente: Elaboración propia

4.2 Ensayos de Laboratorio

4.2.1 Ensayo Análisis Granulométrico

Se hizo el ensayo de análisis granulométrico al suelo extraído del Centro Poblado Pallpancay para determinar las dosificaciones que se harán para el adobe mejorado.

Los datos y resultados son los siguientes.

Tabla 4.2
Análisis Granulométrico del suelo del C.P Pallpancay

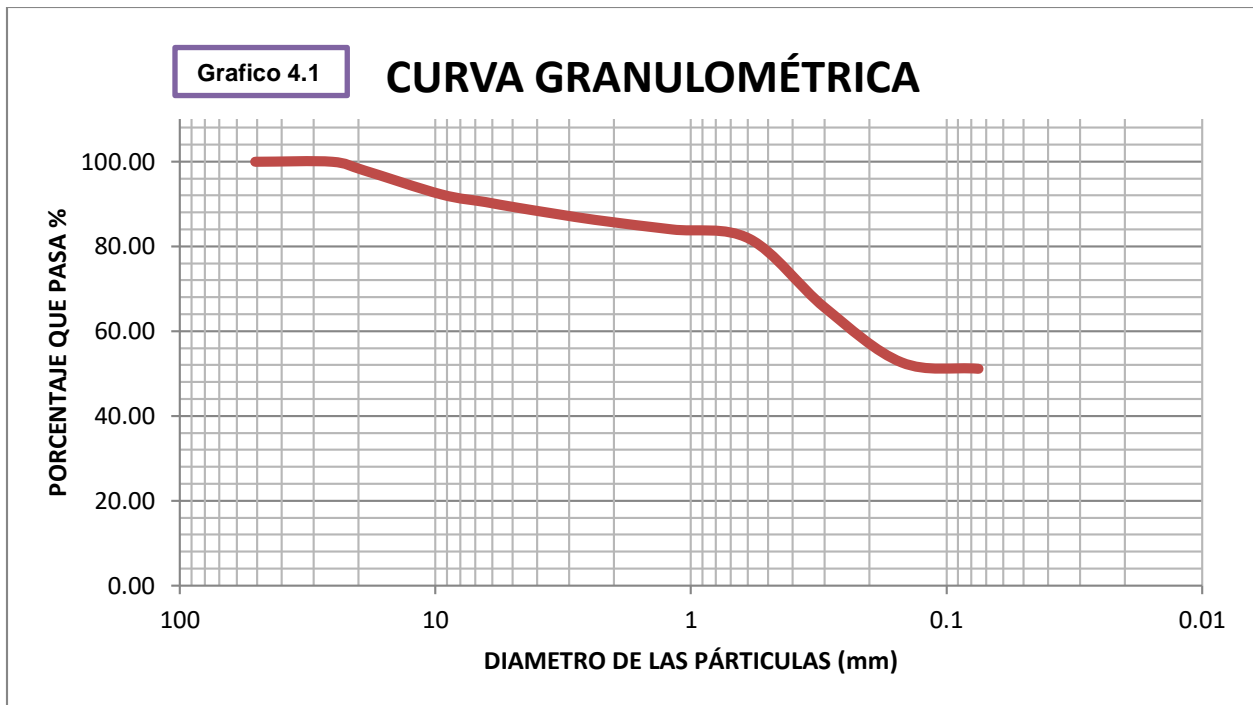
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO NTP-339.128 - ASTM-D4318					
PROYECTO:	"DOSIFICACIÓN ARENA-SUELO EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBES MEJORADOS USANDO EL SUELO PROCEDENTES DEL CENTRO POBLADO PALLPANCAY –SAN JERONIMO, CUSCO"					
LOCALIZACION:	CENTRO POBLADO PALLPANCAY-SAN JERONIMO					
MUESTRA		FECHA:				
PESO SECO DESPUES DE LAVAR:	384.05 gr	PESO SECO ANTES DE LAVAR:	784 gr			
TAMIZ		PESO RET.	PESO CORR	% PESO RETENIDOS	% PESOS ACUM.	% QUE PASA
PULG	DIAM.(mm)					
2	50.8	0.000	0.000	0.000	0.000	100.00
1	25.4	0.000	0.000	0.000	0.000	100.00
3/4	19.05	15.990	15.990	2.040	2.040	97.96
3/8	9.53	44.210	44.210	5.639	7.679	92.32
1/4	6.35	14.470	14.470	1.846	9.524	90.48
4	4.750	10.520	10.520	1.342	10.866	89.13
8	2.380	22.270	22.270	2.841	13.707	86.29
16	1.190	17.630	17.630	2.249	15.955	84.04
30	0.590	17.610	17.610	2.246	18.202	81.80
50	0.300	126.950	126.950	16.193	34.394	65.61
100	0.150	101.490	101.490	12.945	47.339	52.66
200	0.075	11.820	11.820	1.508	48.847	51.15
CAZUELA		1.090	401.040	51.153	100.000	0.00
		384.050	784.000	100.000		

D60	D30	D10	Cu	Cc
0.530	0.195	0.295	1.797	0.243

% GRAVA	% ARENA	% FINOS
13.707	35.140	51.153

CLASIFICACION SUCS:
CL-ML
Arcilla y con Arena

Fuente: Elaboración Propia



4.2.2 Límites de Atterberg Límite Líquido- Límite Plástico

“En cuanto a los Límites de Atterberg, es recomendable que el Límite líquido varíe entre 20 y 40; por debajo de 20 se trata de suelos no cohesivos; y por encima de 40 el comportamiento del suelo es deficiente ante la humedad. Es recomendable que el índice plástico sea menor que 20”. (Tejeda Schmidh, 2001, pág. 32)

4.2 Ensayos de Resistencia de los adobes tradicionales del C.P Pallpuncay-San Jerónimo.

4.2.3 Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple

El ensayo de resistencia a la compresión simple de los adobes hechos por los pobladores del centro poblado de Pallpuncay se hizo con las recomendaciones hechas por la norma E080 pág. 15.

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando moldes labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.

El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia ultima como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

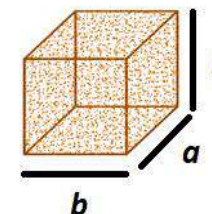
Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de mínimo aceptable de 12 kg/cm². (Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, 2006, pág. 15)

Características:

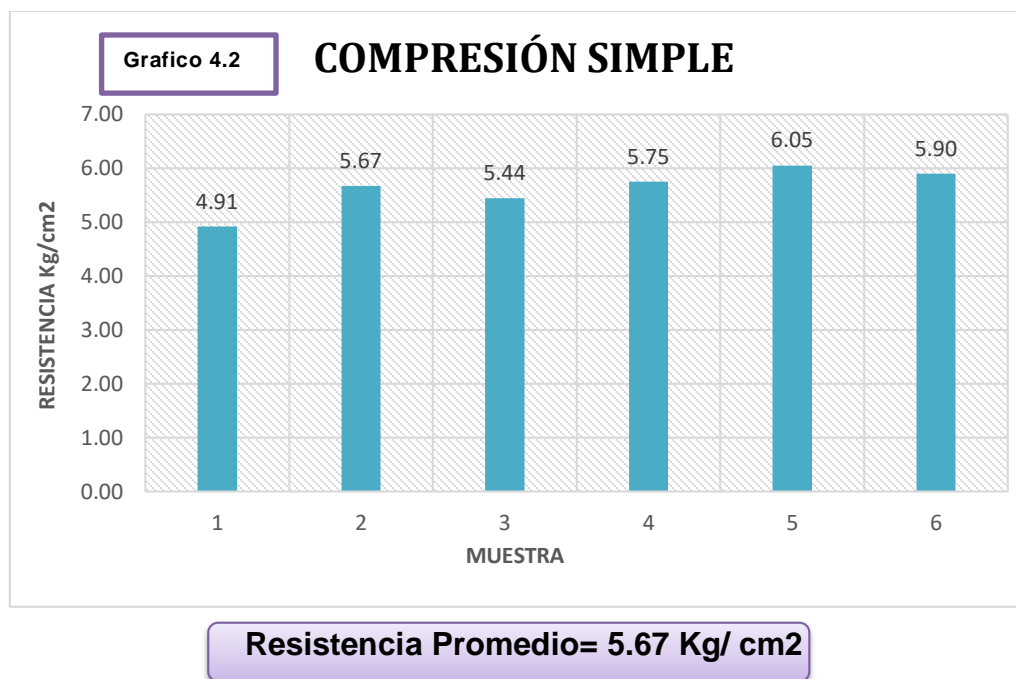
Tabla 4.4

Resistencia a la Compresión Simple de los adobes hechos por los pobladores de sitio

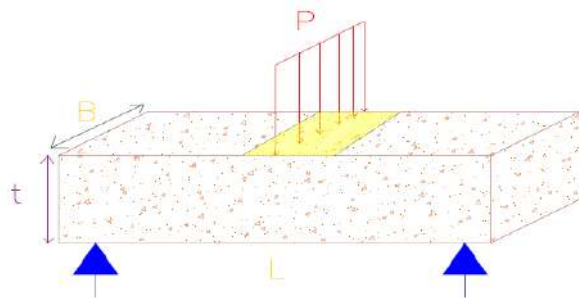
MUESTRA	PESO (Kg)	DIMENSION (cm ³)	CARGA (Kg-F)	f _o Kg/cm ²	DESV.EST.
1	5.495	19 X 13 X 12	650	4.91	0.17
2	5.795	19.5 X 13 X 12	750	5.67	
3	5.110	20 X 11.5 X 11	720	5.44	
4	5.245	19 X 11 X 12	760	5.75	
5	5.930	19 X 12 X 12	800	6.05	
6	5.440	19 X 12 X 12	780	5.90	
PROMEDIO				5.67	



Fuente: Elaboración Propia



4.2.4 Ensayo de resistencia a Flexión o Modulo de rotura

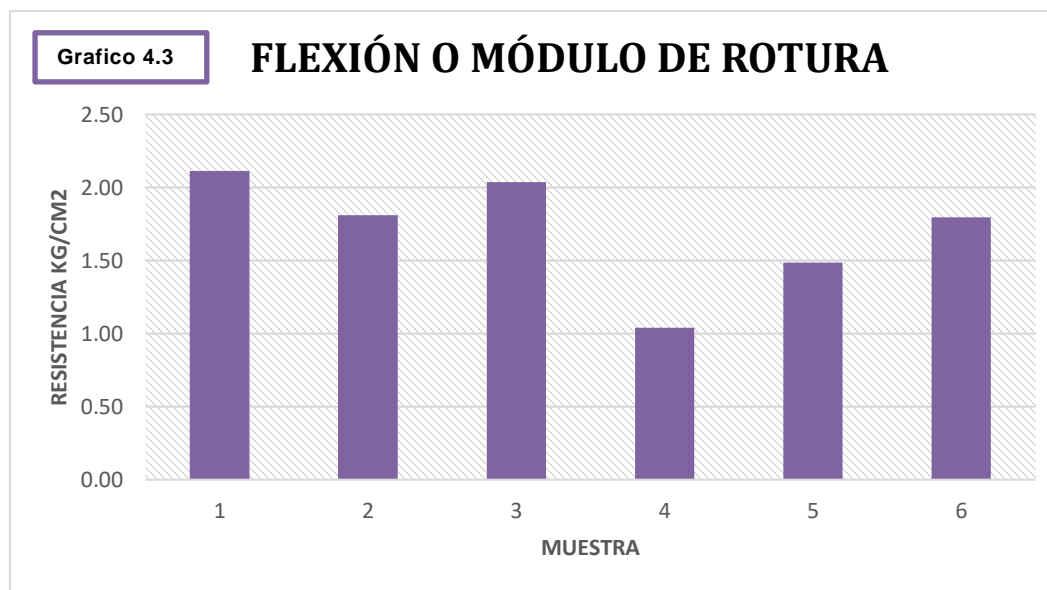


$$Mr = \frac{3PL}{2BT^2}$$

Tabla 4.5
Resistencia a la Flexión o Modulo de Rotura de los adobes hechos por los pobladores de sitio

ESPECIMEN	B(cm)	t(cm)	L(cm)	P (kg)	Mr(kg/cm ²)	DES.V.EST
1	18	13	33	130	2.12	0.16
2	19	13	31	125	1.81	
3	18.4	12.4	32	120	2.04	
4	19.4	12.8	31.5	70	1.04	
5	19.2	12.6	33.5	90	1.48	
6	18.5	12.3	33.5	100	1.80	
PROMEDIO					1.78	

Fuente: Elaboración propia



Resistencia Promedio= 1.78 Kg/ cm2

4.4 Ensayos de Durabilidad de los adobes tradicionales del C.P Pallpuncay-San Jerónimo.

4.4.1 Ensayos de Absorción de Agua por Inmersión Total.

$$W_s(\%) = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100$$

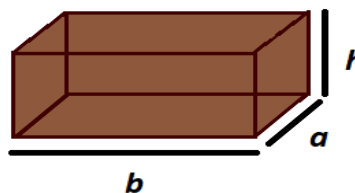


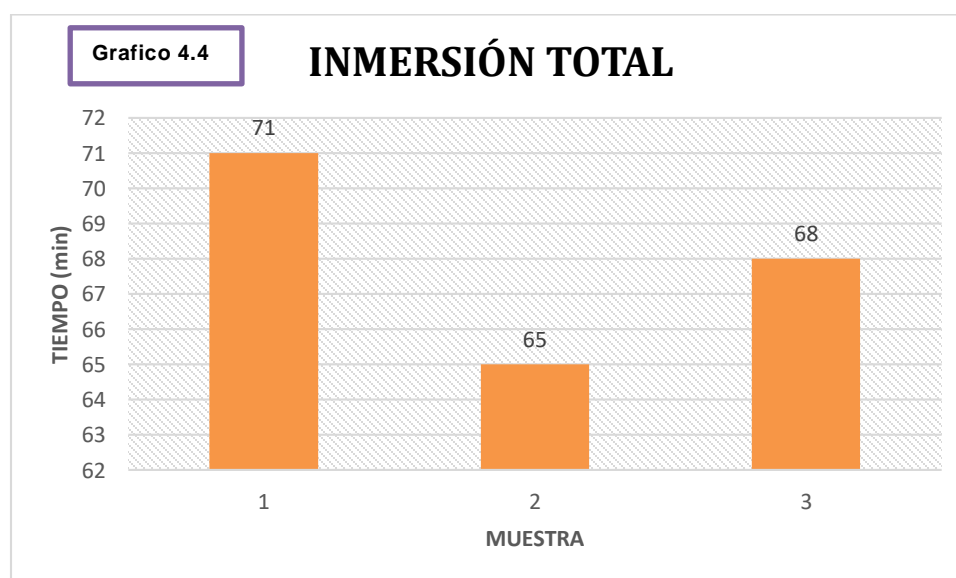
Tabla 4.6:

Ensayo de Absorción de Agua por Inmersión Total los adobes hechos por los pobladores de sitio

ESPECIMEN	DIMENSION (cm3)	w	HORA inicio	HORA termino	TIEMPO min
1	40.0 X 19.5 X 12.5	18.59	11:56:00	13:09:00	71
2	40.5 X 19.5 X 11.5	19.14	11:27:00	12:32:00	65
3	42.5 X 19.5 X 12.5	18.80	16:39:00	17:47:00	68
PROMEDIO					68

Fuente: Elaboración Propia

Al momento de la Inmersión Total del bloque, la masa del adobe empezó a desmoronarse, por este motivo no se obtuvo la masa saturada a las 24 horas por la destrucción total en este tiempo por ende no se pudo llegar a remplazar en la formula dada



Porcentaje de absorción de agua Promedio= 68 min

4.4.2 Ensayo de Absorción de Agua Por Capilaridad



Tabla 4.7:

Ensayo de Absorción de Agua por Capilaridad hechos por los pobladores de sitio

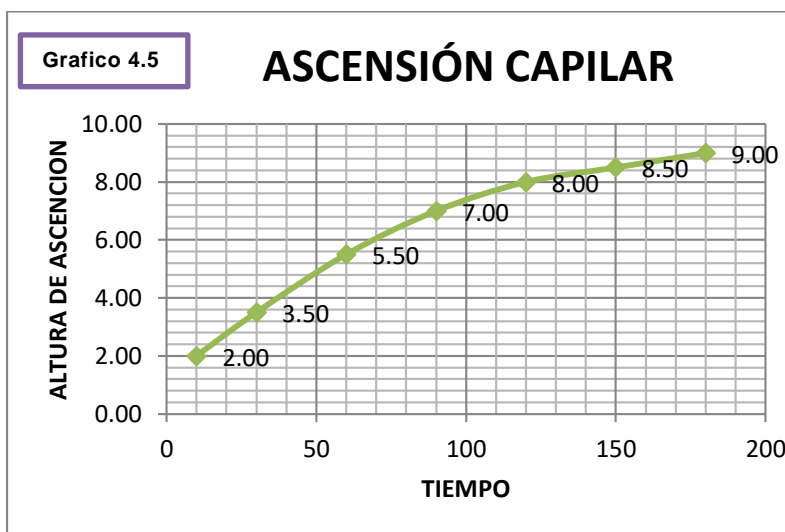
ESPECIMEN	SUPERFICIE (S) cm ²	MASA INICIAL (gr)	MASA FINAL (gr)	MASA DE AGUA ABSORBIDA (M)	t (m)	Cb
1	520.0	17830	17201	-629	10	-
2	480.0	18410	17833	-577	10	-
3	487.5	17860	17270	-590	10	-
Perdida de masa=				-599	PROMEDIO	-

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 4.7 la masa inicial es superior a la masa final debido al desprendimiento de la masa al sumergirlo y al entrar en contacto con el agua por 10 min. Por consecuencia el dato de la masa de agua absorbida salió negativo así concluyendo que para un adobe tradicional no se puede realizar este ensayo.

4.2.2.1 Ascensión capilar

TIEMPO (min)	ALTURA DE ASCENSION (cm)
	MUESTRA
10	2.00
30	3.50
60	5.50
90	7.00
120	8.00
150	8.50
180	9.00



Avance de la huella del agua en el bloque de adobe tradicional, vista de las cuatro perspectivas del bloque. Vista derecha, vista frontal, vista izquierda y vista posterior. (Ver Anexo II, pag.135)

Se da entre 1 min hasta los 180 min.

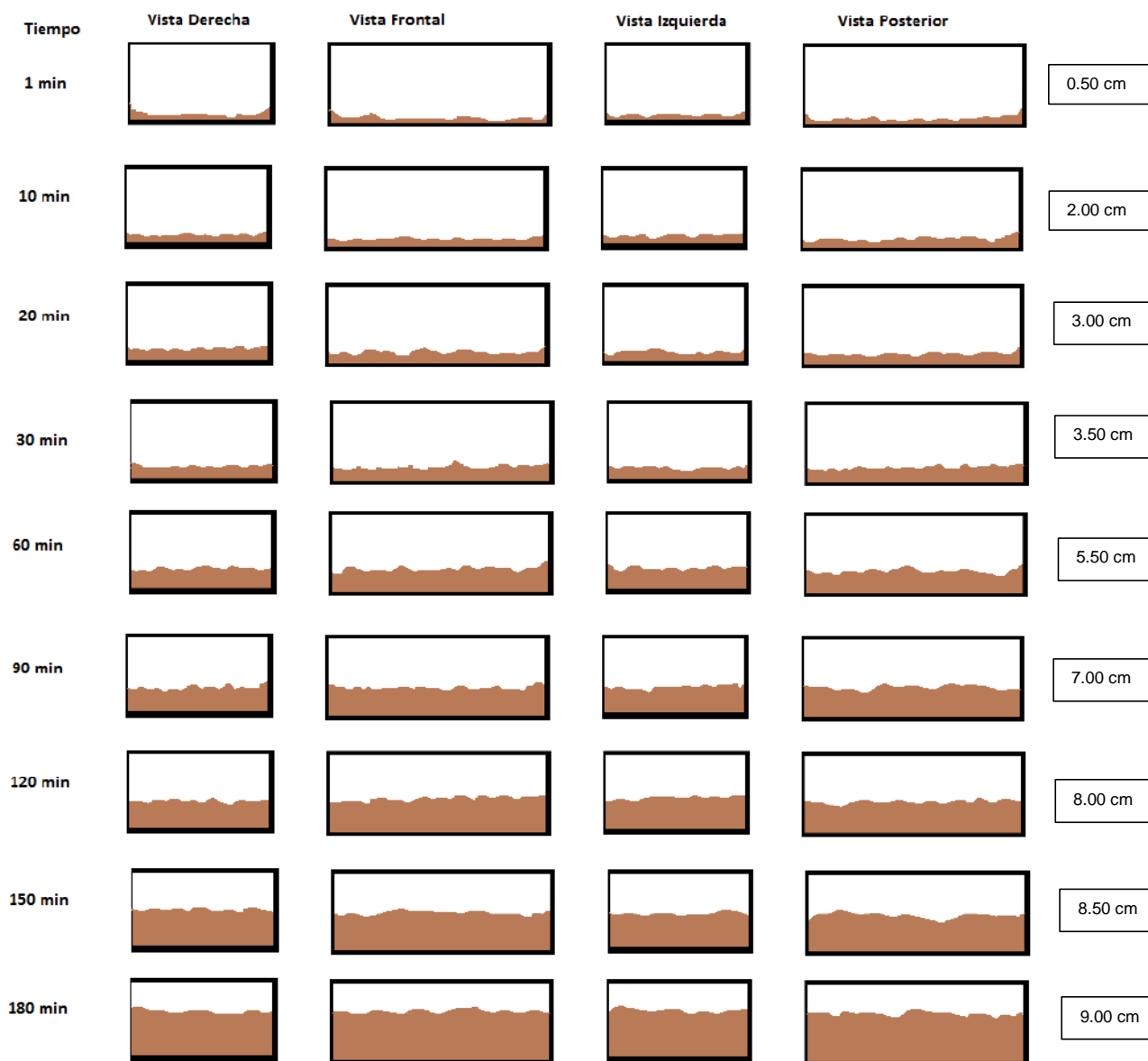


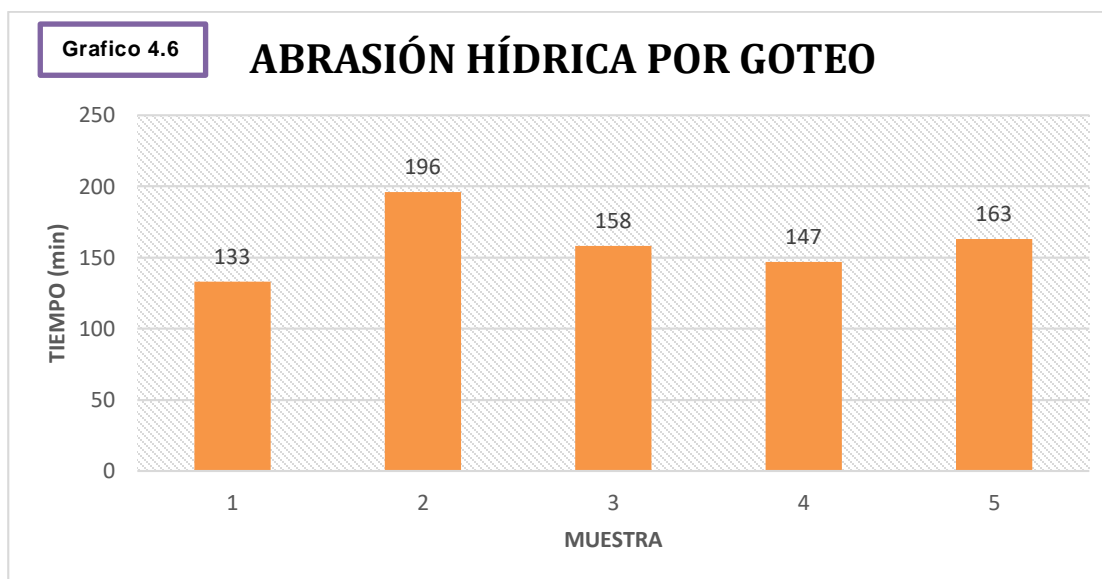
Figure 4.1 Esquema del ensayo ascensión capilar en un bloque de adobe (Fuente: Elaboración Propia)

4.4.3 Ensayos de Abrasión Hídrica por Goteo

Tabla 4.8

Ensayo de Abrasión Hídrica por Goteo de los adobes hechos por los pobladores de sitio

ESPECIMEN	PESO(gr)	DIAMETRO(D)	TIEMPO(min)
1	1.060	>5	133
2	1.125	>5	196
3	1.065	>5	158
4	1.070	>5	147
5	1.170	>5	163
	PROMEDIO	>5	159

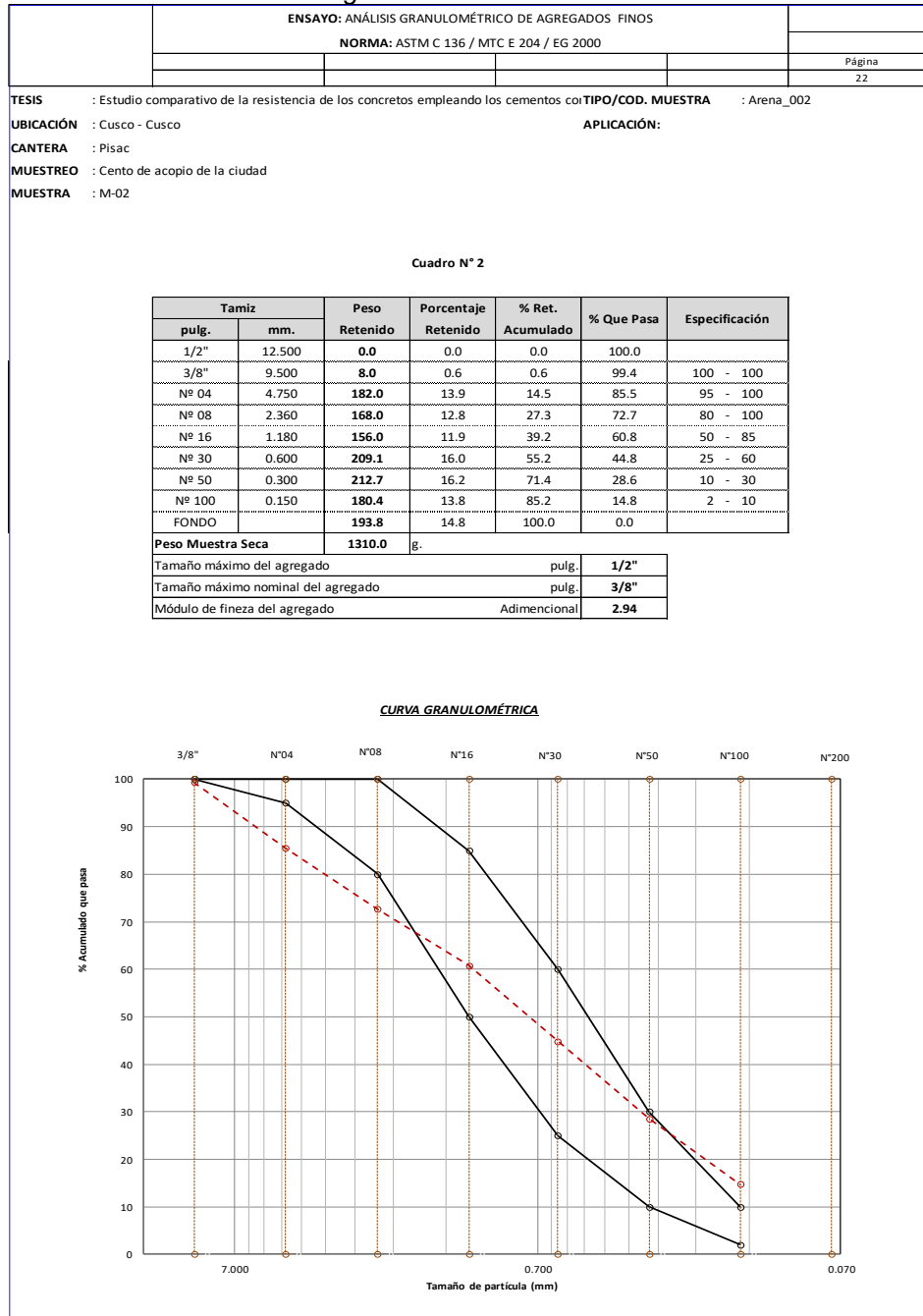


Tiempo promedio = 159 min

4.5 Análisis Granulométrico de la Cantera utilizada para la incorporación de Arena.

Arena del Hormigón de Pisac.

Tabla 4.9:
Análisis Granulométrico del hormigón de la Cantera de Pisac.



Fuente: UNSAAC-EPIC

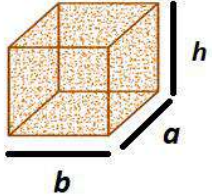
4.6 Ensayo de Resistencia de los Bloques de adobes mejorados.

4.6.1 Ensayo a Compresión Simple

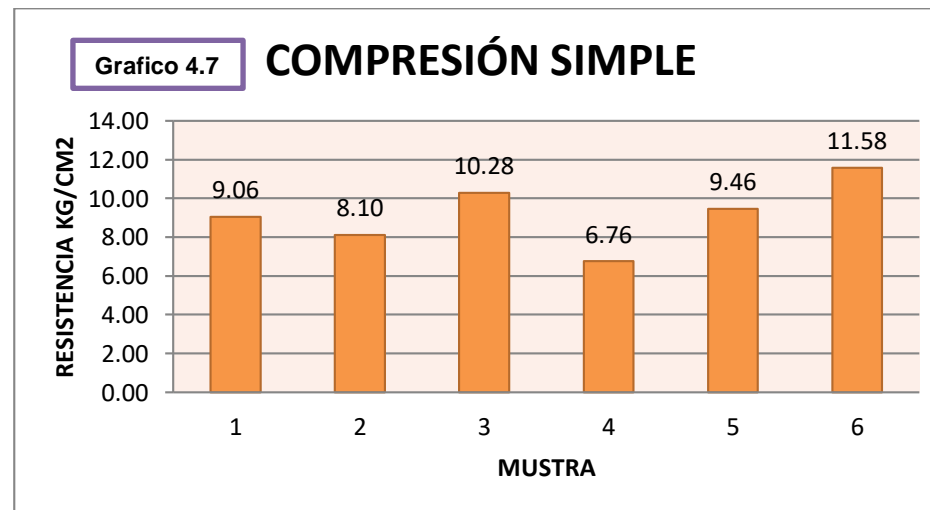
4.6.1.1 Primera Dosificación 70% A – 30%S

Tabla 4.9:
Resistencia a la Compresión Simple de los adobes en su 1ra dosificación

MUESTRA	PESO(gr)	DIMENSION(cm3)	CARGA Kg-F	fo Kg/cm2	DESV.EST.
1	4950	20 X 11.5 X 11.5	943	9.06	1.11
2	5300	19.5 X 11.5 X 11.5	844	8.10	
3	5300	20 X 11.5 X 11.5	1070	10.28	
4	4850	19 X 11.5 X 11.5	704	6.76	
5	5700	19 X 11.5 X 11.5	985	9.46	
6	4930	19.5 X 11.5 X 11.5	1206	11.58	
PROMEDIO				8.98	



Fuente: Elaboración Propia

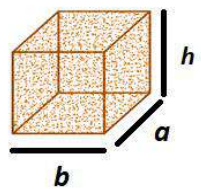


Resistencia Promedio= 8.98 Kg/cm²

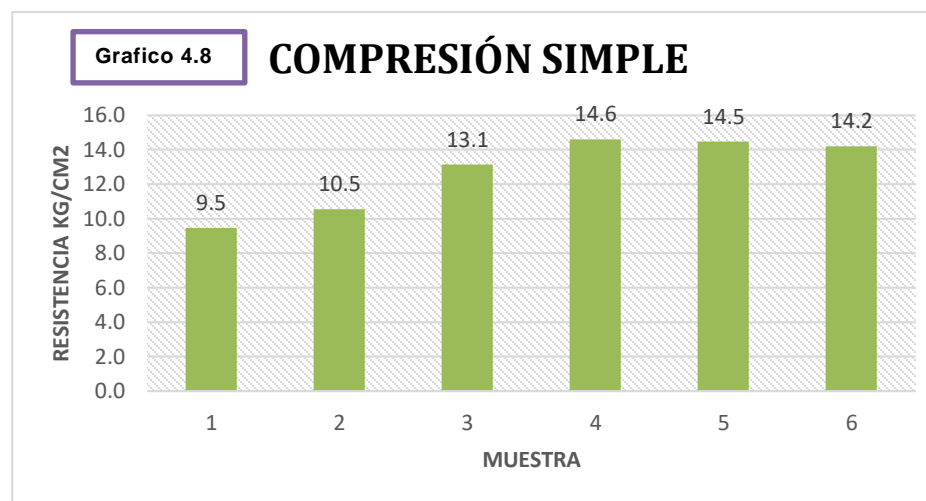
4.6.1.2 Segunda Dosificación 60%A-40%S

Tabla 4.10
Resistencia a la Compresión Simple de los adobes en su 2da dosificación

MUESTRA	PESO (gr)	DIMENSION(cm3)	CARGA Kg-F	f _o Kg/cm ²	DESV.EST.
1	5030	20 X 11.5 X 11.5	985	9.5	0.7
2	4690	20 X 11.5 X 11.5	1098	10.5	
3	4890	20 X 11.5 X 11.5	1368	13.1	
4	5050	20 X 11.5 X 11.5	1520	14.6	
5	4970	20 X 11.5 X 11.5	1506	14.5	
6	4805	20 X 11.5 X 11.5	1479	14.2	
PROMEDIO				13.44	



Fuente: Elaboración Propia



Resistencia Promedio= 13.44 Kg/cm²

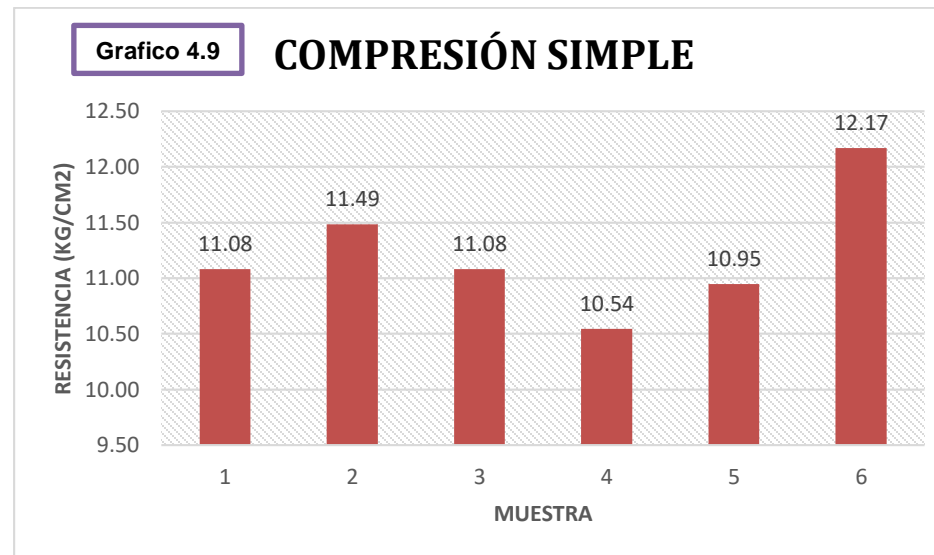
4.6.1.3 Tercera Dosificación 55%A – 45%S

Tabla 4.11
Resistencia a la Compresión Simple de los adobes en su 3ra dosificación

MUESTRA	PESO (gr)	DIMENSION(cm3)	CARGA(Kg-F)	f _o Kg/cm ²	DESV.EST
1	4895	19 X 11.5 X 11.5	1154	11.08	0.51
2	5045	20 X 11.5 X 11.5	1196	11.49	
3	5200	19 X 11.5 X 11.5	1154	11.08	
4	4935	19 X 11.5 X 11.5	1098	10.54	
5	5000	19 X 11.5 X 11.5	1140	10.95	
6	5045	20 X 11.5 X 11.5	1267	12.17	
PROMEDIO				10.94	

Diagrama de un bloque rectangular con dimensiones a , b y h .

Fuente: Elaboración Propia



Resistencia Promedio= 10.94 Kg/cm²

4.6.2 Ensayo a Flexión o Modulo de Rotura

4.6.2.1 Primera Dosificación 70% A – 30%S

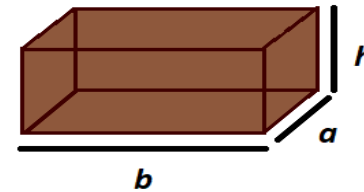
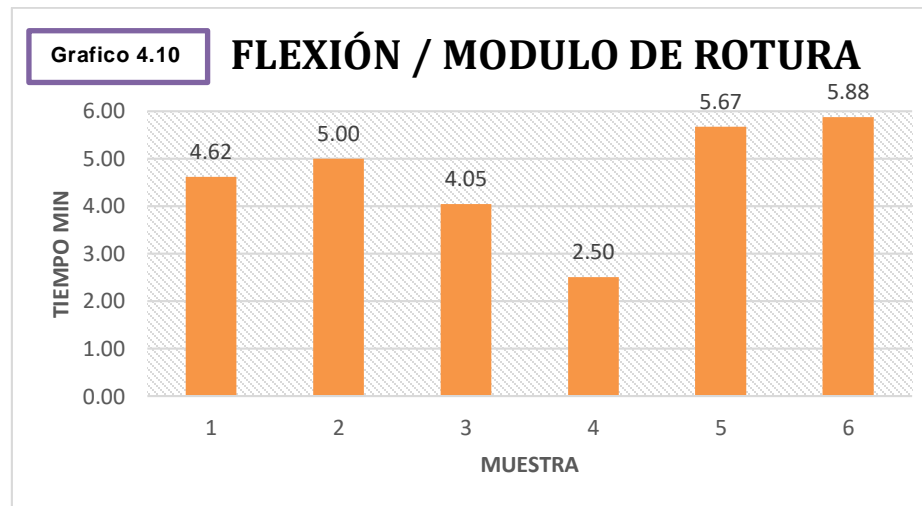


Tabla 4.12
Resistencia a Flexión o Modulo de Rotura de los adobes en su 1ra dosificación

ESPECIMEN	B(cm)	t(cm)	L(cm)	P (kg)	Mr(kg/cm ²)	DESV.EST.
1	19.5	11.5	23.5	338	4.62	0.58
2	19.5	11.5	23.5	366	5.00	
3	19.5	11.5	23.5	296	4.05	
4	19.5	11.5	23.5	183	2.50	
5	19.5	11.5	23.5	415	5.67	
6	19.5	11.5	23.5	430	5.88	
PROMEDIO					4.71	

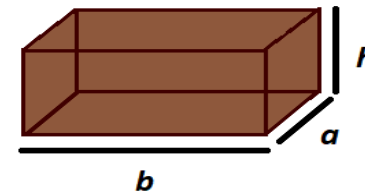
Fuente: Elaboración Propia



Resistencia Promedio= 4.71 Kg/cm²

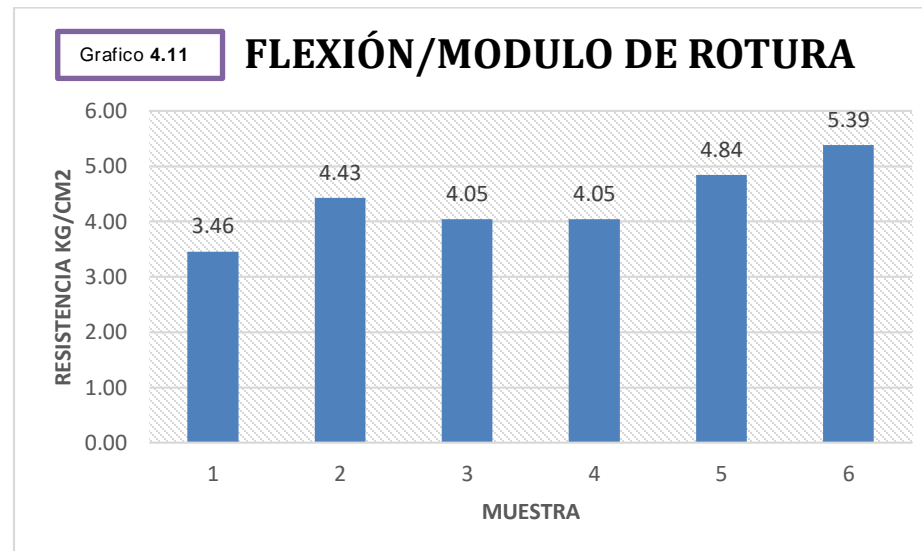
4.6.2.2 Segunda Dosificación 60%A-40%S

Tabla 4.13
Resistencia a Flexión o Modulo de Rotura de los adobes en su 2da dosificación



MUESTRA	B(cm)	t(cm)	L(cm)	P (kg)	Mr(kg/cm ²)	DESV.EST.
1	19.5	11.5	23.5	253	3.46	0.57
2	19.5	11.5	23.5	324	4.43	
3	19.5	11.5	23.5	296	4.05	
4	19.5	11.5	23.5	296	4.05	
5	19.5	11.5	23.5	354	4.84	
6	19.5	11.5	23.5	394	5.39	
Mr PROMEDIO					4.10	

Fuente: Elaboración Propia



Resistencia Promedio= 4.10 Kg/cm²

4.6.2.3 Tercera Dosificación 55%A – 45%S

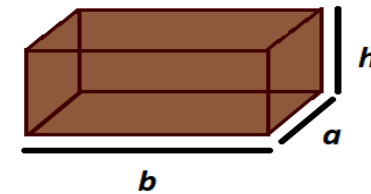
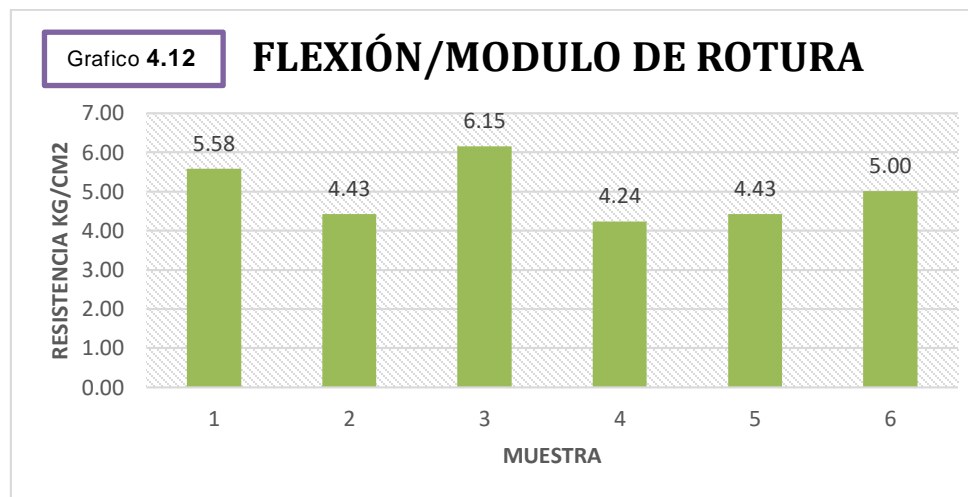


Tabla 4.14:
Resistencia a Flexión o Modulo de Rotura de los adobes en su 3ra dosificación

ESPECIMEN	B(cm)	t(cm)	L(cm)	P (kg)	Mr(kg/cm ²)	DESV.EST.
1	19.5	11.5	23.5	408	5.58	0.74
2	19.5	11.5	23.5	324	4.43	
3	19.5	11.5	23.5	450	6.15	
4	19.5	11.5	23.5	310	4.24	
5	19.5	11.5	23.5	324	4.43	
6	19.5	11.5	23.5	366	5.00	
PROMEDIO					4.55	

Fuente: Elaboración Propia



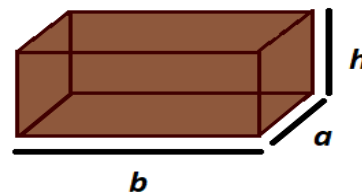
Resistencia Promedio= 4.55 Kg/cm²

4.7 Ensayos de Durabilidad de los Bloque

4.7.1 Ensayos de Absorción de Agua por Inmersión Total

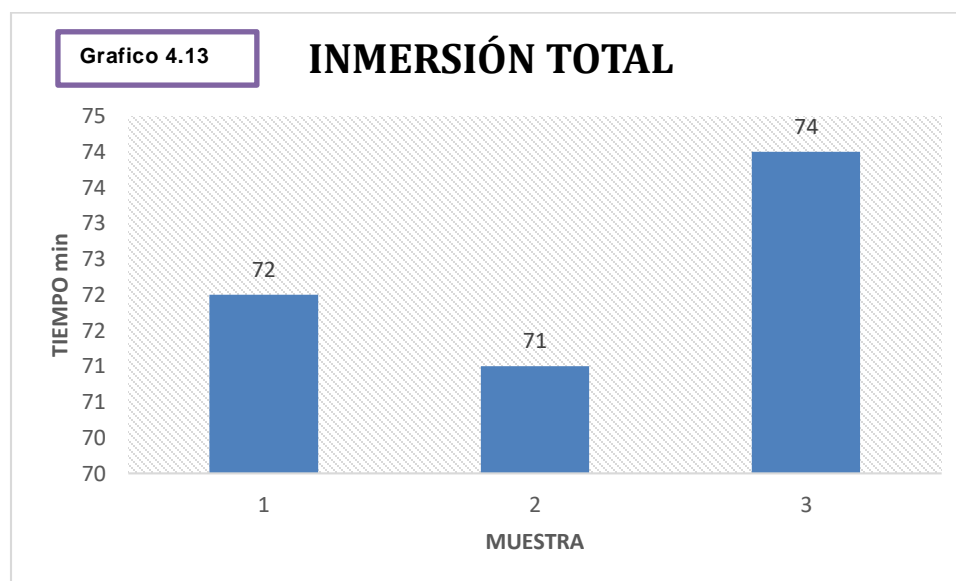
4.7.1.1 Primera Dosificación 70% A – 30%S

Tabla 4.15:
Resistencia a Flexión o Modulo de Rotura de los adobes en su 3ra dosificación



ESPECIMEN	DIMENSION (cm3)	w (Kg)	HORA inicio	HORA termino	TIEMPO min
1	40 X 19 X 12	18.77	08:20:00 a.m.	09:32:00 a.m.	72
2	39 X 20 X 11.5	18.80	12:10:00 p.m.	01:21:00 p.m.	71
3	40 X 19 X 12	18.95	01:30:00 p.m.	02:44:00 p.m.	74
PROMEDIO					72

Fuente: Elaboración Propia



Tiempo Promedio= 72 min

4.7.1.2 Segunda Dosificación 60%A-40%S

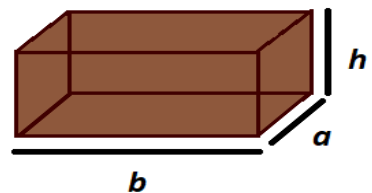
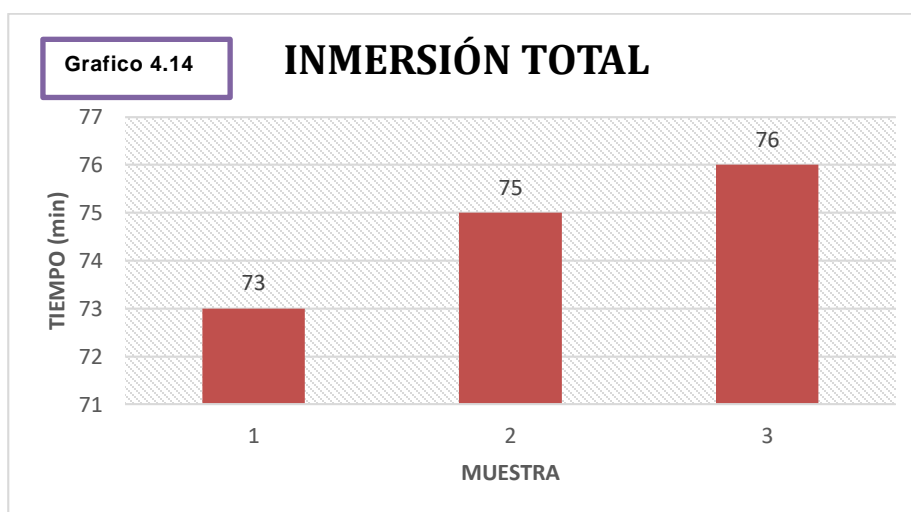


Tabla 4.16:
Resistencia a Flexión o Modulo de Rotura de los adobes en su 3ra dosificación

ESPECIMEN	DIMENSION (cm3)	w (kg)	HORA inicio	HORA termino	TIEMPO min
1	40 X 19.5 X 12	18.59	10:50:00 a.m.	12:03:00 p.m.	73
2	40.5 X 19 X 11.5	19.14	04:25:00 p.m.	05:40:00 p.m.	75
3	42 X 19 X 12.5	18.80	09:20:00 a.m.	10:36:00 a.m.	76
PROMEDIO					75

Fuente: Elaboración propia



Tiempo Promedio= 75 min

4.7.1.3 Tercera Dosificación 55%A – 45%S

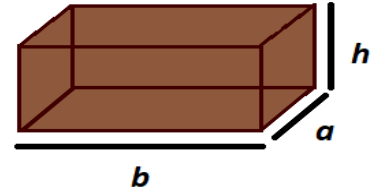
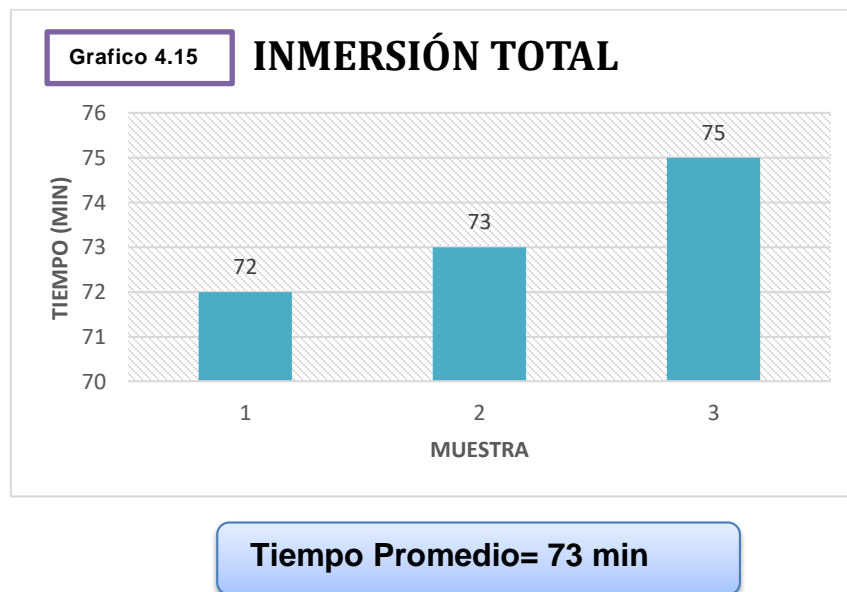


Tabla 4.17:

Resistencia a Flexión o Modulo de Rotura de los adobes en su 3ra dosificación

ESPECIMEN	DIMENSION (cm3)	w (kg)	HORA inicio	HORA termino	TIEMPO min
1	40 X 19.5 X 12	18.59	09:40:00 a.m.	10:52:00 a.m.	72
2	40.5 X 19 X 11.5	19.14	12:10:00 p.m.	01:23:00 p.m.	73
3	42 X 19 X 12.5	18.80	10:30:00 a.m.	11:45:00 a.m.	75
PROMEDIO					73

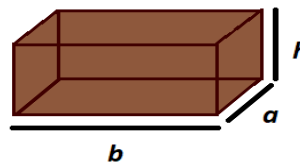
Fuente: Elaboración Propia



4.7.2 Ensayos de Absorción de Agua por Capilaridad

4.7.2.1 Primera Dosificación 70% A – 30%S

Tabla 4.18:
Ensayo de absorción de agua por capilaridad de los adobes mejorados en su 1ra dosificación

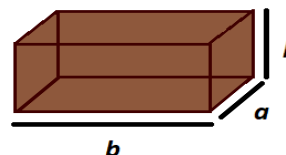


ESPECIMEN	SUPERFICIE (S) cm ²	MASA INICIAL (gr)	MASA FINAL (gr)	MASA DE AGUA ABSORBIDA (M)	t (m)	Cb(g/cm ² xmin ^{1/2})
1	540	18290	17695	-595	10	-
2	500	18600	17965	-635	10	-
3	507	18315	17605	-710	10	-
Perdida de masa (gr)=				-647	PROMEDIO	-

Fuente: Elaboración Propia

4.7.2.2 Segunda Dosificación 60%A-40%S

Tabla 4.19
Ensayo de absorción de agua por capilaridad de los adobes mejorados en su 2da dosificación

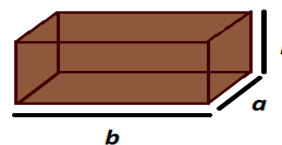


ESPECIMEN	SUPERFICIE (S) cm ²	MASA INICIAL (gr)	MASA FINAL (gr)	MASA DE AGUA ABSORBIDA (M)	t (m)	Cb(g/cm ² xmin ^{1/2})
1	540	18655	18070	-585	10	-
2	520	18420	17823	-597	10	-
3	526.5	17950	17369	-581	10	-
Perdida de masa (gr)=				-588	PROMEDIO	-

Fuente: Elaboración Propia

4.7.2.3 Tercera Dosificación 55%A – 45%S

Tabla 4.20
Ensayo de absorción de agua por capilaridad de los adobes mejorados en su 3ra dosificación



ESPECIMEN	SUPERFICIE (S) cm ²	MASA INICIAL (gr)	MASA FINAL (gr)	MASA DE AGUA ABSORBIDA (M)	t (m)	Cb(g/cm ² xmin ^{1/2})
1	480	18220	17605	-615	10	-
2	500	18765	18240	-525	10	-
3	487.5	19025	18315	-710	10	-
Perdida de masa (gr)=				-617	PROMEDIO	-

Fuente: Elaboración propia

Como se muestran en los cuadros 4.19 ,4.20 y 4.21 la diferencia de la masa final y la masa inicial nos da un valor negativo siendo este resultado la masa de agua absorbida por este motivo la formula no es aplicable; pero si vemos por la cantidad de degradación del adobe visualízanos que la 2da dosificación tiende a perder menos masa con 588 gr en comparación a la 1ra y 3ra con 647 gr y 617 gr.

4.7.3 Ascensión capilar

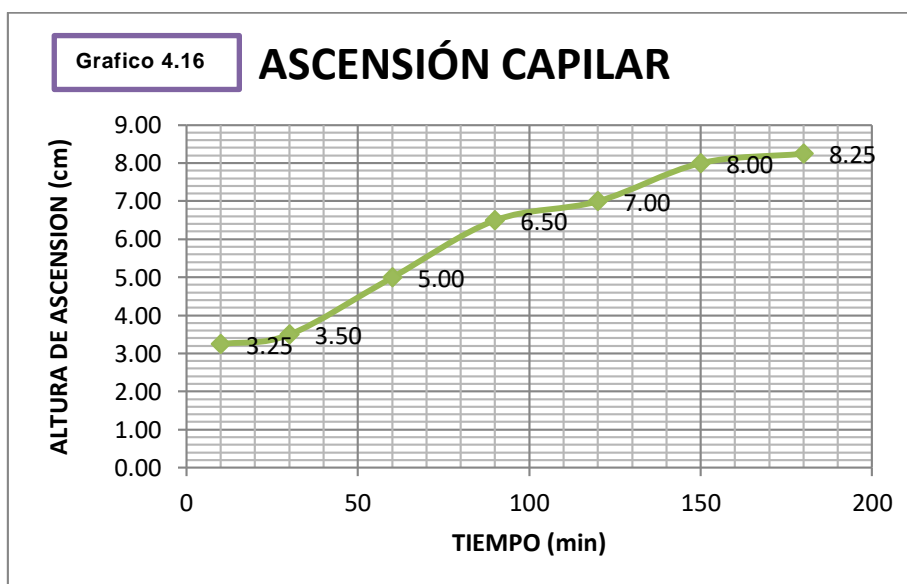
4.7.3.1 Primera dosificación 70% A – 30%S

Tabla 4.21

Ensayo de Ascensión capilar de los adobes mejorados en su 1ra dosificación.

TIEMPO (min)	ALTURA DE ASCENSION (cm)
	MUESTRA
10	3.25
30	3.50
60	5.00
90	6.50
120	7.00
150	8.00
180	8.25

Fuente: Elaboración propia



Avance de la huella del agua en el bloque de adobe mejorado en su primera dosificación, vista de las cuatro perspectivas del bloque. Vista derecha, vista frontal, vista izquierda y vista posterior. (Ver Anexo II, pág.158)

Se da entre 1 min hasta los 180 min

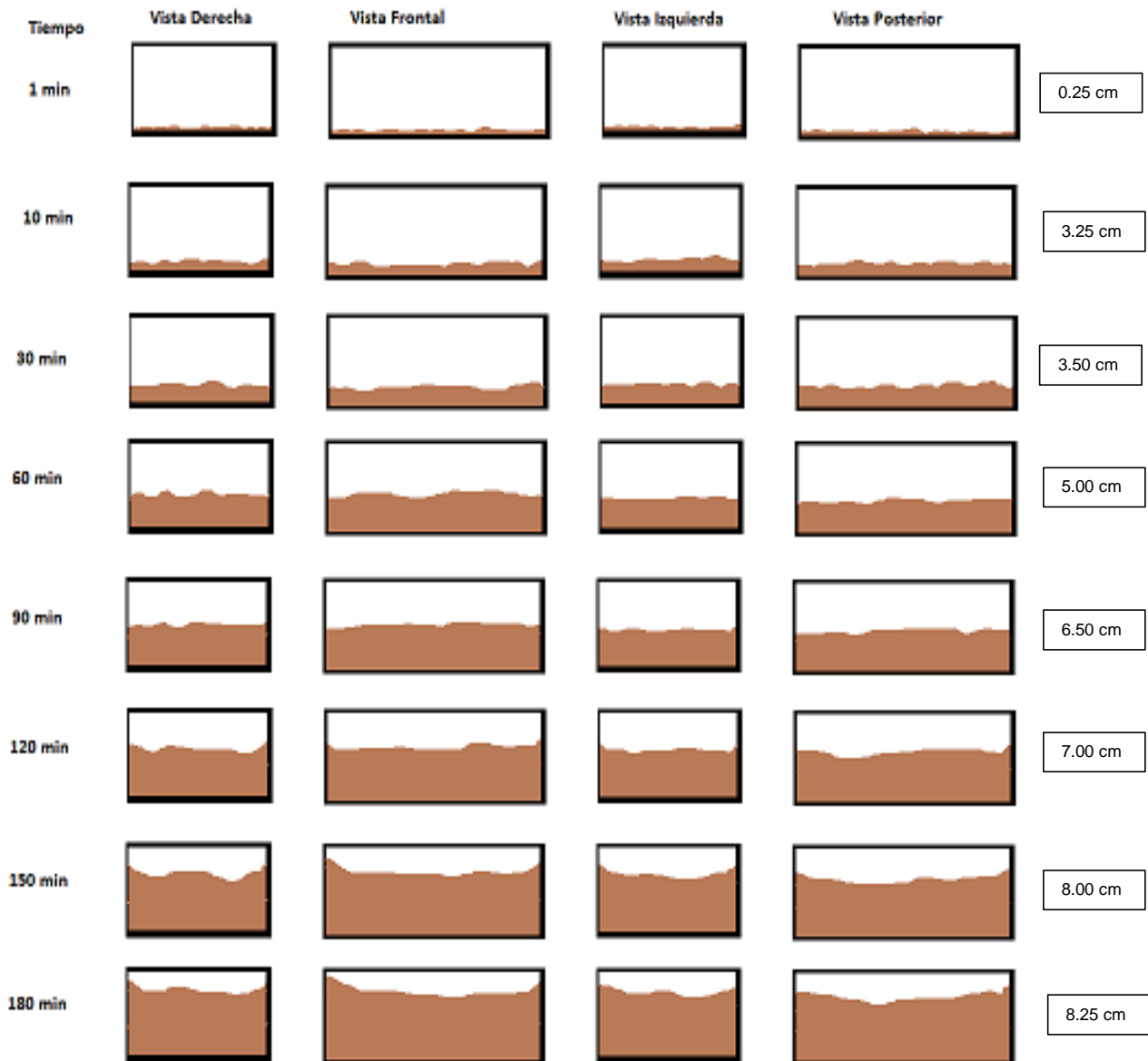


Figura 4.2 Esquema del ensayo ascensión capilar en un bloque de adobe (Fuente: Elaboración propia)

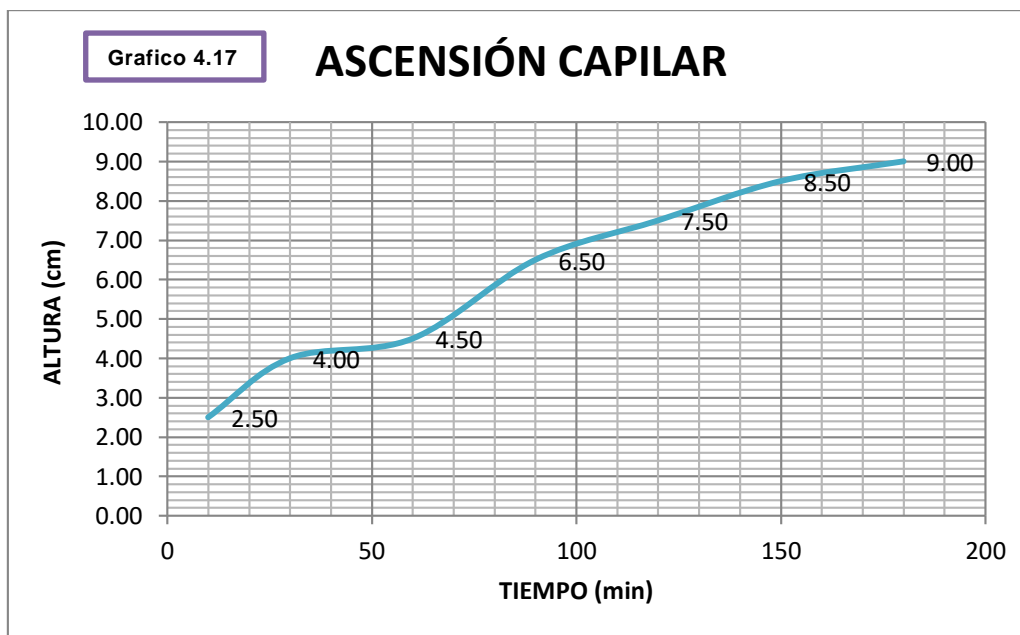
4.7.3.1 Segunda dosificación 60%A-40%S

Tabla 4.22

Ensayo de Ascensión capilar de los adobes mejorados en su 2da dosificación

TIEMPO (min)	ALTURA DE ASCENSION (cm)
	MUESTRA
10	2.50
30	4.00
60	4.50
90	6.50
120	7.50
150	8.50
180	9.00

Fuente: Elaboración propia



Avance de la huella del agua en el bloque de adobe mejorado en su segunda dosificación, vista de las cuatro perspectivas del bloque. Vista derecha, vista frontal, vista izquierda y vista posterior. (Ver Anexo II, pág.160)

Se da entre 1 min hasta los 180 min

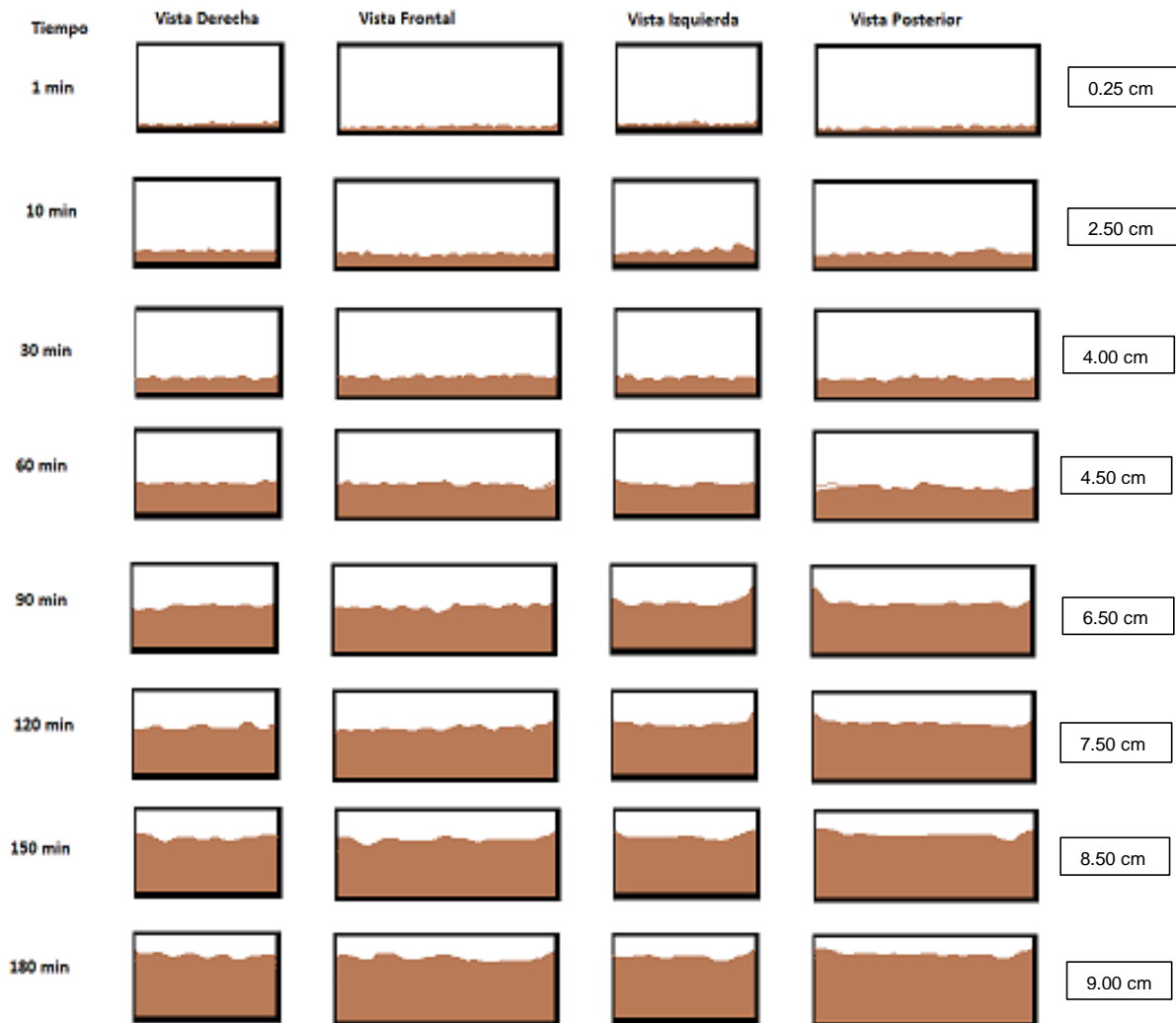


Figura 4.3 Esquema del ensayo ascensión capilar en un bloque de adobe (Elaboración propia)

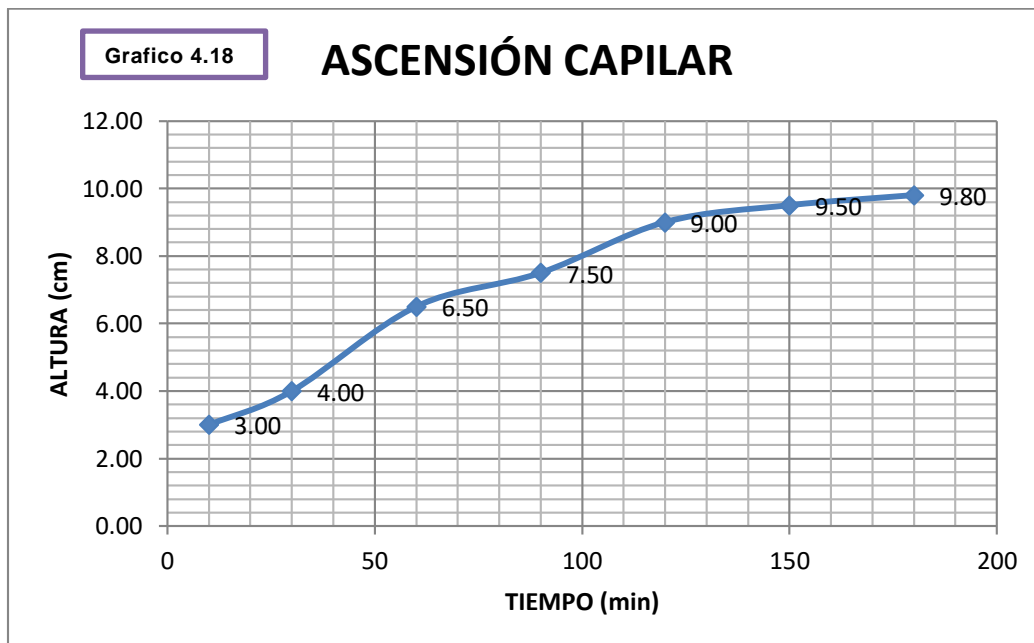
4.7.3.2 Tercera dosificación 55%A – 45%S

Tabla 4.23

Ensayo de Ascensión capilar de los adobes mejorados en su 3ra dosificación.

TIEMPO (min)	ALTURA DE ASCENSION (cm)
	MUESTRA
10	3.00
30	4.00
60	6.50
90	7.50
120	9.00
150	9.50
180	9.80

Fuente: Elaboración propia



Avance de la huella del agua en el bloque de adobe mejorado en su tercera dosificación, vista de las cuatro perspectivas del bloque. Vista derecha, vista frontal, vista izquierda y vista posterior. (Ver Anexo II, pág.162)

Se da entre 1 min hasta los 180 min

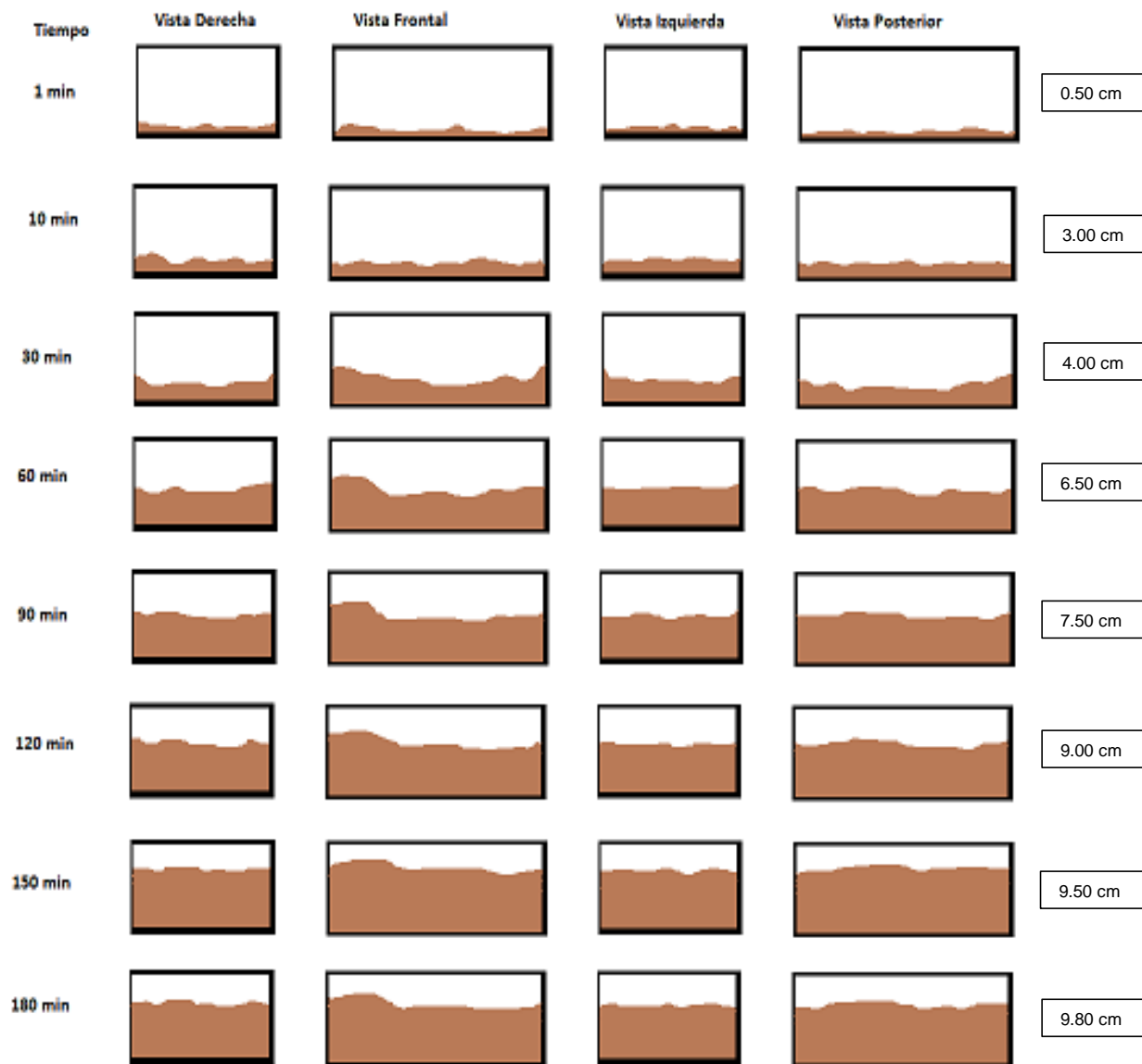


Figura 4.4 Esquema del ensayo ascensión capilar en un bloque de adobe (Fuente: Elaboración propia)

4.7.4 Ensayos de Abrasión Hídrica por Goteo

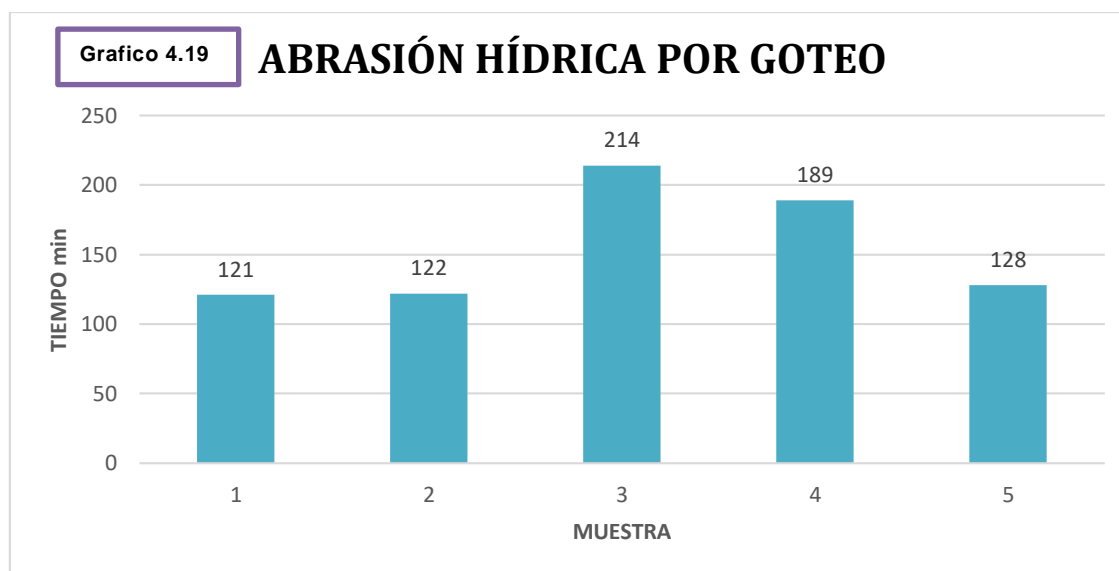
4.7.4.1 Primera Dosificación 70% A – 30%S

Tabla 4.24

Ensayo de Abrasión hídrica por Goteo de los adobes mejorados en su 1ra dosificación

ESPECIMEN	PESO(gr)	DIAMETRO(D)	TIEMPO(min)
1	1190	<5	121
2	1135	<5	122
3	1200	<5	214
4	1130	<5	189
5	1140	<5	128
PROMEDIO			155

Fuente: Elaboración propia



Tiempo Promedio= 155 min

4.7.4.2 Segunda Dosificación 60%A - 40%S

Tabla 4.25

Ensayo de Abrasión hídrica por Goteo de los adobes mejorados en su 2da dosificación

ESPECIMEN	PESO(gr)	DIAMETRO(D)	TIEMPO(min)
1	1275	<5	225
2	1155	<5	135
3	1115	<5	170
4	1140	<5	177
5	1110	<5	134
	PROMEDIO	<5	168

Fuente: Elaboración propia



Tiempo Promedio= 168 min

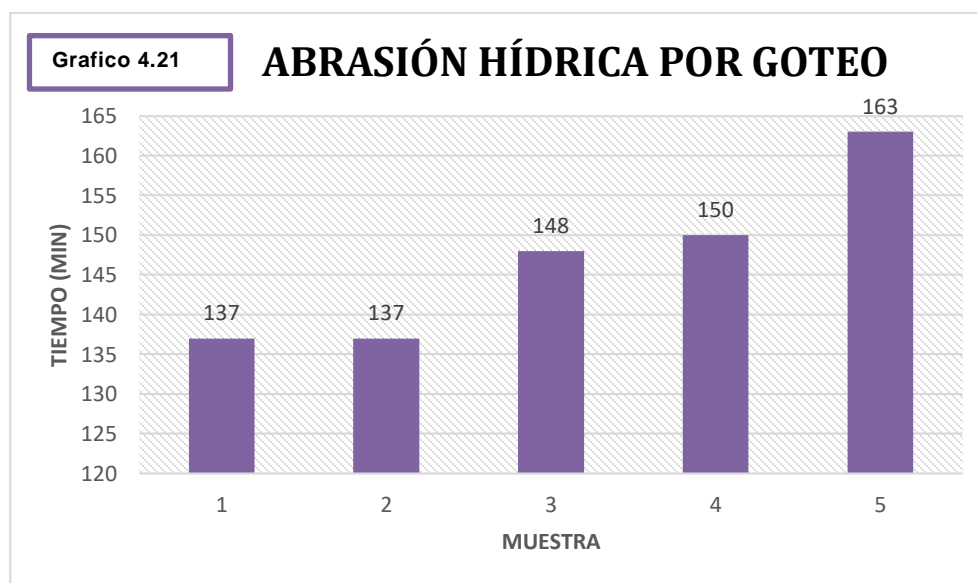
4.7.4.3 Tercera Dosificación 55%A – 45%S

Tabla 4.26

Ensayo de Abrasión hídrica por Goteo de los adobes mejorados en su 3ra dosificación

ESPECIMEN	PESO(gr)	DIAMETRO(D)	TIEMPO(min)
1	1060	<5	137
2	1125	<5	137
3	1065	<5	148
4	1070	<5	150
5	1170	<5	163
PROMEDIO			147

Fuente: Elaboración propia



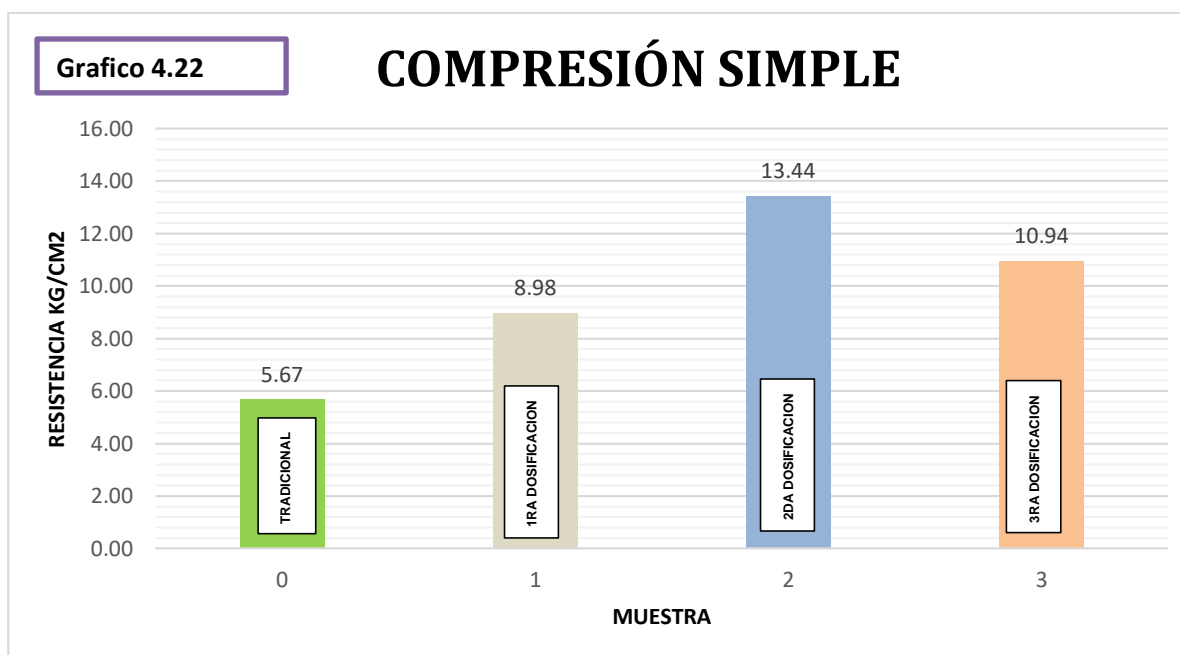
Tiempo Promedio= 147 min

4.8 Interpretación de Resultados.

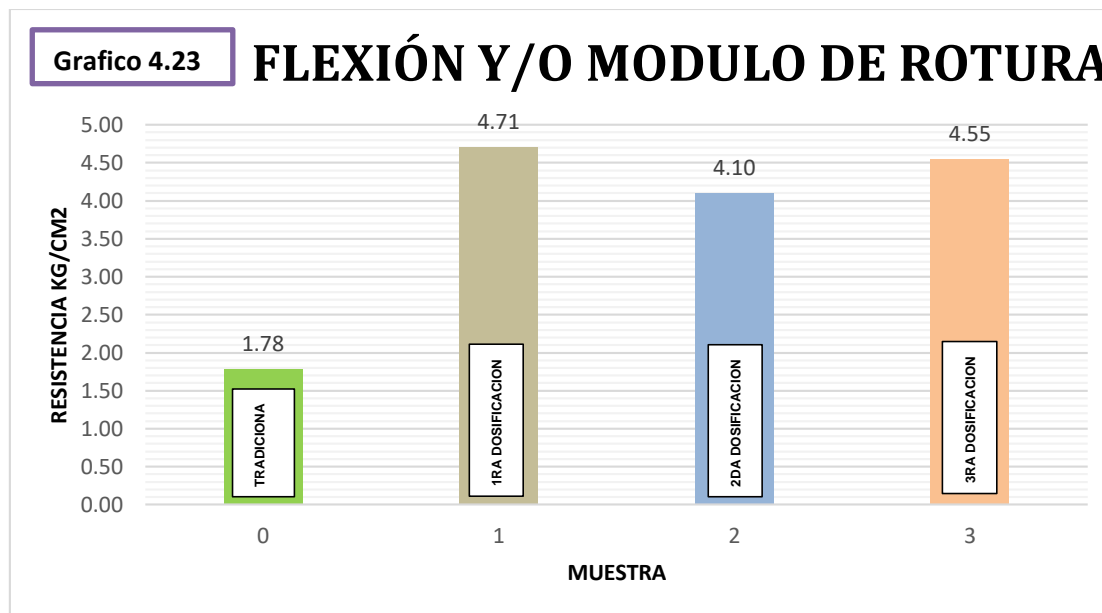
4.8.1 Ensayos de Resistencia

En cuanto se refiere a los ensayos de Compresión Simple, se obtuvo la mejor dosificación arena- suelo, llegando a la resistencia mínima de 12 Kg/cm² exigida en la Norma E 080, a continuación, se visualiza la comparación entre las 03 tres dosificaciones estudiadas y el patrón de comparación del adobe tradicional de zona.

La segunda dosificación 60% Arena y 40% Suelo resulto dar una mayor resistencia de 13.44 Kg/cm² (Ver Tabla 4.10) frente a los 5.67 Kg/cm² (Ver Tabla 4.4) del adobe tradicional hecho en la zona de estudio.



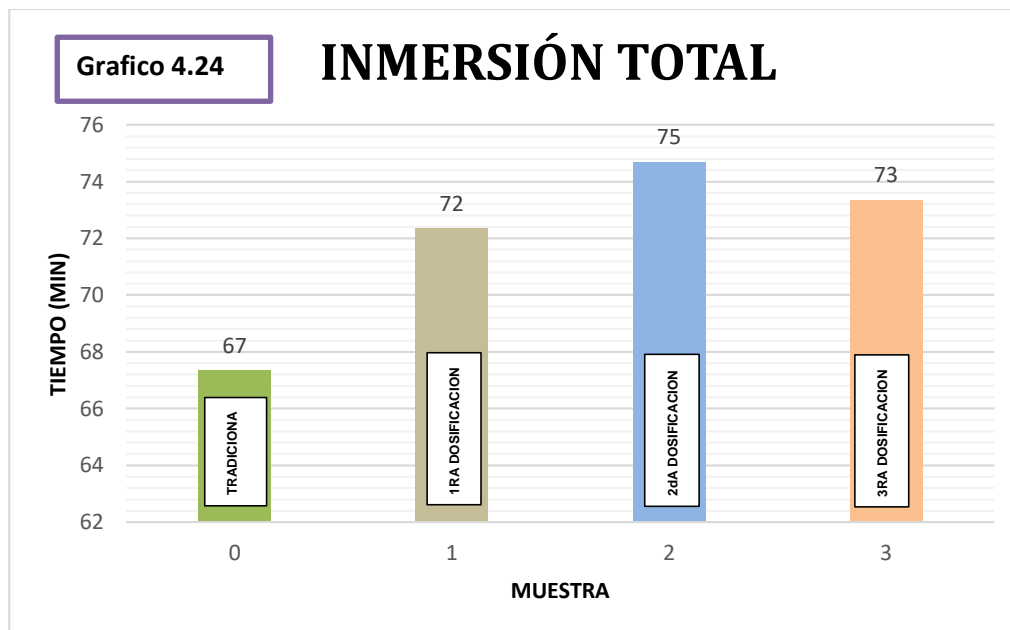
El ensayo de Flexión o Módulo de Rotura dio resultados mayores al del adobe tradicional llegando a valores recomendables, la 1ra dosificación (70 % Arena – 30 % Suelo) 4.71 kg/cm² (Ver Tabla 4.12), la 2da dosificación (60% Arena- 40% Suelo) 4.10 kg/cm²(Ver Tabla 4.13) y la 3ra dosificación (55% Arena- 45% Suelo) 4.55 kg/cm²(Ver Tabla 4.14).



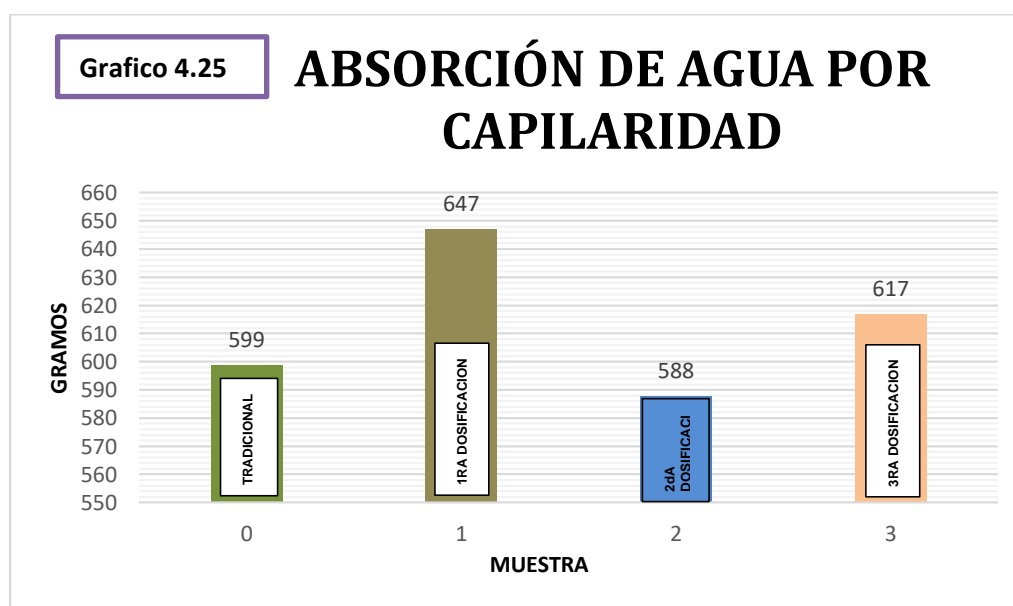
4.8.2 Ensayos de Durabilidad

En cuanto se refiere al ensayo de Inmersión Total de los bloques de adobe no se pudo realizar las especificaciones de la norma SLS 1382 de modo que al sumergir los bloques de adobe tradicional fabricado por los pobladores y el adobe mejorado en las dosificaciones (70%A - 30%S) - (60%A - 40%S) - (55%A - 45%S) se produjo el desmoronamiento instantáneo de sus partículas, a los 10 minutos de inundado se perdió 3 cm de masa en sus caras laterales y superficiales.

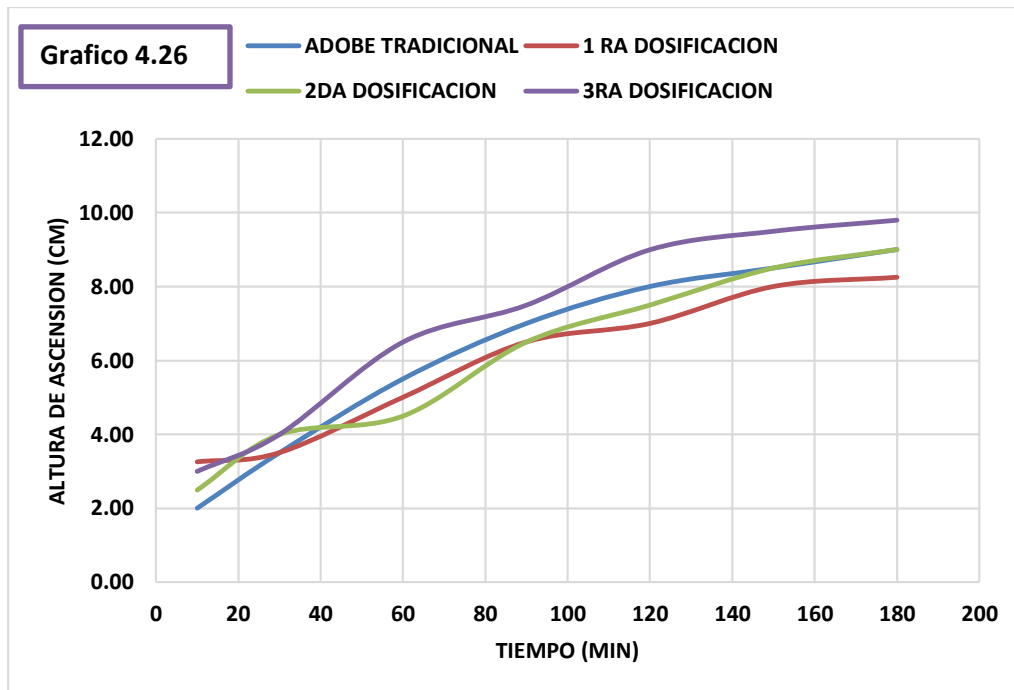
A los 30 minutos se perdió el 40% de masa aun no llegando en su totalidad al núcleo del adobe; el bloque tradicional se desintegro en su totalidad a los 67 minutos presentando como característica una espuma espesa debido al aire contenido de los vacíos del bloque; no obstante con las 03 dosificaciones distintas se tuvo un resultado parecido, en cuanto a su 1ra dosificación se desintegro en 72 min, 2da dosificación 75 min y 3ra dosificación en 73 min y pasado las 24 horas tanto para el adobe tradicional y mejorado se produjo el desmoronamiento total, perdiendo consistencia y haciendo imposible la extracción del bloque para hallar absorción de la muestra y el peso en estado saturado; no llegando así a los requerimientos exigidos en la norma.



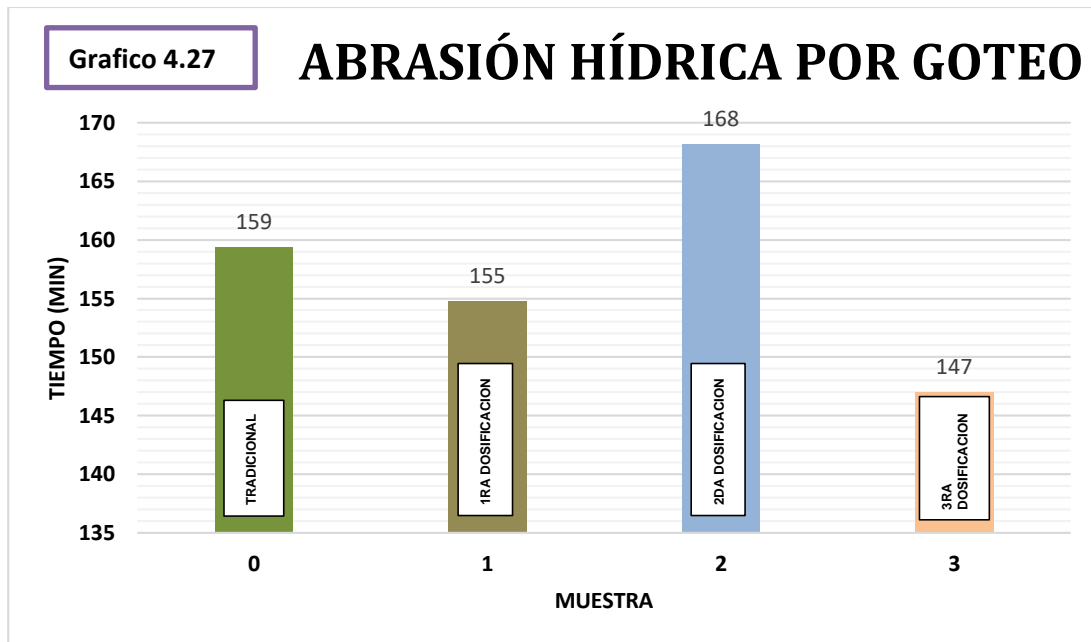
El ensayo de absorción de agua por capilaridad es muy destructivo para un adobe fabricado con métodos tradicionales, puesto que este ensayo fue diseñado para adobes estabilizados hídricamente, por lo tanto, se realizó el ensayo para verificar cuan destructivo era para estos tipos de adobes.



Este ensayo nos muestra en cuanto tiempo el adobe puede absorber el agua sin causar mayor daño al bloque, las mejores muestras si dio en la 1ra y 2da dosificación como se muestra en el grafico teniendo así una mejora capilaridad.



El ensayo de Abrasión Hídrica por Goteo según el Manual de Tierra Cruda – Chile dice “Este ensayo en tierra pura sin estabilizante perfora la baldosa de 2 cm de espesor en un aproximado de 120 min” teniendo en el adobe tradicional un promedio de 159 min frente a los 168 min de la segunda dosificación (60%-40%) este ensayo mide la erosión que se produce por la escorrentía y no tanto por la gota de agua, es un método para cuantificar la erosión de los bloques.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE

RESULTADOS

5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta tesis de investigación tuvo como objetivo “Determinar la dosificación arena-suelo para obtener un adobe mejorado que ante las pruebas de resistencia y durabilidad pueda incrementar las propiedades mecánicas de un adobe tradicional.”

A continuación, se estarán discutiendo los principales hallazgos de este estudio.

De los resultados obtenidos en esta tesis de investigación (Ver Capítulo IV).

- ✓ Según (Saroza , Barroso I, Menendez J, & Rodriguez M, 2008)...no existe consenso a la hora de recomendar los porcentajes de arena y arcilla que debe presentar el adobe para construcción.” Podemos afirmar que en el Perú en la Norma E 080 del RNE pág. 2 promulgada el año 2006 tiene las recomendaciones de las proporciones límites; arcilla 10 – 20%, limo 15-25% y arena 55-70% a comparación de la Norma Española, estos datos fueron de ayuda para proponer 03 distintos tipos de dosificaciones.

Los resultados obtenidos en el ensayo de compresión simple dieron resultados idóneos: La 2da dosificación (60%A-40%S) dio el valor más alto de 13.44 Kg/cm², según los autores antes señalados: “Los suelos estudiados han ofrecido resistencias a compresión simple superiores a 1 MPa (10 kg/cm²), dándose la circunstancia de que todos ellos tienen un contenido de arena superior al 50%.” Dándonos resultados próximos ya que las dosificaciones ensayadas van en proporción de 70%, 60 % y 55% de Arena.

El adobe tradicional extraído del Centro Poblado Pallpanca y con sus propiedades granulométricas originales dio valores de 5.67 Kg/cm²; (Saroza , Barroso I, Menendez J, & Rodriguez M, 2008) concluyeron “...los suelos S7 a S12 no son aptos para la elaboración de adobes, mientras se mantengan las proporciones originales de sus fracciones granulométricas. Esto es debido a que, o bien no se alcanzan las resistencias adecuadas, o bien se fisuran en exceso. Si comparamos resultados llegamos a las mismas conclusiones.

- ✓ Los Ensayos de Durabilidad tanto para un adobe tradicional como para un adobe mejorado dieron resultados nulos ya que al aplicar los ensayos de Absorción de Agua por Inmersión Total y Absorción de Agua por Capilaridad estos llegaron a la destrucción parcial y total frente al agua, no pudiendo reemplazar en las formulas ni hallar posibles respuestas, en comparación con (Cid Falceto, 2012) “Bloque P: Se trata de un bloque sin estabilizar que no cumple con las exigencias internacionales del ensayo de erosión por pulverizado de agua a presión. Es un bloque apto al ensayo de erosión por caída de agua. Se trata de un BTC que no puede someterse a los ensayos por capilaridad e inmersión total al descomponerse cuando se sumergen en agua. Absorbe 1.5ml en 30 min (mediante tubo de Carsten). Debe utilizarse en parámetros interiores o en exterior si se le aplica una capa de protección”, el bloque P de Falceto y el adobe tradicional y mejorado no alcanzan a niveles adecuados para los ensayos de Durabilidad por la falta de una estabilización ya sea con cal, cemento, asfalto, etc.

- ✓ Según (Vilcapaza Cuayla, 2012), “.....mientras se tenga una adecuada dosificación suelo-cemento se tendrán propiedades físicas y mecánicas mejores”. Llegando así a resultados de resistencia a Compresión Simple mayores a 18 Kg/cm², podemos diferir resultados en un 72% de las resistencias obtenidas y en un 100% en los ensayos de Durabilidad; puesto que el cemento le da mejores propiedades mecánicas y físicas al suelo y en esta tesis se demostró que un adobe estabilizado por granulometría llega a resistencias adecuadas mas no para los ensayos de durabilidad.

- ✓ Comparando los resultados obtenidos en esta investigación como en la investigación de (Huanca Arotaype, 2016)) dan como resultados lo siguiente: Huanca concluye: “La granulometría calculada en los ensayos de laboratorio no corresponde a los requerimientos dados por la Norma E 080 ADOBE. (Arcilla: 10-20%, Limo 15-25%, Arena 55-70%) el material estudiado tiene un % Finos (limo y arcilla) de 13.12, muy por debajo de lo que pide la norma E 080 y arena con un

porcentaje de 70.2% que si cumple con la Norma E 080 y gravas en un 16.68%, le corresponde según la clasificación SUCS, como un material de tipo arena gravarcillosa”, los resultados granulométricos del adobe tradicional de la comunidad de Miska y del C.P Pallpanca nos muestra la deficiencia en la elaboración y fabricación de los bloques de adobe ya que es estos dos casos presentan una gradación incorrecta comparación que nos resalta la Norma E080 ADOBE.

En cuanto se refiere al ensayo de Compresión Simple en la Comunidad de Miska “...los resultados de los ensayos de compresión simple de los bloques de adobe dieron valores muy bajos de orden de 4.23 kg/cm², valores muy por debajo de lo que especifica la (Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, 2006) Norma E 080 ADOBE (12 kg/cm²).se pudo observar que todas las fallas fueron de tipo frágil”. Con esta conclusión se comprueba que los adobes elaborados por los pobladores con sus conocimientos, sin ningún tipo de asesoramiento y sin alguna guía técnica son deficientes ya que el adobe tradicional del C.P Pallpanca dio el valor de resistencia 5.67 kg/cm² muy por debajo del valor que exige la Norma.

Para el ensayo de Flexión o Módulo de rotura para los adobes tradicionales de la comunidad de Miska y del C.P Pallpanca fueron inferiores al 1/5 del ensayo de compresión simple según el autor Francisco Mingarro Martin ya que nos dieron valores de 1.51 kg/cm² y 1.78 kg/cm² respectivamente, pero para los adobes mejorados añadiendo distintas proporciones de arena gruesa al suelo dieron valores superiores de 4.71 kg/cm², 4.10 kg/cm² y 4.55 kg/cm².

En cuanto se refiere a los ensayos de durabilidad de los bloques tradicionales dieron resultados iguales ya que para los tipos de adobe tradicionales de la Comunidad de Miska y los adobes mejorados y tradicionales del C.P Pallpanca al momento de contacto con el agua hubo un desmoronamiento total y parcial no pudiendo desarrollarlo en las fórmulas que nos da las diferentes normas internacionales.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6 Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

1. Se plantearon 03 dosificaciones de arena y suelo, de las cuales la segunda dosificación (60% A - 40%S) dio el valor más alto de 13.44 Kg/cm² en el ensayo de compresión simple, ya que la anterior Norma E 080 da un valor mínimo de 12.00 Kg/cm² ; se llegó a fabricar un adobe mejorado solo usando métodos e informaciones simples ,ya que llego a resistencias altas para permitir dar un buen desempeño en la construcción de viviendas ,también es de importancia saber que este método no originara una información compleja que no pueda ser entendida por un maestro constructor, teniendo en cuenta que uso de este material principalmente lo utilizan personas de bajos recursos que habitan en espacios rurales, que no puedan acceder a insumos costosos y difíciles de conseguir.
2. Los resultados de los ensayos de Compresión Simple de los adobes mejorados (ver Cuadro 4.21) dieron valores aceptables pues se llegó a duplicar las resistencias iniciales del adobe tradicional este llego a resistencias de 5.84Kg/cm², en la 1ra dosificación (70%A-30%S) y la 3ra dosificación (55%A-45%S) se llegó a valores de 10.81 Kg/cm² y 11.45 Kg/cm² respectivamente, así llegando a la mejor dosificación (60% A-40%S) con un valor de 13.44 Kg/cm².
3. Respecto al ensayo de Flexión o Modulo de Rotura:
Según (Mingarro Martin, 2001, pág. 132) las características mecánicas del adobe para el ensayo de flexión es de 1/5 de la resistencia a la compresión, llegando así que para un adobe tradicional cumple con las condiciones dadas en dicho libro, para el adobe mejorado en la 1ra dosificación, 2da dosificación y 3ra dosificación (ver cuadro 6.1) se cumplen con las condiciones aumentando considerablemente llegado a tener resistencias mayores, el incremento de la resistencia a flexión se da por el adecuado suministro de paja en proporciones

que no excedan a la masa de suelo o barro así tenido un adobe con mayor resistencia.

		ENSAYO A COMPRESIÓN	SEGÚN MINGARRO MARTIN 1/5 (COMPRESION SIMPLE)	ENSAYO A FLEXIÓN	CONDICIÓN
TRADICIONAL	0	5.67	1.13	1.78	CUMPLE
DOSIFICACION	1ra	8.98	1.80	4.71	CUMPLE
	2da	13.44	2.69	4.10	CUMPLE
	3ra	10.94	2.19	4.55	CUMPLE

4. Los ensayos de durabilidad que se realizaron para contrarrestar la acción del intemperismo que afectan a los bloques de adobes dieron resultados nulos, obteniendo que la segunda dosificación (60% A-40%S) llegó a tiempos mejores, pero no óptimos en comparación con las otras dos dosificaciones. (ver cuadros 4.22)
 - El ensayo de inmersión total del bloque no logró el objetivo que nos dan las normas internacionales específicamente la norma de SLS 1382 ya que al momento de sumergir las muestras se empezó a desmoronar teniendo así la desintegración total en un aproximado de 75 min en el caso de la 2da dosificación donde duró 5 minutos más en comparación con las otras dos y con el adobe tradicional una diferencia de 7 minutos por consiguiente; el ensayo es muy destructivo para bloques de adobe sin haberle agregado algún estabilizante ya sea cemento, asfalto, cal, etc.
 - No se logró llegar a resultados para el ensayo de absorción de agua por capilaridad puesto que al introducir los bloques en el agua se desintegró en un 5% de masa en 10 min no pudiendo aplicar la fórmula ya que daban resultados negativos, pero cabe resaltar que el menor desgaste de masa se dio para la segunda dosificación comparándolo con las otras dos.
 - La ascensión capilar de los bloques nos da como resultado la velocidad de absorción que se tiene en el bloque visto que es un factor importante para la

adherencia de la pieza con el mortero consecuencias de que valores altos de succión pueden originar fisuras y cuando se produzca una precipitación el agua pueda pasar sobre ellas y producir daños estructurales.

- En ensayo de absorción por goteo nos permite visualizar los daños que pueda sufrir el bloque de adobe como el humedecimiento, absorción, erosión y escorrentía (ver Anexo II, imagen 93) puesto que para la 2da dosificación llego a fallar en 168 min

6.2 Recomendaciones

1. Se recomienda a las entidades, municipalidades y centros de investigaciones a realizar más capacitaciones a la población rural, teniendo un responsable con los conocimientos necesarios en adobe, para que pueda guiar al maestro constructor en la fabricación de adobes, ya que con la nueva actualización de la norma E.080 nos ofrece métodos más elaborados para el refuerzo de las viviendas ante la presencia de un sismo que no puedan ser entendido con facilidad para el usuario de este material.
2. Se recomienda a los pobladores fabricantes de bloques de adobes:
 - Hacer un estudio de suelos en principal el análisis granulométrico del suelo que se va a utilizar para la elaboración de los bloques de adobe ya que con este ensayo podemos ver la cantidad y porcentaje de finos, arenas y gravas que se presentan una mayor cantidad de arcilla hace que el adobe tienda a rajarse o quebrarse y en caso contrario una mayor cantidad de arena hace que el adobe pierda la manejabilidad y adherencia que le da las arcillas.
 - Cumplir el secado del adobe bajo sombra por lo menos de 3 a 5 días ya que con la investigación se pudo constatar que se produce menor evaporación del agua y por ende menores rajaduras, como recomienda la norma E 080.
 - El mezclado del barro con la paja debe de estar en proporciones adecuadas del 1 % en peso, ya que una mayor cantidad de paja implica mayor porosidad en el bloque de adobe y por consiguiente un adobe poco perdurable ante las acciones del intemperismo.
3. Se recomienda a los usuarios de este tipo de material, hacer sobrecimientos de 50 a 60 cm y enlucidos en todos los muros laterales y exteriores para la protección de estos y así evitar acciones del intemperismo y la ascensión

capilar por causas de las lluvias, ya que el promedio en época de lluvias en la sierra peruana llega hasta los 700mm.

4. Si se desea hacer viviendas de adobe con características mecánicas, higrométricas y físicas mejores se recomienda utilizar adobes estabilizados ya sea con cemento, cal, etc. ya que en distintos estudios de tesis y de investigación llegaron a resultados más óptimos, pero esto también conlleva al incremento de los costos de construcción y una información de mayor complejidad para el manejo de la población rural.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

1. Cid Falceto, J. J. (Marzo de 2012).. *Durabilidad de los Bloques de tierra comprimida. Evaluacion y recomendaciones para la normalizacion de los ensayos de erosion y absorcion*. Madrid, Madrid, España: Universidad Politecnica de Madrid.
2. Huaman Patiño, Z. (Abril de 2015). *Analisis de la variacion de magnitudes de las propiedades resistentes y fisicas de un adobe estabilizado con suelo-cemento portland tipo IP*. Cusco, Cusco, Cusco: Universidad Andina del Cusco.
3. Huanca Arotaype, P. O. (2016). *Evaluacion de las propiedades fisicas y mecanicas del adobe de Miska-Paruro (Sismo, Cusco setiembre del 2014)*. Cusco: UNSAAC.
4. INEI. (2 de JUNIO de 2014). *Casi 50 % de la población vive en casas de esteras – madera – adobe y quincha*. Obtenido de MACROGESTION: <https://www.macrogestion.com.pe/casi-50-de-la-poblacion-vive-en-casas-de-esteras-madera-adobe-y-quincha/>
5. Pardiñas, F., Zamora, O., & Perez, A. (2016). *Adobe fortificado* . 2016: ITESA.
6. Ramirez, R. U. (2006). *Primera Investigacion de Adobe*. Obtenido de Academia: http://www.academia.edu/31478145/PRIMERA_INVESTIGACION_ADOBE
7. Reglamento Nacional de Edificaciones RNE. (2006). E 080 ADOBE. *E 080 ADOBE*. Megabyte.
8. Saroza , B., Barroso I, J., Menendez J, M., & Rodriguez M, A. (2008). *Estudio de la resistencia a compresion simple elaborado con los suelos procedentes de Crescencio Valdes, Villa Clara, Cuba*. Villa Clara.
9. Urbano, T. S. (2001). *Apuntes para el diseño y construccion con Adobe*. Lima: Centro de estudios y publicaciones.
10. Vilcapaza Cuayla, M. O. (2012).. *Elaboración de unidades de albañilería hechas a base de suelo –cemento con materia prima proveniente del AA.HH Alejandro Von Humboldt-Paucarpata*. Arequipa, Arequipa, Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin.
11. Sovero Molero. (1989). “La investigación tecnológica del adobe en el Perú”. Perú.
12. Juárez, B. y Rico, R. (1996). “Mecánica de Suelos tomo I”. México.

13. (AENOR 2008) (ICONTEC 2004). Especificaciones del ensayo de Absorción por Capilaridad. España
Saroza, B., Rodríguez, M., Menéndez, Barroso, I.(2008). “Estudio de la Resistencia a Compresión Simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara” Cuba
14. M.T.C. (2014). “Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia, y Pavimentos-sección suelos”. Perú.
15. Bowles, I. (1978) “Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil” México.
16. R.N.E (2017). Norma E 080”Construcción con Tierra Reforzada”. Perú,
17. R.N.E (2006). Norma E 080. “Adobe”. Perú
18. P.U.C.P. (CIID) 2010. “Nuevas Casas resistentes de Adobe”. Perú.
19. Manual de terreno Tierra Cruda (2012); Chile.
20. P.U.C.P. (2007). “Construcción de casas saludables y Sismoresistentes de Adobe reforzado con Geomallas”. Perú.
21. Cabrera, D. Huaynate, W. (2010). “Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. P.U.C.P. Lima.
22. Mingarro, F.(1996).”Degradación y conservación del patrimonio arquitectónico” Madrid.
23. Rodríguez, J. Esquivel, W.(1980) Tesis: “Estabilización del adobe tradicional por Granulometría” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil UNSAAC-Cusco
24. Rivera, J. (2012). Tesis: “El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: Con caracterización con fines estructurales” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. P.U.J.B –Bogotá.
25. López, J. Bermilla, P. (2012) Tesis: “Evaluación funcional y constructiva de viviendas con adobe estabilizado en Cayalty. Programa COBE-1976”. Tesis de Maestría U.N.I-Lima.

CAPITULO VII

ANEXOS I

1. Desarrollo de la Investigación

1.1 Descripción del Centro Poblado Pallpancay

1.1.1 Ubicación, extensión y límites

El centro poblado Pallpancay se ubica en el distrito de San Jerónimo, Provincia del Cusco, se encuentra en la ruta del auxiliar de la Av. de Evitamiento a 2.3 km de la carretera hacia la provincia de Paruro.

Latitud : 13°34'20" S

Longitud : 71°52'48.8"

La población se halla ubicada en el largo de la carretera hacia la provincia de Paruro, con un largo de 0.5 kilómetro, la altura sobre el nivel del mar es de 3245 mts teniendo como referencia la plaza de armas principal del distrito de San Jerónimo.



Fig. 1 Mapa de Ubicación del C.P Pallpancay
Fuente: Google Maps

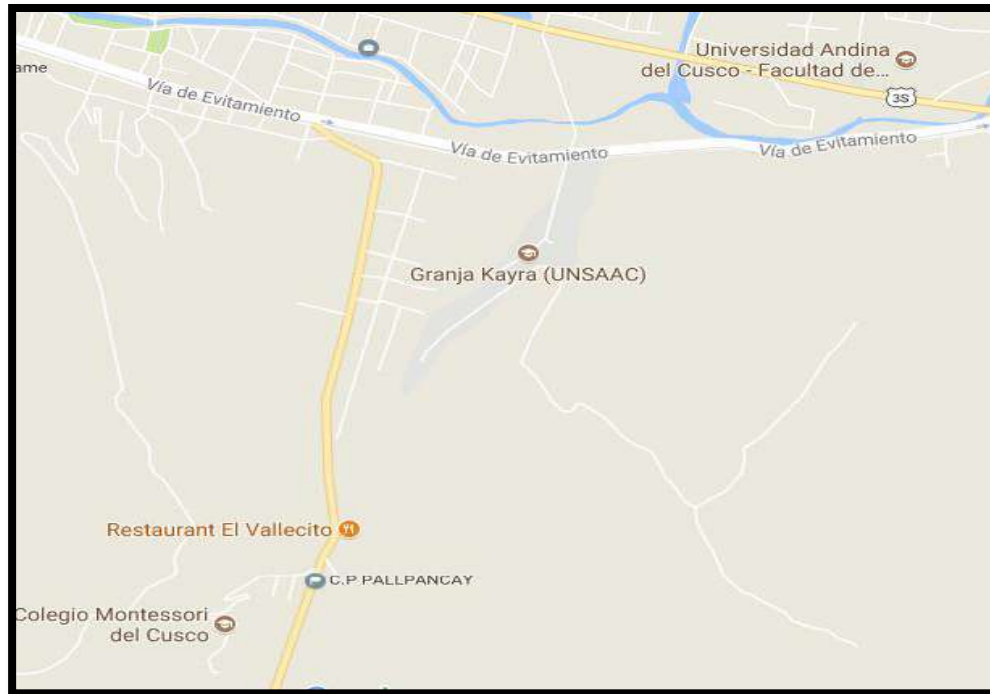


Fig. 2 Ubicación de las viviendas del C.P Pallpuncay
Fuente: Google Maps



Fig. 3 Ubicación de las viviendas del C.P Pallpuncay
Fuente: Google Maps



Fig. 4 Centro Poblado Pallaspancay
Fuente: Elaboración Propia

1.1.2 Climatología y régimen hídrico

El clima en el Distrito de San Jerónimo es bastante variable se tiene una estación seca entre mayo a octubre especialmente entre los meses de junio, julio y agosto la temperatura varía entre los 12°C y 19°C y por las noches pueden descender hasta por debajo de los 0°C; también se tiene la estación de lluvias que va de Noviembre a Abril, los meses de enero a febrero presentan la mayor cantidad de lluvia hasta los 687 mm de precipitación la temperatura varía entre los 12°C y 18°C y por la noches llegan a los 2°C.

Elevación	: 3245 m.s.n.m
Temperatura anual promedio	: 12°C
Mes caluroso (octubre)	: 19°C
Mes frío (junio)	: -0.3°C
Precipitación máxima	: 687 mm
Humedad relativa media	: 69.1%

Tabla N° 1.1 Datos Meteorológicos del Distrito de San Jerónimo
Fuente: INEI

2. Diseño y Ejecución de Ensayos

2.1 Selección de Suelo

Se hizo la selección para la identificación de las propiedades mecánicas del suelo procedente del Centro Poblado de Pallpancay, San Jerónimo-Cusco, y de los adobes elaborados por los propios pobladores para la construcción de viviendas, muros y hornos artesanales, los ensayos se realizaron en campo y en los laboratorios de suelos de la Universidad Alas Peruanas, Laboratorio de suelos y concreto “Geotest” y Laboratorio Galvez Geotecnia y Pavimentos SAC.

2.2 Cantera utilizada para la incorporación de Arena Gruesa.

Ya que por la zona de investigación se encuentran centros de abastecimientos de agregados, en su mayoría de estos se expende el hormigón de Pisac y por la facilidad de tener el agregado cerca se decidió usar este.

Ya se tiene investigaciones hechas sobre esta cantera, se usó la información de la tesis “Estudio comparativo de la resistencia de los concretos empleando los crementos comerciales en Cusco-UNSAAC, 2015” ya que en una de sus recomendaciones dice: “El agregado de río es mejor trabajándolo por separado, en agregado grueso y arena para su utilización”, además de los ensayos realizados en tal investigación este agregado obtuvo los mejores resultados; por lo tanto se llegó a la conclusión de utilizar este material para esta tesis de pre – grado.

Cantera de Pisac

Pisac es uno de los distritos de la provincia de Calca, la cantera se ubica aproximadamente a 32 km. de la ciudad del Cusco.

Según la carta geológica esta cantera está ubicada en las coordenadas UTM 8512 S y 194 E, y observando en la geología del cuadrángulo de Calca (27-s) nos da una clasificación Q-al, siendo esta perteneciente a la edad cuaternaria en formaciones y eventos geo-históricos aluviales de origen sedimentario.

Se tiene principalmente los depósitos fluviales.

DEPOSITOS FLUVIALES: (Q-f) Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo de los valles particularmente del Vilcanota-Urubamba, de los ríos Lucumayo, Ocobamba y Lares (Cuadrángulo de Urubamba) y los ríos Paucartambo y Yanatili. (Cuadrángulo de

Calca), donde están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas. En el mapa geológico, no se han considerado muchos de los depósitos fluviales pequeños, debido a razones de escala.

2.3 Diseño del Adobe Mejorado

Se calculó una ecuación para el diseño del adobe mejorado partiendo del Análisis Granulométrico del suelo del Centro Poblado Pallpuncay.

$$\text{Arena : } 297.80 \text{ gr} = 37.98\% = 0.3798 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Fino : } 401.04 \text{ gr} = 51.15\% = 0.5115 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Grava : } 85.160 \text{ gr} = 10.87\% = 0.1087 \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Total : } 784.00 \text{ gr} = 100.00\% = 1.0000 \dots\dots\dots (4)$$

Hallamos la ecuación para:

Primera dosificación: 70% Arena- 30% Suelo

$$\text{ToP}_1 = (\text{To} - \text{Re}) * 48.85\% + \text{Ad} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{ToP}_2 = (\text{To} - \text{Re}) * 51.15\% \dots\dots\dots (6)$$

Dónde:

To = Total de la muestra en gr

Re = Resta de Suelo en gr

ToP = Total Parcial en gr

Ad = Adición de Arena en gr

Tanteamos los valores para Re (resta de suelo) y Ad (adición de Arena).

Se hizo uso de una tabla Excel para el cálculo de tanteo para facilitar las operaciones, llegando a los siguientes valores:

$$\text{Resta de suelo Re} = 290 \text{ gr}$$

$$\text{Adición de arena Ad} = 400 \text{ gr}$$

	TOTAL			PROPORCION
ARENA	383 gr	587.63	69.93%	70%
SUELO	401 gr	252.68	30.07%	30%
TOTAL	784 gr	840		
RESTAR	290 gr			
TOTAL PARCIAL	494 gr			
ADICION	400 gr			

Remplazando en la ecuación:

$$(784 \text{ gr} - 290\text{gr}) * 0.4885 + 400\text{gr} = 587.62 \text{ gr} \dots\dots\dots (5)$$

$$(784 \text{ gr} - 290\text{gr}) * 0.5115 = 252.68 \text{ gr} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{TOTAL (ToP}_{1+} \text{ ToP}_{2}) = 840.30 \text{ gr}$$

$$\therefore 70\% = \frac{ToP}{TOTAL} = \frac{587.62}{840.30} = 0.699 = 70\% \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$30\% = \frac{ToP}{TOTAL} = \frac{252.68}{840.30} = 0.300 = 30\% \dots\dots\dots \text{OK}$$

Adición Arena- Suelo

Para los ensayos de Flexión o Modulo de Rotura, Inmersión Total y Absorción Hídrica por Goteo.

Dimensiones : 40 x 20 x 12

Peso : 20.00 Kg

El total parcial del suelo $ToP = (To - Re) = 784 \text{ gr} - 290 \text{ gr} = 494 \text{ gr}$

$$ToP + Ad = 494 \text{ gr} + 400 \text{ gr} = 894 \text{ gr}$$

∴ Si para:

$$20.00 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{X Factor}$$

$$0.894 \text{ Kg} \dots\dots\dots 1$$

X Factor = 22.3714

Por dato del Ítem (2)

Adición para 01 und de adobe:

Arena : 400gr (22.3714) =8.949 Kg
Suelo de sitio : 494gr (22.3714) =11.051 Kg

Adición para 15 unidades de Adobes

Arena : 15 und * 8.949 Kg = 134.235 Kg
Suelo de sitio : 15 und * 11.051 Kg = 165.765Kg

Para el ensayo de Compresión Simple

Dimensiones: 12 x19 x 12

Peso : 6.00 Kg

6.00 Kg ----- X Factor

0.894 Kg ----- 1

X Factor = 6.7114

Por dato del Ítem(2)

Adición para 01 und de adobe:

Arena : 400gr (6.7114) =2.685 Kg
Suelo de sitio : 494gr (6.7114) =3.315 Kg

Adición para 07 unidades de Adobes

Arena : 07 und * 3.315 Kg= 23.205 Kg
Suelo de sitio : 07 und * 2.685 Kg= 18.792 Kg

Para el ensayo de Abrasión Hídrica por Goteo

Dimensiones: 20 x 20 x 12

Peso : 1.200 Kg

1.200 Kg ----- X Factor

0.894 Kg ----- 1

X Factor = 1.3423

Por datos del Ítem..... (2)

Adición para 01 baldosa:

Arena : 400gr (1.3423) =0.536 Kg
 Suelo de sitio : 494gr (1.3423) =0.664 Kg

Adición para 07 baldosa

Arena : 07 und * 0.536 Kg = 3.752 Kg
 Suelo de sitio : 07 und * 0.664 Kg = 4.648Kg

TOTAL ARENA=	157.00 Kg
TOTAL SUELO	194.00 Kg

Hallamos la ecuación para la Segunda Dosificación:

Segunda dosificación: 60% Arena- 40% Suelo

$$\text{ToP}_1 = (\text{To} - \text{Re}) * 48.85\% + \text{Ad} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{ToP}_2 = (\text{To} - \text{Re}) * 51.15\% \dots\dots\dots (6)$$

Dónde:

To = Total de la muestra en gr

Re = Resta de Suelo en gr

ToP = Total Parcial en gr

Ad = Adición de Arena en gr

Tanteamos los valores para Re (resta de suelo) y Ad (adición de Arena).

Se hizo uso de una tabla Excel para el cálculo de tanteo para facilitar las operaciones, llegando a los siguientes valores:

Resta de suelo Re = 150 gr
 Adición de arena Ad = 245 gr

	TOTAL			PROPORCION
ARENA	383 gr	485.80	59.97%	60%
SUELO	401 gr	324	40.03%	40%
TOTAL	784 gr	810		
RESTAR	150 gr			
TOTAL PARCIAL	634 gr			
ADICION	245 gr			

Remplazando en la ecuación:

$$(784 \text{ gr} - 150\text{gr}) * 0.4885 + 245\text{gr} = 485.80 \text{ gr} \dots\dots\dots (5)$$

$$(784 \text{ gr} - 150\text{gr}) * 0.5115 = 324 \text{ gr} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{TOTAL (ToP}_{1+} \text{ ToP}_{2}) = 810.00 \text{ gr}$$

$$\therefore 60\% = \frac{ToP}{TOTAL} = \frac{485.80}{810.00} = 0.599 = 60\% \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$40\% = \frac{ToP}{TOTAL} = \frac{324.00}{810.00} = 0.400 = 40\% \dots\dots\dots \text{OK}$$

Adición arena –suelo

Para los ensayos de Flexión o Modulo de Rotura, Inmersión Total y Absorción Hídrica por Goteo.

Dimensiones : 40 x 20 x 12

Peso : 20.00 Kg

El total parcial del suelo $ToP = (To - Re) = 784 \text{ gr} - 150 \text{ gr} = 634 \text{ gr}$



$$ToP + Ad = 634 \text{ gr} + 245 \text{ gr} = 879 \text{ gr}$$

∴ Si para:

$$20.00 \text{ Kg} \text{ ----- } X \text{ Factor}$$

$$0.879 \text{ Kg} \text{ ----- } 1$$

X Factor = 22.7531

Por dato del Ítem..... (2)

Adición para 01 und de adobe:

Arena : 245gr * 22.7531 =5.575 Kg

Suelo de sitio : 634gr * 22.7531 =14.425 Kg

Adición para 15 unidades de Adobes

Arena : 15 und * 5.575 Kg = 83.625 Kg

Suelo de sitio : 15 und * 14.425 Kg= 216.375Kg

Para el ensayo de Compresión Simple

Dimensiones: 12 x19 x 12

Peso : 6.00 Kg

6.00 Kg ----- X Factor

0.879 Kg ----- 1

X Factor = 6.826

Por dato del Ítem..... (2)

Adición para 01 und de adobe:

Arena : 245gr (6.826) = 1.672Kg

Suelo de sitio : 634gr (6.7114) =4.328 Kg

Adición para 07 unidades de Adobes

Arena : 07 und * 1.672 Kg= 11.704 Kg

Suelo de sitio : 07 und * 4.328 Kg= 30.296 Kg

Para el ensayo de Abrasión Hídrica por Goteo

Dimensiones: 20 x 20 x 12

Peso : 1.200 Kg

1.200 Kg ----- X Factor

0.879 Kg ----- 1

X Factor = 1.3652

Por dato del Ítem.....(2)

Adición para 01 und de adobe:

Arena : 400gr (1.3652) =0.334 Kg

Suelo de sitio : 494gr (1.3652) =0.866 Kg

Adición para 07 unidades de Adobes

Arena : 07 und * 0.334 Kg= 2.341 Kg

Suelo de sitio : 07 und * 0.866 Kg= 6.062Kg

TOTAL ARENA	98.00 Kg
TOTAL SUELO	253.00 Kg

Hallamos la ecuación para la Tercera dosificación:

Tercera dosificación: 55% Arena- 45% Suelo

$$\text{ToP} = (\text{To} - \text{Re}) * 48.85\% + \text{Ad} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{ToP} = (\text{To} - \text{Re}) * 51.15\% \dots\dots\dots (6)$$

Dónde:

To = Total de la muestra en gr

Re = Resta de Suelo en gr

ToP = Total Parcial en gr

Ad = Adición de Arena en gr

Tanteamos los valores para Re (resta de suelo) y Ad (adición de Arena).

Se hizo uso de una tabla Excel para el cálculo de tanteo para facilitar las operaciones, llegando a los siguientes valores.

Resta de suelo Re = 175 gr

Adición de arena Ad = 150 gr

	TOTAL			PROPORCION
ARENA	383 gr	381.30	55.04%	55%
SUELO	401 gr	312	44.96%	45%
TOTAL	784 gr	693		
RESTA	175 gr			
TOTAL PARC	609 gr			
ADICION	150 gr			

Remplazando en la ecuación:

$$(784 \text{ gr} - 175\text{gr}) * 0.4885 + 150\text{gr} = 381.30 \text{ gr} \dots\dots\dots (5)$$

$$(784 \text{ gr} - 175\text{gr}) * 0.5115 = 312.00 \text{ gr} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{TOTAL (ToP}_1 + \text{ToP}_2) = 693.30 \text{ gr}$$

$$\therefore 55\% = \frac{\text{ToP}}{\text{TOTAL}} = \frac{381.30}{693.30} = 0.550 = 55\% \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$45\% = \frac{\text{ToP}}{\text{TOTAL}} = \frac{312.00}{693.30} = 0.449 = 45\% \dots\dots\dots \text{OK}$$


Adición arena –suelo

Para los ensayos de Flexión o Modulo de Rotura, Inmersión Total y Absorción Hídrica por Goteo.

Dimensiones : 40 x 20 x 12

Peso : 20.00 Kg

El total parcial del suelo ToP = (To – Re)= 784 gr - 175 gr = 609 gr

 ToP + Ad = 609 gr + 150 gr = 759 gr

∴ Si para:

$$20.00 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{X Factor}$$

$$0.759 \text{ Kg} \dots\dots\dots 1$$

X Factor = 26.3504

Por dato del ítem (2)

Adición para 01 und de adobe:

Arena : 150gr * 26.3504= 3.953 Kg
Suelo de sitio : 609gr * 26.3504= 16.047 Kg

Adición para 15 unidades de Adobes

Arena : 15 und * 3.953 Kg= 59.295 Kg
Suelo de sitio : 15 und * 16.047 Kg= 240.705Kg

Para el ensayo de Compresión Simple

Dimensiones : 12 x19 x 12
Peso : 6.00 Kg

6.00 Kg ----- X Factor
0.759 Kg ----- 1

X Factor = 7.9051

Por dato del Ítem (2)

Adición para 01 und de adobe:

Arena : 150gr * 7.9051 = 1.186 Kg
Suelo de sitio : 609gr * 7.9051 = 4.814 Kg

Adición para 07 unidades de Adobes

Arena : 07 und * 1.186 Kg= 8.302 Kg
Suelo de sitio : 07 und * 4.814 Kg= 33.698 Kg

Para el ensayo de Abrasión Hídrica por Goteo

Dimensiones : 20 x 20 x 12
Peso : 1.200 Kg
1.200 Kg ----- X Factor
0.756 Kg ----- 1

X Factor = 1.5810

Por dato del Ítem(2)

Adición para 01 und de adobe:

Arena : 400gr (1.5810) =0.237 Kg

Suelo de sitio : 494gr (1.5810) =0.963 Kg

Adición para 07 unidades de Adobes

Arena Gruesa : 07 und * 0.237 Kg= 1.659 Kg

Suelo de sitio : 07 und * 0.963 Kg= 6.741 Kg

TOTAL ARENA=	70.00 Kg
TOTAL SUELO	281.00 Kg

2.4 Mezclado

El mezclado de la arena-suelo fue de acuerdo a las dosificaciones elaboradas en la presente investigación, y con las prácticas empleadas por las personas que construyen en adobe; el mezclado fue realizado con los conocimientos de los pobladores del centro poblado de Pallpancay, lugar de donde se extrajo el material a investigar, sin que ello implique una elaboración difícil, y puedan realizar su producción solo con sus conocimientos y tener en cuenta las recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones; ya que en esta norma indica procedimientos y lineamientos respecto a este material poco difundido.



Fig. 5 Preparación de la masa para los adobes mejorados utilizando el suelo del C.P Pallpancay añadiendo arena



Fig. 6 Moldeado de la masa para la incorporación de paja

2.5 Moldeado

Se realizó de acuerdo a las especificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones E 080.

Remojar el suelo y retirar las piedras mayores a 5mm y otros elementos extraños.

Mantener el suelo en reposo durante 48 horas, hasta que toda la masa de suelo este totalmente hidratada, de modo de asegurar que la arcilla contenida en el suelo, en presencia del agua, desarrolle su total capacidad adhesiva, la hidratación prolongada origina un efecto bacteriano de fermentación que incrementa la capacidad aglomerante de la arcilla.



Fig. 7 Dormido de la masa para la elaboración de los adobes

2.6 Obtención de los Especímenes de Ensayo

Después del dormido del adobe se llevó a cabo la elaboración de estos teniendo tres dosificaciones y en total 54 unidades y 15 baldosas para los ensayos de resistencia y durabilidad.

Se debe tener en cuenta que el secado de los adobes fabricados debe ser en sombra por lo menos de 3 a 5 días para que no se evapore fácilmente el agua y evitar rajaduras.



Fig. 8 Elaboración de los Adobes mejorados con distintas dosificaciones de Arena-Suelo



Fig. 9 Secado de los adobes mejorados

ANEXO II

SUELO PROCEDENTE DEL CENTRO POBLADO PALLPANCAY-SAN JERONIMO

Ensayos de Laboratorio

Análisis Granulométrico

Límites Líquido y Limite Plástico

Ensayos de Resistencia y Durabilidad de Bloques de Adobes Tradicionales del C.P Pallpancay-San Jerónimo

Ensayo de Compresión Simple



FIGURA 01: Preparación de la muestra con un capping de yeso



FIGURA 02: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 03: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 04: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.

“DOSIFICACIÓN ARENA-SUELO EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBES MEJORADOS USANDO EL SUELO PROCEDENTE DEL CENTRO POBLADO PALLPANCAY –SAN JERÓNIMO, CUSCO”



FIGURA 05: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 06: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 07: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 08: Muestras y máquina del ensayo de Compresión Simple.

Ensayo de Flexión o Modulo de Rotura



FIGURA 09: Preparación de las muestras para el Ensayo de Flexión.



FIGURA 10: Muestras y Maquinas para el Ensayo de Flexión.



FIGURA 11: Posición de la muestra en la maquina



FIGURA 12: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpanca y.



FIGURA 13: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 14: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 15: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 16: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.



FIGURA 17: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay.

Ensayos de Durabilidad de Bloques de adobes Tradicionales

Ensayos de Absorción de Agua por Inmersión Total

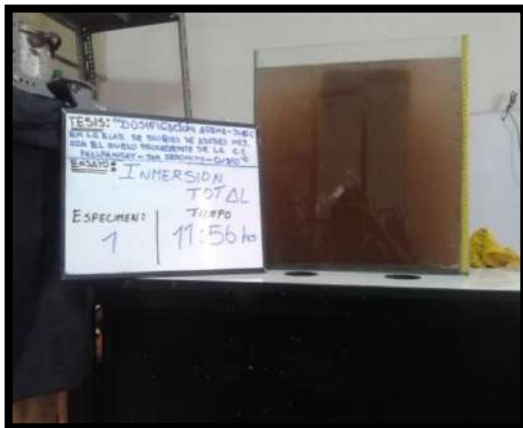


FIGURA 18: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación a los 0 min

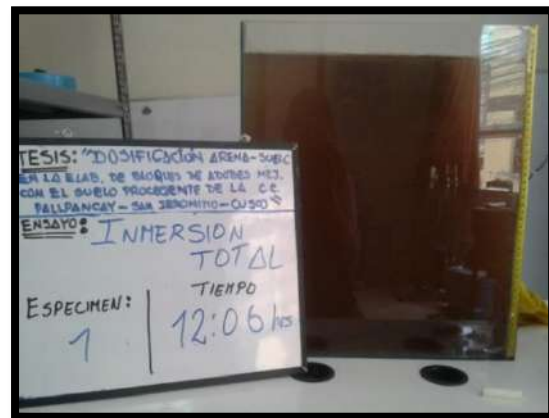


FIGURA 19: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación a los 10 min



FIGURA 20: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación a los 30 min



FIGURA 21: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación a los 60 min



FIGURA 22: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación después de las 24 horas

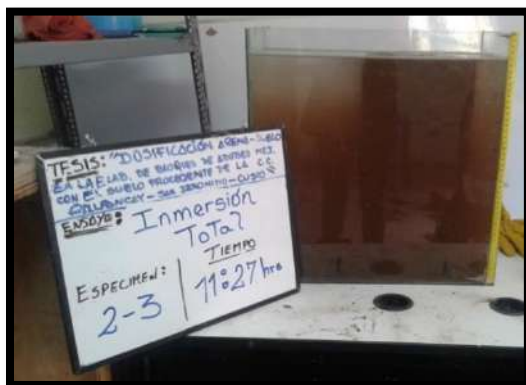


FIGURA 23: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación a 0 min



FIGURA 24: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación a 10 min



FIGURA 25: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación a los 30 min.



FIGURA 26: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación a los 60 min.



FIGURA 27: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación después de las 24 horas

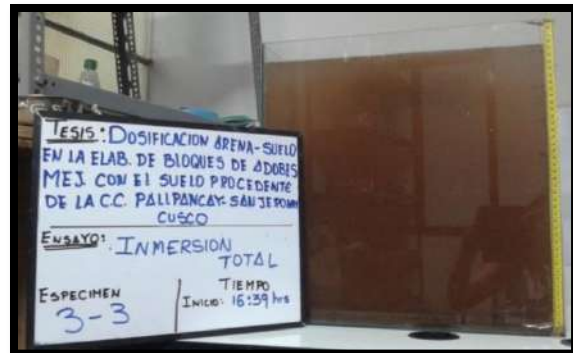


FIGURA 28: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación al 0 min.



FIGURA 29: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación al 10 min.



FIGURA 30: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a inundación al 30 min.



FIGURA 31: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpanca y sometida a inundación al 60 min.



FIGURA 32: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpanca y sometida a inundación después de las 24 horas.

Ensayos de Absorción de Agua por Capilaridad

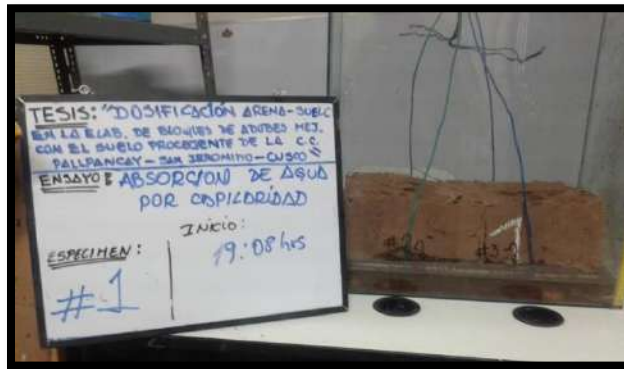


FIGURA 33: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpanca y sometida Absorción Capilar a los 0 min.



FIGURA 34: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpanca y sometida Absorción Capilar a los 3 min.

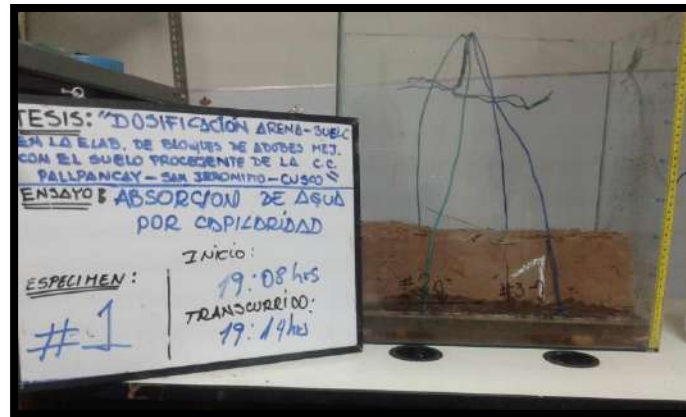


FIGURA 35: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 6 min.

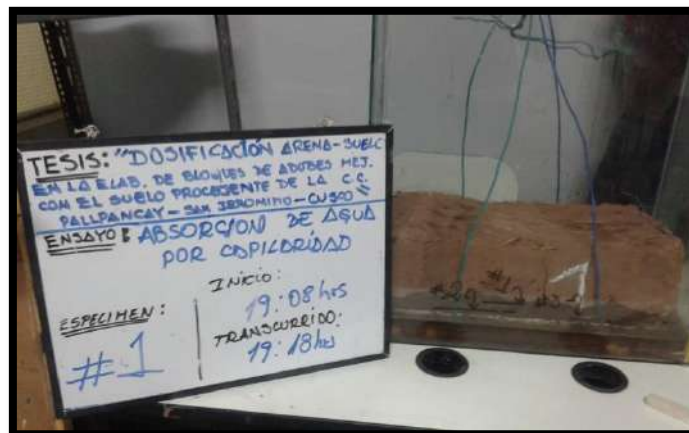


FIGURA 36: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 10 min.

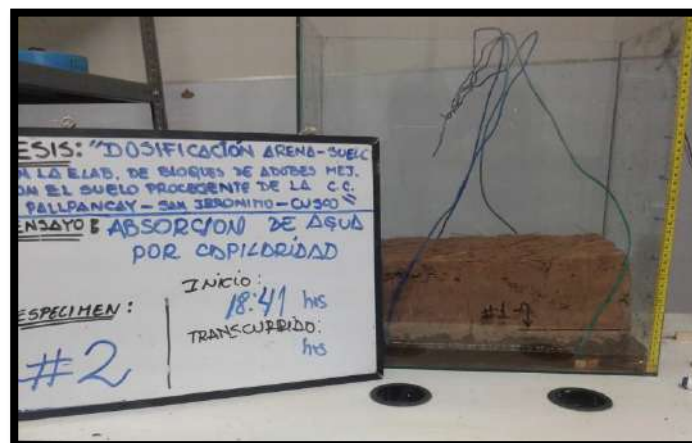


FIGURA 37: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 0 min.



FIGURA 38: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 3 min.

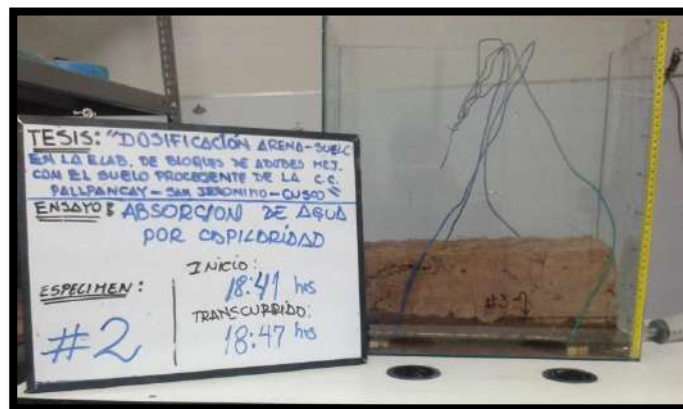


FIGURA 39: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 6 min.



FIGURA 40: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 10 min.



FIGURA 41: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 0 min.



FIGURA 42: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 3 min.



FIGURA 43: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 6 min.



FIGURA 44: Ensayo de la Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 0 min.

Ascensión Capilar



FIGURA 45: Ensayo de la Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 10 min.



FIGURA 46: Ensayo de la Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 30 min.



FIGURA 47: Ensayo de la Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 60 min.



FIGURA 48: Ensayo de la Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 90 min.



FIGURA 49: Ensayo de la Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 120 min.



FIGURA 50: Ensayo de la Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 180 min.

Ensayos de Abrasión Hídrica por Goteo



FIGURA 51: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpancay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo presentando la falla a los 97 min



FIGURA 52: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo a los 0 min



FIGURA 53: Ensayo de la 2da Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo presentando la falla a los 137 min



FIGURA 54: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo a los 0 min.



FIGURA 55: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo presentando la falla a los 130 min



FIGURA 56: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo a los 0 min



FIGURA 57: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo presentando la falla a los 124 min



FIGURA 58: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo a los 0 min



FIGURA 59: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe tradicional de C.P Pallpuncay sometida a Abrasión Hídrica por Goteo presentando la falla a los 165 min

SUELO PROCEDENTE DEL CENTRO POBLADO PALLPANCA Y-SAN JERONIMO
(HECHO CON LAS DOSIFICACIONES ESTUDIADAS)

Ensayos de Resistencia

Ensayo de Compresión Simple



FIGURA 60: Preparación de las muestras al ensayo de Compresión Simple añadiendo un capi a sus superficies para uniformizar cargas.



FIGURA 61: Preparación de las muestras al ensayo de Compresión Simple y Flexión en laboratorio.

Primera dosificación

Arena – Suelo (70%-30%)



FIGURA 62: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 943 kg-f



FIGURA 63: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 844 kg-f



FIGURA 64: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1070 kg-f



FIGURA 65: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 704 kg-f



FIGURA 66: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 985kg-f



FIGURA 67: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1506kg-f

Segunda dosificación

Arena – Suelo (60%-40%)



FIGURA 68: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 985 kg-f



FIGURA 69: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1398 kg-f



FIGURA 70: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1268 kg-f



FIGURA 71: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1520 kg-f



FIGURA 72: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1506 kg-f



FIGURA 73: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1379 kg-f

Tercera dosificación

Arena – Suelo (55%-45%)



FIGURA 74: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1154 kg-f



FIGURA 75: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1196 kg-f



FIGURA 76: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1154 kg-f



FIGURA 77: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1298 kg-f



FIGURA 78: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1140kg-f



FIGURA 79: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Compresión Simple, 1267kg-f

Ensayo de Flexión o Modulo de Rotura

Primera dosificación

Arena – Suelo (70%-30%)



FIGURA 80: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado del C.P Pallpancay sometida a Flexión, 338 kg-f



FIGURA 81: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 366 kg-f



FIGURA 82: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a Flexión, 296 kg-f



FIGURA 83: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a Flexión, 183 kg-f



FIGURA 84: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a Flexión, 323 kg-f



FIGURA 85: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a Flexión, 350 kg-f

Segunda dosificación

Arena – Suelo (60%-40%)



FIGURA 86: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 253 kg-f



FIGURA 87: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 324 kg-f



FIGURA 88: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 296 kg-f



FIGURA 88: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpalcay sometida a Flexión, 296 kg-f



FIGURA 89: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpalcay sometida a Flexión, 352 kg-f



FIGURA 90: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpalcay sometida a Flexión, 394 kg-f

Tercera dosificación

Arena – Suelo (55%-45%)



FIGURA 91: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 408 kg-f



FIGURA 92: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 324 kg-f



FIGURA 93: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 405 kg-f



FIGURA 94: Ensayo de la 4ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 3310 kg-f

“DOSIFICACIÓN ARENA-SUELO EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE ADOBES MEJORADOS USANDO EL SUELO PROCEDENTE DEL CENTRO POBLADO PALLPANCAY –SAN JERÓNIMO, CUSCO”



FIGURA 95: Ensayo de la 5ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 324 kg-f



FIGURA 96: Ensayo de la 6ta Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a Flexión, 366 kg-f



FIGURA 97: Termino de los ensayos a Compresión Simple y Flexión

Ensayos de Durabilidad de los Adobes Mejorados con los distintos tipos de Dosificaciones

Ensayos de Absorción de Agua por Inmersión Total

Primera dosificación

Arena – Suelo (70%-30%)



FIGURA 98: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 0 min



FIGURA 99: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 30 min



FIGURA 100: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 60 min.



FIGURA 101: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 0 min.



FIGURA 102: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 30 min.



FIGURA 103: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 60 min.



FIGURA 104: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 0 min.



FIGURA 105: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 30 min.



FIGURA 106: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 60 min.

Segunda dosificación

Arena – Suelo (60%-40%)



FIGURA 107: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 0 min.



FIGURA 108: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 30 min.



FIGURA 109: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a inundación al 60 min.



FIGURA 110: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a inundación al 0 min.



FIGURA 111: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a inundación al 30 min.



FIGURA 112: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 60 min.



FIGURA 113: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación a las 24hrs.

Tercera dosificación

Arena – Suelo (55%-45%)



FIGURA 114: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 0 min.



FIGURA 115: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida a inundación al 30 min.



FIGURA 116: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a inundación al 60 min.

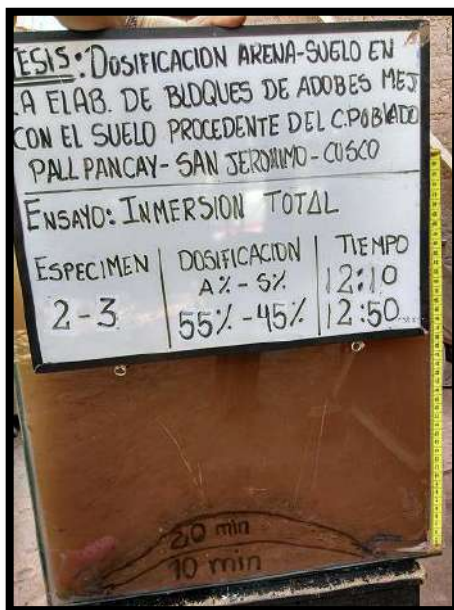


FIGURA 117: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a inundación al 40 min.



FIGURA 118: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida a inundación a después de las 24 Hrs.

Ensayos de Absorción de Agua por Capilaridad

Primera dosificación

Arena – Suelo (70%-30%)



FIGURA 119: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpalcay sometida Absorción Capilar a los 60min.

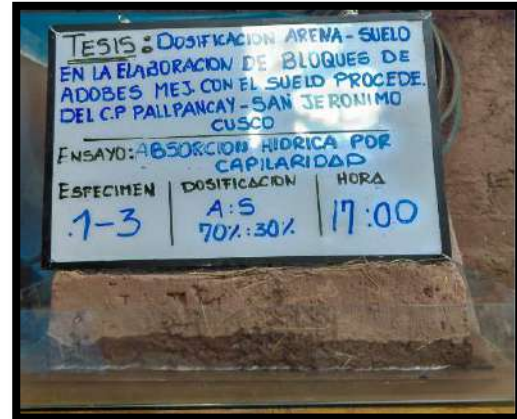


FIGURA 120: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpalcay sometida Absorción Capilar a los 10min.



FIGURA 121: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpalcay sometida Absorción Capilar a los 0 min.



FIGURA 122: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpalcay sometida Absorción Capilar a los 10 min.



FIGURA 123: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 0 min.



FIGURA 124: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 10 min.

Ascensión Capilar

Primera dosificación

Arena – Suelo (70%-30%)



FIGURA 125: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Ascensión Capilar a los 0 min.



FIGURA 126: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Ascensión Capilar a los 10 min.



FIGURA 127: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 30 min.



FIGURA 128: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 60 min.



FIGURA 129: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorada del C.P Pallpancay sometido Ascensión Capilar a los 120 min.



FIGURA 130: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 90 min.



FIGURA 131: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 150 min.



FIGURA 132: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 180 min.

Segunda dosificación

Arena – Suelo (60%-40%)



FIGURA 133: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 0 min.



FIGURA 134: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 10 min.



FIGURA 135: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 0 min.



FIGURA 136: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 10 min.



FIGURA 137: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 0min.



FIGURA 138: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Absorción Capilar a los 10 min.

Ascensión Capilar

Segunda dosificación

Arena – Suelo (60%-40%)

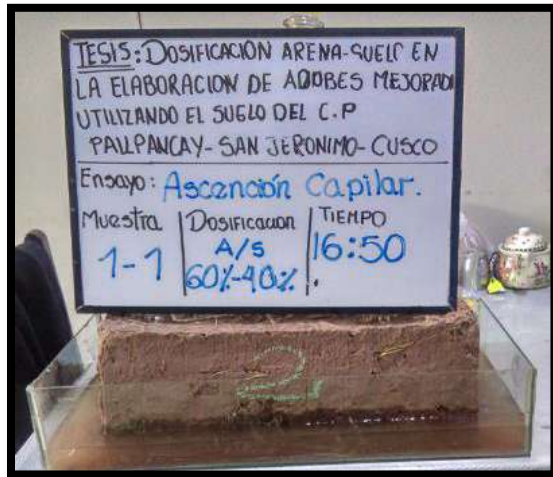


FIGURA 139: Ensayo de la Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 0 min.



FIGURA 140: Ensayo de la Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 10 min.



FIGURA 141: Ensayo de la Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 30 min.



FIGURA 142: Ensayo de la Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascensión Capilar a los 60 min.

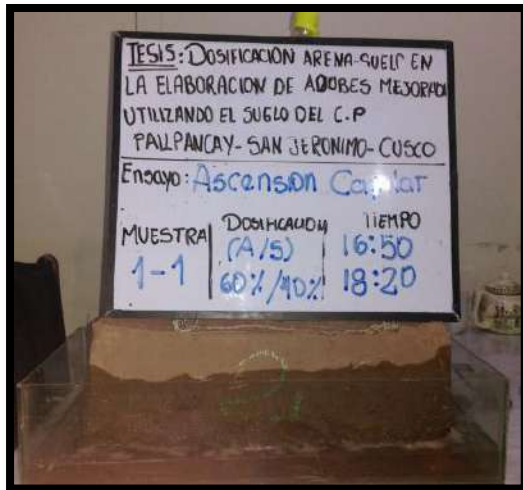


FIGURA 146: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascension Capilar a los 90 min.

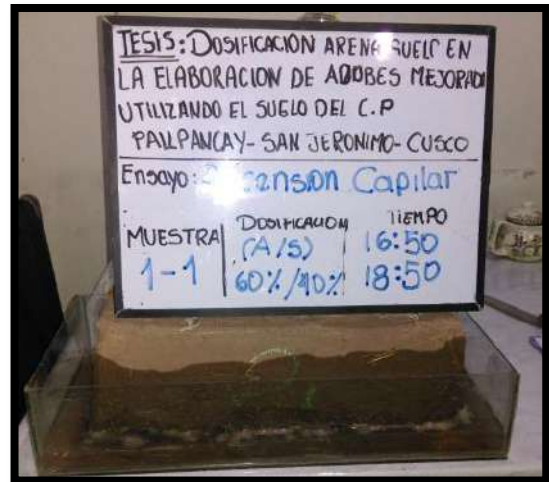


FIGURA 147: Ensayo de la 1ra Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascension Capilar a los 120 min.



FIGURA 148: Ensayo de la Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascension Capilar a los 180 min.

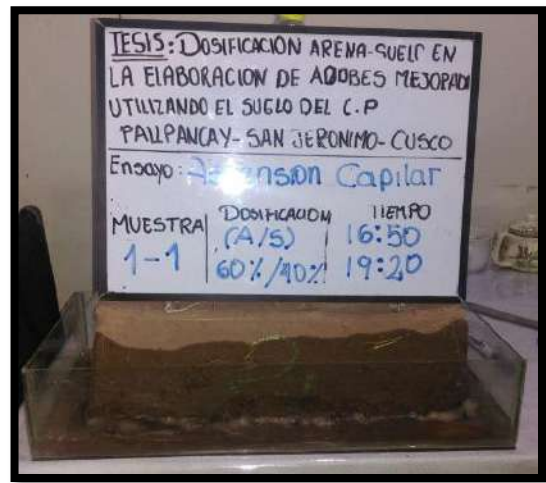


FIGURA 149: Ensayo de la Muestra del adobe mejorada de C.P Pallpancay sometida Ascension Capilar a los 210 min.

Tercera dosificación

Arena – Suelo (55%-45%)



FIGURA 150: Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 0min.

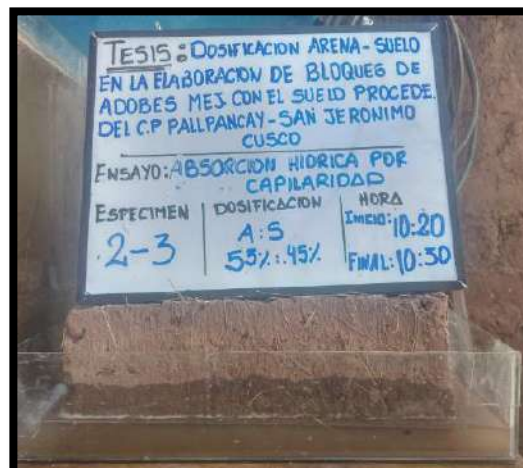


FIGURA 151 Ensayo de la 2da Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 1 0min.



FIGURA 152: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 0min.



FIGURA 152: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Absorción Capilar a los 10min.

Ascensión Capilar

Tercera dosificación

Arena – Suelo (55%-45%)



FIGURA 153: Ensayo de la Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Ascension Capilar a los 0min.

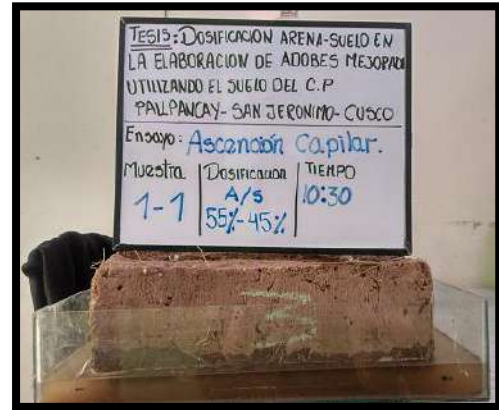


FIGURA 154: Ensayo de la Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Ascension Capilar a los 10 min.



FIGURA 155: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Ascension Capilar a los 3 0min.



FIGURA 156: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Ascension Capilar a los 60min.



FIGURA 157: Ensayo de la Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Ascension Capilar a los 90min.



FIGURA 158: Ensayo de la Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Ascension Capilar a los 180min.

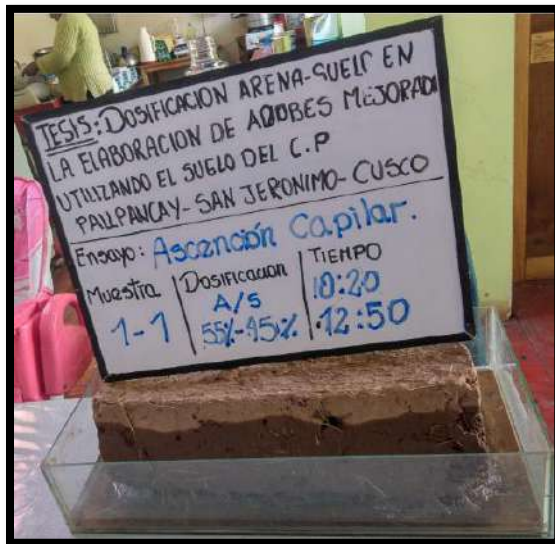


FIGURA 159: Ensayo de la Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Ascension Capilar a los 210min.

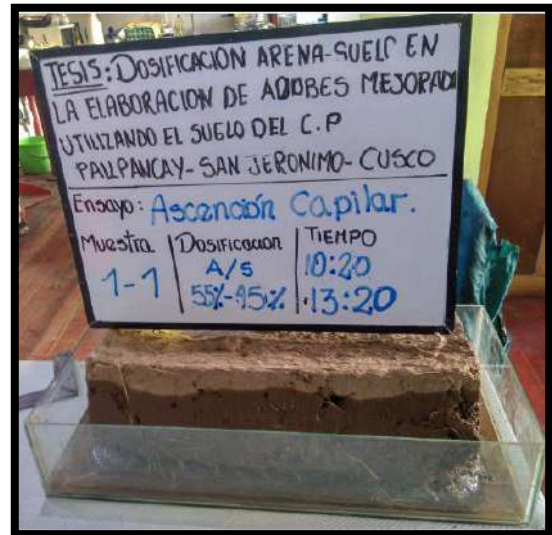


FIGURA 160: Ensayo de la 3ra Muestra del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Ascension Capilar a los 240min.

Ensayos de Abrasión Hídrica por Goteo

Primera dosificación

Arena – Suelo (70%-30%)



FIGURA 161: Ensayo de la 1ra y 2da Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min.



FIGURA 162: Ensayo de la 1ra y 2da Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla, 91min D y 87min I.

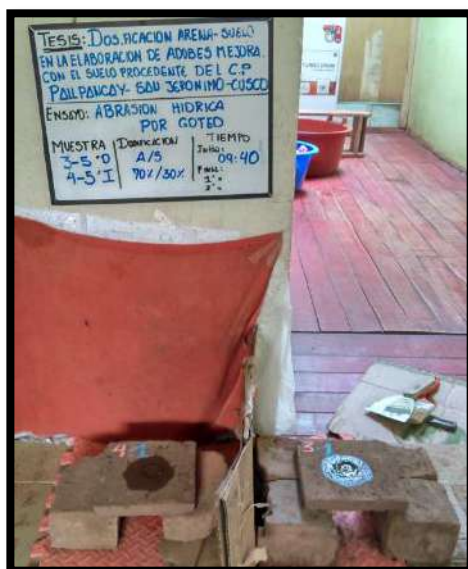


FIGURA 163: Ensayo de la 3ra y 4ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min.



FIGURA 164: Ensayo de la 3ra y 4ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla, 224min D y 212min I.



FIGURA 165: Ensayo de la 5ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min.



FIGURA 166: Ensayo de la 5ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla,128 min

Segunda dosificación

Arena – Suelo (60%-40%)



FIGURA 167: Ensayo de la 1ra y 2da Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min



FIGURA 168: Ensayo de la 1ra y 2da Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpuncay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla,225 min D,205 l



FIGURA 169: Ensayo de la 3ra y 4ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min



FIGURA 170: Ensayo de la 3ra y 4ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla, 165 min D, 172 l



FIGURA 171: Ensayo de la 5ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min



FIGURA 172: Ensayo de la 5ta de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla, 134 min.

Tercera dosificación

Arena – Suelo (70-30)



FIGURA 173: Ensayo de la 1ra y 2da Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min



FIGURA 174: Ensayo de la 1ra y 2da Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla, 137 min D, 133 l



FIGURA 175: Ensayo de la 3ra y 4ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min



FIGURA 176: Ensayo de la 3ra y 4ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla, 122 min D, 24



FIGURA 178: Ensayo de la 5ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo a los 0min



FIGURA 179 Ensayo de la 5ta Muestra de las baldosas del adobe mejorado de C.P Pallpancay sometida Abrasión Hídrica por Goteo al momento de falla,148 min.