

Elaboración de un contra piso de

Tierra Pulida

como acabado para **vivienda social** en Cuenca

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
Trabajo de Grado previo a la obtención de título de Arquitecto



2017

A u t o r e s :

Christian Javier Flores Lòpez

C.I 1804231601

Karen Paulina Delgado Tapia

C.I 0105216477

D i r e c t o r :

Arq.Msc. Pablo Armando León González

C.I. 0102675261

RESUMEN

En Ecuador, la población muestra un nivel de hacinamiento del 18,2 % en el área urbana y 29,2 % en el área rural según el INEC (2014). En este contexto, se ha generado un déficit habitacional que se ha abordado mediante la construcción masiva y altamente subsidiada, con soluciones ubicadas en la periferia de la ciudad, que ha provocado la pérdida de capital social y ha obligado a la gente del campo a salir de su hábitat, lejos de sus familiares y de sus contactos sociales.

Cuenca no es la excepción, según los datos del censo del INEC, realizado en 2010, el 64.9 % de la población de la parroquia Turi vive en pobreza, y el 29.41% en extrema pobreza.

Es así que, la alternativa de un contra piso de tierra toma fuerza como una posible solución, con la utilización de recursos de la zona, debido a que los pobladores invierten el escaso dinero del que disponen prioritariamente en paredes y techo, mientras que el piso es el resultado del suelo sobre el cual se asientan.

Luego de una exploración de normativas y condiciones técnicas de la tierra, se determina la dosificación para la creación del prototipo y la aplicación del sellante.

De esta manera, se tiene como resultado el desarrollo de dos prototipos pulidos y sellados con aceite de linaza, que permite la innovación en cuanto a soluciones constructivas de pisos.

Uno de los sistemas de aplicación para este prototipo es la autoconstrucción, por lo que se desarrolló un manual que permite al usuario guiarse en cada uno de los pasos para la elaboración de un piso de buena calidad.

Palabras clave:

Pisos de tierra, construcción en tierra, arcilla, cabuya, fibras naturales para pisos.

ABSTRACT

On Ecuador, the population shows a level of overcrowding of 18.2 % in the urban area, and 29.2% in rural area (NEC, 2014). In this context, has generated a housing deficit that has been addressed through massive and highly subsidized construction, with solutions located in the city's profile, which has caused the loss of social capital and forced people from the countryside to leave their habitat, away from their families and their social contacts.

Cuenca is not the exception, according to data of INEC, 2010, mention that 64.9% of the population of Turi live in poverty, and the 29.41% in extreme poverty.

Thus, the alternative of an earthen floor takes strength as a possible solution, with the use of resources of the area, because the villagers invest the scarce money available as a priority in walls, roof, and the floor is the result of the ground on which it sits.

Before an explanation of regulations and technical conditions of earth, it was determined the dosification by creation of prototype and the application of the sealant.

In this way you get as a result the development of two prototypes polished and sealant with linseed oil, that allows the innovation in terms of constructive systems of floors.

One of the application system for this prototype is self - construction, so it was developed a manual that allows the user to be guided in each of the steps for the elaboration of a good floor quality.

Key words:

Earthen floors, Ground construction, clay, cabuya, natural fibers for floors.

ÍNDICE

Introducción
Objetivos generales
Objetivos específicos

Capítulo 01 **Antecedentes, técnica, materiales y normativas**

Introducción	
1.1 Antecedentes teóricos.....	25-30
1.2 Propiedades de los materiales.....	31-41
1.2.1 Componentes principales.....	31-36
1.2.2 Estabilizantes.....	37-39
1.2.3 Sellantes.....	39-41
1.3 Análisis de casos.....	43-45
Piso en Óregon.....	46-49
Pisos interiores en tierra cruda.....	50-64
Piso "Fundación María Amor".....	65-68
Visita e inspección de la "Fundación María Amor".....	69-76
1.4 Análisis de la normativa de construcción en tierra.....	77
1.5 Estudio de las determinaciones técnicas del suelo para la mezcla del prototipo.....	78-82
1.5.1 Ensayos de campo	84
Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca.....	
Contenido de humedad y agrietamiento.....	84
Ensayo de lavado.....	85
Ensayo de sedimentación.....	85
Prueba de cinta de barro.....	85
1.5.2 Ensayos de laboratorio	
Granulométrico.....	86
Límite líquido.....	86
Límite plástico.....	87
Contracción lineal.....	87
Compactación.....	88
CBR.....	88
1.6 Análisis de la clasificación de suelos en Cuenca y elección del lugar a actuar.....	91-100
1.7 Análisis de acabados según normativa INEN.....	101
Absorción al gua.....	102
Resistencia a la abrasión.....	103

Resistencia al impacto.....	103
Resistencia a limpiadores caseros.....	103
Pruebas físicas.....	103
Conclusiones	

Capitulo 02 **Antecedentes, técnica, materiales y normativas**

Introducción

2.1 Consideraciones generales para la elaboración de un contra piso de tierra.....	115
2.1.1 Textura.....	115
2.1.2 Barnizado.....	116
2.1.3 Llanura.....	116
2.1.4 Dureza.....	116
2.1.5 Peso.....	116
2.1.6 Masa térmica.....	117
2.1.7 Impermeabilidad.....	117
2.1.8 Costo del material.....	117
2.1.9 Mano de obra.....	117
2.1.10 Instalación del piso.....	117
2.1.11 Durabilidad.....	117
2.1.12 Cumplimiento de normativas.....	117
2.1.13 Color.....	117
2.1.14 Tiempos de secado.....	117
2.1.15 Juntas.....	118
2.1.16 Juntas constructivas.....	118
2.1.17 Terreno de fundación - cimiento.....	119
2.1.18 Consideraciones ambientales.....	120-132
2.2 Comparación de materiales y oferta local.....	133-164
Ladrillo.....	135-141
Hormigón.....	143-145
Cerámica.....	146
Gres.....	147
Piso de tierra.....	148-154

2.3 Elección del material a usar.....	155-157
2.4 Análisis de propiedades físicas del material a usar.....	158-159
Ensayos de campo.....	160-162
Ensayos de laboratorio.....	163-176

Capítulo 03 **Diseño, Dosificación, Experimentación y Presupuestos**

Introducción

3.2 Pautas de diseño.....	184
3.3 Diseño de prototipo auto construible.....	185
3.3.1 Dosificación del prototipo.....	185
3.4 Ensayos físicos de dosificación.....	188
3.4.1 Norma NTE INEN 488:2009, morteros de 50 mm de arista.....	188
3.4.2 Ensayos a compresión de dosificaciones.....	191
3.4.3 Ensayo a compresión de dosificaciones con un día de reposo.....	201
3.4.4 Ensayo de retracción de muestras.....	205
3.4.5 Preparación de la mezcla para 1 m ²	206
3.4.6 Construcción de modelo a escala.....	207
3.4.7 Pulido.....	210
3.4.8 Aplicación de sellantes.....	211
3.5 Análisis de propiedades químicas del material seleccionado.....	213
3.5.1 Ensayo: Norma INEN 1576 - Determinación de absorción de humedad 2.....	216
3.5.2 Ensayo: Norma INEN 2 198 - Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a las manchas y agentes químicos.....	216
3.6 Elaboración de cuadro resumen de ventajas y desventajas de prototipos.....	224
3.7 Comparación de materiales, precios, formatos y presupuestos de la oferta local.....	228
3.7.1 Precio investigado en la oferta local.....	228
3.7.2 Presupuestos.....	233-255

Conclusiones

Capítulo 04 **Manual de auto construcción**

4.1 Manual de autoconstrucción de un prototipo de pisos con su respectivo recubrimiento.....	269-286
Conclusiones y recomendaciones.....	287- 289
Bibliografía.....	290-296
Anexos.....	297-306



Yo, Karen Paulina Delgado Tapia, autora del Trabajo de Titulación “Elaboración de un contra piso de Tierra pulida, como acabado para Vivienda Social en Cuenca”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 02 de mayo del 2017

A handwritten signature in blue ink, reading "Karen Paulina Delgado Tapia", written over a horizontal line.

Karen Paulina Delgado Tapia

C.I: 0105216477



Yo, *Christian Javier Flores López*, autor del Trabajo de Titulación “Elaboración de un contra piso de Tierra pulida, como acabado para Vivienda Social en Cuenca”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 02 de mayo del 2017

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname.

Christian Javier Flores López

C.I: 1804231601



Yo, Karen Paulina Delgado Tapia, autora del Trabajo de Titulación "Elaboración de un contra piso de Tierra pulida, como acabado para Vivienda Social en Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 02 de mayo del 2017

A handwritten signature in blue ink, reading "Karen Paulina Delgado Tapia", written over a horizontal line.

Karen Paulina Delgado Tapia

C.I: 0105216477



Yo, Christian Javier Flores López, autor del Trabajo de Titulación “Elaboración de un contra piso de Tierra pulida, como acabado para Vivienda Social en Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor .

Cuenca, 02 de mayo del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C.J.F.L.', written over a horizontal line.

Christian Javier Flores López

C.I: 1804231601

DEDICATORIA

A Dios, mis padres, abuelos, hermanos, a mi sobrino Juan Pedro y a toda mi familia, que han sido mi apoyo y soporte para realizar este sueño, a mis amigos: alix, xime, christian, pipe y a los conocidos durante la carrera con los que he compartido los mejores momentos.

Karen

Esta tesis se la dedico a mi familia y amigos quien gracias a ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo incondicional, consejos, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han ofrecido todo lo que soy como persona, mis valores, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia para conseguir mis objetivos. Ha sido un privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos por servir de ejemplo para no desviarme del camino correcto, en especial a mis hermanas quienes me ayudaron durante toda mi carrera, por sus consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Y a mis amigos que nos ayudamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora somos amigos: Karen Delgado, Andres Cárdenas, Ismael Sarmiento, Daniel Duran, Marcela Aragón, Omar Guncay, Rosita Quezada, Kevin Chimbo, Freddy Saltos y Eddy Aguilar. Por haberme ayudado durante toda la carrera.

Christian

AGRADECIMIENTOS

Arq. Pablo León Gonzalez
Arq. Juan Pablo Astudillo
Ing. Xavier Cárdenas
Arq. Daniaba Montesinos
Arq. Valeria Bustos
Arq. Edison Castillo
Ing. William Lema
Arq. Stalin Cabrera
Arq. Marcelo Vazquez
Fundación María Amor



**ELABORACIÓN DE UN CONSTRAPISO DE TIERRA PULIDA
COMO ACABADO PARA LA VIVIENDA SOCIAL EN CUENCA**

INTRODUCCIÓN

ONU – HABITAT declara que la región compuesta por América Latina y el Caribe es una región fundamentalmente urbana. Aunque cuenta con grandes espacios poco poblados, casi el 80% de su población vive actualmente en ciudades, una proporción superior incluso a la del grupo de países más desarrollados, por lo que la región esta considerada como la más urbanizada.

Desde inicios del siglo pasado, la población de América Latina y el Caribe se ha multiplicado por ocho, pasando de 60 millones de habitantes a cerca de 588 millones en el año 2010, según datos de la ONU.

Las ciudades de la región (...) son y se mantienen como las más inequitativas del planeta. Pese a los avances económicos y las iniciativas para combatir la pobreza, no ha habido mejoras significativas en materia de equidad, son ciudades “duales”, “divididas”, “segregadas”, y su crisis se refleja en no haber creado economías independientes, asociando la problemática de la vivienda social como la falta de creatividad e innovación de nuestros pueblos.¹

En la Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948), se encuentra uno de los más antiguos dictámenes que reconocen el derecho a la vivienda adecuada (artículo XXV, ítem 1). La vivienda es algo más que un espacio físico: es una de las estructuras elementales de esta sociedad.

Su importancia es tal que un alojamiento digno y estable se constituye como un bien necesario sin el cual resulta imposible mantener una vida adecuada, pues sobre él se cimientan muchos de los procesos de socialización.

La cantidad y calidad de viviendas disponibles no es suficiente para garantizar condiciones mínimas a todos los hogares.

Varios países apoyan financieramente a las familias que lo necesitan para la compra o la mejora de viviendas, pero los mecanismos adoptados son raramente accesibles a los más pobres. (APIVE – Ecuador, 2013).

El alto precio en la construcción se genera principalmente del transporte, explotación y fabricación de los materiales.

En muchos países en vías de desarrollo la alter-

nativa de vivienda más común es la construcción con tierra, pues es un material abundante y barato.

La técnica en tierra cruda trae consigo muchas ventajas sociales y culturales, diseños coherentes a la arquitectura de cada pueblo, lo que resalta su identidad cultural.

El presente trabajo parte de esta reflexión y pretende solucionar de alguna manera la construcción de pisos, de una forma amigable con el medioambiente y utilizando técnicas de autoconstrucción para poder encarar las necesidades de hábitat en países en desarrollo y puntualmente en la ciudad de Cuenca.

El objetivo principal fue desarrollar un prototipo a escala de un contra piso de tierra, por medio de sistemas constructivos simples, aplicando normas de construcción, fibras naturales y materiales de la zona. Así como registrar información sobre esta técnica que actualmente no es muy conocida.

1. ONU-HABITAT: Estado de las ciudades de América Latina y El Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. Nairobi: ONU-HABITAT, 2012.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un sistema de un contra piso de tierra para vivienda de interés social.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar información sobre la fabricación de prototipos de contra piso de tierra sustentables, basados en la innovación generada por la investigación aplicada.

- Generar un prototipo de contra piso de tierra a escala, basado en técnicas ancestrales de fabricación de adobe y su aplicación en técnicas actuales, que luego será sometido a esfuerzos de compresión, flexión y pruebas químicas según las normas de construcción.

- Simplificar los procesos de elaboración del contra piso, para que guíen al usuario en la elaboración y repetición del prototipo, por medio un manual de auto construcción.

PROCESO

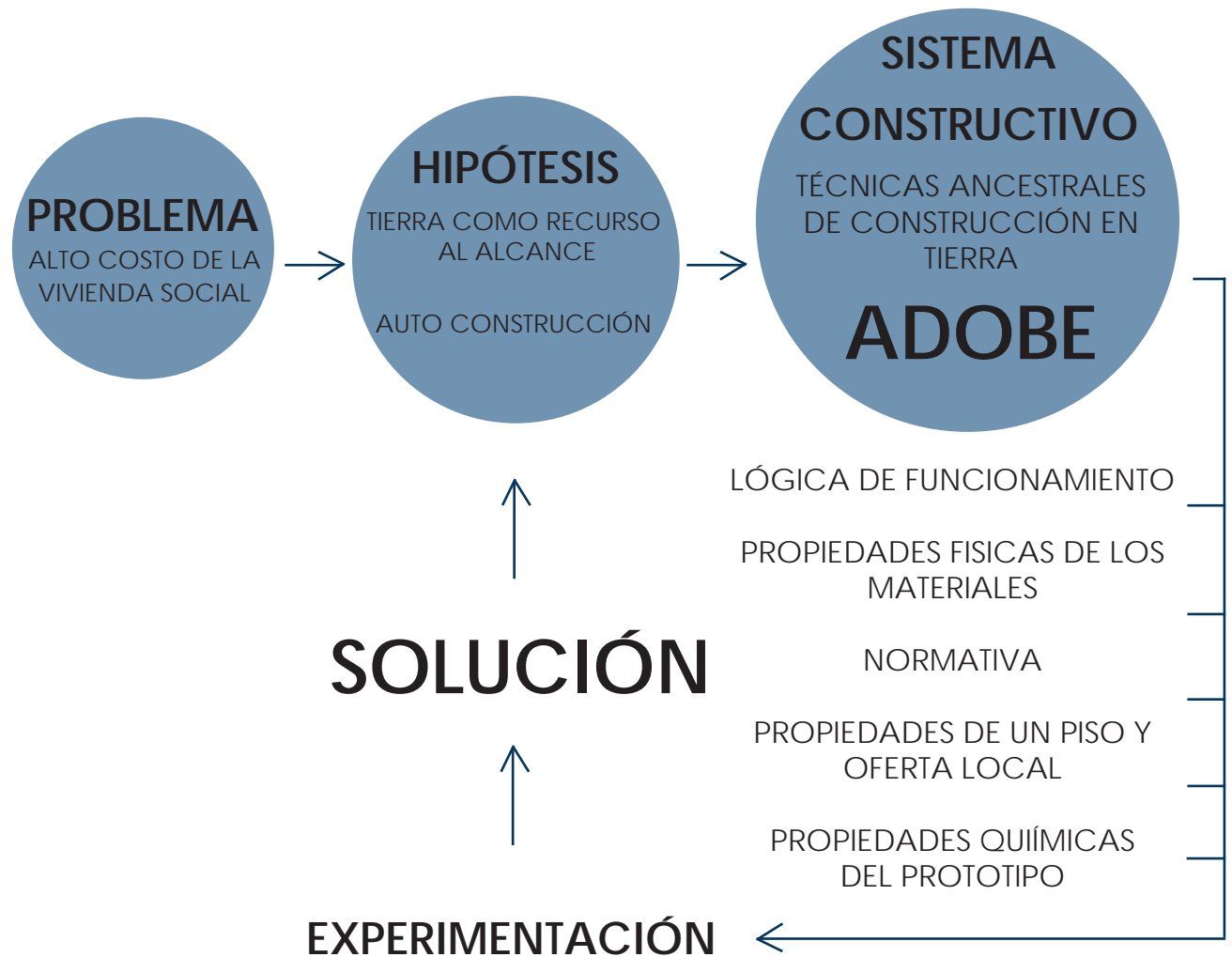
Para este trabajo se planteó la investigación, por medio de la recuperación de técnicas ancestrales de construcción en tierra para aplicarla en pisos, por lo que se desarrolló en tres momentos.

El primer momento se desarrolló a partir de un estado de arte que sustentó la lógica de la técnica, las propiedades de los materiales, la clasificación de suelos en Cuenca, y las normativas a la que se debe regir.

En un segundo momento se idealizó las características que debe cumplir un piso y la oferta local, los ensayos físicos de los materiales que determinaron estrategias de diseño.

En el tercer momento se procedió a un método empírico de dosificación y a una experimentación observada continuamente, con la aplicación de las normativas vigentes y culminando con una solución de prototipo que puede ser comparado en cuanto a precios con la oferta local.

Se concluye la investigación con un presupuesto final que elimina la mano de obra y un manual de autoconstrucción para la aplicación en vivienda social.



Glosario:

Adobe: Según NEC-SE-VIVIENDA, es una unidad o elemento sólido de tierra disecada conforma de prisma regular, normalmente reforzado por fibras vegetales o sintéticas de acuerdo a norma vigente, la tierra deberá cumplir con la granulometría apropiada según norma de construcción con adobe en la sección 10.5.7.

Sistema constructivo: Un sistema constructivo es la conjugación de materiales, técnicas, equipos, componentes y procedimientos cuya mutua relación da un resultado constructivo específico.

Piso: es la superficie inferior horizontal de un espacio arquitectónico.



Capítulo **01**

Antecedentes, Técnica, Materiales y Normativas

Introducción			
1.1 Antecedentes Teóricos	25-30		
1.2 Propiedades de los materiales	31-41		
1.3 Análisis de casos	43-45		
Piso en Oregón	46-49		
Pisos interiores en tierra cruda	50-64		
Piso "Fundación María Amor"	65-68		
Visita e inspección de la "Fundación María Amor"	69-76		
1.4 Análisis de la normativa de construcción en tierra	77		
1.5 Estudio de las determinaciones técnicas del suelo para la mezcla del prototipo	78-82		
1.5.1 Ensayos de Campo	84		
Prueba de "Presencia de arcilla" o "Resistencia Seca"	84		
Contenido de Humedad y agrietamiento	85		
Ensayo de lavado	85		
Ensayo de Sedimentación	85		
Prueba de "Cinta de barro"	85		
1.5.2 Ensayos de Laboratorio			
Granulo métrico	86		
Limite liquido	86		
Ensayo de Limite plástico	87		
Ensayo de Contracción lineal	87		
Ensayo de Compactación	88		
Ensayo de CBR	88		
1.6 Análisis de la clasificación de suelos en Cuenca y elección del lugar a actuar	91-100		
		1.7 Análisis de acabados según normativa INEN:	101
		Absorción al agua	102
		Resistencia a la abrasión	103
		Resistencia al impacto	103
		Resistencia a limpiadores caseros	103
		Conclusiones	

Introducción:

Los sistemas de construcción en tierra han sido usados en el mundo por cientos de años, como la construcción en adobe que data del año 8300 a. C.

Con el desarrollo de nuevos materiales de construcción este sistema ha caído en desuso, sin embargo, está iniciando un resurgimiento industrializado impulsado por una serie de factores de sostenibilidad, rendimiento, durabilidad sísmica, térmica y humedad.

Con los avances tecnológicos que se presentan, la tierra ha tomado mayor importancia en la fabricación de muros y paneles constructivos, y los pisos de tierra han sido descuidados. Se encuentran pocos ejemplos en el mundo, que serán evaluados para entender el funcionamiento del sistema.

No existen normativas específicas para pisos, pero las normativas de hormigones, cerámicas y mecánica de suelos nos ayudarán a encontrar una solución de fabricación.



1.1 Antecedentes Teóricos

Construcción en Tierra:

Según investigaciones realizadas por Minke (2001), las técnicas de construcción con barro datan de hace más de 9000 años.

En Turquestán fueron descubiertas viviendas de tierra del periodo 8000 - 6000 a. C. (Pumpeyly, 1908).

En la imagen 01 se puede observar la Torre de la mezquita de Tarim, Yemen que fue construida en adobe hace más de 3000 años.

También en Marruecos, en el valle de Draa, hay ciudades fortificadas construidas de tierra en el siglo XVIII. La Gran Muralla China se construyó hace 4000 años, inicialmente casi toda con tierra apisonada (tapial) y posteriormente enchapada con piedras naturales y ladrillos.

La Pirámide del Sol en Teotihuacán, México, está construida por 2 millones de toneladas de tierra apisonada y fue construida entre los años 300 - 900.

En México, Centroamérica y Sudamérica existieron construcciones de adobe en casi todas las culturas precolombinas.

La imagen 02 muestra la finca de tapial construida en San Pablo, Brasil, que tiene una antigüedad de 250 años.

En Francia, la técnica del tapial llamada "terre pisé" estuvo muy extendida desde el siglo XV al XIX. Existen muchas edificaciones de más de 300 años de antigüedad, cerca de la ciudad de Lyon.

Según investigaciones realizadas por del Río Muñoz & Sainz Esteban (2011), la tierra como material constructivo es valorada por su tradición constructiva, y se comparara con materiales industrializados, como el hormigón armado, ladrillo y acero, que necesitan mucha energía de producción y transporte.

Actualmente en Asia, Medio Oriente, África y Latinoamérica se manifiesta un desarrollo y vinculación con la vivienda y el hábitat de interés social. Mientras que en Europa Occidental existe una mayor preocupación por el reciclaje de materiales, el ciclo de edificios, el gasto energético y la contaminación ambien-



Imagen 01. Torre de la mezquita de Tarim, Yemen, 38 m de altura construida con adobe hecho a mano. Recuperado de: Minke G., 2005.



Imagen 02. Finca de Tapial en San Pablo, Brasil. D., Heuneburg, Alemania, Recuperado de: Minke G., 2005.



Imagen 03. Reconstrucción de un muro de adobe del siglo 6 a. D., Heuneburg, Alemania, Recuperado de: Minke G., 2005.

tal que genera la construcción.

Estados Unidos, Australia, Francia y Alemania muestran énfasis en el desarrollo tecnológico de la construcción en tierra.

González C., señala la presencia de un renacimiento de la tecnología de construcción en tierra, a pesar de la lenta agonía que sufrió a mediados del siglo XX.

“Desde la antigüedad la humanidad ha hecho prueba de una sorprendente capacidad de edificar con tierra, desde las simples viviendas domésticas hasta palacios y ciudades enteras” (Habitar, s.d, s.p).

“Desde la antigüedad la humanidad ha hecho prueba de una sorprendente capacidad de edificar con tierra, desde las simples viviendas domésticas hasta palacios y ciudades enteras” (Habitar, s.d, s.p).

En la actualidad, perduran en el mundo ciudades que son fruto de este legado, como Shiva en Yemen, D’jenné en Mali, Cusco en el Perú, Ghadames en Libia, Quito en el Ecuador, entre otras. Estas construcciones demuestran la perennidad de la arquitectura en tierra, con el desarrollo de una estructura urbana propia de una dinámica social.

Millones de personas viven en construcciones de tierra, y es en la vivienda popular donde se encuentra mayor amplitud de soluciones.

La segunda modalidad de vivienda social de tierra es aquella autoconstruida, con asistencia técnica, o bien desde la etapa de proyecto y durante toda la obra, que está vinculada por lo general a familias y comunidades con centros vecinales, municipios, cooperativas y organizaciones no gubernamentales.

Como tercera modalidad se puede incluir los prototipos de vivienda generados por centros de investigación y proyectos científicos tecnológicos, en zonas de emergencia por catástrofes naturales, zonas con riesgo sísmico o reconstrucciones en barrios.

La tierra como material de construcción es valorada cada vez más:

- Su empleo es más respetuoso con el medioambiente.
- No se necesita energía en la fase de producción y transporte.
- No se genera contaminación ambiental, no contiene sustancias tóxicas, representa menores costos y puede ser reciclada casi en su to-



talidad.

A la tierra utilizada como material de construcción se le ha dado diferentes nombres:

Adobe: Según NEC-SE-VIVIENDA, es una unidad o elemento sólido de tierra disecada con forma de prisma regular, normalmente reforzado por fibras vegetales o sintéticas. De acuerdo con la norma vigente, la tierra deberá cumplir con la granulometría apropiada según norma de construcción con adobe en la sección 10.5.7.

Tapial: Según Norma peruana E080, es un proceso tradicional de construcción que utiliza tierra húmeda vertida en moldes firmes, para ser compactada por capas utilizando mazos o pisones de madera.

Bahareque: Según Vacacela (2015), es una técnica de Sudamérica y Panamá, que consiste en una estructura fija y estable de madera, que se asienta sobre basas de piedra o pilotes, arriostrada superior e inferiormente, cubierta de palos de carrizo o caña y varias capas de barro.

Innovación tecnológica:

La arquitectura de tierra contemporánea se ha visto influida en parte por los desarrollos científico-tecnológicos que surgieron en las últimas décadas a escala global.

Se han originado a partir del conocimiento profundo del material y sus propiedades, con importantes aportes desde la química, y el comportamiento físico-mecánico, estructural y de durabilidad de las construcciones de tierra.

Una de las innovaciones más importantes es el BTC, paneles de entramado prefabricados y la tapia prefabricada.

En comparación con materiales industrializados el uso del barro presenta algunas ventajas y desventajas:

Desventajas

- No es un material estandarizado.
- Se contrae al secarse.
- No es impermeable.

Ventajas:

- Regula la humedad ambiental.
 - Almacena calor.
 - Ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental.
 - Es reutilizable.
 - Economiza materiales de construcción y costos de transporte.
 - Es apropiado para la autoconstrucción
 - Preserva la madera y otros materiales orgánicos
 - Absorbe contaminantes, purificando el aire de un ambiente interior.
 - El trabajar con tierra, disminuye el desgaste de las manos del albañil que se produce por su maleabilidad.
- Los perjuicios contra la tierra son contradictorios y generalmente relacionados con la ignorancia.

Para muchas personas resulta difícil concebir que un material natural como la tierra no necesite ser procesado, y que en muchos casos la excavación de cimientos ofrezca un material que puede ser utilizado directamente para construir.

La afirmación de que gusanos o insectos puedan vivir en muros de tierra cuando estos son macizos es infundada.

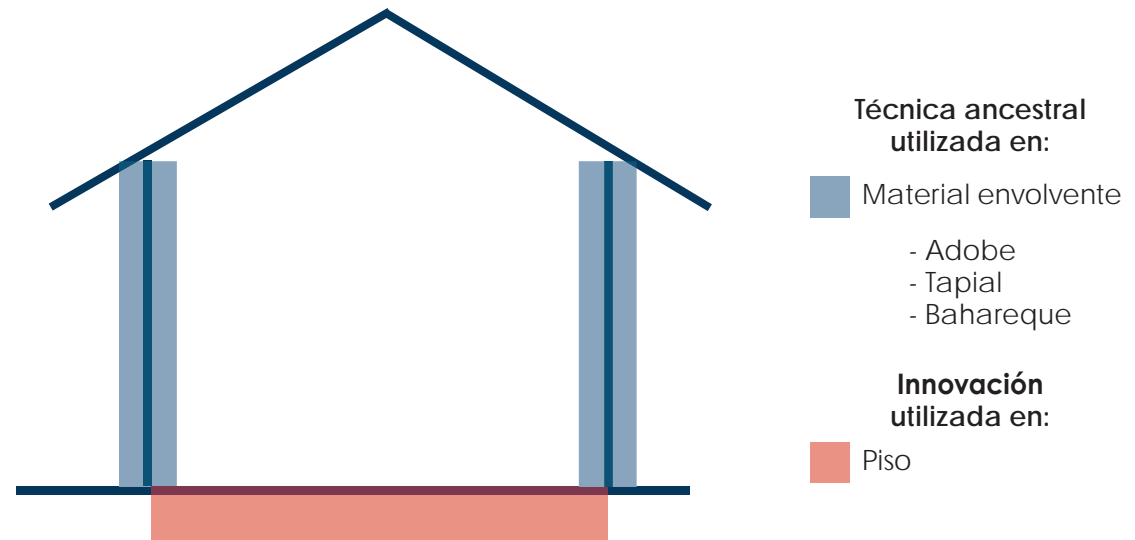
Las técnicas ancestrales aplicadas en el desarrollo de envolventes como el adobe, presentan características importantes que serán reutilizadas para la producción de pisos como se observa en el esquema 01.

Sistema constructivo:

Un sistema constructivo es la conjugación de materiales, técnicas, equipos, componentes y procedimientos cuya mutua relación da un resultado constructivo específico.

Para que un sistema sea eficiente, debe aprovechar las características de cada elemento así como de su conjunto.

Reutilización de técnica ancestral para el uso de un piso



Esquema 01. Gráfico de explicación de utilización de la técnica ancestral para solucionar un piso por Delgado, K.



Un piso de adobe o suelo de tierra, se basa en las propiedades adherentes de la arcilla, uno de los materiales de construcción más versátiles.

La arcilla se expande cuando se moja y se vuelve pegajosa, al añadir arena evita fisuras en el secado del barro, por último, si se añade fibra se aumenta la resistencia a la tracción, como cumple la función el hierro en el hormigón.

Función de los materiales:

01	Arcilla	Pegante - aglutinante
02	Agua	Conforma la pasta
03	Arena	Proporciona estructura
04	Fibra	Resistencia a la tracción

Tabla 01. Funciones de los componentes de una mezcla. Función de los materiales que componen un piso de tierra.

La resistencia del piso depende de la base sobre la que se asienta. La descripción determinada con anterioridad es únicamente la pasta

de acabado sin la estructura, debido a que para poder analizar la estructura se necesitaría de un estudio amplio sobre la mecánica de suelos del lugar en el que se emplazará.

En el caso del hormigón, según Inecyc (2007), se recomienda que los agregados o áridos deben ser partículas duras, limpias, inertes y con granulometría adecuada. No deben presentar formas alargadas o de aguja, condiciones que también se tomarían en cuenta para la fabricación del piso.

Según Minke (2005), un barro arcilloso con 28% de arcilla, 35% de limo, 33% de arena y 4% de graba, nos podría dar buena consistencia.

Según Reay & Thomson (2014), la tierra ideal para usarse tiene al menos un 20% de arcilla y 30% de limos, bajo en materia orgánica.

Sistema Constructivo de un piso:

Como se observa en la imagen 04, está compuesto por:

- Capa final o acabado
- Capa base
- Barrera de vapor

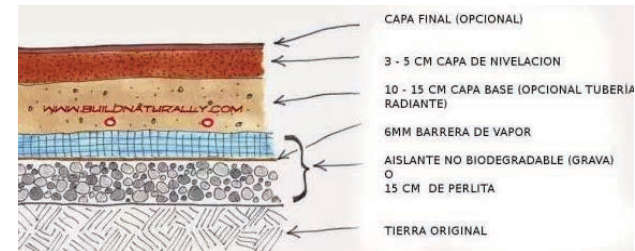


Imagen 04. Detalle de construcción de un piso de tierra. Recuperado de: El Horticultor.

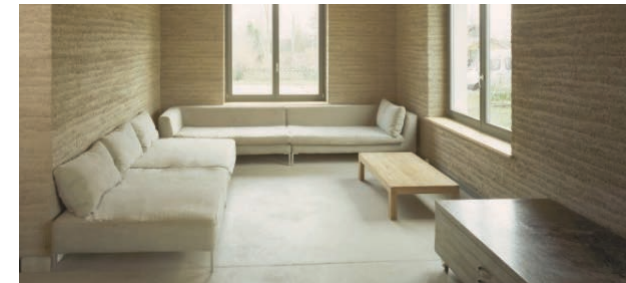


Imagen 05. Ejemplo de construcción en tierra contemporánea, Alemania. Recuperado de: El Horticultor.

- Aislante no biodegradable
- Terreno original

En la imagen 05 se observa el uso de tierra en edificaciones contemporáneas de Alemania, con las que se puede observar las bondades de la misma.

Sistema constructivo de un piso

Estructura obligatoria			Terminado opcional	
Subsuelo	Suelo	Sellante	Diseños	Terminado
	Agua			
Losa de hormigón con cal y cáñamo	Agregados Arena Arcilla	Aceites Naturales		Ceras Naturales
Pedazos de ladrillo	Cal	Linaza	Incrustaciones	Cera de abeja
Baldosas	Estabilizante Puzolana Polvo de marmol Vidrio Pilas de madera	Nuez	Pinturas Naturales	Cera de carnauba
Piedras con mortero de cal		Tung	Pinturas artificiales	Dawa Dawa
Pisos de madera		Semilla de Amapola	Pigmentos	Resina de soja
Material mejorado	Fibra Cáñamo Fibra de coco Fibra de vidrio Poliestileno Plásticos Fibra de papel Fibra de madera Estiercol Tejido de Yute	Castor	Piedras pequeñas	
		Aceites Artificiales	Azulejos	Cera de madera
		Motor (peligro de filtración en aguas subterráneas - altamente tóxico)		Ceras Artificiales Claylin Biosheld

Tabla 02. Cuadro de Abstracción del funcionamiento de pisos. Delgado, K. 2017.



A continuación, en la tabla 01, se muestra un esquema general del sistema constructivo de pisos y las posibilidades de materiales que se pueden combinar.

1.2 Propiedades de los materiales:

La tierra es una mezcla de materia orgánica, rocas, arena de varios tamaños, arcillas y seres vivos como bacterias.

Diferentes lugares del planeta tienen distintos contenidos, pero los ingredientes principales son los mismos en todo el mundo.

Existen dos tipos de clasificación:

- Clasificación de suelos por su estructura:

Suelos arenosos: No retienen agua.

Suelos calizos: Abundancia de sales calcáreas, de color blanco, secos y áridos.

Suelos humíferos: tierra negra, abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro y retienen bien el agua.

Suelos arcillosos: Formado por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos.

Suelos pedregosos: Rocas de diferentes tamaños, y no retienen el agua.

Suelos mixtos: Entre suelos arcillosos y arenosos.

De acuerdo con esta clasificación los suelos arenosos, arcillosos, calizos y pedregosos son los más utilizados para la construcción. Con el proceso de determinación de propiedades, podremos escoger el material adecuado para nuestro piso.

- Clasificación según la mecánica de suelos:

Suelos no cohesivos: Las partículas de suelo no tienden a juntarse ni adherirse, sus partículas son relativamente grandes, también llamados granulares o friccionantes. (Gravas, arenas y limos).

Suelos cohesivos: Partículas muy pequeñas, predominan los efectos electroquímicos superficiales, las partículas tienden a juntarse (por la interacción del agua).

Suelos plásticos: arcillas, importante composición para el desarrollo de la mezcla.

Suelos orgánicos: suelos esponjosos, con grupos, compresibles.

En todo suelo la parte más alta es la superficial, que no es apta para la construcción, bajo esta se encuentra una capa de piedra, grava, roca, limo y arcilla.

1.2.1 Componentes Principales:

Arcilla

Producto de la erosión del feldespato y otros minerales, que contiene óxido de aluminio, un segundo óxido metálico y bióxido de silicio.

Grano generalmente fino similar al limo, que al combinarse con cierta cantidad de agua es capaz de convertirse en una masa plástica.

La arcilla actúa como aglomerante, el limo y la arena solo constituyen rellenos.

Molecularmente son anchos y planos en forma y tienen una ligera carga negativa que les permite unirse bien con el agua.

Algunos tipos se expanden poco (como la bentonita) y otras tres o más veces.

El cambio de volumen se conoce como capacidad de hinchamiento de contracción, que produce contracción cuando el agua se evapora y se da la producción de agrietamientos.



Imagen 06. Arcilla de diferentes colores para piso. Recuperado de: <https://www.google.com.ec/search?q=arcilla+de+colores&tbm=isch&tbo=u&source=>



Imagen 07. Muestra de arcilla extraída de Turi, por Flores C.

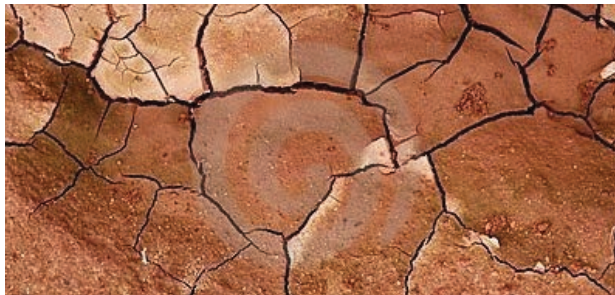


Imagen 08. Suelo con gran cantidad de arcilla. Delgado K.

Por estas características se agrega arena a la mezcla y se recomienda evitar variedades de arcillas muy expansivas.

La arcilla se presenta en varios colores de acuerdo con su composición química como se observa en la imagen 06.

Los minerales de arcilla se desarrollan naturalmente en altas concentraciones, pero la mayoría de los depósitos de arcilla son el resultado de la deposición sedimentaria. Con el tiempo los granos de silicatos de aluminio se lavan aguas abajo y se concentran en el fondo de los lagos durante varios milenios como se observa en la imagen 08.

Los recomendados para pisos según Reay & Thomson 2014 son:

- Arcilla
- Arcilla arenosa
- Arcilla franco arenosa
- Arcilla franco
- Magra

El suelo limoso se confunde a veces con arcilla, porque el limo mojado tiene una textura y una sensación similar.

Arena

Es una colección de rocas pequeñas, que ocurre naturalmente por la descomposición de rocas en el efecto de erosión generado por el agua.

La arena se puede conseguir a orilla de los ríos o arroyos. Otra opción es obtener granito descompuesto referido por sus iniciales DG, por lo que es muy limpio de material orgánico.

Según Reay & Thomson (2014), la mejor arena para pisos contiene una mezcla de tamaños de grano que pasan por la malla 1/8", porque los granos de mayor tamaño crearán una mezcla difícil de paletizar. En el laboratorio ensayamos con material que pasa la malla 200, con lo que se logra mejor consistencia en los primeros análisis. No obstante, debido a la aplicación, en campo se realizan ensayos, donde todos los agregados pasan la malla de la zaranda, que es 1/8". Si se está construyendo con una capa base, se puede utilizar material más grueso que pase por la malla 1/4".

En cuanto a la forma, son mejores los materiales angulares que los redondos, para que trabajen mejor en cuanto a su composición.



Los granos afilados y variados de tamaño son los mejores, ya que provienen de la ruptura de rocas de granito.

Los granos afilados y variados de tamaño son los mejores ya que provienen de la ruptura de rocas de granito.

Limo

Es un componente muy común en la mayoría de suelos, por lo que estará presente en las mezclas de pisos, se siente como polvo cuando está seco, pero cuando está húmedo se puede confundir con arcilla.

La presencia de cierta cantidad de limo ayuda al piso debido a que llena los espacios entre las grandes partículas. Reay & Thomson (2014), recomiendan mantener el 30% o menos en la mezcla final.

Fibra

La fibra es importante debido a que proporciona resistencia a la tracción, lo que es importante para la durabilidad a largo plazo y evita grietas.

Para que una fibra sirva debe ser fuerte, corta (menor a 3 cm) y contener poco valor nutritivo, porque podría crear moho.

Las fibras más ocupadas son la paja, la cabuya y la cascarilla de arroz.

Las fibras sintéticas, generan buenos resultados en el uso del hormigón, como se mencionan en algunos estudios. La utilización de fibras naturales es factible de aplicar en el campo, en el caso de esta investigación se decide estudiar cuáles podrían ser las más apropiadas para ensayar en el laboratorio.

En la imagen 09 se observan distintas variedades de fibras investigadas por Tamayo (2012).

Es así que las fibras con mayor factibilidad de uso, son las siguientes:

Cascarilla de arroz

Es un producto de origen orgánico, cuando no es lavada o contiene polvo, con porcentaje de materia orgánica modifica desfavorablemente las propiedades de fraguado.

El carbono fijo en la cascarilla de arroz se encuentra entre el 12.4 - 25.10%.

Según un estudio de la Universidad Tecnológica de Pereira, la humedad de la cascarilla de arroz cuando sale del descascarador varía entre 5 y

40 %, luego de estar expuesta a la interperie, la humedad promedio de la cascarilla varía entre el 8 y 15%.

Determina que la cantidad de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material.

Es importante saber que uno de los componentes que apropia la combustión es la celulosa, y colocar las muestras al horno genera combustión de la cascarilla, porque alcanzan rápidamente la temperatura de ignición, que según la Universidad tecnológica de Pereira no debe sobrepasar los 150°C.

Para evitar la presencia de materia orgánica Pichazaca Solano, M. V., & Saldaña Peralta, P. G. (2015) recomiendan un proceso llamado mineralización de la cascara, que consiste en sumergir en una solución de cal al 5% del peso de la cascara durante 24 horas, y luego un secado natural.

Por medio de este proceso se intenta impermeabilizar, la oxidación parcial para mejorar la estabilidad, neutralización de la acción orgánica.

Aserrín

El aserrín es uno de los residuos forestales de mayor impacto ambiental, se acumulan en los patios de los aserríos.

Dentro de las fibras de madera, el aserrín, es un material sin costo y fácil de encontrar en todas las carpinterías.

Las virtudes de madera se caracterizan por tener una relación longitud y espesor, llamada coeficiente de esbeltez, cuyos valores oscilan entre el 60 y 120, que ayuda en la resistencia a tracción, pero la resistencia a la flexión disminuye. Hay que tener en cuenta que la disminución del tamaño de partículas afecta los comportamientos mecánicos (Brumbaugh, 1960, Kolejack, 1960, Klauditz y Buro 1962; Rackwitz, 1963, Jensen y Kehr, 1971).

Paja

La paja es un recurso muy utilizado en la zona, es importante considerar que en el desarrollo del adobe se utiliza bastante la paja, pero que los resultados generados no han sido totalmente analizados, por lo que la comparación entre varias fibras nos permitirá entender la relación entre varios de estos productos.

Esta fibra proporciona un toque estético, las fibras deben ser libres de semillas debido a que un

Clasificación de las fibras naturales		
Fibra de semilla	Algodón	Fibra aplastada con bordes gruesos, elástica y resistente
	Celbo	Fibra amarillenta y esponjosa de aplicaciones textiles
Fibras de tallo	Lino	Fibra más alargada, fuerte, flexible, resistente y brillante
	Cáñamo	Fibra larga, duradera, suave, conductora de calor y resistente
	Paja	Fibra larga, cilíndrica y gruesa, resistente y liviana
	Retama	Fibra seca y flexible que pertenece a las fibras cereales
	Zuro	Fibra delgada y verde con una alta densidad y gran flexibilidad
	Totora	Fibra central y suave es muy flexible y no retoña
Fibras de hoja	Esparto	Fibra lisa, larga y gruesa, liviana fuerte
	Albaca	Fibra corta y resistente de crecimiento natural
	Cabuya	Fibra larga y delgada y muy fibrosa, liviana y resistente
	Sisal	Fibra blanca y brillante, fuerte y durable
Fibras de fruto	Coco	Fibra dura de baja conductividad al calor, rigidez y dureza

Imagen 09. Clasificación de fibras naturales. Recuperado de: Tamayo, 2012.



piso de tierra puede durar una semana o más en secarse, cualquier semilla en la mezcla podría germinar y brotar fuera del suelo liso terminado.

Se puede usar la paja cortada que resulte de tallos sobrantes de producción de granos (avena, trigo, cebada, centeno y arroz). La paja es un desecho agrícola que normalmente no se reutiliza para un uso productivo, por tanto, es una alternativa renovable para el uso en la construcción.

La paja se puede cortar usando una recolectora de hojas eléctrica o de gas, y se tamiza a través de una pantalla de 1/8" para quitar las semillas y los nodos de paja.

Cabuya

Tamayo (2012), en su investigación en la Universidad Politécnica Nacional, menciona que actualmente existe una gran demanda mundial de fibras naturales, gracias a la conciencia que se ha tomado, y al impacto que provocan las fibras sintéticas. Así, la fibra es la que se encuentra en abundancia en el largo callejón interandino.

Presenta una buena resistencia mecánica, es alargada compuesta por lignina, que la imper-

meabiliza y proporciona dureza, por su celulosa, resistencia y flexibilidad, liviana con una densidad de 1.3 g/cm³.

Es muy dura, por lo que su resistencia a la tracción también es importante.

La longitud aproximada de la fibra de cabuya es entre 80 a 120 cm, de contextura dura, con una mala absorción a la humedad. No tiene punto de fusión resistente a los álcalis, mal efecto a los ácidos y en cierta parte oxidante.

Es importante mencionar que su alta resistencia mecánica y alto porcentaje de celulosa mejora la resistencia mecánica del material, por lo que se usa en la fabricación de sogas.

Fibras diferentes

Cáñamo: Es difícil de conseguir y debe ser cortado y tamizado.

Fibra de coco: En zonas tropicales, o en tiendas de jardín debe ser separado y cortado.

Fibra de vidrio o fibra de poliestireno plástico: Específicamente usadas en concreto, se puede también trabajar con pisos de tierra, pero no se pega bien y puede separarse del piso.

Ofrece un toque estético, que contrasta con el piso oscuro.

Fibra de papel: No es muy fuerte pero es suficiente y puede darle mayor fuerza añadir papel rayado, en polvo o mojado y periódico mezclado, que crea un acabado como el concreto con fibras no visibles.

Fibra de madera: Similar al papel, es pequeña y no muy fuerte, pero si se añade suficiente, se podría trabajar. Es fruto de la manufactura de productos como el OSB, tableros de fibra y bloques Faswall, bloques de cemento y astillas de madera.

Otras fibras vegetales son sisal o henequén, hierba de elefante, bagazo (residuo de la caña de azúcar).

Estiércol: Estiércol seco de caballos, vacas y otros animales herbívoros, pueden hacer una buena fibra.

Una desventaja del estiércol es que por las semillas digeridas por los animales es posible que existan brotes en el suelo.

Ventajas de las fibras naturales:

- Aumentan la resistencia a la tracción.
- Poca deformación de su tejido.
- Material liviano y flexible.

- Recurso renovable y cercano.
- Posee gran aislamiento térmico.

1.2.2 Estabilizantes:

El empleo de estabilizantes para bloques de tierra cruda, regidos por la normativa UNE 41410, tienen la intención de mejorar la calidad y composición de la tierra.

La única manera de determinar la proporción correcta de estabilizador se realiza de 5 a 7 bloques de prueba por cada mezcla y someterlos a una serie de ensayos a compresión, secado y humedecimiento prolongado.

Clasificación de los estabilizantes

Según la acción que ejercen:

El empleo de estabilizantes para bloques de tierra cruda, regidos por la normativa UNE 41410, tienen la intención de mejorar la calidad y composición de la tierra.

La única manera de determinar la proporción correcta de estabilizador es realizar de 5 a 7 bloques de prueba por cada mezcla y someterlos a una serie de ensayos a compresión, secado y humedecimiento prolongado.

Características de algunas fibras			
Fibra	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la tracción (MPa)	Absorción de la humedad (%)
Cabuya	1,3	305,15	---
Yute	1,3	393 - 773	12
Coco	1,2	175 - 220	10
Abacá	1,3	400 - 1289	8 - 10
Sisal	1,5	511 - 635	---
Algodón	1,5	393 - 773	8 - 25
Ramio	1,5	400 - 938	12 - 17
Lino	1,5	345 - 1035	7
Cáñamo	1,4	690	8
Aramida	1,4	3000 - 3150	---
Carbono	1,4	4000	---

Tabla 03. Características de algunas fibras. Tamayo, Duque N. A. 2012

Precios de fibras / oferta en el medio local			
Descripción	Cantidad	Distribuidor	Precio
Paja	Atado	Plaza Rotari	0,30
Cabuya	Atado	Plaza Rotari	1,00
Aserrín	kg	Cualquier productor de tableros o muebles de madera	0,00

Tabla 04. Precios de fibras, Delgado, K.



Imagen 09. Fibras de Coco. Recuperado de: Earthen floors, por Reay, T. 2014.



Imagen 10. Fibra de papel. Recuperado de: Earthen floors, por Reay, T. 2014.



Imagen 11. Fibra de cabuya. Recuperado de: Earthen floors, por Reay, T. 2014.

Clasificación de los estabilizantes

Según la acción que ejercen:

Químicas: Disminuir la plasticidad, o modificar su estructura granular, por el uso de aceites naturales, silicato de sosa, orina, cal, resina acrílica, yema de huevo, cementos, yesos y resinas.

Físicas: mejora las propiedades de la tierra.

Mecánica: Favorece la compacidad estática, dinámica o mixta.

Mecánica: Favorece la compacidad estática, dinámica o mixta.

Estabilización física:

Se realiza mediante la intervención en la composición del suelo. Se interviene en su distribución granulométrica para optimizar sus características técnicas (Calderón Peñafiel, 2013).

Reducción de la retracción, cohesión, e incremento de la resistencia a la compresión.

Conociendo la granulometría de los componentes que van a intervenir en la muestra podemos encontrar el rango de comportamiento y cómo las moléculas se van uniendo hasta formar una masa muy resistente.

Según la Guía estandarizada de Diseño en tierra creada por la ASTM E2392/E2392M el uso de materiales para la construcción en tierra son:

Yeso: Es un material de aplicación expuesto a superficie para mejorar la durabilidad y modificar la apariencia.

Tierra (arcilla) de yeso: Es una mezcla de arcilla, limo, arena, agua y materiales fibrosos.

Cemento yeso: Es una mezcla de cemento, arena y agua que puede incluir puzolanas, cal, pigmentos, fibra de vidrio, y mezclas de propiedades, como un revoque de cemento considerado menos evaporable que el yeso de tierra y puede a tratar la humedad. Pero no es muy aconsejable

Cal yeso: Es una mezcla hidratada de cal y arena, más compatible con la tierra estabilizada que la de cemento, en términos de permeabilidad, coeficiente de cambio de temperatura y la rigidez Tiene una larga y exitosa historia en uso de barro por parte de indígenas de diversas culturas.

No requiere largos periodos de curado, mejora la calidad en un 10% aproximadamente.

Se aglomera bien con las fibras, particularmente las de sisal, Resistente al fuego y no es atacado por insectos o roedores.

Hay que tener cuidado con la solubilidad al agua.

La proporción correcta según Stulz & Mukerji (1997), puede variar de 3% a 14% por peso seco, dependiendo de la cantidad de arcilla.

Cal: Es el resultado de la calcinación de piedras calizas, también conocida como carbonato de calcio de fórmula CaCO_3 . El tipo de cal que se puede conseguir va a depender de la composición de la roca caliza (Otero, 2010).

Para producir cal se necesita de 4 fases:

- **Calcinación:** cocción de la piedra a 900 oC obteniendo CaO.

- **Apagado:** mezcla con agua convirtiéndose en $\text{CaOH}_2 + \text{Q}$, esta cal se deja en reposo por 6 meses.

Pasta de mortero de cal: se mezcla cal con agua y arena

- **Carbonatación:** se carbonata con CO_2 convirtiéndose en un componente más flexible.

El proceso de calcinación determina una mayor huella de carbono debido a la energía incorporada para realizar la combustión.

Es las construcciones en tierra es primordial proporcionar refuerzos a la tracción por las grietas conocidas que suelen darse.

El agrietamiento de paredes puede ser reducido y restringido con refuerzos horizontales o verticales o con ambos, la misma condición que podría cumplirse con pisos.

La única manera de determinar la proporción correcta de estabilizador es realizar de 5 a 7 bloques de prueba por cada mezcla y someterlos a una serie de ensayos a compresión, secado y humedecimiento prolongado.

Según Argüello Mendez & Cuchi Burgos (2008), la energía incorporada en la elaboración de cal como emisión de CO_2 por kg de cal es de 0,32 kg similar al cemento de 0,41 kg.

Según algunos estudios de Baca, et al. (2010), se realizan cuatro procesos para reaccionar la cal con la tierra.

- **Intercambio iónico:** la cal remueve algunos componentes de la arcilla como el sodio, potasio y magnesio que atrae el agua, se hace impermeable.



Imagen 12. Cal. Recuperado de: https://www.google.com.ec/search?q=cal&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewip6L7xbPTAhXDYyYKHxvgDrAQ_AUIBigB&biw=1442&bih=699#imgrc=pFLy8f-eN7ufhM:



Imagen 13. Imagen de asfalto. Recuperado de: https://www.google.com.ec/search?q=asfalto+para+calles&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewinsa3rxbPTAhXHPiYKHV0DDaIQ_AUIBigB&biw=1442&bih=699#tbn=isch



Imagen 14. Yeso. Recuperado de: <http://deconceptos.com/ciencias-naturales/yeso>



- **Floculación:** después de algunas horas de la mezcla la arcilla pierde agua y se estabiliza formando una curva granulométrica mejor.

- Acción puzolánica: cuando reacciona con óxidos de la arcilla genera silicatos y aluminatos de calcio, produciendo acción cementante.

- **Carbonatación:** consiste en la combinación del hidróxido de calcio con el bióxido de carbono del aire, aumentando la cohesión.

Yeso:

Es un material derivado de piedra de yeso denominado también sulfato de calcio dihidrato o dihidrato (Proinsa, 2008).

Proceso de elaboración del yeso:

1. Canteras
2. Trituración de la materia prima
3. Almacenamiento en silos
4. Horno de cocción de 400 a 900 oC
5. Molienda de yeso
6. Almacenamiento
7. Zona de carga directa del yeso en camiones cisterna.
8. Zona de ensacado automático del yeso.

Debido a la cocción para poder producir el material, la energía incorporada es igual o mayor al cemento. Para la estabilización deja muchos espacios de aire por su endurecimiento (Otero, 2010).

Asfalto:

Se puede emplear asfalto diluido, mezclado con un disolvente, como la gasolina, kerosene (o nafta) o como una emulsión (diluido en agua).

Después de mezclar el suelo con el asfalto diluido, se debe extender el material para permitir que el disolvente se evapore.

La mezcla de suelo no debe ser muy húmeda por lo que se coloca poca cantidad de estabilizador, que debe estar entre el 2% y 4%. Debe ser curado aproximadamente a 40 oC, en suelos arenosos y limosos entre el 25% y 35% y un índice de plasticidad entre 2.5 % y 1.3 % según Stulz & Mukerji (1997).

Betún:

Se vuelve blando a temperaturas entre 30 y 100 grados centígrados, insoluble en agua y bastante resistente a la mayoría de ácidos, es combustible, y pueden ser venenosos.

Petróleo:

El uso de selladores para pisos de tierra ha evolucionado a través de generaciones.

1.2.3 Sellantes:

Hoy en día se usan selladores para proporcionar durabilidad y resistencia al agua. El sellado de un suelo de tierra satura la capa hasta 1/2" de profundidad con un sellador que transforma los materiales de tierra cruda resistente al agua.

El sellador implica la saturación de la capa superior, esto transforma a los materiales en bruto en una sustancia resistente al agua.

Aceite de Linaza:

El aceite de linaza es el más usado, como acabado de madera, o para pinturas a base de aceite. Cabe recalcar que el aceite de linaza crudo también es comestible. Este actúa con el oxígeno en oxidación, se endurece y forma cadena de polímeros fuerte.

Entre los aceites más comunes encontramos el de linaza, de tung, semilla de amapola, perilla y aceite de nuez. Generalmente, el aceite en bruto trata de acelerar el proceso de secado.

El aceite hervido ayuda a purificar. Los aceites que se consiguen en ferreterías y tiendas de artículos de construcción son tratados con agentes de secado químico, que contienen metales pe-



sados, tales como cobalto y manganeso, los que aceleran el proceso de secado.

El aceite hervido ayuda a purificar. Los aceites que se consiguen en ferreterías y tiendas de artículos de construcción son tratados con agentes de secado químico, que contienen metales pesados, tales como cobalto y manganeso, los que aceleran el proceso de secado.

Reay & Thomson (2014), confirman que han usado este tipo de aceites tratados químicamente para sus pisos sin incidentes. No obstante, los riesgos potenciales para la salud asociados con los productos químicos de secado hacen que su uso no sea recomendado. Existen algunos aceites que pueden incluir aceite de tung, colofonia de pino, cera de abejas, cítrico natural o disolventes,

Según experimentos de Reay & Thomson (2014), se colocan varias capas de aceite cada vez más finas para que este penetre. Sin embargo, Chad Tate, junto a MudCrafters en Colorado, colocó todo el aceite en un período de ocho horas, para que todo se oxide a la vez. Esto demostró que no es necesario realizar más disoluciones, la mejor opción es disolver el aceite con un anticoagulante natural.

Es mejor elegir una mezcla de aceites no químicos ni de metales pesados.

Aceite de nuez:

Es un aceite extraído de las nueces del nogal común y tiene propiedades antioxidantes.

Aceite de Tung:

“El aceite de Tung muy conocido y utilizado en China proviene de la prensa de las semillas del fruto del árbol Tung. Este aceite se endurece al exponerse al aire, y su aspecto final es el de un revestimiento plástico muy duro.” (Nutriaprieto, 2013).

En sus usos antiguos se destaca la impermeabilización de madera para barcos.

Su aplicación se realiza con brocha, pero no puede aplicarse a presión ya que produce alteración en sus propiedades. Según Nutriaprieto (2013), varias investigaciones han descubierto que calentando a 50 grados en una atmósfera libre de oxígeno mejora su viscosidad y la calidad final.

Aceite de semilla de amapola:

La semilla de amapola se constituye de 40% a 50% de aceite. Son ricas en grasos insaturados,

un 60% de ácido linolénico, un 30% de ácido oleico y un 3% de ácido linolénico.

Se necesitan tostar las semillas para que desprendan su aceite. Debido a la falta de información en su extracción nos basamos en el proceso de obtención de aceite de semillas en general.

Se parte de semillas preferentemente maduras, que suelen tener 30% más aceite que las semillas verdes.

Puede realizarse a presión o por disolventes. Si contiene más del 20% de aceite se realiza a presión, pasándolos por rodillos o sometiéndolos a grandes fuerzas. Si se realiza a gran escala la extracción con disolventes es más económica, especialmente en el aceite de soja. Si es considerable se realiza un proceso de refinado que aclare y elimine olores indeseables.

Aceite de perilla:

Proviene de la planta Perilla y contiene entre 35% y 45% de aceite extraído por prensado. Se usa como resina en la producción de barnices, en tiempos antiguos fue un componente crítico en la manufactura de suelos de barro duraderos. (Wikipedia 2016).



Aceite de cártamo:

Se extrae de las semillas de la planta del mismo nombre. El aceite de cártamo se usa en pinturas en lugar del aceite de linaza, particularmente blanco.

La mejor opción en uso de aceites se verá reflejada en la economía y en su obtención. Según Rob Boleman el uso de disolventes con aceite asegura su colocación.

Sangre de buey:

Hay una tradición en el uso de esta sustancia como sellador de materiales de tierra, en algunas partes del mundo, incluyendo el suroeste de Estados Unidos y México.

Melaza:

Residuos de la cristalización final del azúcar por medios físicos.

La norma INCONTEC 587 de 1994 define como la miel final o melaza (no cristalizable) al jarabe o líquido denso y viscoso, separado de la misma masa cocida final y de la cual no es posible cristalizar más azúcar por métodos inusuales (INCONTEC, 1994).

Añadiendo melaza el suelo mejora su resistencia a la compresión y se reduce su capilaridad. No obstante, con la humedad se producen

hongos, lo que resulta en una complicación muy grande para su aplicación en pisos. Trabaja en suelos limosos y arenosos, en el caso de suelos arcillosos se debe añadir pequeñas cantidades de cal.

Disolventes:

Los disolventes son sustancias químicas utilizadas para diluir o disolver un "soluto" como el aceite de linaza. Los de origen más natural, como etanol y metanol están presentes en la naturaleza son d-limoneno y el dipenteno, que son de grado alimenticio.

El primero es proveniente de cítricos, extraído de la destilación a partir de cáscaras. La segunda es una sustancia química natural que se encuentra en una variedad de árboles de coníferas, plantas y frutas.

Aceite de procesamiento y disolvente:

La combinación de un aceite de secado tratado térmicamente o mezcla de aceite con disolvente diluye el compuesto y promueve la penetración más profunda en el suelo.

Una proporción de tres partes de aceite a una de disolvente, es decir 75% y 25% respectivamente.



1.3 Análisis de Casos

A lo largo del tiempo, se han desarrollado edificaciones en tierra por medio de diferentes técnicas, que nos han permitido entender conocimientos ancestrales que se han mejorado con los años.

Es necesario conocer algunos de los casos encontrados tanto a nivel mundial, como local. Esta aproximación nos permitirá encontrar similitudes y dosificaciones aproximadas de los pisos para una posterior aplicación.

Para una valoración integral de los análisis de caso se va a considerar los materiales utilizados, la dosificación empleada y las observaciones de cada uno, que nos permitirán obtener estrategias para ser aplicadas en el diseño del prototipo.

Después del análisis de cada estudio se generará un cuadro resumen que contenga la información necesaria para obtener estrategias.

PARÁMETROS PARA EVALUAR LOS CASOS DE ESTUDIO

COMPOSICIÓN

Con composición nos referimos a la estructura que se forma en el estudio de caso.

Si obedece el lineamiento de:

Subsuelo
Suelo
Sellante
Acabado

Este parámetro nos permitirá entender si los casos de estudio aplican la composición dispuesta por nuestra investigación.

MATERIALES

Con este parámetro podemos observar que materiales son utilizados para el desarrollo del caso de estudio y su comportamiento final en las observaciones del fabricante, nos permitirá saber como se comportan y si es conveniente aplicar en nuestra experimentación.

DOSIFICACIÓN

Se refiere a la cantidad de material utilizado para la fabricación del caso de estudio, estos datos nos servirán para encontrar la dosificación "modelo" que nos guiará en el desarrollo de nuestro prototipo.

Debido a la escasa información sobre esta técnica de construcción de pisos, los parámetros utilizados en los estudios de caso son los más comunes entre los tres casos, para guiarnos hacia las estrategias de mejora, y poder replicarlo en la ciudad de Cuenca.

TABLA DE RESUMEN DE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Subsuelo	Suelo	Dosificación	Sellante	Diseño	Acabado	Composición o estructura de un piso
Varios - Dependiente	Arenas Arcilla Paja	2 1/2 1 12,5%	Linaza Ceniza	Pigmento Pintura Incrustaciones de cerámica	Resina de soja	
Materiales principales		Dosificación en relación de los materiales				



Selección de casos de estudio

Después de una búsqueda general de información, se encontraron dos casos en el mundo y un caso aplicado en la ciudad de Cuenca.

El primer caso es un piso desarrollado en Oregón, Estados Unidos, que actualmente se está comercializando y construyendo, como se observa en la imagen 15.

El segundo caso se refiere a un estudio realizado por Lemarquis, en Francia, que recoge información de varios pisos y técnicas desarrolladas mundialmente, para después ensayar en laboratorio y observar los resultados, como se observa en la imagen 16.

El tercer caso desarrollado por la Arq. Valeria Bustos, que fue construido en la Fundación "María Amor" en la Ciudad de Cuenca, debido a que este caso se encuentra dentro de la ciudad, se realizó una visita para obtener datos después de dos años de uso, como se observa en la imagen 17.



Imagen 15. "Earthen Floors, an modern approach to an ancient practice" Recuperado de: Thomson, J. & Reay, S. (2014)



Earthen Floors
A modern approach
to an ancient practice
Sukita Reay Crimmel

Sols Interieurs en
terre crue
Lemarquis, 2008
Francia

Imagen 16. *Étude sur les sols intérieurs en terre crue*. Recuperado de: Lemarquis, A. (2008).



Fundación María
Amor
Arq. Valeria Bustos
Cuenca

Imagen 17. Piso construido en la Fundación María Amor. Recuperado de: Bustos, V. (2012)

01 PISOS EN ÓREGON

Autores: Sukita Reay Crimmel
James Thomson

Año: 2014

En Portland, Oregón se ha originado un movimiento de construcción natural que ha crecido con el tiempo.

Según Reay & Thomson (2014), para realizar su prototipo decidieron estudiar a practicantes como Anita Rodríguez de Nuevo México (1970), quien investigó por años la integración de los materiales con la tierra dentro del negocio de la construcción. En el piso Rodríguez aplicaba dos capas de 1,2 cm sellándolo con aceite de linaza. Asimismo, investigaron a Bill & Athena Stehens quienes habían integrado técnicas de difusión, cuando escribieron *The Straw bale House* (La rápida casa de barro), y desarrollaron el método para hacer un adobe que no se agrietaba.

Sukita Reay Crimmel ha construido alrededor de 20,000 m² de piso, en Estados Unidos.

Reay & Thomson lograron cambiar el uso del aceite de linaza hervido con olor tóxico por el aceite de linaza crudo y espesado al sol.

Sukita Reay Crimmel comenzó a realizar pisos mientras trabajaba con Robert Bolman en Eugene, Oregón, donde nació su interés para continuar investigando y experimentando con estos.

Los pisos realizados por Reay & Thomson han sido fabricados usando el mecanismo de autoconstrucción, como se observa en la imagen 18. La experiencia adquirida después de varios años de fabricación nos permite observar su calidad a través de fotografías que demuestran su uso en áreas húmedas.

De lo investigado en el presente caso de estudio se puede observar un abanico de posibilidades de materiales, que dependiendo del lugar de colocación podrían ser utilizados y garantizar una mayor economía del producto final.

Sukita Reay Crimmel resulta uno de los mejores referentes en el desarrollo de pisos de tierra, debido a que su amplia experiencia nos permite conocer la técnica e intentar replicarla en Cuenca.



Imagen 18. Fabricación de pisos de tierra en Oregón por Miri, S (2014). Recuperado de: *Earthen Floors* por Thomson, J. & Reay, S (2014).



Imagen 19. Pisos colocados en cocinas, Óregon por Stebivka, M.(2014). Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).



Imagen 20. Pisos colocados en Óregon por Stebivka, M.(2014). Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).

Composición:

El análisis del presente caso de estudio no contiene la estructura denominada como un subsuelo, por lo que únicamente trabaja sobre las capas de suelo y acabado.

La capa de suelo tiene un espesor de 1.2 cm hasta 5 cm, dependiendo del subsuelo sobre el que se asienta.

Materiales:

Los materiales utilizados en la pasta de suelo son:

- Arena
- Arcilla
- Paja

Los materiales utilizados por este autor son tamizados por la malla VS.

Como sellante se utiliza aceite de linaza y ceniza volcánica.

Diseño: Usualmente aplican pigmento, incrustaciones cerámicas o pinturas a base de tierra, que generan un acabado interesante en los pisos, dependiendo los gustos de cada cliente.

Las pruebas utilizadas para determinar el contenido de arcilla para el uso del piso fueron:

- Prueba de la serpiente

- Prueba de compresión
- Prueba del "brazo peludo"
- Prueba de agitación o prueba de la botella

Dosificación:**Agua / arcilla**

Realizaron pruebas con parches en diferentes composiciones arcilla: agua, 2:1, 3:1, 4:1 como se observa en la imagen 21.

Los parches de prueba se realizaron de 2 cm de grosor y 46 cm de diámetro. Cuando los parches se secaron, se cepilló y se raspó la superficie y se eligió el caso con menor número de grietas. Al momento de cepillar se observó que no se desprendiera mayor cantidad de polvo, porque de ser el caso, significaría que se necesita más cantidad de arcilla.

Por lo cual recomiendan el uso de las dosificaciones 2 1/2:1 o 3 1/2:1.

Fibra: En cuanto al uso de la fibra, se empleó la paja cortada que resulta de tallos sobrantes de la producción de granos (avena, trigo, cebada, centeno y arroz). La paja se cortó con trituradora eléctrica y tamizada con pantalla 1/8 para eliminar semillas.

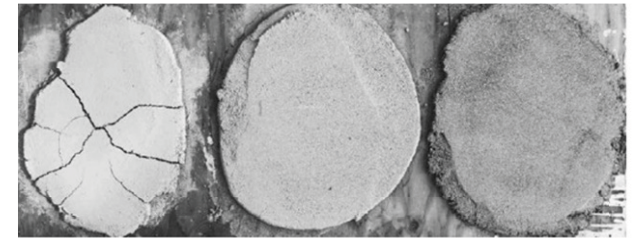


Imagen 21. Pruebas de contenido de arcilla - izquierda (mayor cantidad), derecha (menor cantidad). Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).

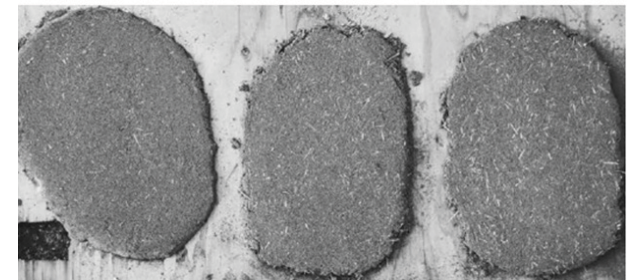


Imagen 22. Pruebas de contenido de cantidad de fibra para mezcla. Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).

Si una mezcla de 3 partes de arena y una de arcilla la fibra es 1/2 del volumen 12.5% de la mezcla y 2 cm de espesor como se observa en la fig. 04.

La mezcla final se conformó de 12 partes de arena, 4 de arcilla y 1 de fibra.



Con varias combinaciones y pruebas se encontraron las diferentes relaciones:

- 1 vaso de fibra: 3 vasos de arena y 1 vaso de arcilla (12:4:1).
- 1/2 vaso de fibra: 3 vasos de arena: 1 vaso de arcilla (12:4:2, o 6:2:1).
- 3/4 vaso de fibra: 3 vasos de arena, 1 vaso de arcilla: 18.75% de fibra (12:4:3).

Se observó que la estética es diferente, de acuerdo a su dosificación, el incremento de la resistencia a la tracción y reducción de grietas.

Dosificación final:

Se realizaron pruebas de 91 cm². Se analizaron las cantidades de materiales para realizar las pruebas, con el fin de explicar las cantidades de materiales usadas por los autores, decidimos convertir con el factor de 1 galón = 0.0037 m³.

- 0.055 m³ de arena
- 0.018 m³ de arcilla
- 0.0074 m³ de fibra
- 0.0064 m³ de agua/ casi 1 a 5 galones para la mezcla final.

Se mezclaron primero la arcilla y la arena con un poco de agua y finalmente, la fibra y un

poco más de agua, todo sobre una lona de piso.

Se encontró un punto exacto entre una mezcla muy líquida o muy seca.

El espesor depende de la masa térmica que se logre, se recomienda un piso de 1.2 cm a 5 cm. Es importante determinar el espesor por el tiempo de secado.

Sellante: Una vez determinadas las relaciones con el piso final, se puede bruñir, aceitar, engrasar y pulir con cera.

En la imagen 23 se observa el uso de aceite de linaza en pisos, colocado con brochas. Una alternativa bastante fácil de utilizar y que es importante para evitar la erosión por el uso.

A continuación se observa el cuadro resumen de los componentes del piso de tierra del presente caso de estudio.

Tabla 05. Resumen de caso de estudio

Subsuelo	Suelo	Dosificación	Sellador	Diseño	Acabado
Varios - Depende	Arenas	2 1/2	Linaza Ceniza	Pigmento	Resina de soja
	Arcilla	1		Pintura	Cera de Carnauba
	Paja	12.5%		Incrustaciones de cerámica	Aceite de oliva
	Espesor	1.2 a 5 cm			Semilla de lino



Imagen 23. Colocación de aceite de linaza para pisos. Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).

Tabla 05. Resumen de un piso de tierra elaborado en Oregon . Delgado, K. (2017).

02 PISOS INTERIORES EN TIERRA CRUDA

Autores: Anne Lemarquís

Año: 2008

Lemarquis en la obtención de su diploma de especialización y profundización de Arquitectura en Tierra, en Francia, desarrolla un estudio sobre varios casos de pisos alrededor del mundo.

Analiza quince casos diferentes de pisos:

- 01 Losa de tierra compactada, France- Bureau- Akterre/Caracol
- 02 Losa de tierra compactada, France-Habitation-Nicolas Meunier
- 03 Losa de tierra compactada, Autriche- Habitation/Exposition- M.Rauch
- 04 Losa de tierra compactada-Italie- Musée-Sergio Sabbadini
- 05 Losa batida tradicional, Brésil-Honduras-France
- 06 Tierra batida Cathédrale-Ghana
- 07 Tierra compactada en losa, Guatemala- Virgilio Zapata
- 08 Tierra compactada con grava y piedras, Japon- Cameroun
- 09 Terrazo: Losa de cal y granos compactados
- 10 Losa de propagación de tierra, Suède-Habitation-Café-Svenska Jordhus

- 11 Tierra en piso extendido y bambú Bangladsh-C.Ziegert, M.Rauch
- 12 Tierra vertida en losas, France- Geneviève Destouest
- 13 Mazorca pesada de relleno Chili- Marcelo Cortes
- 14 Relleno ligero y aislante, Cob Thierry David
- 15 Tierra rellena y de rebasamiento, France

De los estudios únicamente se escogieron los mejores casos, que se analizaron con los parámetros de composición, material y dosificación.

01 Losa de tierra compactada, France- Bureau- Akterre/Caracol

Composición:

En el análisis del presente caso de estudio se encuentran dos tipos de composición de suelo, que según la estructura general obedecen a la composición de subsuelo, suelo y acabado.

Caso 01

La capa de subsuelo contiene losa de hormigón.

La capa de suelo se forma por una composición de tierra, cañamo, cal, fibra de marihuana. Tiene un espesor de 8 cm.

Sellante: se utilizó la emulsión de carnauba después del secado.

No se utiliza diseños ni otros materiales de terminado, únicamente se mantiene el sellado de la cera de carnauba.

Materiales:

Todos los materiales pasaron la malla de tamiz de 22 mm

- Pasta de suelo

Cal:

Cañamo

- Fibra:

Fibra de cannabis

- Sellante:

Cera de Carnauba

- Herramienta de compactación: dame a main ejemplo imagen 24.

Caso 02

La capa de subsuelo contiene una losa de hormigón.

En la capa de suelo se coloca tierra y cal con un espesor de 15 cm.

Materiales:

Tierra

Cal



Dosificación:

La dosificación en proporciones utilizada fue 2 1/2 de cal, 1 de cáñamo, 12.5 % de fibra de marihuana mezclada con tierra, compactada en 8 capas diferentes de 1 cm cada una. En el caso 02 no se describe el método de dosificación.

Para la preparación de la cera de carnauba se usó 3 cucharadas de la misma en 8 a 10 cucharadas de agua tibia, que tarda aproximadamente una hora en secarse.



Imagen 24. Pisón utilizado en el estudio de caso 01. Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquis, A. (2014).

Subsuelo	Suelo	Sellador
Losa de cemento	Cal	2 1/2
	Cañamo	1
	Fibra de cannabis	12,5%
	Espesor	8 cm
Hormigón	Tierra	
	Cal	Ninguno
	Espesor 15cm	

Tabla 06. Resumen de un piso de tierra elaborado en Oregon . Delgado, K. (2017).

En la siguiente tabla se resumen los dos casos con sus respectivos componentes y dosificaciones para un mejor entendimiento.

03 Tierra compactada. Recepción de las instituciones públicas, exposiciones, casas del arquitecto austriaco Martin Rauch.

“Martín Rauch ha hecho trabajos importantes en tierra, entre ellos está el desarrollo de sistema de paredes prefabricadas para poder colocar instalaciones, conductos de ventilación, sistemas eléctricos, de calefacción, repuso la baldosa de la capilla de la Reconciliación de Berlín”, (Lemarquis, 2008).

Composición:

El profesor Sergio Sabbadini de la Universidad Politécnica de Milán explica que el desarrollo de los tamaños de partículas de la tierra disminuye desde los espesores hasta las capas finales y el acabado se realizó con cera de carnauba.

Materiales:

El tamaño de la tierra disminuye hacia las capas superiores. La última capa es muy delgada.

Dosificación:

Una vez elegida la tierra se mezcló en seco y se humedeció pasada por un tamiz. Después, la compactación se realizó con un vibro compactador y manualmente para el tratamiento de la superficie, barrido, humectado y suave. El piso fue bañado con tres capas de aceite y finalmente una cera dura.



Imagen 25. Proyecto MAAO (Museo Internacional de artes aplicadas). Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquis, A. (2014).



Imagen 26. Pisos cosntruidos por Martin Rauch. Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquis, A. (2014).



Imagen 27. Pisos construidos por Martin Rauch. Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquis, A. (2014).



Imagen 28. Pisos cosntruidos por Martin Rauch. Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquis, A. (2014).



Imagen 29. Muestras realizadas de Villa Ficana. Lemarquís, A.

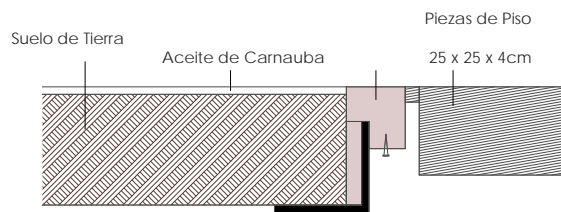


Imagen 30. Detalle de unión de piso y tratamiento de superficie aplicando tres aceites. Delgado, K.

La imagen 30, contiene muestras del estudio de arquitectura Studio Kha del arquitecto Sabbadini que logra demostrar por medio de detalles la solución para pisos.

La elección del proyecto del museo de la tierra es una composición final de aceite y cera dura.

06 Conversación Navrongo Ghana de la Virgen de los dolores de siete cátedras.

Informe final 1996-2004 Bolgatanga, diócesis, Museos de Ghana y Junta de Monumentos CRATerre EAG/Getty.

Composición:

Según tradición y evolución de Ghana los suelos interiores son tradicionalmente de tierra apisonada, un material local que cuando se ha dañado ha sido reparado y reconstruido, mas no cambiado.

Actualmente se coloca una fina capa de mortero de cemento que proporciona mayor dureza, aunque con el tiempo provoca agujeros por la lluvia.

Materiales:

El suelo laterítico, suelo de gran cantidad de hierro y alúmina, se tamiza de recogido de estiércol de vaca fresco y se mantiene en agua. La mezcla del suelo, el agua y el estiércol reposa por una noche.

Se humedece y se la aplica al suelo nivelando con una regla de madera.

La compactación dura de 4 a 5 horas, para nivelar

el suelo se frota en él una piedra plana para hacerlo lo más suave posible. Durante algunos días el estiércol fresco que se extiende por el piso en una sola capa y tres días más tarde se coloca la de cocción de Dawa-Dawa, que se aplica dos veces sobre toda la cara y se deja secar el piso por diez días.

Tres días más tarde, la cocción Dawa-Dawa se aplica dos veces en la superficie, y se deja secar el suelo entre diez días y dos semanas.



Imagen 31. Productos plicados en el piso Rudrapur.



Imagen 32. Pisos de tierra en Rudrapur.



Imagen 33 - 34. Aplicación de terrazo por algunos arquitectos.





Subsuelo	Suelo	Sellador
Mortero de Cemento	Tierra apisonada Suelo laterítico Estiercol Piedra plana cal	dawa -dawa
Ninguno	frutos de palma suelo del lugar	Ninguno

Tabla 07. Pisos construidos por Martín Rauch. Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquís, A. (2014).

09 Terrazo

La Dawa está hecha a base de frutos locales con otras plantas, ramas y hojas de árboles, también es utilizada en la decoración de paredes.

Extractos de terrazo Veneciano, A. Crovato, con prólogo de Vittorio Galliazzo, Edizion Crafi, 1a edición 1989, título de I PAVIMENTI VENIZIANA, edición 2002 en inglés.

El terrazo es un material compuesto por guijarros de piedra. habitualmente el mármol, que se comenzó a usar en Venecia en el siglo XV. En su composición original era de base arcillosa, que se pulía para obtener una superficie más lisa, en algunos casos se vertía leche de cabra como sellante ("Terrazo," n.d.).

Los orígenes del terrazo están en la antigua Grecia, donde se utilizó morteros de cal o arcilla, y en Venecia se observa en el siglo XII. Vitruvio define el terrazo en el tratado de Plinio, el Viejo, y A. Palladio (Lemarquis, 2008).

Composición:

Preparación de la capa inferior o subsuelo de 10 a 20 cm. Mezcla de pedazos de ladrillo, baldosas o piedras con mortero de cal, en una proporción de 4/1.

Mortero de cal:

Se obtiene por unas piedras de cal, río, arena, polvo de mármol, ladrillo o vidrio, y agua, se procesa en un mezclador de concreto. Se pasa un rodillo de 80 kilos y después, la tierra es golpeada con una herramienta manual de hierro de 80 cm de largo y 10 mm de espesor, con el Battipalo, roll y da ferro, se repite hasta que la capa este compactada.

Para un piso de 20 m², se solicitó dos trabajadores calificados durante 4 días, para la capa de suelo se usó pedazos de ladrillo, azulejos y cal 3/1, para formar gránulos y mortero rosa, de 2 a 4 cm. Se requieren cuatro horas para que los agregados absorban el agua y se tarda de cuatro o dos horas para propagarse.

El piso es golpeado varias veces con el batidor de hierro y se requiere de 2 a 3 días de instalación para que este listo y acabado.

Una capa de suelo tiene 1 a 2 cm dependiendo el tamaño de agregado, mármol mezclado con mortero de cal en proporción 1/2 con pigmentos.

Se requiere un día y dos trabajadores especializados.

Después de la aplicación de los pedazos, de acuerdo al diseño se pasa un rodillo, y la capa es golpeada con un ferro de bater, ablandando zonas a las que el rodillo no llega.

Entonces se arrastra la herramienta de metal llamada Orso, con presión en la superficie áspera, para ajustar lo que no se ha adecuado a su lugar. Después de varias horas de esta fase, se coloca una lechada que es a base de aceite de linaza cocido y yeso, que se extiende con una espátula. Transcurrida una semana se pasa la herramienta Orso, adicionando cal blanca si

11 Propagación de tierra en pisos de bambú, La escuela en Rudrapur, noroeste de Bangladesh, alumnos, padres y maestros artesanos con asistencia técnica austriaca/aleman.

Se frota la superficie con un tejido de yute hasta lograr un pulido, según Lemarquís (2008).

Materiales:

- Pedazos de baldosa
- Mortero de cal
- Guijarros de marmol
- Suelo arcilloso
- Mortero de cal y arcilla
- Arena
- Leche de cabra
- Ladrillo
- Vidrio
- Pedazos de azulejo cal y ladrillo

Dosificación:

Mortero de cal/agua usado en proporción 4/1.

La dosificación general de las muestras no se describen, por lo que no se podría especificar la proporción de los materiales en este caso de estudio.

Finalmente en las imágenes 35, 37 y 38 se puede observar el desarrollo de varios pisos de tierra que resultan de años de experiencia.

En la imagen 36, se especifican las herramientas usadas para la compactación y nivelación.

Subsuelo	Suelo	Sellador	Diseño	Acabado
Pedazos de baldosa Mortero de cal 4/1	Guijarros de marmol Suelo arcilloso Mortero de cal y arcilla cal de rio arena	leche de cabra	Guijarros de piedra de marmol	polvo de marmol ladrillo vidrio pedazos de azulejo cal y ladrillo 3/1

Tabla 08. Pisos construidos por Martin Rauch. Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquís, A. (2014).



Imagen 35. Piso realizado en Japón a base de guijarros, frutos de palmas locales.

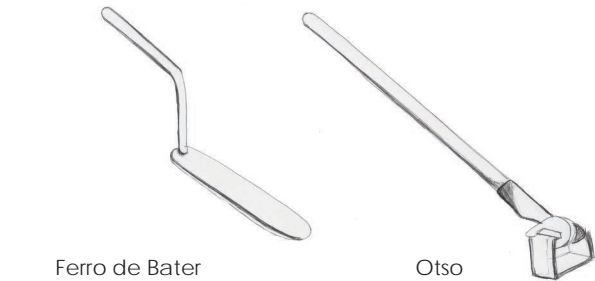


Imagen 36. Piso realizado en Japón a base de guijarros, frutos de palmas locales.



Imagen 37. Templo de Bafut Camerún



Imagen 38. Muestra de piso terrazo.



En el año 2005 como parte del Instituto de Educación y Formación moderna de la ONG Bangladesh Dipshikha cuyo objetivo fue ayudar a los niños a desarrollar su propio potencial para su uso de una manera creativa, se combinaron varias técnicas inventivas de construcción en una escuela de dos pisos en zonas rurales de Bangladesh, con una comprensión mas profunda de materiales locales y una relación sincera con la gente local.

Su innovación reside en su adaptación a los métodos tradicionales y materiales de construcción para crear un agradable espacio luminoso y espacios formales para niños.

Técnica: Losa de suelo compactada de baldosas en estado plástico como un recubrimiento grueso y al final con losas pulidas.

Acabado: Pulido de azulejos

La técnica utilizada en la preparación del hormigón se realiza con una mezcladora de concreto: se preparó a deslizamiento con un mezclador eléctrico en un comportamiento de (100 lt), Se vierte en la hormigonera en la arena, sin agua.

Dosificación 1 vol. deslizante a 4-6 vol. entre arena y grava. Una vez que el contenido de la carretilla se vierte directamente en los rodillos de mojado de tierra (60/40), la mezcla se extiende un poco preparada con una señora de 15/15 cm, nivelada.

Después de un año es importante recalcar el cambio de temperatura que se obtuvo de 25 oC a 39 oC en el exterior, construido con balas de paja en paredes y el techo con aislamiento.

El espesor del piso es de 10 cm.

12 Tierra pegada a la losa, auto construcción individual de viviendas Genevieve Destouest

Composición:

El suelo se forma del amasijo de hormigón en un mezclador de concreto, tierra preparada muy líquida con una batidora eléctrica en un contenedor de 100 lt, que se vertió en el mezclador con arena y sin agua.

Dosificación: 1 vol. por 4-6 vol. de grava arena. Una vez que la carretilla se vierte al suelo de guijarros húmedos (60/40) la mezcla es propagada, ligeramente apisonada con una dame de 15/15 cm y dibujada a la regla para una losa de cal.

Acabado: Observar si se agrieta y se mantiene en 8 días húmedos y 2 días secos.

Problemas: Bolas en el mezclador por la mala elección de tierra.

El cemento se excluye por las propiedades de inercia térmica, la cal también por evaluación de ciclo de vida menor que la tierra.

Después de un año, se realizó una verificación de la fuerza y función refrescante, durante el verano en 40 m2 el espacio de amortiguación, 25 oC por

Subsuelo	Suelo	Sellador	Diseño	Acabado
Baldosas	Tierra pulida	losa pulida		
Hormigón	Tierra / guijarros arena agua	60/40 4-6 1		

Tabla 09. Pisos construidos por Martin Rauch. Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquís, A. (2014).

39 oC en el exterior, con paredes de paja y techo con aislamiento.

Muy buen equilibrio ecológico de la tierra, energía gris para la grava o arena correspondiente de 3/4 vol. utilizado, en una superficie de 20 m² y 10 cm de espesor, es de 2 m³.

Medios materiales: Hormigonera de 120 lt, carentillas, palas y reglas de aluminio.

Recurso humano: 3 personas, con duración de 1 día para acabado de baldosa.

Recomendaciones: Preparación de hormigón, desmenuzando la tierra seca o ligeramente húmeda. Ventilación necesaria.

Mojar el piso antes de pasar el rodillo.

Subsuelo	Suelo	Sellador
	Tierra local	3
Lodo pesado	Paja	1
	Agua	losa pulida

Tabla 10. Pisos construidos por Genevieve Destouest Martin Rauch. Recuperado de: Sols intérieurs en terre crue por Lemarquís, A. (2014).

En la siguiente tabla se observa el resumen de caso sin especificación de la cantidad de agua administrada en la mezcla.

13 Lodo pesado relleno, obra nueva de instituciones públicas y hogares EA Marcelo Cortés, Chile,

Técnica empleada: Reinterpretación de la mazorca tradicionalmente aplicada en un marco de madera.

La preparación de la mezcla se rige por el método de mazorca clásico. Tierra local con paja y agua que se juntan aplicando a mano o pulverizando mecánicamente.

Después de secada la superficie se raspa para que se igualen las fibras demasiado grandes.



Imagen 39 - 40. Utilización de tierra en paredes y techos.

Con dosificación de 1 vol. de paja y 3 vol. de tierra, en adición opcional de arena dependiendo de la calidad del suelo.

Selección de terrenos para losas: La técnica de mazorca cumple con criterios de metal, gracias sísmicas del sistema de celosía y se forma un sobre integral flexible que no colapsará incluso si la tierra se agrieta y derrumba, ejemplo figuras 37 y 38.

Las instalaciones están incluidas en las plantas, permitiendo que la tierra tenga una directa terminación en la parte inferior. Un ejemplo es la escuela de Bellas Artes en Santiago de Chile.

Medios materiales: Manual de proyecto
Recursos humanos: Asistido por auto ayuda, implementación rápida y secado largo.



Imagen 41 - 42. Resultados de suelos ensayados por Johannes Riesterer.

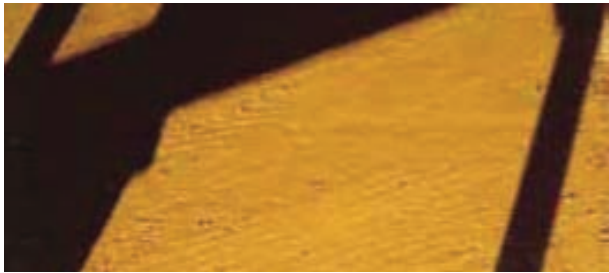


Imagen 43. Muestra de piso_Genevieve Destouest.



Imagen 44. Mujeres elaborando un piso de tierra por Genevieve Destouest.

13 Thierry es un extracto de David en fibras de palissons de tierra y fibras.

Esta técnica utiliza elementos prefabricados. Es fijado mediante la inserción en el ranurado, presionando o con listones de clavado.

El espesor de palisson es la rehabilitación de la morada tradicional de Thierry, que es ampliar y asegurar contra una pared o un enrejado de ramas de árbol con tierra y fibras.

Composición: Es importante destacar que el subsuelo creado a partir de un aislante térmico permite garantizar un adecuado manejo del piso.

El espesor del suelo varía dependiendo de la composición, si es con aire o lleno, si se proporciona un aislamiento térmico y protección al fuego, diámetro de 10 a 12 cm de palisson que es suficiente.

Implementación: pilas de madera cada 10 cm, y sobre esta se coloca la tierra con paja que puede llevar ceniza o escoria.

Punto fuerte: Excelente aislamiento, existe muchas variaciones para el llenado, losa, losa doblada o relleno en espaldadera o encofrado móvil.

Materiales:

- Tierra
- Paja
- Ceniza o escoria

En un primer piso de madera que consiste en hojas. La madera se puso en una vigueta y se rellenó de tierra con los cables eléctricos arreglados.

A continuación, se dispone una capa de fibra de coco, que absorbe el ruido y el impacto.

Finalmente placas de OSB, que serían como el piso flotante terminado.

Subsuelo	Suelo	Aislante	Acabado
13 Aislamiento térmico	Tierra Paja Ceniza o escoria Espesor de 10 a 12 cm	Fibra de coco	OSB

Tabla 11. Mujeres elaborando un piso de tierra por Genevieve Destouest.

14 Vivienda Típica: Lyon, Francia

Composición: Este es un método de llenado actual en la zona de Lyon, llamado el marinero.

Estas casas de dos pisos intermedios son hechas de acuerdo con este método.

La tierra se llena en el suelo, esto proporciona aislamiento por efecto acústico de la masa, también garantiza protección contra el fuego desde la tierra que no se quema.

Una vez terminado los análisis, Lemarquís decidió hacer muestras de los pisos investigados, es decir:

Materiales:

- Tierra compactada
- Lodo pesado
- Colada de la Tierra
- Tierra y yeso

Subsuelo	Suelo	Sellador	Diseño	Acabado
13 Tierra local	Tierra compactada	No especifica	No especifica	No especifica

Tabla 12. Mujeres elaborando un piso de tierra por Genevieve Destouet.

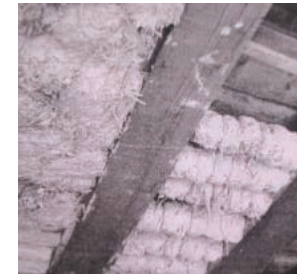


Imagen 45- 46. Referencia Thierry David. Superficies planas e inclinadas de tierra GRENOBLE.



Imagen 47 - 48. Referencia Thierry David. Superficies planas e inclinadas de tierra GRENOBLE.

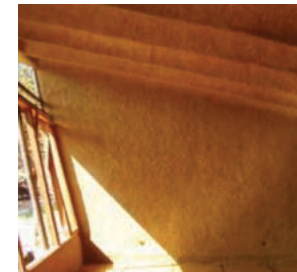
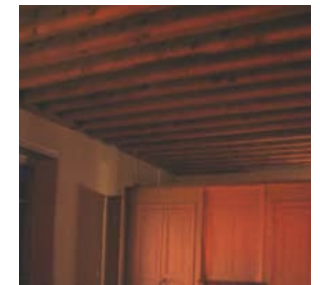


Imagen 49. Ejemplo de aplicación de pisos de tierra Marcelo Cortés.



Imagen 50. Construcción con mallas, Chile.



Imagen 51. Ensayo de tierra compactada



Imagen 52. Muestra en lodo pesado.



Imagen 53. Aplicación de pigmentos en pisos, India.

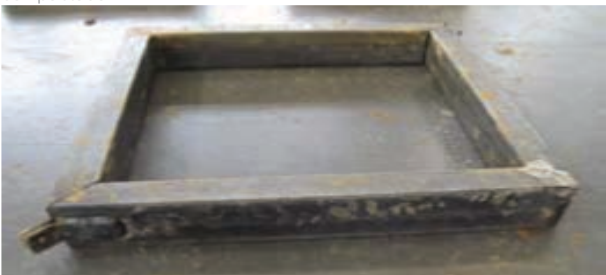


Imagen 54. Ensayo de muestra en tierra colada.



Imagen 55. Aplicación de pigmentos en pisos, India.



Imagen 56. Ensayo en tierra.



Imagen 57. Ensayo con yeso.



Imagen 58. Colocación de pigmentos naturales para pisos, India.

Exponen las muestras ensayadas por Lemarquís en el garaje de la Escuela de Arquitectura de Grenoble y luego en los Grandes talleres de Villefontaine como se observan en las imágenes 47, 48, 50, 52 y 53. Todos esos ensayos generaron resultados diferentes, que se resumen a continuación en cada mezcla.

Las muestras se dimensionaron de 50 cm x 50 cm x 6 cm de espesor, sobre terminado.

La fotografía 49 revela el uso de pisos de tierra en la India, los mismos que son pigmentados con pinturas naturales, caso destacado por Lemarquís para una futura aplicación.

En la imagen 55 y 58, se observa una aplicación de pigmentos a base de tierra que genera una dinámica interesante entre la comunidad y el producto.

A continuación presentamos un cuadro resumen de todos los ensayos realizados por Lemarquís, donde se generan observaciones generales para definir la mejor muestra ensayada. Todas las muestras ensayadas a continuación por Lemarquís son únicamente usadas para pasta de suelo, por lo que el parámetro de composición no será analizado.

Muestra 01 Carnauba / jabón

Materiales:

- Tierra
- Agua
- Carnauba
- Jabón

Dosificación: 13 litros de tierra de adobe tamizada 22 mm +2.5 litros de agua vierte en el molde, ligeramente compactada.

Todo es compactado manualmente de apisonador, la superficie se vuelve a mojar ligeramente y barrida.

Sellador:

1a) Cepillo de jabón negro últimos dos pasadas a intervalos de 3 días. El jabón se oscurece considerablemente el color de la losa

1b) Emulsión de cepillo de carnauba pasado en dos veces a intervalos de 3 días que parece muy resistente.

Muestra 02

Materiales:

- Tierra tamizada a 1mm
- Agua
- Polvo de marmol
- Caseína
- Yeso

Dosificación:

2S3 2/1 Tierra/Agua

Si la capa espolvoreado debe contener más agua, ya sea almacenamiento durante el secado no fue así plana. No había grietas.

Tratamiento superficial: ap 18j el secado 2S3: 1 vol + agua + 1 vol 1 vuelo de pasta de suelo (tamizada 1mm) parte de ondulación. Esta prueba esta haciendo que el ECH3 procesamiento.

2S4 1 vol ' agua ' 1 vol 1 vuelo de pasta de suelo (tamizada 1mm) + polvo de mármol: no trae ninguna resistencia particular.

2S5: 1 vuelo caseína + 1 + 1 Yeso vol tierra vol (1mm) + agua: grietas fuertemente.




Suelo	Dosificación	Sellante	Observaciones
Tierra tamiz 22 mm Agua	1 1/5	Jabon Emulsión de carnauba	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">1a </div> <div style="text-align: center;">1b </div> </div> <p>1a) El jabón oscurece el color de la losa 1b) La carnauba pasada dos veces a intervalos de 3 días.</p>
Tierra tamiz 11 mm Agua	2 1	Sin sellante	<div style="text-align: center;">  2S3 Se observan fisuras y superficie desprendida </div>

Tabla 13. Muestra 01 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).

Tabla 14. Muestra 02 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).



Suelo	Dosificación	Sellante	Observaciones
Tierra Agua Polvo de mármol	1 1	Sin sellante	
Caseina Yeso Tierra tamiz 11mm Agua	1 1 1	Sin sellante	

Tabla 15. Muestra 02 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).


Tierra Agua	1 1	Sin sellante	
			<p>El primer ejemplo se pinta con yeso, se observan pequeñas grietas, en la segunda se aplica la mezcla de 2S3 con stuccke, el resultado es muy duro y esteticamente satisfactorio</p>

Tabla 16. Muestra 03 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).

Arena Adobe tamiz 22mm Agua	1 1/5 2.5 lt	Sin sellante	
			<p>Resultado no satisfactorio, fisurado</p>

Tabla 17. Muestra 04 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).

Muestra 03 Stuckee Tierra – yeso

Materiales:

- Tierra tamizada a 1mm
- Agua
- Yeso

Dosificación:

2S3: la mezcla se aplica con brocha y STUCKEE con una paleta.

El resultado es muy duro, no se retira.

El tratamiento de superficie resiste a el rayado con una uña.

Estética muy satisfactoria.

Muestra 04 Arena

Materiales:

- Tierra
- Arena
- Agua

Dosificación:

13 litros de tierra de adobe, tamizada 22mm +2.5 litros de agua se vierte en el molde, ligeramente compactada.

Entonces, 3 litros de 2 campo de vuelo 2mm + 1vol de la arena 3mm, agua rociado en húmedo. Todo compactado con pisón neumático y

manual sin terminar el tratamiento. Resultado friable no satisfactorio

Muestra 05 Puzolana

Materiales:

- Tierra
- Agua
- Puzolana

Dosificación: 13 litros de tierra de adobe, tamizada a 22 mm, 2,5 litros de agua se vierte en el molde, ligeramente compactada.

Entonces, 3 litros de 1 vol de tierra (1mm) + puzolana, 1 vol + machacados agua, rociado en húmedo. El todo pisón manual de compactado, alisada con una llana, resultado satisfactorio, un poco quebradizo, que se necesitaría un tratamiento de acabado.

Muestra 06 Polvo de mármol

Materiales:

- Tierra
- Agua
- Polvo de marmol


Suelo	Dosificación	Sellante	Observaciones
Tierra tamiz 22 mm Agua Puzolana	1 3 1	Sin sellante	 Resultado satisfactorio, un poco quebradizo, se necesita un tratamiento acabado.

Tabla 18. Muestra 05 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).

Tierra tamiz 22 mm Agua Puzolana	1 3 1	Sin sellante	 Resultado satisfactorio ofrece, acabado con colores claros y ligeramente quebradizo con tratamientos de exaporación
--	-------------	--------------	--

Tabla 19. Muestra 06 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).

Tuerra 22mm Agua Polvo de marmol	13 2.5 1	Polvo de marmol espolvoreado	El polvo de marmol permite un mejor acabado debido a que se endurece.
--	----------------	---------------------------------	---

Tabla 20. Muestra 07 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).

Dosificación: 13 litros de tierra de adobe, tamizada 22mm + 2,5 litros de agua se vierte en el molde, ligeramente compactada. Por, 3 litros: 1 Tierra de volumen (1mm) 1 vol de polvo de mármol, rociado en húmedo. Todo compactado piso manual. El resultado es satisfactorio y ofrece una posibilidad de terminar de color claro, ligeramente quebradizo y se necesita un tratamiento de manera de exporacion.

Muestra 07 Polvo de mármol

Dosificación: 13l, tierra de adobe (22mm) + 2,5l de agua, se vierte en el molde, ligeramente compactado. Entonces, polvo de mármol espolvoreado solo. Todo compactado a la vez. Este método no funciona.

7S1 – 2 vol Barbotina (22mm) + agua 1 vol
7S2 – 2 vol de Barbotina 22mm + 1 vol de agua + 1 vol de yeso.

**Muestra 08** Gravilla**Materiales:**

- Tierra tamiz 22 mm
- Agua
- Cal hidráulica
- Puzolana

Dosificación:

13 litros de tierra de adobe, tamizada a 22mm + 2,5 litros de agua se vierte en el molde, ligeramente compactado. A continuación, el tejido elegido para la detección de aproximadamente 20mm están dispuestos. Todo en pisón compactado manual.

Tratamiento de la superficie: sin tiempo de secado.
8S6: cal hidráulica
8S7: lechada de cal hidráulica en polvo + pouzzollane. Se toma un momento para poner la leche y también para frotar.
No respetamos estos tiempos, el resultado por lo tanto, no puede ser tenido en cuenta, esta pista puede ser nueva a pruebas, los rodillos hacen que una dureza importante en la superficie.

Muestra 09 Lodo pesado y cenizas

Dosificación: Mazorca pesada con 3 vol de tierra de adobe + 1 paja de vuelo (5cm).
Tratamiento de superficie: recubrimiento con una consistencia relativamente seco: 1 vol de tierra 4mm 1 vol de arena 3mm 1 vol de haya cenizas 2mm, cerca de la llana. Había grietas en el secado completo, resultado es satisfactorio, sin embargo cuenta que dada la ausencia de secado entre dos capas. Es de suponer que una buena comportamiento de este revestimiento debe ser el probar de nuevo, pero en una primera capa de casi seco.

Muestra 10 Lodo pesado y estiércol

Masa: Mazorca pesada con 3 vol de tierra de adobe + 1 vol de estiércol de caballo previamente en polvo por tamizado.

La masa tiene poco agietada, lo que realmente parece duro. Se debe recibir un revestimiento de la superficie.


Suelo	Dosificación	Sellante	Observaciones
Barbotina 22 mm Agua	2 1	Sin sellante	
Barbotina 22 mm Agua Yeso	2 1 1	Sin sellante	
Tierra tamizada 22 mm Agua Cal hidráulica Puzolana	13 lt 2.5 lt	Sin sellante	

Tabla 21. Muestra 07 de los ensayos realizados por Lemarquís, A. (2014).

Tabla 22. Muestra 08 de los ensayos realizados por Lemarquís, A. (2014).

Los rodillos determinan una dureza importante en la superficie.

Muestra 11 Fundición de tierra nivelada

Dosificación: Mezclar el suelo después de la hormigonera pantalla de rechazo (30 mm), y cuya sola superior a guijarros a 5 cm se eliminan. La mezcla se vierte en el molde, es nivelado a regla y alisado a mano.

Algunas pequeñas aparecieron grietas pero la losa se puede acabar. El resultado es muy alentador, debido a la rápida aplicación.

Muestra 12 Fundido recubierto de tierra

Dosificación: Mezclar el suelo después de la hormigonera negativa a tamiz 30 mm. Tratamiento de la superficie: sin secado, recubierto de 1 volumen de tierra de adobe + 1/3 + robo de arena agua, colocado en un estado bastante seco. A continuación, directamente, una tira de 1 robo de tierras en adobe 3 mm + 1 moscas de arena de 3 mm + 1 cepillo de cenizas volantes que se levantó, se alisó con la llana. Sin agrietamiento. El panel está disponible en un acabado.


Suelo	Dosificación	Sellante	Observaciones
Tierra de adobe Paja de vuelo (5cm)	3 1	Sin sellante	
Tierra	1		
Arena	1		
Ceniza	1		

Tabla 23. Muestra 09 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).


Lodo pesado Estiercol de caballo Tierra de adobe	1 1	Sin sellante	 La masa tiene un poco de agrietamiento lo que realmente parece duro
--	--------	--------------	--

Tabla 24. Muestra 10 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).

Tierra Guijarros			 Por los guijarros, presentan grietas sin losa de acabado final. Rápida aplicación
---------------------	--	--	--

Tabla 25. Muestra 11 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).


Suelo de tamiz 30 mm Adobe 3mm Arena 3 mm Ceniza volante	1 1/3	Sin sellante	 Tierra alisada sin agrietameintos
---	----------	--------------	--

Tabla 26. Muestra 12 de los ensayos realizados por Lemarquis, A. (2014).



03 PISO “FUNDACIÓN MARÍA AMOR”

Autor: Arq. Valeria Bustos
Año: 2012

Para la aplicación de este piso, la Arq. Valeria Bustos realizó pruebas en moldes de 1m x 1m, que se detallan a continuación:

Prueba 01 (4:1)

1 vol de tierra arcillosa
4 vol de arena gruesa
Un atado de paja diámetro: 12 cm cortado en 5 y 6 cm de largo
Espesor 5 cm

Prueba 02 (5:1)

1 vol tierra arcillosa
5 vol de arena gruesa
un atado de paja diámetro 12 cm cortado en 5 y 6 cm
Espesor 8 cm

Prueba 03 (4:1:1)

1 vol tierra arcillosa
4 vol de arena gruesa
1 vol arena fina
Un atado de paja diámetro 12 cm 5 a 6 cm de largo
Medio balde de fibra de costal empujado
Espesor 6 cm

Prueba 04

1 vol de tierra arcillosa
2 vol de arena fina
3 vol de arena gruesa
3/4 de ceniza cernida
1/2 de paja
Espesor 5 cm
Se demoraron 2 personas, 2 horas en la preparación de la tierra y en la colocación.

Prueba 05

1 vol de tierra arcillosa
2 vol de arena fina
3 vol de arena gruesa
3/4 vol de ceniza cernida
1/2 vol de paja empujada
1/2 vol de engrudo
Espesor 5 cm

Observaciones:

Prueba 01: En la primera mezcla se demoró bastante hasta que se seque.

Prueba 02: En la segunda se mezcló por largo tiempo, se colocó y al final se pulió con una pulidora, pero por la arena muy gruesa no se pulió muy bien.



Imagen 59. Prueba 01 de piso por Bustos, V. (2012).



Imagen 60. Prueba 02 de piso por Bustos, V. (2014).



Imagen 61. Prueba 03 de piso por Bustos, V. (2014).



Imagen 62. Compactación del piso con herramienta manual por Bustos, V.



Imagen 63. Elaboración de ensayo de piso final por Bustos, V. (2014).

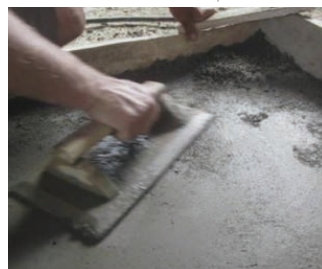


Imagen 64. Elaboración de prueba de nivelación por Bustos, V. (2014).

Se podía pulir al agregar arena fina, pero se demora mucho en secar. El engrudo le hace secar muy rápido el piso, que se fisura.

Por ultimo se elige la prueba 04, para hacer un piso el 20 y 21 de febrero del 2013, la superficies de 8,3 m².

Se necesitan 5 horas con 3 personas para realizar la mezcla.

4 horas, 2 personas y 1/2 día para el pulido y el costo es de 27 horas de mano de obra para 8,3 m².

Seria 3,25 h/m² y se calcula \$2,58/h, seria en total \$8,39 el m².

La prueba en 1,5 semanas continua secándose con algunas fisuras, por lo que se necesita un nueva capa para curarla bien, una capa fina de terminado y después aceite de linaza. El suelo deseado y finalmente se logra resultados buenos.

Se notó fisuras 4 días después de la colocación

Capa fina y terminado:

Mezcla de la prueba 04, el 21 de Marzo del 2013, se toma los componentes de la mezcla

04 y se coloca una capa de 5 mm de espesor sobre la primera capa mojada con agua.

Resultado: Se demora en colocar y al siguiente día se observan fisuras, y no tiene buena conexión con la capa de abajo.

Por lo que se decide buscar otra mezcla

Mezcla del empañete

Se continua con la mezcla el 22 de Marzo del 2013.

8 baldes (1 carretilla) arena fina
2 baldes de barro preparado
1 balde ceniza
1 balde de guano de caballo
2 baldes de engrudo

Se toma la mezcla y se coloca una capa de espesor hasta 5 mm sobre la primera capa, que se moja con agua.

La mezcla estaba preparada algún tiempo y por la lluvia.

**Tabla 27. Resumen de ensayos realizados por la Arq. Valeria Bustos para la fundación María Amor**

Caso	Suelo	Dosificación	Selladores	Observaciones
Prueba 01	Tierra pura con agua Tierra arcillosa Arena gruesa Atado de paja 5-8 cm Espesor 5 cm	1 vol 4 vol d=12 cm		Se demora mucho en secar, pasan 6 semanas y aún no estaba completamente seco
Prueba 02	Tierra arcillosa Arena gruesa Atado de paja 5-8 cm Espesor = 8 cm	1 vol 5 vol d=12 cm		Se pisa y se pule con una pulidora por la gran parte de arena no se podía pulir bien y la mezcla se demora mucho en secar.
Prueba 03	Tierra arcillosa Arena gruesa Arena fina Atado paja de 5 a 6 cm Fibra de costal empujado Espesor 6 cm	1 vol 4 vol 1 vol d=12 cm		Se demora en secar, después del secado se coloca una capa de 5 mm de espesor sobre la primera capa mojada con agua, al siguiente día presenta fisuras.
Prueba 04	Tierra arcillosa Arena fina Arena gruesa Ceniza cernida Paja empujada Espesor 5 cm	1 vol 2 vol 3 vol 3/4 1/2		El engrudo se seca muy rápido y se fisura. Se demoraron 2 personas 2 horas en la preparación de la tierra y su colocación, en un piso de 8,3 m ² se gastó 8,30 dólares en un m ² .

Las pruebas realizadas por la arquitecta Valeria Bustos se caracterizan por ensayar con diferentes dosificaciones, pero de una manera empírica, es decir, el método prueba y error.

Los mejores resultados se evidencian en la mezcla de varios agregados, con diferentes características, una mezcla de curado y por último la capa de impermeabilización.

Este piso no fue tecnificado, pero es importante analizar cómo el engrudo blanco no genera fisuras en el acabado. La ceniza volcánica tiene propiedades parecidas a la de un cemento por su composición molecular.

Existen varios estudios sobre el reemplazo, incluso parcial, del cemento por ceniza, en la Universidad Nacional del Comahue (Argentina), como explica Andrés (2012).

El guano de caballo usado por siglos en la construcción actúa como la fibra, evitando una mayor cantidad de fisuras en la superficie por el secado del piso.

Caso	Suelo	Dosificación	Selladores	Observaciones
Prueba 06	Arena fina Barro preparado Ceniza Guano de caballo Enlucido Espesor	8 baldes 2 baldes 1 balde 1 balde 2 baldes		Después de 4 días de secado se procede a pulir, los resultados son buenos, la parte pulida se ve un poco más dura, casi sin fisuras pero se demora en colocar.
Pruebas de acabado Mezcla como empañete	Mezcla anterior cola blanca Espesor 5 mm	1 vaso		Resultados muy buenos, casi no hay fisuras y se pone cada vez más duro, aunque se demora en colocar.
Curado con mezcla de empañete	Mezcla anterior			Se cura el suelo, se coloca la maza y se pule donde están las fisuras de la primera capa.
Impermeabilización			Aceite de linaza	Capas finas debido a que en la mezcla de barro gruesa no funcionó,
Resultados finales	Mezcla de piso			
	Tierra arcillosa	1 vol		
	Arena fina	2 vol		
	Arena gruesa	3 vol		
	Ceniza cernida	3/4		
	Paja	1/2		
	Mezcla capa final			
Arena fina	8 baldes			Se puede colocar un poco de cola blanca, y una vez seco se coloca sobre fisuras y se pule
Barro preparado	2 baldes			
Ceniza	1 balde			
Guano de caballo	1 balde			
Engrudo	2 baldes			
Impermeabilización		Aceite de linaza		Capas de 5 y 8 pasadas

Tabla 28. Resumen de pruebas realizadas por la "Fundación María Amor". Delgado, K. (2017)

Para finalizar, la mezcla principal de piso se realizó con 5 cm de espesor, sobre capas de suelo mejorado con un replantillo y una malla nervada, como explicaba la arquitecta en la entrevista realizada. Es así que en la mezcla final se pudo reducir su espesor y las dosificaciones finales quedaron en 1:2:3:3/4:1/2 de arcilla, arena fina, arena gruesa, ceniza y paja.

La capa de curado en dosificaciones de 8:2:1:1:2 de arena, barro, ceniza, guano y engrudo respectivamente permitieron mejorar el acabado del piso reduciendo fisuras ocasionadas en la capa anterior, y sellándolo con aceite de linaza entre 5 y 8 pasadas.



Imagen 65. Prueba 06 para la colocación del piso.



VISITA E INSPECCIÓN DE LA FUNDACIÓN MARÍA AMOR

Fecha: Viernes 18 de Noviembre del 2016

Hora: 10 : 00 am

Después del estudio de la información recopilada por la Arq. Valeria Bustos nos contactamos directamente con la fundación y se realizó una inspección, en la cual observamos varias características del piso que se detallan a continuación:

Para determinar si el piso está dentro de las características de confort se observó el ambiente, tomando en cuenta la norma UNE-EN-ISO 7730, que determina que para que ambientes térmicos no disten excesivamente del confort, la temperatura debe estar en el rango entre 10 – 30 °C. Además, Fanger (1973), menciona que para la sensación de confort es importante que la temperatura del aire no supere los 26,3 °C. Asimismo, la humedad del aire no debe sobrepasar el rango del 30 % al 70 %, porque una humedad menor a 30 % provocaría en una persona sensación de sequedad y una humedad mayor al 70% generaría un ambiente pegajoso alrededor del cuerpo.

Por lo tanto, decidimos realizar algunos ensayos que nos permitieron determinar los datos detallados a continuación.

Para esto se necesitaron los siguientes aparatos de medición:

- Esclerómetro (para la obtención de la resistencia de los puntos tomados en cada espacio).
- Termohigrometro
- Brújula

Los siguientes datos de la tabla 29 y 30, nos permiten observar que la temperatura interna de las habitaciones se mantiene, incluso con una temperatura externa de 42 oC, la interna se reduce a 22,2 oC. Los otros datos servirán para comprender el confort que genera el piso de tierra.

Al llegar al lugar observamos que los bloques se encontraban muy deteriorados por el uso. Varios de los pisos presentaban desgaste por erosión severa, con agujeros grandes. Sin embargo, la linaza estaba cumpliendo muy bien su función, los líquidos regados no eran absorbidos gracias a la película transparente que se formó en la última capa.

Al observar en el microscopio se comprueba que las fisuras son muy amplias y en algunos casos, grandes diámetros de las partículas, es decir, se encontró cierta cantidad de grava.

Datos climáticos internos

Área	Patio	Cuarto
Hora	12:10	12:10
Temperatura	42 °C	22,2°C
Humedad	16,70%	45,1%
Humedad específica	13,89%	10,70%
Índice de calor	45,9	21,6
Punto de rocío	14,2°C	9,8°C
Punto de evaporación	22,1°C	13,8°C
Baro	724	723,7

Tabla 29. Datos climáticos internos de la "Fundación María Amor". Delgado, K. (2017)

Datos climáticos externos

Hora	11:09
Altura	2750 m.s.n.m.
Velocidad del viento (m/s)	0,6
Temperatura	20°C
Humedad	50,4%
Humedad específica	10,80
Índice de calor	19,90
Punto de rocío	10,70°C
Punto de evaporación	14,5°C
Baro	723,7

Tabla 30. Datos climáticos externos de la "Fundación María Amor". Delgado, K. (2017)

Los datos referentes a la ubicación del proyecto no se pueden publicar, debido a que esta fundación los mantiene en reserva por temas de seguridad.

El presente estudio pretende recopilar información sobre el funcionamiento de un piso de tierra en cuanto a la resistencia a la compresión determinada por el esclerómetro.

El esclerómetro es un instrumento de medición, empleado generalmente para la determinación de la resistencia a compresión en hormigones. Puede aplicarse en paredes, muros, pavimentos, entre otros.

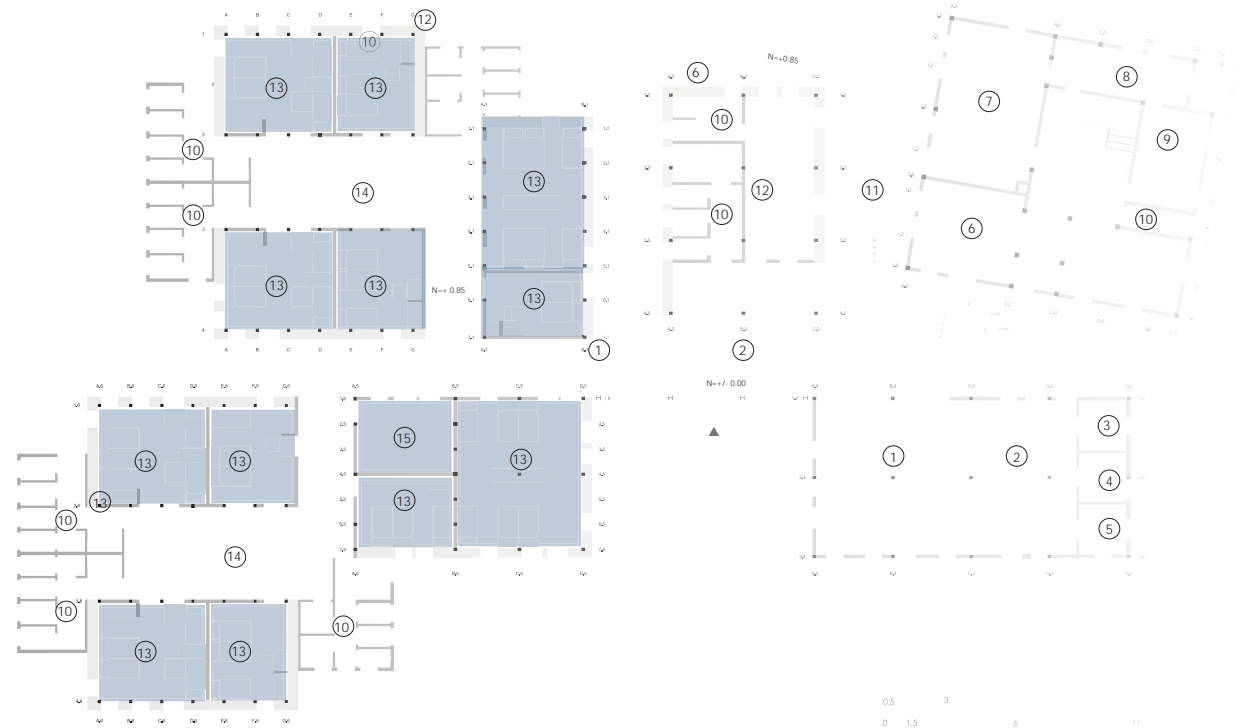
Con este instrumento se puede identificar si el piso fue bien compactado y si se mantiene uniforme.

Según la Arq. Valeria Bustos se decidió colocar el piso por temas de economía y terapia.

Planta baja bloque central

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Comedor | 8. Archivo |
| 2. Cocina | 9. Oficina 10. S.S.H.H |
| 3. Despensa | 11. Estar |
| 4. Vajillero | 12. Oficina principal |
| 5. Lavadero | 13. Dormitorios |
| 6. Oficinas compartidas | 14. Patio |
| 7. Sala taller y reuniones | 15. Bodega |
| | ■ Espacios con piso de tierra |

BLOQUE DE VIVIENDA



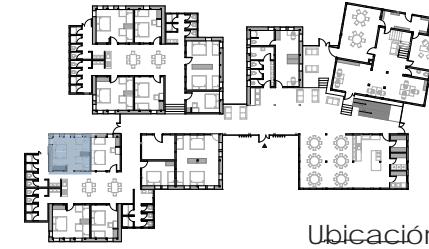
Dibujo 01. Re dibujo planta baja de la fundación María Amor por Flores, C. Recuperado de Planos arquitectónicos originales. Bustos, V. (2014) -



DORMITORIO



Dibujo 02. Re dibujo planta baja de la fundación María Amor por Flores, C. Recuperado de Planos arquitectónicos originales. Bustos, V. (2014) -



Ubicación

El dibujo 02 contiene los puntos en donde se aplicó el esclerómetro y la tabla 31 contiene el índice de rebotes y lo que representa en kg/cm².

La máxima resistencia alcanzada es 190,4 kg/cm².

Datos tomados con el esclerómetro

Punto	Índice de rebotes	Resistencia Kg./cm ²
P01	9	85,68
P02	8,5	80,92
P03	12,5	119
P04	10,5	99,96
P05	20	190,4
P06	10,5	99,96
P07	10	190,4
P08	11	99,96
P09	9,5	95,2
P10	9,5	104,72
P11	9,5	90,44
P12	12,5	90,44
P13	9,5	90,44
P14	10	119
P15	11,5	108,48
P16	9,5	90,44
Promedio		109,75

■ Puntos de mayor resistencia

Tabla 31. Resumen de pruebas realizadas por la "Fundación María Amor". Delgado, K. (2017)

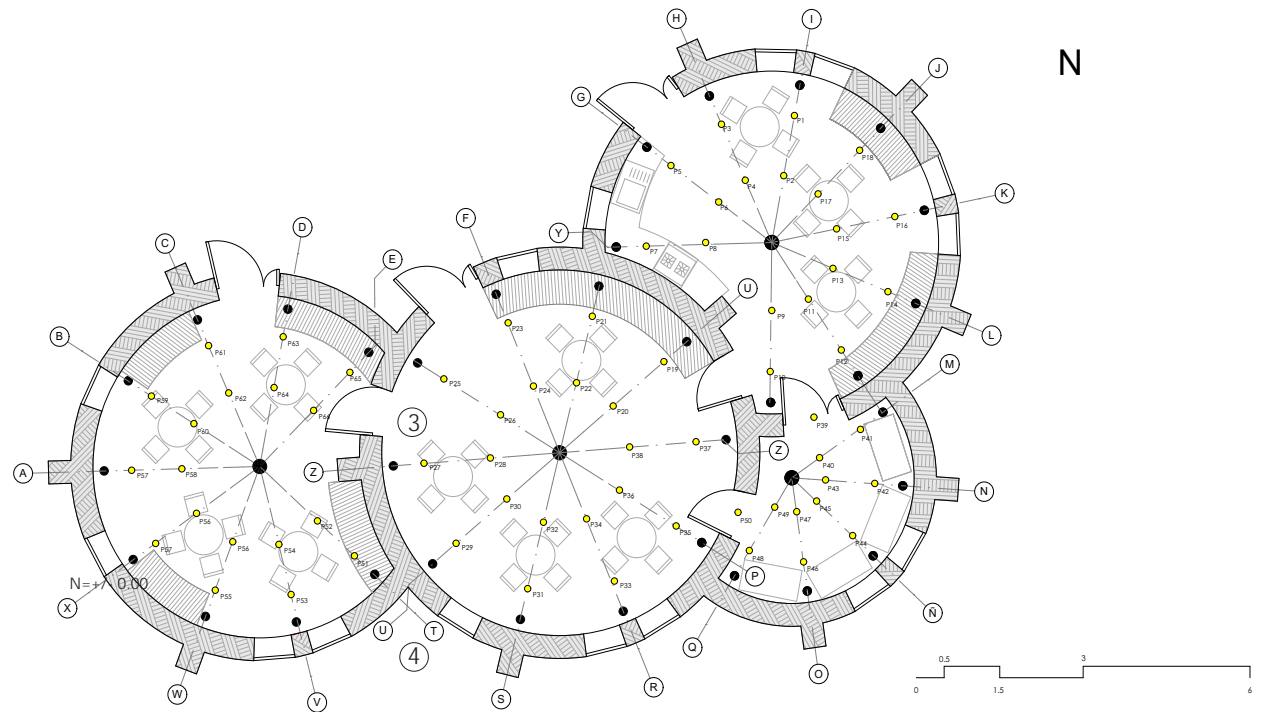
Los pisos desarrollados en el área de niños presentan baja resistencia y desgaste por el uso. Se puede ver que en zonas donde los niños utilizan juguetes se han formado algunos huecos en el piso, que por el desgaste y erosión de los componentes se continúa disgregando.

Al observar estos agujeros en el piso nos dimos cuenta de que la fibra de paja no funcionaba, debido a que se rompía y se mezclaba con los otros materiales, lo que provocaba fisuras y porosidades en el piso, a continuación presentamos las resistencias encontradas en estos espacios.



Imagen 66. Prueba 06 para la colocación del piso.

BOLQUE INFANTO - JUVENIL

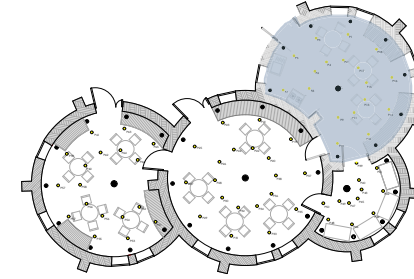
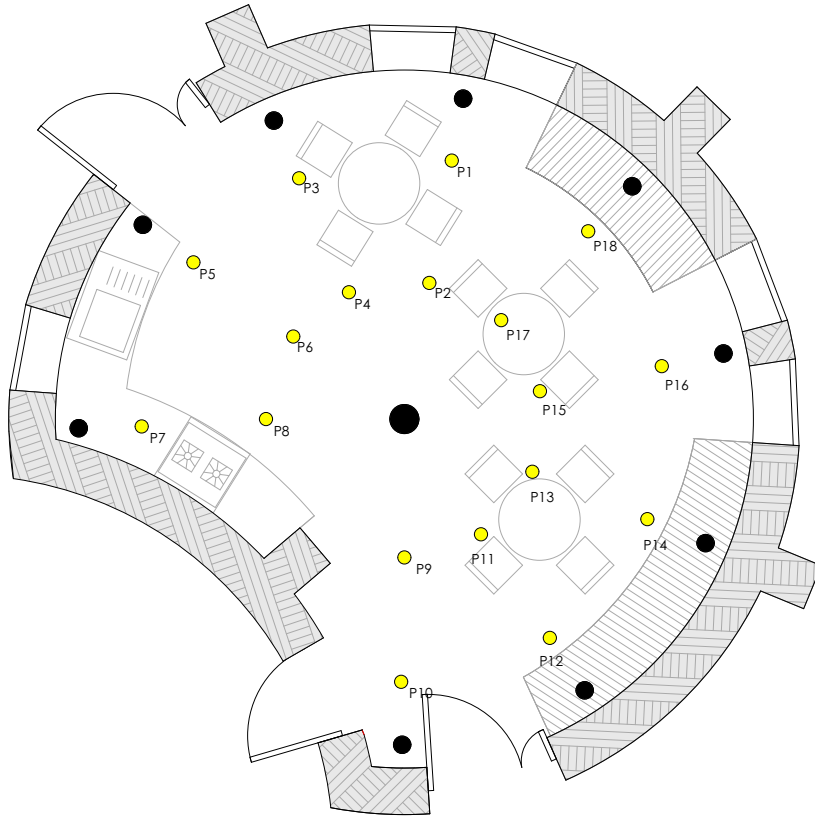


1. Aula edad 6-12 años
2. Aula edad 1-6 años
3. Oficina
4. Sala cuna

Dibujo 03. Re dibujo fundación María Amor. Planta baja bloque niños. Autores 2017



BOLQUE 01



Ubicación

Las menores resistencias se encuentran en la zona central, debido a que en esa zona presenta varios huecos erosionados por el desgaste del piso, generado por el uso de los niños.

Datos tomados con esclerómetro

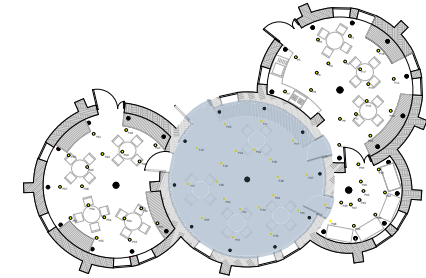
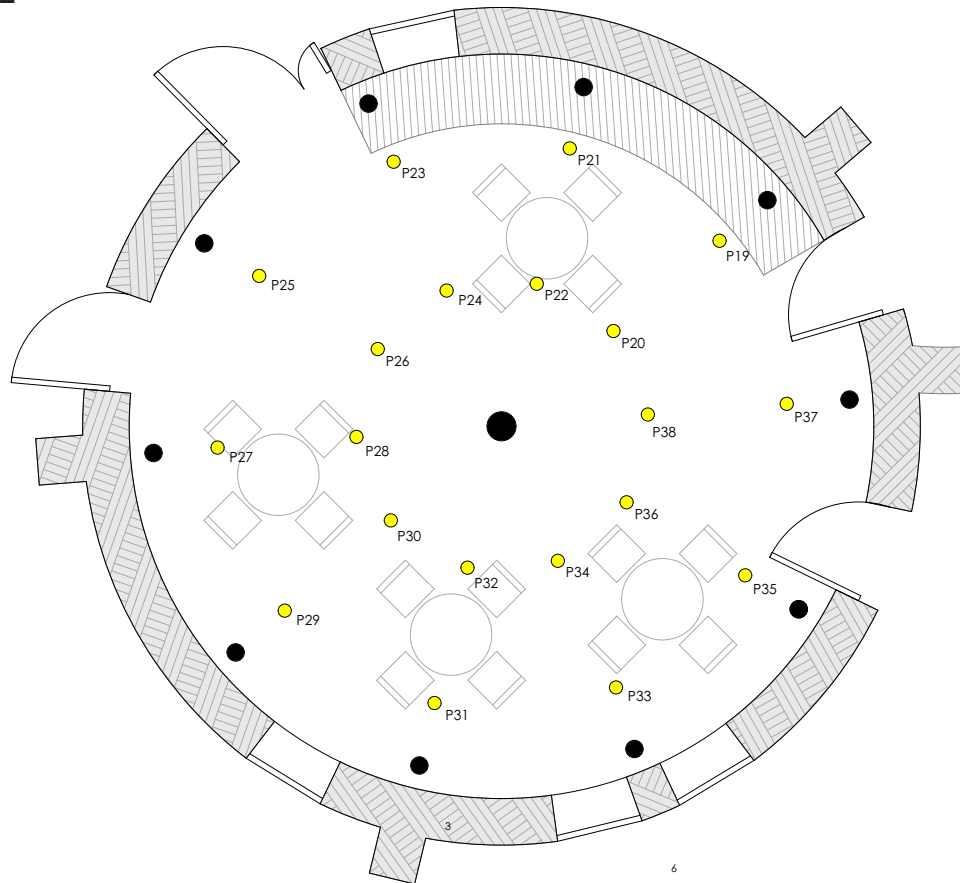
Punto	Índice de rebotes	Resistencia kg/cm ²
P01	11	104,72
P02	9,5	90,44
P03	10	95,2
P04	10	95,2
P05	11,5	109,48
P06	10,5	99,96
P07	9,5	90,44
P08	9,5	90,44
P09	12,5	119
P10	10,5	99,96
P11	12	114,24
P12	11,5	109,48
P13	11,5	109,48
P14	12,5	119
P15	14	133,28
P16	12	114,24
P17	11	104,72
P18	9,5	90,44
Promedio		104,98

■ Puntos de mayor resistencia

Tabla 32. Resumen de pruebas realizadas por la "Fundación María Amor". Delgado, K. (2017)

Dibujo 04. Re dibujo fundación María Amor. Planta baja bloque niños.

BOLQUE 02



Ubicación

Datos tomados con esclerómetro

Punto	Índice de rebotes	Resistencia kg/cm ²
P19	10	95,2
P20	8,5	80,92
P21	9	85,68
P22	10	95,20
P23	9,5	90,44
P24	11	104,72
P25	10,5	99,96
P26	9	85,68
P27	11	104,72
P28	11	104,72
P29	9	85,68
P30	9	85,68
P31	8	76,16
P32	8	76,16
P33	8	76,16
P34	8	76,16
P35	8	76,16
P36	10,5	99,96
P37	8	76,16
P38	10	95,20
Promedio		93,21

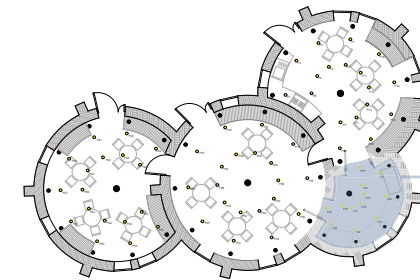
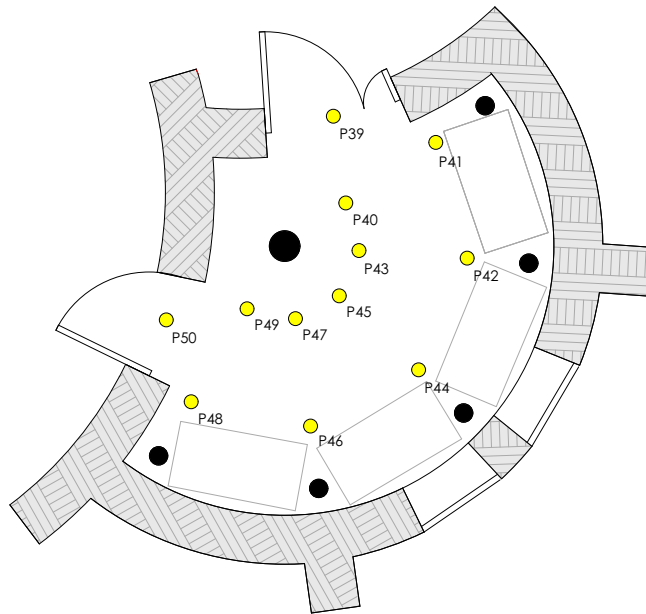
■ Puntos de mayor resistencia

Dibujo 05. Re dibujo fundación María Amor. Planta baja bloque niños.

Tabla 33. Resumen de pruebas realizadas por la "Fundación María Amor". Delgado, K. (2017)



BOLQUE 03



Ubicación

Datos tomados con esclerómetro

Punto	Índice de rebotes	Resistencia kg/cm ²
P39	10	95,2
P40	10	95,2
P41	10,5	99,96
P42	8	76,16
P43	9,5	90,44
P44	11,5	109,48
P45	9,5	90,44
P46	10,5	99,96
P47	9,5	90,44
P48	10	95,20
P49	11	104,72
P50	11,5	109,48
Promedio		105,15

Puntos de mayor resistencia

Dibujo 06. Re dibujo fundación María Amor. Planta baja bloque niños.

Tabla 34. Resumen de pruebas realizadas por la "Fundación María Amor". Delgado, K. (2017)



Observaciones:

- La máxima resistencia alcanzada en el análisis de caso de la fundación es de 133,48 kg/cm², que nos permite comparar con la mínima del hormigón simple 210 kg/cm². Según normativa y de acuerdo con Minke (2014), la resistencia a la compresión de elementos de construcción, como bloques de tierra y tierra compactada, difiere entre 5 y 50 kg/cm², que depende de la distribución granulo métrica del limo, arena y agregados. Por lo que la resistencia del piso de la fundación es una media entre estos dos datos.

- El piso presenta bastante erosión cuando se genera el desprendimiento de la película de aceite de linaza, y los materiales comienzan a disgregarse.

- La fibra de paja utilizada en este piso no cumple la función requerida, se rompe y se mezcla con los otros materiales, por lo que no se diferencia de los otros componentes en las muestras.

- Los materiales usados para la mezcla de piso no cumplen con el control de tamizado.

- Algunas habitaciones presentan hongos, con los pisos de color blanco, debido a la presencia de humedad no controlada.

- A medida que se avanzó en la excavación, no se observaron mallas, únicamente grava de mayor tamaño para conformar la estructura interna.

- El piso fue desarrollado en un solo tendido, sin generar juntas de dilatación o de unión.

- El problema que se pudo observar fácilmente fue la unión con la estructura, que es una unión directa sin generar una buena composición de los dos materiales.



1.4 Análisis de la normativa de construcción en tierra para el Ecuador

Según la Guía estandarizada de Diseño en tierra creada por la ASTM E2392/E2392M, la construcción en tierra ha tenido un sistema histórico de ingeniería, no obstante, el siglo veinte es el primer momento en que se hace posible la aplicación de métodos de diseño. En este contexto, aparecen una serie de guías y normas a nivel mundial, entre ellas encontramos:

- Manual Australiano de construcción en tierra
- Código Histórico de construcción - California
- Norma de Construcción China
- Norma ecuatoriana de Construcción en Tierra
- Norma alemana de construcción en tierra
- Norma india de construcción en tierra
- Código internacional de construcción
- Código de construcción de Nuevo México
- Código de la construcción de Nueva Zelanda
- Norma peruana de la construcción en tierra

Existen varias normativas en el mundo y Cid, et al., (2011) recoge en uno de sus informes de construcción la lista de normativas de cada país. Así, demuestra claramente la ausencia de una norma específica para la aplicación de pisos de tierra.

Por estas razones, creímos conveniente usar la Norma Ecuatoriana de la Construcción de viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m (NEC - SE - VIVIENDA), actualización mediante Acuerdo Ministerial Nro. 0047, que en el numeral 6.7.1 Muro Portante de Adobe pide referirse a la Norma Peruana E. 080 de construcción en tierra.

Decidimos enmarcarnos en los siguientes aspectos:

La edificaciones de tierra deben cimentarse sobre suelos firmes y medianamente firmes, de acuerdo con la Norma E050 de suelos y cimentaciones.

No se cimentarán sobre suelos granulares sueltos, cohesivos blandos, ni arcillas expansivas. Así mismo se prohíbe la cimentación en suelos de arenas sueltas que pueden saturarse de agua (riesgos de licuefacción de suelos) ("PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN - VERSIÓN 1 NORMA E. 080 CONSTRUCCIÓN CON TIERRA," 2013).

Año	País	Norma	REF
1979	Perú	NTP 331.201,331.202,331.203	36-38
1980	India	IS 2110	25
1982	India	IS 1725	26
1985	Turquía	TS 537, TS 2514, TS 2515	58-60
1986	Brasil	NBR 8491, 8492	7-8
1989	Brasil	NBR 10832,10833	9-10
1990	Brasil	NBR 12025	16
1992	Brasil	NBR 12023,12024	14-15
1993	India	IS 13827 : 1993	27
1994	Brasil	NBR 10834,10835,10836	11-13
1996	Brasil	NBR 13554,13555,13553	17-19
	Regional África	ARS 670-683	39-52
	Túnez	NT 21.33, 21.35	56-57
1997	Nigeria	NIS 369	31
1998	Nueva Zelanda	NZS 4297, 4298	32-33
1999	Nueva Zelanda	NZS 4299	34
	Kenya	KS 02-1070	30
2000	Perú	NTE E 0.80	35
2001	Francia	XP P13-901	24
	Zimbabue	SAZS 724	61
2004	Colombia	NTC 5324	20
	EEUU	NMAC, 14.7.4	21
	Italia	Ley nº 378, 2004	28
2006	Italia	L.R. 2/06	29
2008	España	UNE 41410	23
2009	Sri Lanka	SLS 1382-1, 1382-2, 1382-3,	53-55
2010	EEUU	ASTM E2392 M-10	61

Tabla 35. Cuadro de normativa de construcción en tierra en el mundo. Recuperado por: Normativa INEN.

1.5 Estudio de las determinaciones técnicas del suelo para la mezcla del prototipo

Estudio Geotécnico

La Norma NEC-SE-VIVIENDA recomienda en la sección 3.4.2 Procedimiento de investigación y reporte de estudio geotécnico definitivo:

Aspectos relativos al subsuelo:

Resumen del reconocimiento de campo, de la investigación adelantada en el sitio específico de la obra, la morfología del terreno, el origen geológico, las características físico-mecánicas y la descripción de los niveles freáticos o aguas subterráneas con una interpretación de su significado para el comportamiento del proyecto estudiado.

Se debe estudiar el efecto o descartar la presencia de suelos con características especiales como suelos expansivos, dispersivos, colapsables, y los efectos de la presencia de vegetación o de cuerpos de agua cercanos.

Según la la sección 3.5.1 de Exploración directa, esta se hará mediante:

- Calicatas o trincheras
- Veletas
- Cono estático CPT, o dinámico DCP
- Dilatómetro
- Ensayo de penetración estándar, SPT.

También es importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Verificar el comportamiento de viviendas en las zonas aledañas, constatando que no se presenten asentamientos diferenciales, agrietamientos, pérdida de verticalidad, compresibilidad excesiva, expansibilidad de intermedia a alta.

Puede tomarse como referencia el mapa geológico del Ecuador sección Cuenca.

b) Verificar la ausencia de procesos de remoción en masa, erosión, áreas de actividad minera, cuerpos de agua u otros que puedan afectar.

Materialidad:

Según la norma E. 080 (2013), los materiales para la construcción de edificaciones en tierra deberán cumplir lo siguiente:

Tierra: No construir sin la adecuada presencia de arcilla, mediante pruebas de laboratorio o de campo.

- Prueba rápida de "Cinta de Barro", y la prueba empírica de la "Presencia de Arcilla"

Dentro de los requisitos para construcción de edificaciones de tapial la norma E. 080 también considera que una condición importante es analizar el máximo contenido de humedad. Este análisis se realiza mediante pruebas de campo de "Contenido óptimo de humedad", usadas por Reay y Thomson en su libro (Earthen Floors a modern approach to an ancient practice 2014) y nombradas como:

- Ensayo de la caída de la bola, ensayos de lavado y sedimentación.

Como un complemento más técnico en cuanto al uso de ensayos, decidimos utilizar los ensayos de laboratorio desarrollados en la tesis de Estudio de mejoramiento del adobe desarrollado por Guzman & Iñiguez (2015), que se detallan a continuación:

Ensayos de campo

- Ensayo de lavado
- Ensayo de sedimentación
- Ensayo de la caída de la bola
- Ensayo de consistencia



Ensayos de Laboratorio

- Granulometría: basado en la norma ASTM D-422
- Límite líquido: basado en el límite Atterberg ASTM D 4318
- Límite plástico
- Ensayo de Contracción lineal
- Ensayo de Compactación o Ensayo proctor modificado
- Ensayo CBR (California Bearing Ratio) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base, y base de pavimentos.

Sistema de drenaje

En cuanto al sistema de drenaje se recomienda el uso de material granular suelto, tipo piedra y grava, con pendiente y colector inferior, para la evacuación de agua.

Los patios interiores colindantes permitirán la evaporación del agua o humedad depositada en el suelo o piso.

Los pisos deben ser entramados de madera, caña o fibras vegetales o tijerales, o diseñados para resistir cargas verticales y para transmitir las cargas horizontales (sísmicas) a todos los

muros, a través de las vigas collares superiores, requisito a tomar en cuenta para el desarrollo del piso que puede ser resuelto con la colocación de una malla.

Analizar los esfuerzos últimos o admisibles mínimos con ensayos de laboratorio. La relación entre los esfuerzos últimos y los admisibles (coeficientes de seguridad) será de 2.5 por variación de calidad en material, la calidad de ejecución y evaluación de las cargas.

Según la norma NEC - SE – VIVIENDA en el caso de instalaciones se recomienda:

Instalaciones Eléctricas

Se deben colocar al exterior de la edificación, debido a que normalmente la acometida externa es aérea y los cables pesan y tienden a deformarse con vibraciones y golpes. Los postes de soporte en la vía o espacio público deben estar bien cimentados y ser rígidos.

Las tuberías, canaletas u otro elemento de la instalación eléctrica no deben fijarse directamente en paredes ni pisos solo a vigas o marcos de madera. Los interruptores y tomacorrientes

deben ser exteriores o semiembutidos en los muros (entre el enlucido final y la malla de refuerzo, si fuera el caso), pero deben fijarse en marcos, zócalos o piezas de madera.

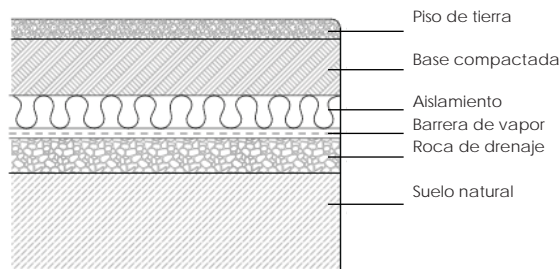
Instalaciones Sanitarias

Los ambientes que incluyen instalaciones sanitarias deben tener pisos inclinados con rejilla colectora y desagüe hacia el exterior.

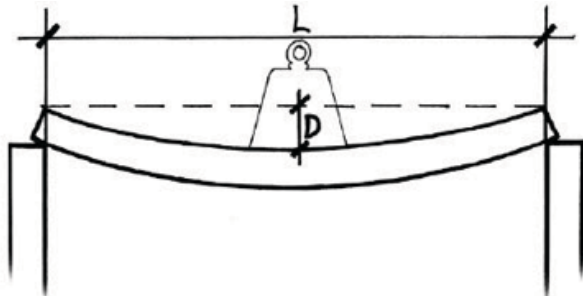
Las áreas de duchas deben estar separadas y aislada de los muros de tierra (mediante bastidores de madera, enchapados con tejas planas de madera, piso con baldosas, cortinas o forros impermeables, entre otros.). Los desagües deben conducirse fuera de la edificación.

No se debe instalar tuberías dentro de los muros de tierra. Los sistemas de agua y desagüe deben estar separados de los muros y apoyados en bastidores de madera. Las tuberías deben quedar visibles, centralizadas y fácilmente reparables.

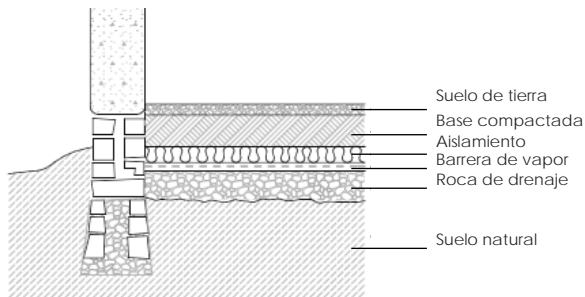
En el libro "Pisos de tierra" de Reay & Thomson 2014 recomienda la instalación de tubos hidráulicos y eléctricos debe ser completada después de preparar el subsuelo y antes de verter el piso.



Dibujo 07. Re dibujo, composición de un piso de tierra.



Dibujo 08. Gráfica de deformación de un piso.



Dibujo 09. Gráfica de aislamiento de un piso

La tierra es el material predilecto en lugares como Alemania y Portland, Oregón, donde se han generado movimientos de construcción natural, que se ha convertido en desarrollo urbano.

La Guía estandarizada de Diseño en tierra creada por la ASTM E2392/E2392M determina que la fabricación de materiales de construcción de barro estabilizado es sustancialmente más eficiente que la energía administrada por unidad de volumen de la fábrica de mampostería de ladrillo y tejas estructurales, o de un sistema de base cemento, prefabricación de hormigón, yeso, debido a el tipo de material usado en este sistema. Aunque para poder estabilizar se tenga permitido usar cemento, cal, emulsión asfáltica o yeso calcinado y aun así se gasta menos energía que en los nombrados anteriormente.

Se conocen varias construcciones hechas en tierra estabilizada que han durado cientos de años de vida útil como el pueblo de Taos Estados Unidos, Shibam y Yemen. Los materiales para edificaciones en tierra incluye suelo de arcilla, materiales orgánicos o inorgánicos, paja entre otros.

Pero la composición general del suelo se puede decir que se basa en arena, arcilla y fibra. Es necesario mencionar que la mezcla es colocada sobre una estructura que debería ser analizada en una futura línea de investigación de acuerdo al lugar en el que se va a emplazar, con sus respectivos ensayos y recomendaciones técnicas necesarias.

A continuación intentaremos describir brevemente, con el fin de lograr un entendimiento general sobre el funcionamiento del piso:

Estructura del prototipo:

En cuanto a las características técnicas generales que se pueden tomar en consideración para la elaboración de un piso las figuras 89, 90, y 91 nos permiten analizar la función que cumple cada uno de los componentes de un piso de tierra.

Dependiendo de la capacidad de resistencia del suelo y en ciertos casos de la presencia de subsuelos antes realizados, sobre los que se va a preparar el piso, Reay & Thomson en su libro destacan cada una de las posibilidades de subsuelos que se pueden encontrar en el medio, y los clasifican de la siguiente manera:



Clasificación

Subsuelo de concreto:

Son comunes en el sistema convencional de casas. Son típicos y fuertes para soportar un piso de tierra. A veces si son muy viejos, son pobres estructuralmente, pueden haber juntas de control de 1/4" o 63 mm.

Pasos:

1. Verter una capa base de paja picada
2. Separar de la capa final con una membrana.
3. Usar una barrera de vapor, papel de techo, filtro para construcción 1/4" o incluso espuma entre el agrietado y suelo acabado.
4. Incrustar una malla de refuerzo dentro del piso, incluye fibra de vidrio, malla de estuco, y tejido suelo hecho de arpillera de yute o cáñamo.

Drenaje:

Todos los pisos de subsuelo puede tener una capa de drenaje con roca, y en suelos muy húmedo también incluye tubería de drenaje.

Entramado de madera:

Es un tipo estándar de piso, hay que considerar si puede soportar el peso y humedad hasta que se seque. La deflexión del piso puede ser calculada con $L/360$ o menos.

Es necesario colocar una barrera de vapor al subsuelo con un martillo para tachuelas o cinta. La barrera es una membrana impermeable que impide el acceso de agua, formada de 6 mm de polietileno negro plástico, que es el estándar, a veces es añadida con aislamiento.

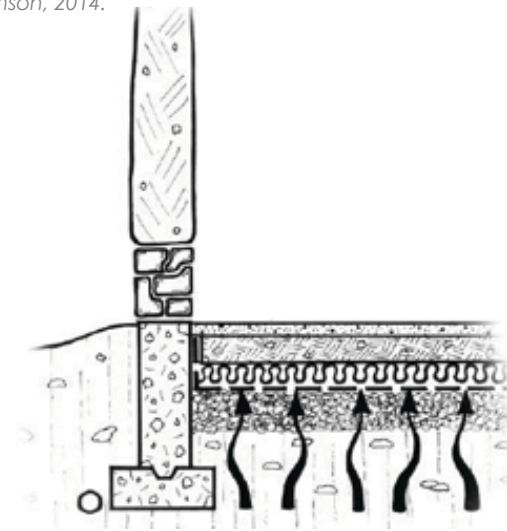
Para agregar una barrera de vapor de plástico, se debe colocarlo en posición horizontal sobre el cemento o grava, teniendo cuidado de no hacer agujeros en ella o salir de pliegues o arrugas. La capa que irá sobre ella será de 4 cm o más.

Colocar la barrera de vapor hasta el borde de la habitación y doblar por la pared, exactamente hasta debajo de la altura del piso terminado, y pegar con cinta adhesiva plástica. Colocar cintas alrededor de tuberías y conductos de calefacción.

Fig 91 Colocación de aislante para pisos
Fig 92 Grafica de afectación de capilaridad
Fuente: Reay & Thomson, 2014



Imagen 67. Colocación de un aislante térmico. Reay & Thomson, 2014.



Dibujo 10. Función que cumple el aislante térmico en la edificación.

Nombre	Tamaño mínimo (mm)	Tamaño máximo (mm)
Fragmento - Bloques	300	-
Guijarros - Bolos	75	300
Grava	4,76	75
Arena	0,075	4,76
Limo	0,002	0,0075
Arcilla	-	0,002

Tabla 36. Tabla de tamaño de partículas de tierra.



Redondeada

Angular

Imagen 61. Tamaño y forma de las rocas que se podrían usar para aislamiento de un piso.



Sub redondeada

Sub angular

Imagen 62. Tamaño y forma de las rocas que se podrían usar para aislamiento de un piso.

Aislamientos:

Se considera que los pisos gruesos y sólidos y las paredes facilitan un buen aislamiento. No obstante, lo que realmente proporcionan es poco aislamiento con gran cantidad de masa térmica. Los aislantes son de peso ligero y de baja densidad.

Un suelo de tierra adecuadamente construido debe ser totalmente aislado para garantizar una energía de construcción eficiente y cómoda.

La mezcla de piso se conforma por 3 ingredientes principales: arena, arcilla y fibra. Según la norma E. 080 (2013), los requisitos de los materiales para la construcción de edificaciones en tierra son los siguientes:

Tierra: No construir sin la adecuada presencia de arcilla. Debe comprobarse mediante pruebas de laboratorio o de campo.

Morales et al. (1993), menciona en uno de sus 3 ensayos de campo 3 posibilidades que se pueden obtener con la composición de la tierra.



LIMO



ARCILLA



ARENA

Imagen 68. Suelo limoso. Recuperado de: <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=vyrRH%2bhV&id=6149B33AB8DEBE167F53692BE74ED88B36F38D82&thid=OIP.vyrRH-hVosLi15608924dAEsDv&q=suelo+limoso+textura&simid=607993600479464447&selectedIndex=96&ajaxhist=0>

Imagen 69. Suelo arcilloso. Recuperado de: <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=JUSu14eR&id=1D485D186D5C280ADA9FFDA173C234F0D04A6696&thid=OIP.JUSu14eR7VuabqhCRSSQfAEyDM&q=suelos+arcillosos&simid=608025671005308949&selectedIndex=104&ajaxhist=0>

Imagen 70. Suelo arenoso. Recuperado de: https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=2Jy%2bEVRT&id=943C0641931230D6B12F46F9684DE220E001D874&thid=OIP.2Jy-EVRTgeyDAPo5uv_VhQEsDh&q=suelo+arenoso+textura&simid=607997599081434684&selectedIndex=24&ajaxhist=0

1.5.1 Ensayos de Campo

Prueba de "Presencia de arcilla" o "Resistencia Seca"

Procedimiento:

a) Formación de cuatro bolitas

A la tierra de la zona agregar una mínima cantidad de agua y hacer cuatro bolitas, procurar que no se deformen significativamente a simple vista al secarse.

b) Tiempo de secado

Se dejan secar 48 horas, garantizando que no se humedezcan.

c) Ensayo de "las bolitas"

Una vez secas se debe presionar fuertemente cada una con el dedo pulgar y el dedo índice. En caso de que se rompa, o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar una bolita con los mismos materiales, secándolo igual que las anteriores.

Si se vuelve a romper se debe desechar la cantera de suelo, salvo que se mezcle con arcilla.

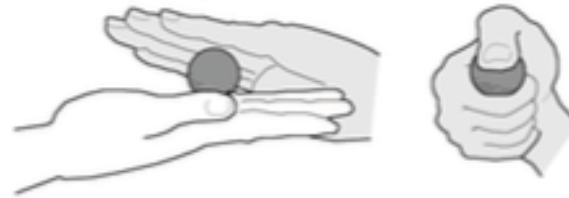


Imagen 71. Gráfica de ensayo según la normativa.

Contenido de Humedad y agrietamiento

Según la norma E. 080 (2013), es importante controlar adecuadamente el contenido de humedad, para evitar o disminuir las fisuras de secado.

La menor cantidad de agua que logre activar la arcilla existente, para lograr la máxima resistencia seca de los muros, la cantidad de agua requerida no debe pasar del 20% respecto al peso del contenido seco.

Al revisar este ensayo se puede suponer como uno de los más empleados ya que autores como (Minke, 2001; Oshiro, s.f; Saroza, et al, 2008) coinciden en su uso.

Procedimiento:

- Formar una bola de tierra del tamaño de un puño y comprimirla fuertemente, soltar a una altura de 1.20 m sobre un suelo firme.

- Si la bola de tierra se rompe en 5 pedazos o más, el contenido de humedad es correcto.

- Si la bola se aplasta sin desintegrarse, el contenido de humedad es demasiado alto.

- Si la bola se desintegra en el piso el suelo es demasiado seco.

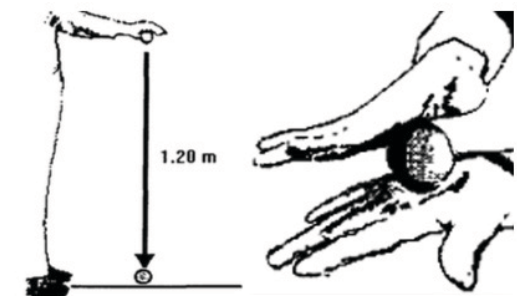


Imagen 72. Gráfica de ensayo según la normativa.



Ensayo de lavado:

Se debe frotar entre las manos una muestra de barro para identificar la consistencia de sus partículas, si se sienten claramente es un barro de composición arenosa o gravosa.

Si la muestra es pegajosa, pero al frotarse es posible limpiarse es indicativo de un barro rico en limo.

Si al tener la muestra pegajosa y no hay posibilidad de conseguir la limpieza de las manos sin el uso del agua, esta muestra contiene arcilla.

Ensayo de Sedimentación:

Muestra:

Si la muestra contiene materiales gruesos es mejor tamizarla por la malla 1/8" e incluso algunas arcillas deben ser pulverizadas para realizar el ensayo.

Procedimiento:

Consiste en colocar agua y una muestra de barro en un frasco de cristal, agitando la mezcla y después observar que las partículas mayores se asientan al fondo y las más finas arriba.

Esta prueba nos puede proporcionar visualmente un porcentaje aproximado de los contenidos de material que contiene la muestra.

Después de un momento de reposo las partículas de arena comienzan a asentarse, si el agua se cristaliza rápido tiene poca cantidad de arcilla y si permanece turbia por un tiempo puede contener cantidades significantes de arcilla.

Una vez que se ha asentado las capas se puede medir la cantidad relativa de componentes.

La división de la altura medida de la capa de arcilla por la altura total del material nos dará el porcentaje aproximado.

Si el resultado nos da tierra arenosa, es inadecuada para la elaboración de adobe, y en este caso pisos de tierra, pero si tenemos esta composición debemos estabilizar colocando arcilla entre el 25% al 45%. (Saroza, et al, 2008).

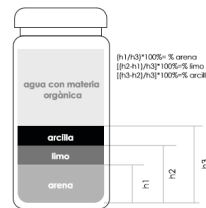


Imagen 73. Ensayo de sedimentación. Recuperado de: Proyecto Homero, 2007.

Prueba de "Cinta de barro" o ensayo de consistencia

Se puede realizar en un tiempo aproximado de 10 minutos.

Se usa una muestra con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, luego aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es arcilloso. Por el contrario, si se corta a los 10 cm o menos, significa que tiene poco contenido de arcilla.



Imagen 74. Prueba de cinta de barro. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/Rubens1009/01-adobe-y-tapial>.



1.5.2 Ensayos de Laboratorio

Granulométrico:

El análisis granulométrico se realiza mediante el tamizaje y está basado en la norma ASTM D-422 para agregados finos, donde se agrupa por rango de tamaño las partículas que existen en la tierra.

Materiales y Equipo:

- Muestra de tierra 300 gr
- Balanza Digital
- Tamices de malla cuadrada No.4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 y fondo
- Horno
- Bandeja metálica
- Cepillo para limpiar tamices

Generalmente se usa el tamizado hasta la malla No. 200, en el caso de que se compone por partículas demasiado finas, se recurre al llamado Análisis Granulométrico Húmedo que fue la opción que decidimos tomar, lavando el material en la malla No. 200 y dejándolo secar 24 horas.

Proceso:

- Se toma una muestra de tierra, de 300 gr (antes del lavado).
- Se realiza un proceso de secado, y se vuelve a pesar con el fin de conocer su porcentaje de humedad.
- Se somete a lavado sucesivo hasta tener una agua limpia así se elimina limos y arcillas
- Se pesa la muestra
- Se somete a tamizado por 10 a 15 minutos.
- Se pesa el restante de cada tamiz
- Finalmente se realiza una tabla de calculo empleando, la expresión:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso Total}}$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

1.3.2.2 Límite líquido

Se analiza el contenido de agua presente en el barro, entre el estado líquido y el plástico, conocido como límites Atterberg (ASTM D-4318).

Herramientas y materiales:

- Muestra de tierra 300 gr / por tamiz No. 40
- Agua
- Cuchara de Casa grande
- Balanza mecánica
- Espátula
- Probeta
- Contenedores de humedad
- Recipiente metálico
- Horno

Se requiere una muestra de 300 gr de tierra seca pasada por el tamiz 40. Se agrega agua a la muestra hasta obtener una masa moldeable. Colocamos la mezcla en la Cuchara de Casa grande debidamente calibrada.

Se hace una ranura con la espátula y se somete a un proceso de golpes sucesivos a la muestra hasta que la ranura se cierre a una dimensión de 13 mm. Se anota el número de golpes y se recomienda medirlos entre 20 y 25, 25 y 30, 30 y 40 para poder determinar el límite que se realiza a los 25 golpes.

Las muestras extraídas de cada golpe se colocan en recipientes, pesando su peso húmedo. Se coloca en el horno durante 24 horas y se vuelve a pesar en seco.



Ensayo de Limite plástico:

Para este procedimiento se utiliza el material empleado en el ensayo del limite liquido, esta prueba consiste en determinar el limite entre el estado plástico y el semi sólido.

Herramientas y materiales:

- Una muestra de tierra 200gr
- Agua
- Balanza mecánica
- Espátula
- Probeta
- Contenedores de humedad
- Recipiente metálico
- Horno

Proceso:

- Se toma una muestra de 200gr de tierra seca
- Se coloca en la bandeja, agregando agua destilada

Se toma aproximadamente 1cm³, se hace rodar la muestra en una superficie plana, hasta alcanzar un diámetro de 3mm, doblamos y amasamos nuevamente.

Repetir el proceso hasta que la muestra se rompa en 0,5 a 1 cm.

Se toma una muestra de la misma, se pesa la muestra húmeda y luego se introduce la muestra en un frasco de humedad y se deja secar en un horno.

Se vuelve a pesar la muestra seca.

“Si el rollo se parte o desarrolla grandes fisuras antes de alcanzar 3 mm de diámetro la mezcla deberá ser humedecida gradualmente hasta que el rollo se parta solamente cuando haya alcanzado un diámetro de 3 mm.” (Minke, 2001).

Índice de plasticidad

IP = LL - LP (%)

LP= Límite plástico

LL= Límite liquido

IP= Índice de plasticidad

1.3.2.4 Ensayo de Contracción lineal

Se prepara tierra molida y se agrega agua hasta encontrar el limite liquido, posteriormente se coloca sobre un molde lubricado de 2x2x10 cm.

Al secarse se mide su contracción basandose en la diferencia entre la longitud del molde y la longitud de la pieza seca. Se realiza la experimentación con una mezcla de barro con el

único fin de conocer la plasticidad del material ya que si se agrieta tiene un alto contenido de arcilla.

Resultados:

En el ensayo de contracción lineal observamos que la arcilla compactada manualmente con la máxima humedad de compactación, resultada del proctor genera una muestra muy rígida, sin fisuras pero con bastante contracción volumétrica.

Ensayo de Compactación: Proctor Modificado

El proceso mecánico por el cual se intenta mejorar las características de resistencia y compresibilidad mediante la presión estática o compactación dinámica reduciendo su volumen (Minke, 2001). Puede realizarse mediante el ensayo Proctor ASTM D 1557.

Decidimos realizar el proctor modificado debido a que nos genera un valor de máxima humedad usualmente usado en el diseño de pavimentos.}

Equipo:

- Cilindro "Proctor modificado"
- Martillo manual 4,5 kg
- Probetas
- Pipetas
- Horno de secado
- Tamiz No. 4

Proceso:

Se toma una muestra de tierra pasada por el tamiz 4. Se agrega agua para después en el cilindro Proctor colocar 5 capas de tierra. Se debe compactar cada capa con 56 golpes, mediante el uso del martillo manual a una altura de 450 mm.

Desmoldar la tierra del cilindro y tomar una muestra de la mitad del molde
Pesar la muestra en estado húmedo
Secar la muestra en horno a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$ por un periodo de 24 horas.

Repetir el proceso un mínimo de 3 veces. Nosotros realizamos 5 muestras aumentando la humedad de 3%. Cada una para poder graficar la curva y encontrar el punto máximo.

Resultados:

Después de haber realizados las 5 muestras obtuvimos la densidad seca $\text{máx} = 1.767$ y el contenido de agua óptimo $= 12.54\%$.

Ensayo de CBR

Este ensayo se basa en la norma ASTM D1883 (California Bearing Ratio), para la determinación de un índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte. Es decir, evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y capas de base, subbase y afirmado.

Materiales:

- Martillo manual de 4,5 kg.
- Molde metálico cilíndrico siguiendo las espe-

cificaciones de 152,4 mm de diámetro interior, altura 177,8" con collar metálico y una placa perforada 9,53 mm (3/8") de espesor.

- Disco espaciador de metal circular de 150.8 mm de diámetro exterior y 61.37 ± 0.127 mm de espesor.

- Aparato medidor de expansión compuesto por: Una placa de metal perforada de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, provista de un vástago en el centro.
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro).

- Pesas: Uno o dos anulares de metal que tengan masa total de 4.54 ± 0.02 kg y pesas ranuradas de metal, cada una con masas de 2.27 ± 0.02 kg.

- Pistón de penetración metálico, de sección transversal circular de 49.63 ± 0.13 mm de diámetro.

- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm y divisiones de lecturas en 0.025 mm, provisto de una pieza que permita su acoplamiento a la prensa, para medir la penetración del pistón en la muestra.

Procedimiento:

Según el primer taller de mecánica de suelos desarrollado en la Universidad Nacional de Ingeniería Lima Perú (2006), se ensayan con especímenes que posean el mismo peso unitario y



contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. Se observan los ensayos sumergidos en agua por 4 días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

Preparación de la muestra:

- Se usa material que pasa por la malla 4, y se pesa 5 kg de muestra por cada molde, con la humedad óptima y densidad máxima obtenida en el ensayo de compactación proctor modificado.

Ensayo:

- Se compacta los 5 especímenes con variación de cantidad de agua, para obtener la humedad óptima y el peso unitario máximo.

- Se determina la humedad natural del suelo y se le añade agua para alcanzar la de Proctor.

- Se pesa el molde con su base. Se coloca el collar y el disco espaciador con un papel filtro.

- Dichos especímenes se preparan con las energías de compactación del proctor modificado como máxima y se reduce a 27 y 11 golpes por cada espécimen de cinco capas, para poder

determinar la variación de relación de soporte del suelo, aplicando estos dos factores.

- Tomar una muestra del material húmedo para determinar la humedad del suelo de cada espécimen.

- Terminada la compactación quitar el collar. Se engrasa, se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido sin el disco espaciador, colocando papel filtro en la base. Se pesa.

- Sobre la superficie invertida se coloca la placa perforada con vástago y los anillos necesarios para completar una sobrecarga que produzca una presión equivalente a la originada por las capas de materiales que van encima del suelo.

- Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento, colocando en el tripode de medida con sus patas sobre los bordes.

- Se mantiene la probeta en agua durante 96 horas, al final del período de inmersión se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible se deja en su posición el tripode durante la inmersión.

- Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua. Se deja escurrir 15 minutos, se retira la placa y se pesa para el ensayo de penetración.

Penetración:

- Se aplica una sobrecarga que sea suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento pero menor de 4.54 kg.

- Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón. Se aplica una carga de 50 N para que el pistón asiente.

- Se sitúan en cero las agujas de los diales medidores y el del anillo dinamométrico u otro dispositivo para medir la carga y el de control de penetración.

- Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm por minuto.

Conclusiones:

- Los ensayos de campo y de laboratorio nos permite conocer el material en cuanto a su porcentaje de arcillas, limos y arenas.

- Los ensayos de límites líquido y límite plástico, generan el rango de comportamiento del material, por medio del cual la dosificación se realizará de acuerdo a la trabajabilidad y el uso de estabilizantes.

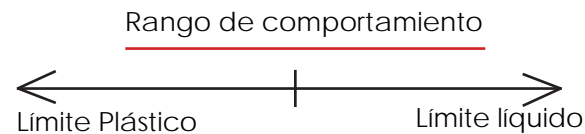
- Es importante seguir estrictamente la normativa para generar mejores resultados y tener valores precisos de las características del material.

- Los ensayos de CBR nos permite conocer la resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

- Los datos de porcentaje de arcilla nos permiten analizar los posibles rangos de dosificación de las mezclas.

- El ensayo de Proctor nos permite realizar el ensayo de retracción, debido a que es la humedad óptima de compactación del suelo.

- A continuación se puede observar el rango de comportamiento (Valores entre los que la mezcla pasa de estado líquido a sólido) de la mezcla con los valores obtenidos en los ensayos.





1.6 Análisis de la clasificación de suelos en Cuenca, según las determinaciones técnicas de los materiales a usar.

El propósito de elección del suelo es el de poder conocer las características y tecnificar el desarrollo de un piso de tierra para vivienda de interés social.

En cuanto a la zona de extracción del material a usar, se identificó una región poblada de la ciudad que tienda a tener este tipo de vivienda. Las parroquias de la ciudad pueden ser una alternativa, debido a que sus pobladores tienden a salir al casco urbano para conseguir trabajo, suelen tener ingresos mensuales muy bajos. Una de estas parroquias es Turi.

En el análisis del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Turi (2015), especifican que el 63% de la población no tiene acceso a la educación y por lo tanto no posee la experticia para las diferentes ramas técnicas. Este es un factor importante para que los pobladores no consigan un trabajo estable, con

buenos ingresos económicos, lo que provoca un estancamiento financiero y social e impide mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Como se observa en la imagen 67 y 68 de los datos del INEC (2010), el 64.9% del total de la población de Turi es pobre de acuerdo a la medición de pobreza por necesidades básicas insatisfechas. Mientras que el 29.41% vive en extrema pobreza, por lo que se evidencia una tasa muy alta de pobreza a nivel provincial y cantonal.

Es así que el área de estudio se encamina hacia este sector, es de vital importancia también un previo asesoramiento sobre las formaciones encontradas en la zona para poder observar los porcentajes de arcilla, debido a que los porcentajes varían según la zona de extracción y se necesita una continua investigación en este campo.

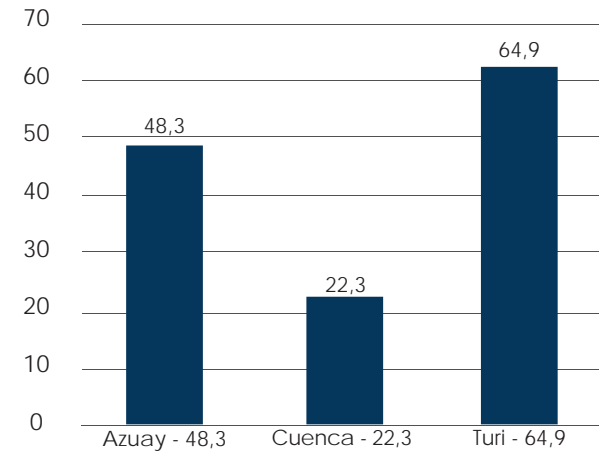


Imagen 75. GAD parroquia Turi (2015), pobreza por INB (Gráfico CSCE).

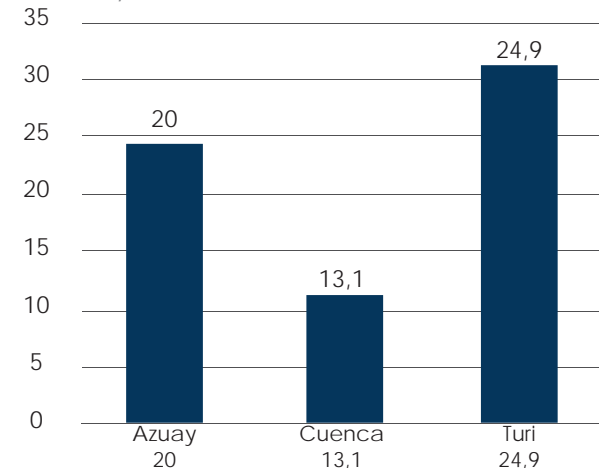


Imagen 76. GAD parroquia Turi (2015), extrema pobreza por INB (Gráfica CSC6).

El suelo de la parroquia Turi se examinó con el mapa geológico del Azuay y Cuenca, para ver la composición de los suelos y de este modo determinar si son suelos de tipo arcilloso, limosos o arenoso.

En el mapa geológico de Cuenca del Instituto Geográfico Militar del Ecuador menciona Erazo (1957), que la formación Turi comprende rocas sedimentarias fluviales confinadas a la cuenca de Cuenca.

La formación Turi (7215, 96768) consiste de conglomerados andesíticos gruesos y brechosos, pobremente litificados y horizontalmente estratificados, de más de 300 m de espesor, intercalados con areniscas tobáceas de color pálido y limolitas tobáceas.

Descansa discordantemente sobre el Grupo S araguro y está sobreyacida por la formación Quimsacocha, fue considerada del Plioceno (Bristow & Parodiz, 1982), pero nuevas dataciones de trazas de fisión (Steinmann, 1997) indican una edad del Mioceno Tardío (8-9 Ma).

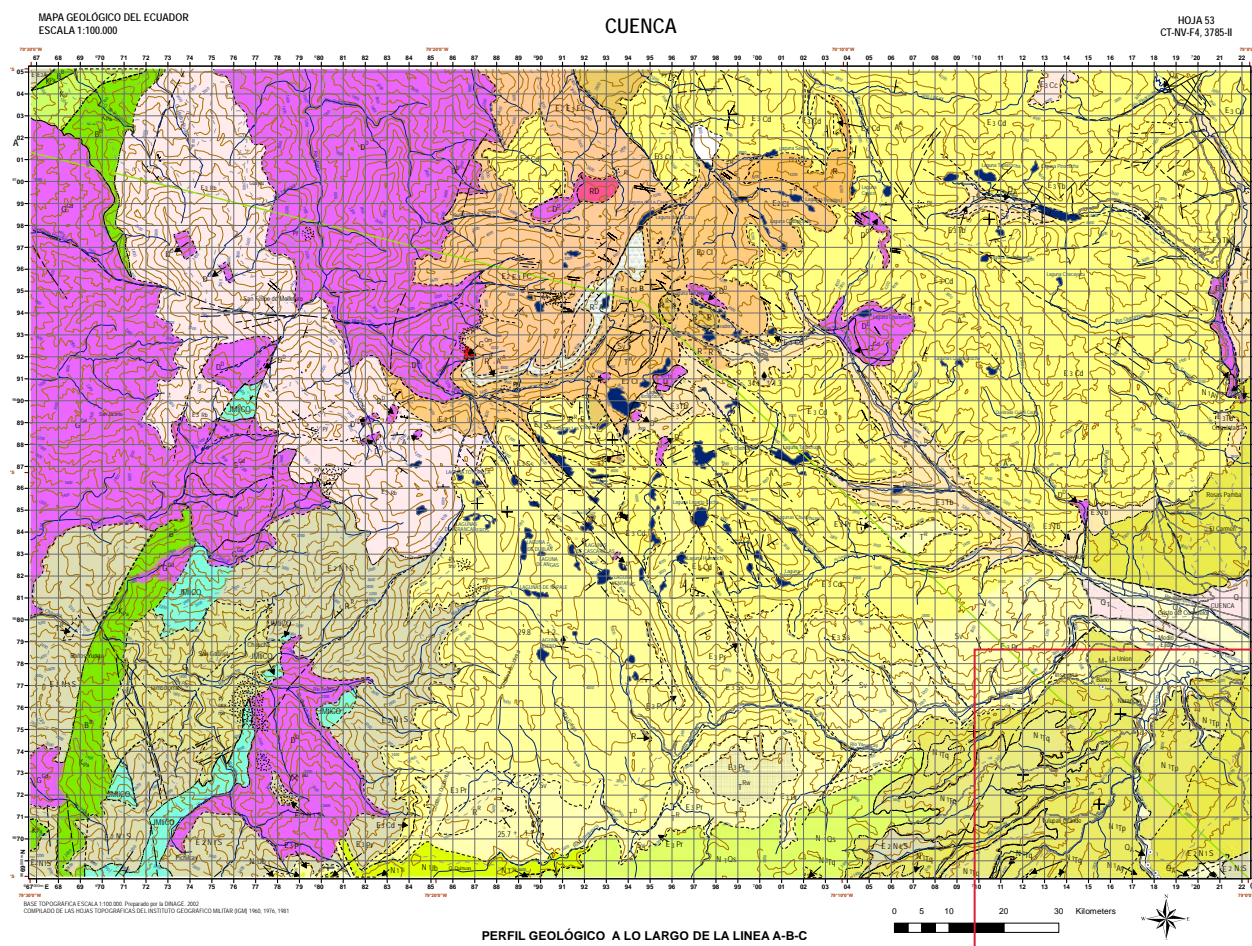


Imagen 77. Gráfico del Instituto geográfico militar del Ecuador (2009), base topográfica. Recuperado de la hoja geológica de Cuenca.

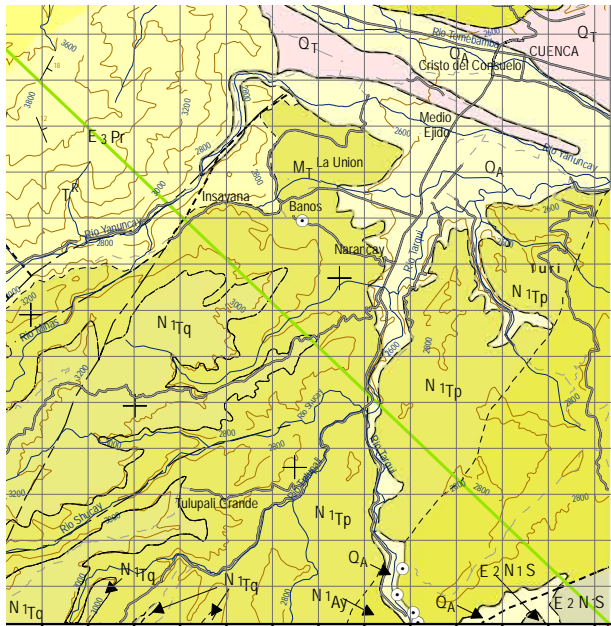


Imagen 78. Instituto geográfico militar del Ecuador (2009), Base topográfica. Recuperado de la hoja geológica de Cuenca.

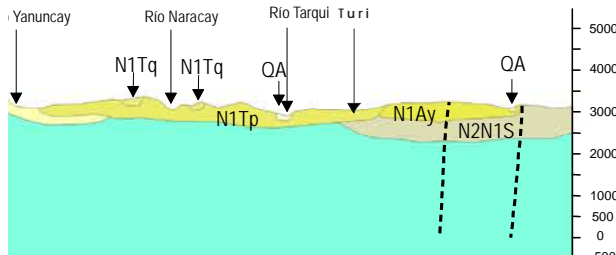


Imagen 79. Instituto geográfico militar del Ecuador (2009). Perfil geológico a lo largo de la línea A-B-C, recuperado de la hoja geológica de Cuenca.

LEYENDA ESTRATIGRÁFICA (SIN ESCALA VERTICAL)

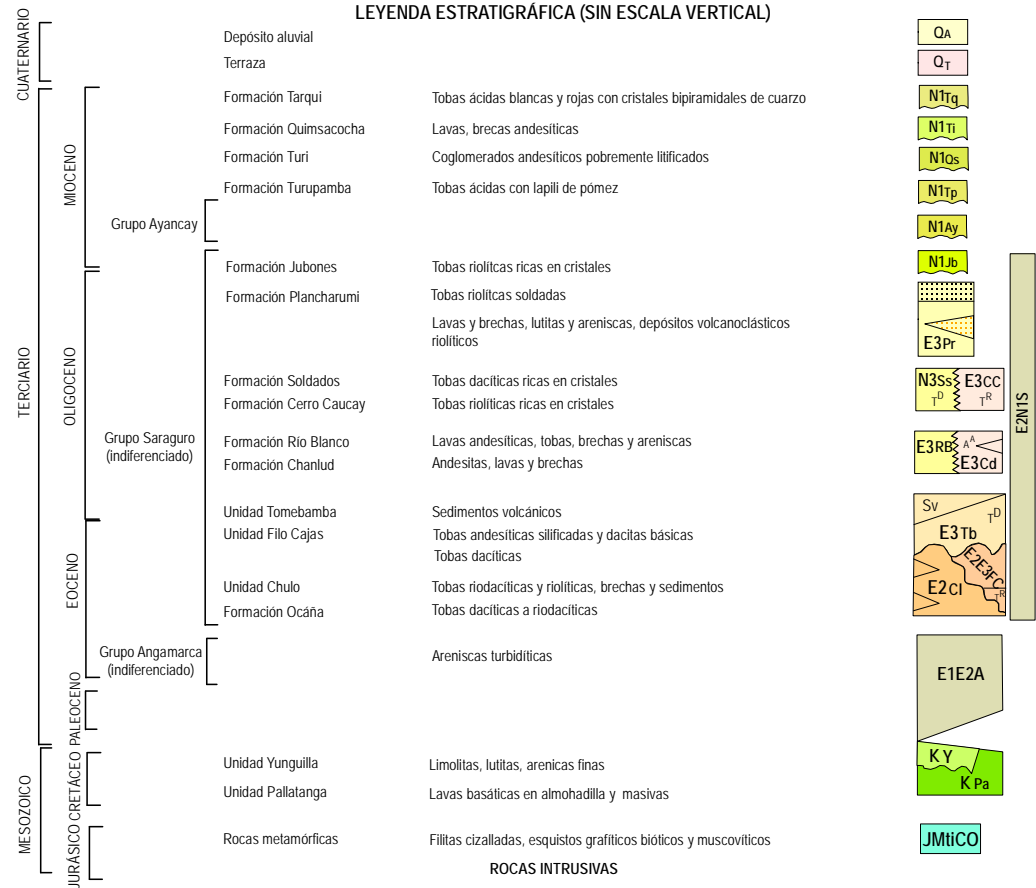


Imagen 80. Instituto geográfico militar del Ecuador (2009), leyenda estratigráfica (sin escala vertical), recuperado de la hoja geológica de Cuenca.

De la tesis de Jessica P.,&Andrea B. (2014), se extrajo el mapa geológico del Azuay, como se puede observar que gran parte del territorio de la ciudad de Cuenca esta formado por el suelo MA (arcilla, areniscas y lavas), el cual contiene arcilla en su composición, siendo el material principal y necesario para el desarrollo del prototipo.

En Turi hay formaciones de suelos como se observa en la imagen 81, MA(arcilla, areniscas y lavas), PIPT (canto rodado sobre arena, limo y arcilla) y KM (área formada por arcilla), los tres con presencia de arcilla.

Sobre la base de las consideraciones anteriores se decide escoger finalmente la formación Turi, debido a que reúne características similares a las que se necesita para obtener un lugar de extracción de materia prima para el prototipo.

Después de investigar estas referencias, se realiza la visita del lugar y se identifican lugares para la extracción entre los que encontramos una vivienda de escasos recursos, cuyos dueños estaban interesados en la propuesta de una posible aplicación del piso, en caso de obtener resultados favorables.

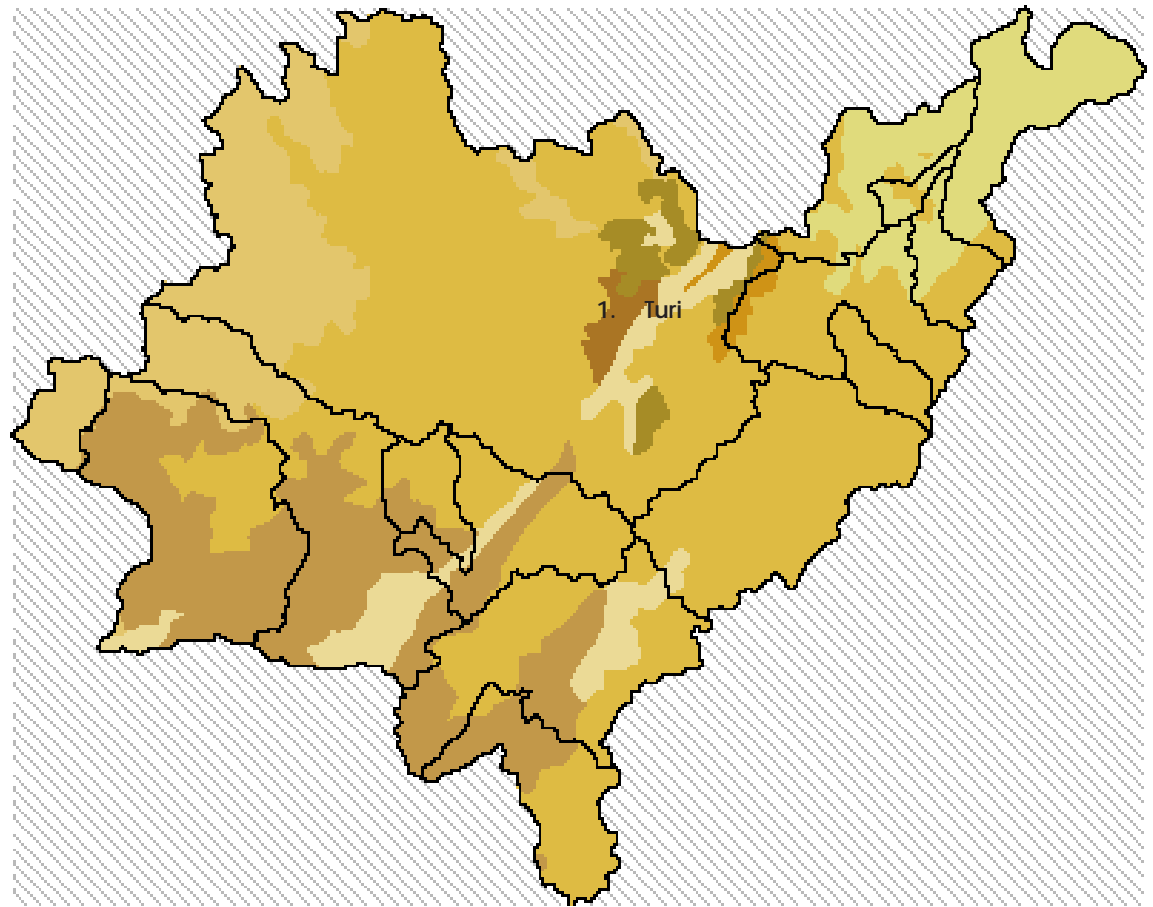


Imagen 81. Mapa geológico del Azuay, recuperado de la tesis. Recuperación del sistema constructivo en la técnica del Bahareque en la contemporaneidad, por Jessica P. & Andrea B. (2014).



Pf (c. 1200m) Roca piroclástica y lavas: Esta área es pedregosa, por su procedencia volcánica. Pucará, Cuenca, Santa Isabel, San Fernando, Girón, Nabón, Oña, Sigsig, Chordeleg, Gualaceo, Paute, El Pan, Guachapala, Sevilla de Oro.

PIPt (300-1200m) Conglomerados, tobas y brechas: Compuesta por canto rodado sobre arena, limo y arcilla. Cuenca.

MPI (1500-2700m) Arcillas, areniscas, y conglomerados: La composición de esta área es arcillosa y arenosa, y la presencia de canto rodado. Pucará, Santa Isabel, San Fernando, Girón, Cuenca, Nabón, Sigsig.

OMvs (>1500m) Lavas andesitas y piroclásticos riolita: Esta zona es arcillosa, aunque existe suelo rocoso. Pucará, Santa Isabel, San Fernando, Girón, Nabón, Oña, Cuenca.

Mzp (> 5000m) Meta-volcánicas, pizarras, filitas: El área comprendida está conformada por arcilla. Paute, Guachapala, El Pan, Sevilla de Oro, Gualaceo.

KPcv (c. 3000m) Areniscas, lutitas, calizas y volcánicos: Esta formación contiene suelos arcillosos y arenosos. Cuenca.

MB (c. 1000m) Arcillas, areniscas, lavas: Conformado por suelo arcilloso y arenoso, con suelo pedregoso. Cuenca, Paute, Gualaceo.

KM (> 8000m) Andesita volcánica, lavas y tobas: Área formada por arcilla. Cuenca, Pucará, Santa Isabel, Camilo Ponce Enriquez.



Imagen 82. Roca piroclástica



Imagen 83. Conglomerados, tobas y brechas



Imagen 84. Arcillas, areniscas



Imagen 85. Andesitas y piroclásticas



Imagen 86. Meta volcánicas, pizarras



Imagen 87. Areniscas, lutitas, calizas

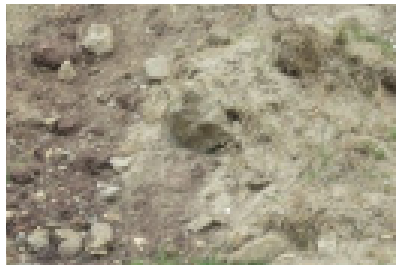


Imagen 88. Arcillas, areniscas, lavas



Imagen 89. Andesita volcánica, lavas y tobas

Según Lema (2015), existen muchos antecedentes en parroquias de Racar y San Sebastián donde se han elaborado tejas y ladrillos desde hace mucho tiempo, generación tras generación. Esto se debe a la gran riqueza de material existente en la zona, por lo que es indispensable el análisis de las características de algunas arcillas que han sido ensayadas en la tesis de este autor.

Los datos encontrados sobre las arcillas se detallan en la tabla 37, donde podemos observar los límites líquidos y límites plásticos para la dosificación de las muestras. De igual forma, en la imagen 82 de Rosales & Salazar podemos observar los diferentes colores que presentan las arcillas, por lo que se podría obtener pisos de varios colores.

Debido a el plazo de investigación del presente trabajo no se realizaron ensayos con estas arcillas. No obstante, queda como referencia para una posible aplicación de las mismas en el caso de que se encuentren en las siguientes zonas:

- Santa Ana
- Racar
- Cumbe

En el manual se agrega los datos de dosificación de estas muestras

Datos de arcilla			
	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
Cera	53,35	27,86	25,49
Roja de Buenos Aires	41,55	25,86	15,69
Arenosa de San Miguel	31,80	19,67	12,13
Roja de Cumbe	31,20	20,48	10,72
Arenosa de Buenos Aires	37,50	28,22	9,28
Morada	27,80	20,67	7,12

Tabla 37. Índice de plasticidad de las arcillas utilizadas por Lema, 2015



Imagen 90. Diferentes tipos de arcilla disponibles y sus colores según Rosales & Salazar, 2016.



ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE FINOS

Error 0 % Muestra:

Roja de Buenos Aires

Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que Pasa
No. 8	1,30	0,65	0,65	2,46	99,35
No. 20	3,01	1,51	2,16	0,85	97,85
No. 40	3,40	1,70	3,86	0,43	96,15
No. 80	7,60	3,80	7,66	0,18	92,35
No. 100	1,83	0,92	8,57	0,15	91,43
No. 200	8,42	4,21	12,78	0,07	87,22
No. 325	5,69	2,85	15,63	0,0445	84,38
Pasa 325	168,75	84,38	100		0,00
Total	200	100	Arcilla y limos = 87,22%		

Tabla 38. Granulometría de arcilla Roja de Buenos Aires, Lema (2015).

ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE FINOS

Error 1 %

Muestra:

Morada

Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que Pasa
No. 8	2,28	1,14	1,14	2,46	98,80
No. 20	4,28	2,14	3,28	0,85	96,66
No. 40	4,17	2,09	5,37	0,43	94,58
No. 80	7,16	3,58	8,95	0,18	91,00
No. 100	1,76	0,88	9,83	0,15	90,12
No. 200	8,71	4,36	14,18	0,07	85,76
No. 325	5,39	2,70	16,88	0,0445	83,07
Pasa 325	166,13	83,07	99,94		0,00
Total	199,88	99,94	Arcilla y limos = 85,76%		

Tabla 39. Granulometría de arcilla morada, Lema (2015).



ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE FINOS

Error 1 %

Muestra:

Cera

Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que Pasa
No. 8	0,69	0,35	0,35	2,46	99,65
No. 20	1,11	0,56	0,90	0,85	99,10
No. 40	1,55	0,78	1,68	0,43	98,32
No. 80	2,78	0,89	2,57	0,18	97,43
No. 100	0,39	0,20	2,76	0,15	97,24
No. 200	2,63	1,32	4,08	0,07	95,92
No. 325	2,51	1,26	5,33	0,0445	94,67
Pasa 325	189,33	94,67	100		0,00
Total	199,99	99,995	Arcilla y limos = 95,92%		

Tabla 42. Granulometría de arcilla Cera, Lema (2015).

ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE FINOS

Error 0 %

Muestra:

Arenosa de San Miguel

Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que Pasa
No. 8	7,79	3,90	3,90	2,46	96,09
No. 20	9,15	4,58	8,47	0,85	91,52
No. 40	9,16	4,58	13,05	0,43	86,94
No. 80	13,67	6,84	19,89	0,18	80,10
No. 100	2,66	1,33	21,22	0,15	78,77
No. 200	12,15	6,08	27,29	0,07	72,70
No. 325	8,08	4,04	31,33	0,0445	68,66
Pasa 325	137,31	68,66	99,99		0,00
Total	200	100	Arcilla y limos = 72,70%		

Tabla 43. Granulometría de arcilla arenosa de San Miguel, Lema (2015).



1.7 Análisis de acabados según normativa INEN

Debido a que el piso a desarrollar servirá para uso residencial, se tomarán en cuenta los pisos de tráfico ultra ligero y ligero, de acuerdo a lo estipulado por la IPEI (Instituto de Esmalte de Porcelana), que clasifica de la siguiente manera: Ej. FIGURA 125.

Para el análisis normativo se toma en cuenta las normas NTE INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización), debido a que están basadas en las normas internacionales como la ISO (Suiza), IRAM (Argentina), ASTM (EEUU), ICONTEC (Colombia), IS (India), BS (Británica) y SI (Israelita).

Se examinó el apartado de baldosas, que contiene las siguientes: asfálticas, cerámicas, gres, hormigón, vinil y termoplásticos, con el propósito de determinar las pruebas de laboratorios físicas, mecánicas y químicas necesarias para realizar el prototipo.

De todo el análisis se fueron descartando cada apartado, de acuerdo a los siguientes factores:

- **Climáticos:** La ciudad de Cuenca goza de un clima primaveral casi todo el año, por ubicarse dentro de un extenso valle dentro de la cordillera de los Andes. Posee una temperatura variable de 10 a 21 °C, con un promedio de 15.6 °C.

La humedad relativa promedio de la ciudad oscila entre el 41% y el 83%. La humedad máxima se percibe en el mes de Abril y la mínima en el mes de Junio. El resultado es una humedad relativa media de 62%, datos extraídos de la tesis de María P. (2012).

Al observar estos parámetros de temperatura y humedad se decide descartar las siguientes pruebas:

- Determinación de la expansión por humedad
- Determinación de la resistencia a la helada
- Determinación de la resistencia al choque térmico

- **Tipo de superficie.** Se descartan estas pruebas por el tipo de superficie, debido a que el

Tabla de IPEI según tráfico de personas		
Tráfico	Uso	Espacio
Ultra ligero	Áreas residenciales, sin acceso directo a exteriores	Salas, recamaras, baños, etc.
IPEI II Ligero	Áreas residenciales incluso con acceso directo de exteriores	Cocinas, pasillos, recibidores, hoteles, etc.
IPEI III Medio	Áreas comerciales sin acceso directo de exteriores y donde el tráfico de personas es moderado	Boutiques, oficinas privadas, cocheros, consultorios, terrazas.
IPEI IV Moderado	Áreas comerciales con acceso directo de exteriores y donde el tráfico de personas es alto.	Restaurantes, tiendas, hoteles, iglesias, unifamiliares, viviendas, etc.
IPEI V Intenso	Áreas de tráfico comercial intenso o industrial	Restaurantes, centros comerciales, edificios públicos, aeropuertos, etc.

Tabla 44. Tabla de acuerdo al tipo de piso según normativa INEN.



prototipo tiene un acabado superficial sin esmalte.

- Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de baldosas esmaltadas.
- Determinación de la resistencia al cuarteado de baldosas esmaltadas.
- Determinación de plomo y cadmio en baldosas esmaltadas.
- Determinación de pequeñas diferencias de color.

Dimensiones: Al ser el piso un solo elemento superficial no se necesita dividir en formatos de menor tamaño.

- Determinación de las dimensiones y calidad superficial.
- Muestreo y bases de aceptación.

Determinación de pruebas físicas y químicas:

Bajo observación de diferentes fichas técnicas de pisos con marcas de reconocidas empresas como Graiman (Ecuador), Cordillera (Chile), Italia (Colombia), entre otras.

Con el respaldo de una entrevista con la Dr. Catalina Peñaherrera docente de la Universidad de Cuenca donde supo mencionar cuales son las pruebas necesarias y más comunes en las fichas técnicas revisadas, y se decide optar por las siguientes pruebas:

Pruebas Físicas:

- NTE INEN 1576:

Determinación de la absorción de agua, cambiar por la 651

La norma se basa en la determinación de las masas de una muestra de baldosa antes y después de ser sumergida en agua.

La diferencia entre los dos valores de masa servirá como base para conocer el índice de absorción de agua.

El procedimiento consiste en seleccionar cinco muestras recortadas en formatos de 100 mm x 100 mm x 50 mm, estos se desecan en la estufa a 110 °C hasta obtener una masa constante,

luego se enfriaran a temperatura ambiente para volver a pesar.

Una vez pesado las muestras se sumergen en agua destilada o lluvia, fomañ, emte calentar hasta su punto de ebullición, con la que se tendrá durante una hora,

Dejar enfriar el agua a la temperatura ambiente, sacar las muestras dejando escurrir el agua no mas de un minuto, para volver a pesar.

Calcular la absorción de cada espécimen, expresada en porcentaje y se calcula por la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción \%} = \frac{(M2 - M1)}{M1} * 100$$

M2= Masa húmeda

M1= Masa seca

Los resultados obtenidos no deben exceder del 8% en masa. (NTE INEN 0660).

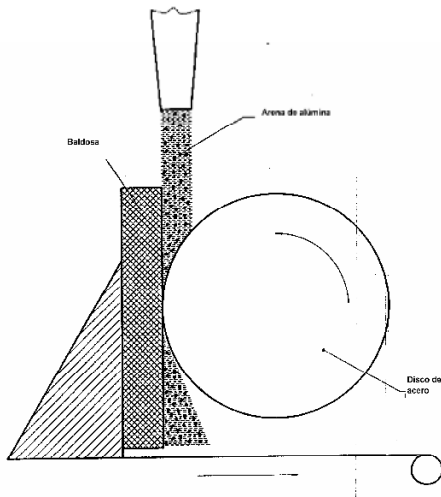


Imagen 91. Gráfico de determinación de la abrasión profunda de baldosas sin esmaltar. Recuperado de: Normativa

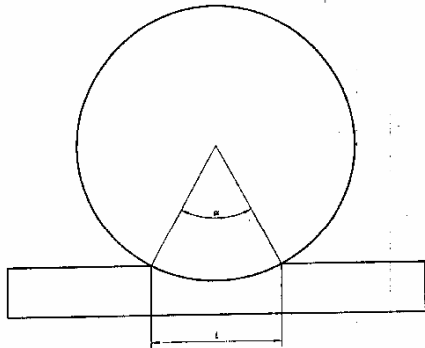


Imagen 92. Gráfico de determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura.

- NTE INEN 2189: Determinación de la abrasión profunda de baldosas sin esmaltar

La norma se basa en la determinación a la abrasión de baldosas sin esmaltado, por la medición de la longitud de la huella producida en la cara vista, generada por un disco de rotación en condiciones definidas y con el uso del material abrasivo.

Para el ensayo se debe utilizar como mínimo cinco especímenes de ensayo. Las baldosas de dimensiones apropiadas, limpias y secas.

Se debe colocar la muestra en la maquina, como se observa en la FIGURA 127, tangencialmente contra el disco de rotación girando a 150 r.

Se remueve el espécimen para medir el largo de la cuerda L de la huella con precisión de 0.5 mm, y se debe ensayar cada espécimen al menos en dos sitio perpendiculares de su cara vista.

La resistencia a la abrasión profunda se expresa como el volumen, V , en milímetros cúbicos, de material removido, y se calcula a partir de la longitud de la cuerda L de la huella, mediante la ecuación siguiente:

$$V = \left(\frac{\pi \alpha}{180} - \text{sen } \alpha \right) \frac{h \cdot d^2}{8} \quad \text{y} \quad \text{sen } (0,5 \alpha) \frac{L}{d}$$

α = ángulo, en grados, suspendido al centro del disco de rotación por la cuenta (FIGURA 127).

h = es el espesor, en milímetros, del disco de rotación.

d = es el diámetro, en milímetros, del disco de rotación.

L= es el largo, en milímetros, de la cuerda.

Resistencia a la abrasión profunda de baldosas no esmaltadas: volumen removido, en milímetros cúbicos debe ser igual a 345 N.

-NTE INEN 652: Determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura:

Este método de ensayo determina la carga de rotura, la resistencia a la rotura y los modulos de rotura de una baldosa por la aplicación de una

fuerza a una velocidad definida al centro de la baldosa estando el punto de aplicación en contacto con la superficie apropiada de la baldosa cerámica.

Para el ensayo se debe contar 10 especímenes con dimensiones cuadradas de 30 cm de lado para introducir en el aparato.

Para el procedimiento se debe secar los especímenes en la estufa a $(110 \pm 5^\circ\text{C})$, hasta su masa constante, luego enfriar en la estufa cerrada u con otro desecante apropiado hasta que alcancen la temperatura ambiente.

Las muestras deben estar cara vista hacia arriba, colocar sobre los rodillos equidistantes, ver figura (NTE INEN 652).

Aplicar la carga, repartida uniformemente con velocidad de incremento de la fuerza de $(1 \pm 0,2) \text{ N/mm}^2$ por segundo.

Los calculos se obtienen con las siguientes ecuaciones expresada en newtones:

La resistencia a la rotura S

$$S = \frac{FL}{b}$$

El modulo de rotura R

$$R = \frac{3FL}{2bh^2}$$

En donde:

F = es la carga de rotura, en newtones.

L = es la distancia entre los rodillos de apoyo, en milímetros (ver figura NTE INEN 256, FIGura 129)

b= es el ancho de la baldosa, en milímetros

h= es el espesor mínimo del espécimen de ensayo, en milímetros, medido después del ensayo a lo largo del borde roto.

Los resultados recomendables son mínimo promedio 22 N/mm^2 y mínimo individual de 20 N/mm^2

$$= \frac{3S}{2h^2}$$

NTE INEN: 652

Dimensión de la baldosa	Diámetro del apoyo d	Espesor del caucho t	Distancia entre los puntos de apoyo y el extremo de la baldosa l
mm	mm	mm	mm
≥ 95	20	5 ± 1	10
< 95 pero ≥ 48	10	$2,5 \pm 0,5$	5
< 48 pero ≥ 18	5	$1 \pm 0,2$	2

Tabla 45. Tabla de dimensiones de baldosas y especificación para ensayos.

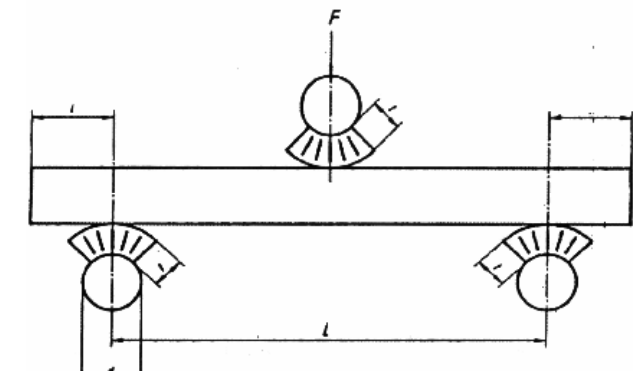


Imagen 93. Gráfica de ensayos, NTE INEN 2188.

El método de ensayo determina el coeficiente de restitución por la caída de una bola de acero, desde una altura fijada sobre el espécimen de ensayo y la medición de la altura de rebote.

Mediante un aparato (de base gruesa de acero, puesta sobre tornillos de nivelación, con una barra vertical de acero que está ligada a un electromagneto, un tubo de acero guía y un soporte de la unidad de ensayo, FIGURA 130 nte inen 2188), se debe colocar el espécimen de ensayo en el soporte con la cara vista hacia arriba y horizontal.

Descargar la bola de acero y cromo de $(19 \pm 0,05)$ mm de diámetro, desde una altura de 1 m, que permitirá que la bola golpee dos veces para medir la altura y el tiempo de rebote a ± 1 mm por un detector apropiado.

Examinar la superficie del espécimen si existe signos de melladura o rajaduras visibles a una distancia de un metro.

- NTE INEN 658:

Determinación de la resistencia a la flexión: cambiar por la 652, borrar es igual que la resistencia a la flexión

El método de ensayo se basa en la aplicación de una carga vertical progresiva sobre una baldosa colocada horizontalmente sobre dos soportes a la rotura de la baldosa. El ensayo debe tener características similares a la norma NTE 652, para el espacio entre los rodillos se debe ser igual a $3/4$ de la dimensión correspondientes de la baldosa.

Los especímenes se los debe sumergir en agua durante 24 h.

Luego colocar los especímenes sobre los soportes paralelos de acero, con la capa de revestimiento hacia arriba.

Aplicar la carga en dirección perpendicular al plano de la baldosa, en forma gradual uniforme que no exceda de 100 kg por minuto hasta que la baldosa se rompa.

$$a = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

σ = esfuerzo de rotura en MPa

l = luz entre los soportes en mm

P = carga de rotura en N

b = ancho de la baldosa en mm

h = espesor de la baldosa en mm

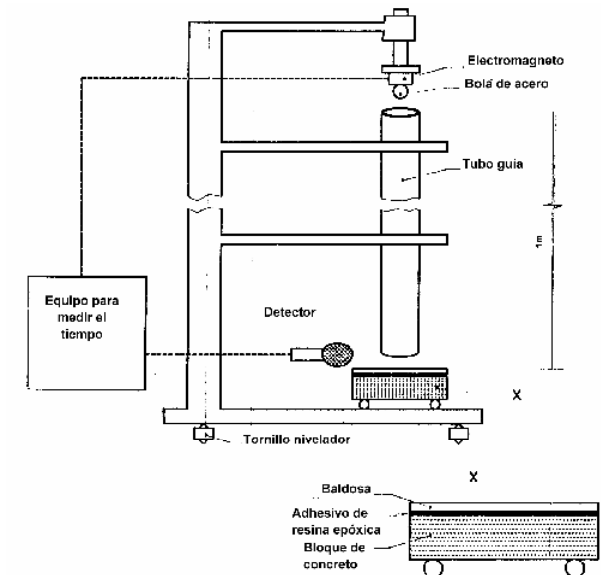


Imagen 94. Gráfica de ensayo de INEN para la resistencia a las manchas, NTE INEN 2190.

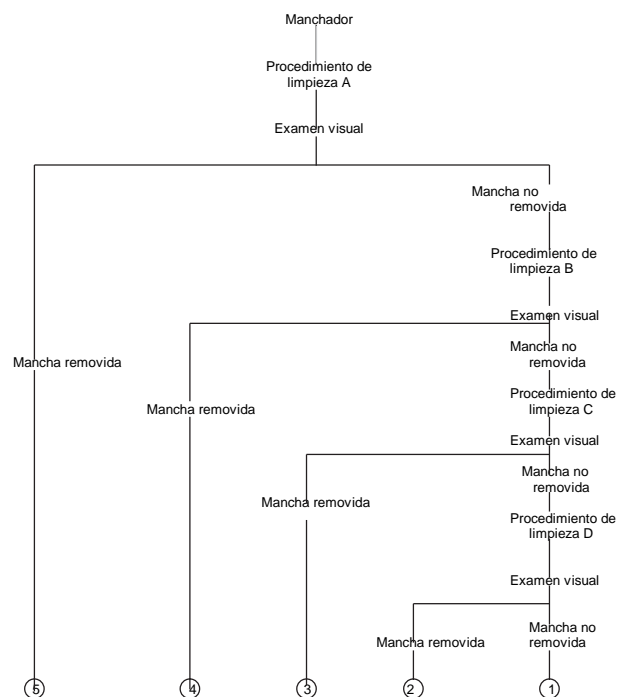


Imagen 95. Gráfica de ensayo de resistencia a las manchas, NTE INEN 648.

Se utilizarán cinco especímenes para el ensayo, con cuatro procedimientos diferentes:

Procedimiento A: Limpiar el espécimen con una corriente de agua caliente ($55 \pm 5 \text{ C}^\circ$) por 5 min, luego limpiar la superficie con un paño húmedo.

Procedimiento B: Limpiar el espécimen con un agente débil de limpieza (agente comercial que no tenga abrasivos, con pH de 6,5 a 7,5) usando una esponja o tela natural, para luego enjuagar la superficie con la corriente de agua, y limpiar con una tela húmeda.

Procedimiento C: Limpiar el espécimen mecánicamente con el agente fuerte de limpieza (agente de limpieza comercial, con un pH de 9 a 10, que no contengan ácido fluorhídrico en sus componentes). Se realiza la limpieza por dos minutos, se enjuaga con agua y luego se limpia con una tela húmeda. Ejemplos de los aparatos.

- Cepillo rotacional, con cerdas duras, que tienen 8 cm de diámetro, con una frecuencia ro-

tacional aproximada de 500 r/min.

- Tanque para agente de limpieza, equipado con alimentador apropiado, y conectado al cepillo.

Procedimiento D: Sumergir el espécimen por 24 h su solvente apropiado, luego enjuagar la superficie con una corriente de agua continua y luego limpiar con una tela húmeda.

Solventes apropiados:

1. Ácido clorhídrico, 3% (V/V), preparado con ácido clorhídrico concentrado ($\rho=1,19 \text{ g/ml}$)
2. Hidróxido de potasio, solución de 200 g/l.
3. Acetona.

- NTE INEN 648:

Determinación de la resistencia a los agentes químicos.

Este método se aplica a todo tipo de baldosas cerámicas. El ensayo consiste al sometimiento a la acción de las soluciones de ensayo y calificación visual del ataque después de un periodo definido. Para esto se debe usar cinco especímenes de ensayo 50 mm x 50 mm para



Se procede a limpiar la superficie del espécimen con un solvente apropiado (metanol), para colocarlo en la estufa graduada (110 ± 5 °C) hasta que alcancen masa contante,, luego enfriar hasta temperatura ambiente.

Se debe usar las siguientes soluciones para baldosas no esmaltadas.

- Agentes químicos caseros
 - Solución de cloruro de amonio, 100 g/l
- Sales para agua de piscinas
 - Solución de hipoclorito de sodio, 20 mg/l, preparado a partir de hipoclorito de sodio de grado técnico con aproximadamente 13% (m/m) de cloro activo.
- Concentraciones bajas (L)
 - Solución de ácido clorhídrico, 3% (V/V), preparado a partir de ácido clorhídrico concentrado ($\rho=1,19\text{g/ml}$)
 - Solución de ácido cítrico, 100 g/l
 - Solución de hidróxido de potasio, 30 g/l

- Concentraciones altas (H)
 - Solución de ácido clorhídrico, 18 % (V/V), preparado a partir de ácido clorhídrico concentrado ($\rho=1,19\text{ g/ml}$).
 - Solución de ácido láctico, 5 % (V/V).
 - Solución de hidróxido de potasio, 100 g/l.

Sumergir los especímenes en el vaso de precipitación con la sustancia a ensayar hasta una profundidad de 25 mm, se debe cubrir con la tapa y mantener a (20 ± 2 °C) por 12 horas.

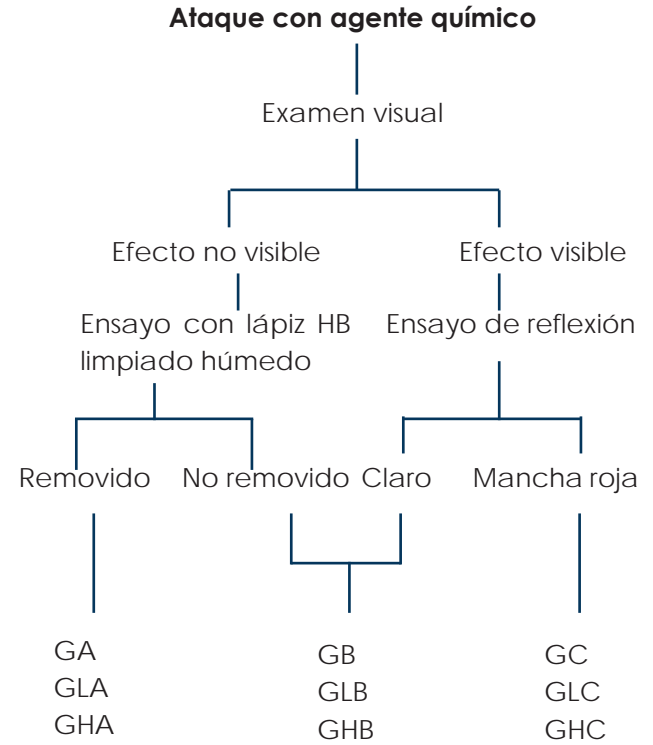


Imagen 96. Gráfico de ataque con agente químico, NTE INEN 648.



Imagen 97. Lugar en el que se extrajo el material por Flores, C. 2017.

Conclusiones:

- La tierra es el material más abundante y uno de los más utilizados en la antigüedad, por lo que es importante analizar sus beneficios en nuevos usos constructivos.
- La técnica del adobe, guarda mucho conocimiento en cuanto al uso de materiales como: La fibra, mejora la resistencia a la flexión. La arcilla, es un material aglutinante. El agua, conforma la pasta. La arena, forma la estructura de un piso.
- Según la investigación, concluimos que la estructura de un piso se compone de tres capas: subsuelo, suelo y sellante.
- El diseño del subsuelo, depende de la capacidad portante del material de sitio, por lo que sería una posible futura línea de investigación.
- El sellante por lo general, está compuesto por aceite de linaza.
- No existe una dosificación ideal para la elaboración de piezas en tierra, depende de la cantidad de arcilla que contenga el material, el ejemplo más claro, es el desarrollado por Reay & Thomson, 2014.
- No existe normativas para la elaboración de pisos a nivel mundial, por lo que se usará normativas INEN y ASTM, para la fabricación de hormigones, morteros, cerámica y estudios de mecánica de suelos.
- Los análisis físicos se aplicarán sobre el material y los análisis químicos sobre el prototipo, según los requerimientos de la normativa.
- La zona de actuación, de la cual se extrae el material es Turi, por su alto índice de pobreza.



Imagen 98. Uno de los pobladores del sector Turi, por Flores, C. 2017.



Capítulo **02**

Consideraciones generales, oferta local y propiedades físicas del material a usar

Introducción		Calidad del aire interior	124
		Energía incorporada	125
2.1 Consideraciones generales para la elaboración de un contra piso de tierra	115	Impactos ambientales y ciclo de vida de los materiales	125
		Huella ecológica y biocapacidad	126-132
2.1.1 Textura (áspero, liso, brillante o mate).	115	2.2 Comparación de materiales, y oferta local	133-164
2.1.2 Barnizado	115	Ladrillo	135-141
2.1.3 Llanura	116	Hormigón	143-145
2.1.4 Dureza	116	Cerámica	146
2.1.5 Peso	116	Gres	147
2.1.6 Masa térmica	116	Pisos de tierra	148-154
2.1.7 Impermeabilidad	117	2.3 Elección del material a usar	155-157
2.1.8 Costo del material	117	2.4 Análisis de propiedades físicas del material a usar	158-159
2.1.9 Mano de obra	117	Ensayos de campo	160-162
2.1.10 Instalación del piso	117	Ensayo de laboratorio	163-176
2.1.11 Durabilidad	117	Conclusiones	
2.1.12 Cumplimiento de normativas	117		
2.1.13 Color	117		
2.1.14 Tiempos de secado	118		
2.1.15 Juntas	118		
2.1.16 Juntas constructivas	119		
2.1.17 Terreno de fundación - cimiento	120		
2.1.18 Consideraciones ambientales	122		
Cosecha	123		
Fabricación	123		
Transporte	123		
Instalación y desechos	124		
Residuos tóxicos	124		
Suministro y disponibilidad	124		

Introducción:

En este capítulo se pretende esclarecer que características debe cumplir un piso para que el usuario elija los mejores materiales de trabajo.

Es importante conocer la oferta en el medio local de los productos para pisos como ladrillo, hormigón, cerámica y gres, que son los más conocidos y utilizados para las viviendas de interés social. De igual manera, se debe analizar el caso del piso de tierra de la Fundación "María Amor" después de dos años de construcción y determinar si existen características que nos permitan mejorar el prototipo que se pretende construir.

Finalmente, a través de la aplicación de los ensayos y normativas especificadas en el capítulo 01, obtenemos información y estrategias de diseño para la creación.



2.1 Consideraciones generales para la elaboración de un contra piso de tierra:

Para la fabricación de pisos de tierra, algunos autores como Reay S. & Thomson J. (2014) y Lemarquis A.(2008), mencionan cuales deben ser las determinaciones técnicas que debe cumplir cada material que ayudará a generar un mejor piso.

Según Anne Lemarquis 2008, se considera importante analizar la abrasión y punción debido al tráfico de personas y muebles, caída de objetos, resistencia a la luz solar directa y lixiviación, además Reay Sukita & Thomson James, 2014, enlistan ciertas características para una instalación apropiada.

Las siguientes características de un piso nos guiarán en la toma de decisiones para elegir materiales y determinar el acabado que se pretende de acuerdo al usuario. En este caso lo que queremos lograr es una mejora en pisos de tierra usados en vivienda social que cumplan algunas de estas características.

2.1.1 Textura (áspero, liso, brillante o mate)

La textura final de piso va a depender de la materia prima usada en la mezcla y al acabado del piso.

Los materiales como la arena gruesa dejarán una textura más rugosa o más porosa, mientras que la arena fina puede dejar una superficie suave, por otro lado, la fibra puede variar en tamaño, las fibras grandes y largas son más visibles y darán otro terminado en la superficie, que las pequeñas y cortas, que serán menos visibles para el ojo y el tacto.

Saltarse este paso puede dejar el suelo más texturado, como se muestra en la imagen 99, y el esquema 100, el buen manejo de material define el acabado, siempre quedará una capa ondulada debido a que es difícil dejarla totalmente lisa.

2.1.2 Barnizado

Una capa opcional de acabado puede crear una superficie suave dejando abajo los granos de arena de la mezcla y llevando las partículas de arcilla hasta arriba.

Del mismo modo el sellado del piso con aceite hará visualmente que el suelo tenga otro aspecto más brillante o mate y dará repelencia contra el agua.



Imagen 99. Piso de tierra en Oregon. Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).



Imagen 100. Piso de tierra colocado en área social. Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).

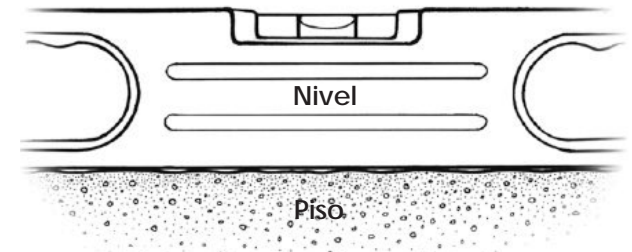


Imagen 101. Un piso de tierra nivelado. Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).

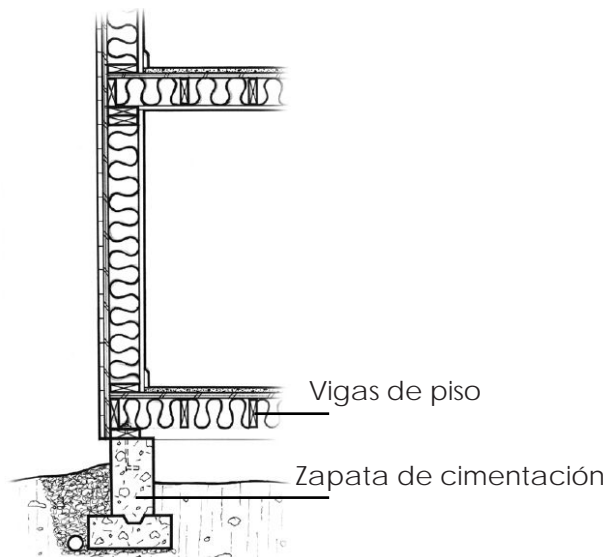


Imagen 102. Piso de tierra colocado en área social. Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).

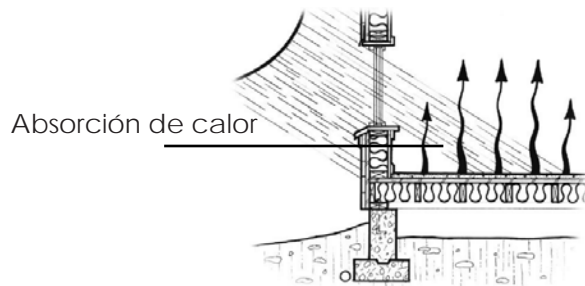


Imagen 103. Piso de tierra colocado en área social. Recuperado de: Earthen Floors por Thomson, J. & Reay, S (2014).

2.1.3 Llanura

Los pisos que son elaborados a mano y deja pequeños relieves que son visibles a corta distancia.

Esas imperfecciones dan a los pisos de tierra un acabado orgánico, estético, además que dan la apariencia de que no son perfectos.

Resulta del proceso de llanura manual sin duda se puede nivelar el piso pero no perfectamente.

2.1.4 Dureza

Los pisos de tierra son más suaves a diferencia de los de concreto, no se puede comparar sus resistencias, más bien son comparables con los pisos de madera.

Este tipo de piso no es recomendable en lugares donde se ponen objetos muy pesados, debido a que el acabado seco del aceite crea superficies más plásticas, provocando grietas en el punto de carga o tal vez por el impacto de un objeto.

2.1.5 Peso

Para el cálculo del peso se toma en consideración la densidad de la mezcla en kg/m^3 , multiplicado por los metros cúbicos de piso instalado.

Según Reay Sukita & Thomson James, 2014, el piso de tierra es una mezcla de arena y arcilla, de 2 pulgadas de espesor.

Además tiene un peso alrededor de 10 libras por cada pulgada en un metro cuadrado.

Espesor:

Unas de las primeras decisiones que se deben hacer en cualquier instalación de un piso de tierra es la determinación del espesor.

Esta adición puede afectar al peso de la estructura y la altura de contra piso.

2.1.6 Masa térmica:

Se refiere a los materiales que ayudan a moderar las fluctuaciones internas de temperaturas en edificaciones, a través de la absorción de calor, de la misma manera los materiales que aportan mayor masa térmica son pesados y densos como el concreto y la piedra.

En el caso de los pisos de tierra al no ser, un material muy denso como el concreto o la piedra, tienen la habilidad de almacenar y liberar calor, los pisos más gruesos proveen masa térmica.



2.1.7 Impermeabilidad:

Los pisos de tierra tienen un acabado a base de aceites, y a veces ceras para crear durabilidad, permeabilidad y un acabado lavable, por otro lado la excesiva humedad durante mucho tiempo puede ser nocivo, Esta prolongada exposición puede filtrarse dentro y provocar agrietamientos hundiendo la superficie.

2.1.8 Costos del material:

El costo será bajo, ya que se utilizan suelos locales, mientras que si usan suelos de arcilla extraída de otro lugar, este costo no será muy elevado.

2.1.9 Mano de obra:

Un piso de arcilla tiene una cantidad de mano de obra similar al de otras opciones de piso, aunque la mano de obra es probable que se extienda a lo largo de un periodo de tiempo para permitir el secado de piso y productos de acabado.

2.1.10 Instalación del piso:

De moderado a difícil, una vez que se establece una mezcla adecuada, el proceso de mezcla es sencillo aunque trabajoso, y el equipo es de fácil manejo.

Para la colocación del suelo se requiere un conocimiento básico de nivelación.

2.1.11 Durabilidad:

Cada piso de arcilla se hace con una mezcla de ingredientes personalizados, instalados con técnicas, grados de experiencia y terminado con diferentes productos, por lo que la durabilidad varía de baja a alta. Los pisos de arcilla bien mezclados, aplicados y acabados pueden igualar la durabilidad de las opciones de pisos comerciales, con una vida útil de 10 a 40 años, además del tipo de acabado que se utilice para el mantenimiento se dará cada uno o cinco años.

2.1.12 Cumplimiento de normativas:

La mayoría de códigos no son prescritos para suelos terminados, siempre y cuando el subsuelo haya sido diseñado para soportar la carga muerta impuesta por el suelo, mientras es poco probable que habrá restricciones de la normativa contra la instalación de un suelo de arcilla.

2.1.14 Color:

La tierra tiene una amplia gama de colores, en el caso de los pisos de tierra dependerá del color dominante de la materia prima, que puede ser negro, gris, rojo, morado, tomate, amarillo, verde o café, los aceites de sellado hacen que se oscurezca más la mezcla, del mismo modo se entiende que los pisos de tierra son inherentes y de tonalidad negra.

Existen otros colores que pueden ser creados con pigmentos y aplicados antes del sellado.

Esto se utilizaría para darle vida a una habitación o relacionarse con una combinación de colores deseado.

Según Salazar & Rosales, 2017, la tierra de las provincias de Oña y Susudel en la provincia del Azuay sirve como base para pinturas usando técnicas tradicionales de su producción, ya que es una técnica presente en la memoria de los habitantes y vigente como parte de las actividades económicas del sector.

Por lo que su uso podría tomarse como parte de una experimentación en los pisos, algunas técnicas son usadas a través de tierra, hojas de tuna, cola animal y cola vinílica.

Los colores más característicos son las tierras de color verde y es la más usada, también el uso de tierras coloradas, amarillas y blancas.

Pero es importante tomar en cuenta el aglutinante que se usa, que sea el adecuado para generar adherencia al piso y sobre todo a la capa de aceite de linaza que se colocaría como sellante.

Para determinar el mejor pigmento se recomendaría probar con cada una de las opciones que se recomienda en el estudio de Salazar & Rosales, 2017, como posibles usos sobre el piso.

2.1.15 Tiempos de secado:

El vertido de la mezcla es ideal completarlo en un día y tardará alrededor de una semana en secarse, de hecho el monto de tiempo de secado dependerá de varios factores, tales como el espesor del suelo, temperatura exterior e interior, humedad y flujo de aire.

El barnizado, aceitado y encerado toma un día aproximadamente.

Una vez aplicado el aceite se necesita una semana para ser curado, en el caso de usar cera, puede durar el secado de 3 a 5 días para pulir el piso y otros 2 días para ser usado.

2.1.16 Juntas

Los efectos de retracción y de gradientes térmicos en las losas de concreto producen fisuras, que sólo podemos controlar o dirigir por medio de líneas de roturas impresas, llamadas juntas.

- Dilatación
- Construcción Longitudinal
- Retracción - Flexión
- Construcción Transversal

Juntas de dilatación: De 20 a 30 mm

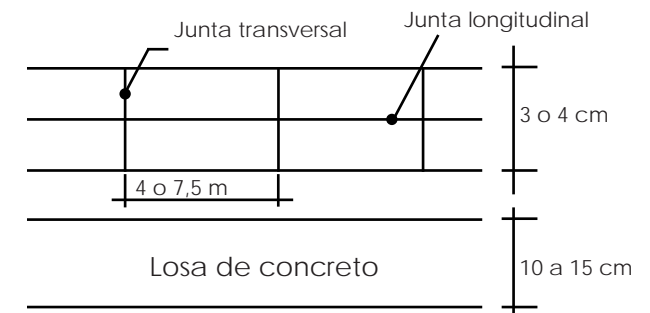
Juntas transversales o longitudinales (pavimentos de vía ancha), que permitirán el movimiento de las losas, a través de un material comprensible intermedio, si se dilatan por efecto de la temperatura, evitando los desplazamientos no deseables.

Junta de Construcción Longitudinal

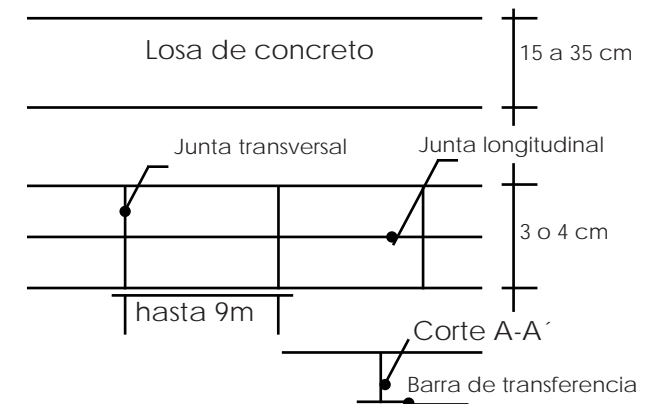
Resulta de un sistema constructivo de pavimentos por bandas de ancho fijo.

Junta de Retracción - Flexión: De 3 a 9 mm de ancho.

Son juntas transversales o longitudinales constituidas por una ranura en la parte superior de las losas. Pueden ser aserradas o construidas en fresco.



Dibujo 11. Junta constructiva sin elementos de transferencia de carga. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).



Dibujo 12. Junta constructiva con elementos de transferencia de carga o pasadores. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).



Junta de Construcción Transversal

Resultan de las paradas prolongadas (más de 1 hora de trabajo) de la puesta en obra. Debe hacerse coincidir con las de contracción, tracción no es tan fácil de realizar.

Es importante esta observación para determinar una mejor dosificación en las muestras que se usen con residuos de ladrillo.

2.1.17 Juntas constructivas

Según Samuel, I., & Q, M. (2006). en el diseño de pavimentos de concreto hidráulico simple, el concreto asume y resiste las tensiones producidas por el tránsito y las variaciones de temperatura y humedad.

1 a) Sin elementos de transferencia de Carga

Aplicación: Tráfico ligero, clima templado y se apoya sobre la sub rasante, en condiciones severas requiere un cimientto granular y o tratado, para aumentar la capacidad de soporte y una mejor transmisión de carga.

1 b) Con elementos de transferencia de Carga o pasadores

Aplicación: Pequeñas barras de acero, que se colocan en la sección transversal, en las juntas de contracción.

Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando las condiciones de deformación en las juntas, evitando los dislocaciones verticales diferenciales (escalonamiento).

Tráfico mayor de 500 Ejes eq. de 18 Kips.

2.1.18 Terreno de Fundación - Cimiento:

Estructura:

Para la elaboración de un piso de tierra es importante conocer el subsuelo sobre el cual se va a aplicar.

Subsuelo:

Es la capa sobre la que se asentará el piso de tierra.

Lo primero para poder construir el piso es conocer el área y los espesores que va a ocupar, para determinar su peso y considerar si es capaz de resistir estas cargas.

Generalmente se puede aplicar en dos capas, una gruesa y otra fina, tomando en consideración que los tubos o elementos eléctricos deben estar enterrados sobre estas capas y cubiertos por lo menos de 5 a 7 cm.

Si se trata de un subsuelo de concreto es necesario colocar una capa de aislamiento de espuma en la base y luego la capa de piso.

Si la calidad del Terreno de Fundación es buena, de granulometría uniforme, de tipo granular y que evite el fenómeno del Bombeo (Pumping), el piso se puede colocar directamente sobre ella y no requiere cimentación.

Por lo general, es difícil encontrar terrenos de fundación apropiados, por lo que se hace necesario colocar el cimiento, que consiste en una o más capas de materiales granulares, que cumplan las siguientes características:

- Proporcionar apoyo uniforme a la losa de concreto.
- Incrementar la capacidad portante de los suelos de apoyo.
- Reducir al mínimo las consecuencias de los cambios de volumen del terreno de fundación.
- Reducir al mínimo las consecuencias de la congelación en las secciones de las diferentes capas o la capa superior del terreno de fundación.
- Recibir y resistir las cargas de tránsito que se transmiten a través de la base de la losa de concreto.
- Transmitir estas cargas adecuadamente; distribuyéndolas a las diferentes capas del pavimento.
- Finalmente, evitar el fenómeno de bombeo.

Los siguientes valores representados en la tabla 45, representan los Valores Propuestos y Estimados por la ACPA (Association of cemento Portland American)

Table 3. Subgrade Soil Types and Approximate Values

Type of Soil	Support	K values range pci (MPa/m)
Fine grained soils in which silt and clay size particles predominate	Low	75-120 (20-34)
Sands and sand - gravel mixtures with moderate amounts of silt and clay	Medium	130-170 (35-49)
Sands and sand - gravel mixtures relatively free of plastic fines.	High	180-122 (50-60)

Tabla 45. Recomendaciones de ASTM, para realizar carreteras. Recuperado de: Norma ASTM.

En suelos donde predomina la arcilla el soporte es bajo, pero en suelos donde predomina la arena y grava mezclada tiene un soporte muy alto.



“La arquitectura es mucho más que arte y es mucho más que la construcción de edificios. La arquitectura entrega Energía, hace que la gente se sienta orgullosa”

Diébédo Francis Kéré



2.1.19 Consideraciones ambientales

Chris Magwood (2014), menciona que los pisos de tierra tienen bajos impactos ambientales en la construcción del edificio, a diferencia de los demás productos para acabados de piso como la madera, hormigón, linóleo, cerámica, entre otros.

A continuación analizaremos los pro y contras en los diferentes procesos de fabricación:

- Cosecha
- Fabricación
- Transporte
- Instalación y desechos
- Residuos tóxicos
- Suministro y disponibilidad
- Calidad del aire interior
- Energía Incorporada
- Impactos ambientales y ciclo de vida de los materiales.

La huella ecológica generada por los procesos de producción y comercialización de los materiales tanto a nivel mundial como a nivel local.



Cosecha:

Los agregados están disponibles en muchas regiones y la extracción del material tiene unos impactos mínimos.

Así mismo se puede encontrar el material adecuado de las excavadoras locales o en canteras de piedra.

Cuando se utiliza arcillas o agregados manufacturados, los impactos aumentan ligeramente, pero esta extracción comercial no es un proceso tóxico.

Los pozos de arcilla y canteras de agregados son comunes, y los ecosistemas locales se han adaptado a su presencia en muchos casos.

En cuanto a los productos de acabado pueden tener una variación en el impacto.

Es conveniente tener cuidado en la elección de los aceites "naturales", ya que pueden variar de orgánicamente producidos a manufacturados, de igual manera los aceites crudos son preferibles que las granjas con aditivos químicos tóxicos.

Además las ceras también, pueden variar el impacto como son las ceras de abeja de origen local a productos de cera petroquímica, por eso es recomendable averiguar de dónde provienen para evaluar sus impactos.

Fabricación:

El procesamiento de los productos de arcilla es un sistema relativamente poco energético y no tóxico al igual que la extracción de los agregados.

Los pisos de arcilla no requieren de un procesamiento intensivo. Toda la mezcla se hace en el sitio a mano o con mezclador mecánico.

No hay productos tóxicos en el proceso de mezcla.

Los procesos de fabricación de productos de acabado para el piso varían ampliamente, van desde el bajo impacto, el prensado en frío del aceite hasta las mezclas petroquímicas de alto impacto.

Transporte:

De impacto insignificante a moderado. Se utiliza un ejemplo de un edificio que para una muestra de piso de arcilla de 1927,5 kg.

Donde el transporte sería 2,9 MJ por km por camión de 15 Tn o 1,8 MJ por camión de 35 Tn.



Imagen 105. Prototipo a escala para medir la retracción de la arcilla por Cristian, F. 2017.



Los ingredientes del suelo son pesados y moverlos a grandes distancias ocasiona altos impactos. Sin embargo, la mayoría de las regiones tendrán ingredientes dentro de un radio razonable.

Los productos de acabado se utilizan en cantidades muy pequeñas y no incurrirán en impactos significativos.

Instalación y desechos:

Es despreciable porque la mezcla del piso se hace en el lugar, a mano o máquina, que no presenta un consumo energético alto.

Además, los desechos que produce este tipo de piso se pueden dejar en el lugar, ya que la arcilla se convierte parte del suelo de donde es extraído.

Residuos tóxicos:

Residuos y recipientes de productos de acabado que son etiquetados como tóxicos en cantidades mínimas, pero en el caso de un suelo de arcilla no tendrá un impacto directo en la eficiencia energética.

Suministro – Disponibilidad:

De un efecto moderado, ya que las materias primas necesarias para el piso están extensamente disponibles.

Los suelos arcillosos, si no son evidentes en el sitio de construcción, se pueden localizar en sitios cercanos hablando de excavadores u operadores de pozos de agregados. Además, la arcilla ensacada es más fácil de surtir desde las canteras de cerámica. En cuanto a los productos de acabado pueden necesitar proveedores especializados.

Calidad del aire interior:

El piso de arcilla tendrá un impacto negativo en IAQ (calidad de aire interior) solo si el suelo, la arcilla o el agregado contienen toxinas.

Esto puede suceder si los ingredientes provienen de fuentes contaminadas con sustancias como gasolina y petróleo. Es probable que el mayor impacto del IAQ provenga de los productos de acabado, incluso los acabados naturales pueden tener altos niveles de COV (compuestos orgánicos volátiles) y otros contaminantes. Los productos de acabado comercial que cumplan con Greenguard o certificado similar tendrán un impacto en la calidad del aire.





Los componentes no nocivos para el ser humano, sus elementos son extraídos de la naturaleza, arena, arcilla y fibras naturales, los únicos materiales con posible toxicidad son los pigmentos y los aceites.

Los pigmentos naturales son cosechados del suelo local, estos dan diferentes tonalidades de ocre y óxidos.

Algunos pigmentos comercializados son productos con peligrosos químicos, el aceite y solvente usado en acabados del piso trae consigo riesgos de tener productos químicos peligrosos.

Para una mezcla de aceites, es recomendable los aceites naturales que contienen VOC (componentes volátiles orgánicos), que se evaporan con dos días después de su aplicación.

El piso más tóxico está relacionado con los productos de instalación ignífugos, en contraste de los pisos de tierra donde la arena y la arcilla no son inflamables.

Energía incorporada:

Es la energía que tarda en producir el producto y lo entrega a la edificación.

Este es el caso de los productos manufacturados, algunos contienen energía incorporada. Es muy baja la energía que se necesita para producir los materiales para el suelo, que en este caso sería a mano o con excavadora.

El excavador utiliza combustibles fósiles, que necesita tan solo un par de galones para mover muchos metros cúbicos de tierra.

El mayor costo energético se puede dar en la obtención de materiales que no estén cerca del lugar.

Dependiendo del tamaño del piso se puede requerir una camioneta o volqueta para transportar el material. En el caso de este piso, el único material que necesita ser transportado a gran escala es la arena proveniente del Descanso.

Impactos ambientales y ciclo de vida de los materiales:

Los edificios generan un impacto sobre el medio ambiente debido a que son grandes entidades. Hoy en día la generación de una edificación consume varios recursos físicos, energía y dinero en su construcción, mantenimiento y uso cotidiano.

Si se construye de manera ecológica sostenible, o se reducen sustancialmente los impactos ambientales de los enfoques y prácticas de construcción, tomando en consideración el impacto ambiental y prácticas de construcción, será necesario tener en cuenta el impacto de un edificio durante su ciclo de vida completo.

Ciclo de vida de materiales: Esta herramienta se usa para evaluar el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida por la cuantificación del uso de recursos (entrada: energía, materias primas, agua) y emisiones ambientales (salidas de aire, agua y suelo).

Tiene en cuenta el suministro de materias primas, la fabricación de intermedios y por último el producto, incluyendo envase y residuos.

El ciclo de vida puede considerarse en cinco etapas:

- Minería / extracción / recolección
- Fabricación
- Construcción
- Uso
- Demolición: El problema es que la mayor contaminación se genera en los dos primeros procesos, y la mayoría no son diseñados para ser duraderos.

La energía utilizada para producir el material de construcción es sólo un indicador aproximado de un impacto.

Para analizar las etapas se adoptan criterios ambientales como:

- Agotamiento de los recursos, materiales pétreos, agua, energía, entre otros.
- Efectos sobre la salud de las personas durante el proceso de manufactura.
- Impacto ambiental global, como el calentamiento global, destrucción de la capa de ozono.
- Daño sobre animales y vegetación.

A continuación se muestra una tabla donde se califica el piso de arcilla en cuanto a impactos al medio ambiente. En las siguientes tablas se

analiza la energía incorporada requerida de algunos pisos para su construcción en una muestra de 92.9 m².

Huella ecológica y biocapacidad:

El consumo de recursos de las naciones es la Huella Ecológica que se produce, mientras que la habilidad que tiene la naturaleza para regenerar sus recursos naturales es lo que se conoce como Bio capacidad.

Se desarrolló a principios de los años noventa por Mathis, Wackernagel y William E. Rees (1996), y se lo expresa en hectáreas globales (ha) que es la superficie necesaria para sostener o mantener el estilo de vida de un individuo.

Energía incorporada y resumen de carbono

Adoptado del inventario de emisión de carbono Universidad de Bath, 2006

Material	Energía incorporada (Mj/kg)	Carbón incorporado (kgCO ₂ /kg)
Alfombra	74,4	3,97
Concreto para Losas de pisos	1,1	0,163
Cemento portland (parte adhesiva del hormigón)	4,8+2	0,82
Suelo Apisonado	0,45	0,024
Arena	0,1	0,0053
Acero	24	1,82

Tabla 46. Energía incorporada y resumen de carbono. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).

Los resultados obtenidos en cada uno de los cuadros es fácil observar, a comparación de pisos de concreto, en cuanto a la energía incorporada se duplica y al carbono incorporado, hay una diferencia muy marcada entre 6 y 165 veces más.

Cuadro de energía incorporada en una muestra de 92,9 m²

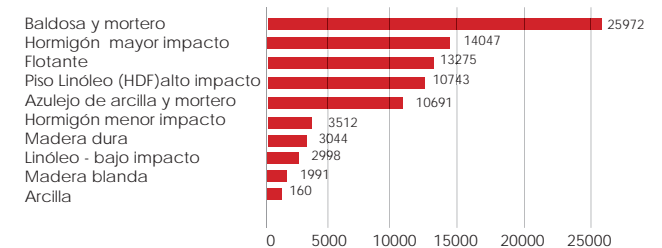


Tabla 47. Cuadro de energía incorporada en una muestra de suelo. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).

Kg de CO₂ incorporado en el edificio

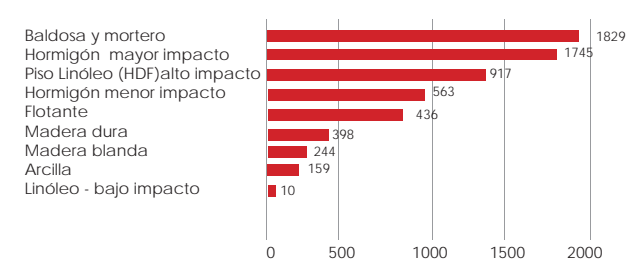


Tabla 48. Kg de CO₂ incorporado en el edificio. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).



A continuación, se presenta en la tabla 49 un cuadro resumen de las bondades de un contrapiso de arcilla desarrolladas por Chris Magwood, en el libro Making Better Buildings, por medio del cual se representa que en cuanto a impactos ambientales, energía incorporada y eficiencia energética es el que mejor trabaja y mantiene un buen comportamiento.

La mano de obra, la habilidad para manejar los materiales por parte del propietario y la durabilidad, son los elementos que no trabajan adecuadamente, por lo que es importante tomarlos en cuenta al momento de construir.

Todas las bondades ambientales presentadas en este tipo de pisos generan menores desperdicios e impactos en la producción de residuos.

Después de todos estos antecedentes podemos decir que un piso de arcilla es ambientalmente mejor que un piso convencional de madera o concreto y la única desventaja posible es que el propietario del piso debe desarrollar habilidades para construirlo. La experiencia con el manejo del material es la única solución para encontrar un buen producto.

Calificaciones del contra piso de arcilla.

	Mejor										Peor	Notas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Impactos ambientales												La fuente de arcilla afectará los impactos
Energía incorporada												
Residuos generados												
Eficiencia energética	No es contable											
Costos de materiales												
Insumo de mano de obra												
Nivel de habilidad requerido por el propietario												Recursos pueden ser de fácil acceso
Abastecimiento y disponibilidad												Materias primas ampliamente disponibles, pero pueden requerir fuentes alternativas
Durabilidad y longevidad												
Cumplimiento del código de la construcción	No es contable											
Calidad del aire interior												El suelo de arcilla tendrá poco o ningún impacto negativo en la IAQ (calidad de aire interior). Los productos de acabado tendrán un impacto significativo en la IAQ (calidad de aire interior).

Tabla 49. Calificaciones del contra piso de arcilla. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).

Huella ecológica y bio capacidad en Ecuador

La extracción de recursos destinados a la explotación significa la pérdida acelerada y progresiva de su biocapacidad, que presenta una disminución desde 1961 hasta 2009.

Del año 2008 al 2009, la población del país se incrementó el 1,8 %. Sin embargo, la huella ecológica del Ecuador aumentó 6,11 %.

En el 2009 la huella ecológica per cápita de un ecuatoriano promedio fue 1,6 menor que la mundial, muestra tendencia creciente a través de los años. Durante este año, la huella ecológica de carbono representó el 34 % de la total.

La huella ecológica media mundial por persona fue de 2,7 hag en 2008.

Algunas medidas de responsabilidad a tomarse para la reducción de la huella ecológica:

- Reducir, reutilizar y reciclar en este orden de prioridad. Ahorrar cantidades de recursos no renovables y contaminación.

- Ahorrar en el consumo, utilizando productos de bajo consumo.

- Generar el menor número posible de residuos, evitando productos de un solo uso o llevando a un punto de acopio para el tratamiento de productos peligrosos o tóxicos.

Reciclaje del ladrillo:

Según un análisis realizado por Pichazaca Solano, M. & Saldaña Peralta, P. (2015), en el reciclaje de ladrillo por Rebrick-Dinamarca, con un mercado de tecnología automatizada para la reutilización de viejos ladrillos.

El ahorro se refleja en comparación con el uso promedio de 16 000 ladrillos en una casa y al reutilizarlos se ahorra aproximadamente 8 toneladas de CO₂ y con cada ladrillo se ahorra la emisión de 0,5 kilos de CO₂.

Huella de carbono por el proceso de producción de ladrillo en Cuenca

La huella de carbono, debida a la utilización de combustibles fósiles, fue el componente de más rápido crecimiento y que representa en la mayoría de países la mitad del total de su huella ecológica.

Se estima que en el contexto mundial se emiten alrededor de 24000 millones de toneladas de CO₂.

Según el Censo Nacional Económico elaborado por el Instituto de Estadísticas y Censos en el 2010, en el Ecuador existen 1805 establecimientos dedicados a la producción de ladrillos. Las provincias con mayor número de establecimientos son Cotopaxi (16,4%), Pichincha (15,6%), Azuay (12%), Chimborazo (10,1%), y Loja (8,4%).



Esquema 02. Proceso de extracción de materiales de construcción. Recuperado de: M.V. & Saldaña Peralta, P.G. 2015.



- Impacto bajo
- Impacto medio
- Impacto alto

	Superficie de 92.9 m ² (1000ft ²)	Energía incorporada del material según el I.C.E en MJ/kg	Relación de peso a volumen del material	Volumen del material de la muestra en el edificio 1000 sf /92.9 m ²	Energía incorporada de la muestra en el edificio.	Carbono incorporado en el material según I.C.E en KgCO ₂ e/Kg.	Carbono incorporado de la muestra en el edificio	Notas
Piso de arcilla								
Piso de arcilla	Mezcla de piso de barro @ 20 mm de espesor	0.083 (agregado en general) ●	1089 kg /m ³ ●	1.77 m ³ 1927.5 Kg.	160 MJ ●	0.0052 ●	10 Kg. ●	No incluye tratamiento superficial
Pisos de madera								
Piso de madera dura	20 mm de espesor	2.5 ●	688 Kg/m ³ (madera dura) ●	1.77 m ³ 1,218.8 Kg.	3,044 MJ ●	0.2 ●	244 kg, ●	No incluye sujetadores de acabados superficiales
Piso de madera blanda	20 mm de espesor	2.5 ●	450 kg/m ³ (madera blanda) ●	796.5 Kg.	1,991 MJ ●	0.2 ●	159 kg ●	No incluye sujetadores de acabados superficiales
Piso flotante	20 mm de espesor (madera contra chapada)	15 ●	500 kg/m ³ ●	1.77 m ³ 855 Kg.	13,275 MJ ●	0.45 ●	398 kg ●	No incluye sujetadores de acabados superficiales
Pisos de cerámica - Menor impacto								
Azulejo de arcilla	8mm de espesor	6.5 (azulejo de arcilla) ●	1900 kg/m ³ ●	0.74 m ³ 1406 Kg.	9,139 MJ ●	0.48 ●	675 kg ●	
Mortero	6mm de espesor	1.11 (mortero, 1:1:6) ●	2370 kg/m ³ ●	0.59 m ³ 1393.3 Kg.	1,552 MJ ●	0.174 ●	242 kg ●	
Total					10,691 MJ ●		917 kg ●	
Pisos de cerámica - Mayor impacto								
Baldosa de cerámica	8mm de espesor	12 (piso de baldosa) ●	2750 kg/m ³ ●	0.74 m ³ 1393.3 Kg.	24,420 MJ ●	0.78 ●	1,587 kg ●	
Mortero	6mm de espesor	1.11 (mortero, 1:1:6) ●	2750 kg/m ³ ●	0.59 m ³ 1393.3 Kg.	1,552 MJ ●	0.174 ●	242 kg ●	
Total					25,972 MJ ●		1,829 kg ●	

Tabla 50. Cuadro de energía incorporada en diferentes pisos. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).



Impacto bajo ●
 Impacto medio ●
 Impacto alto ●

	Superficie de 92.0 m ² (1000ft ²)	Energía incorporada del material según el I.C.E en MJ/kg	Relación de peso a volumen del material	Volumen del material de la muestra en el edificio 1000 sf /92.9 m ²	Energía incorporada en la muestra del edificio.	Carbono incorporado en el material según I.C.E en KgCO ₂ e/Kg.	Carbono incorporado en la muestra del edificio	Notas
Piso de linóleo - Menor impacto								
Linóleo	2.5 mm de espesor (material de hoja gruesa)	11** ●	1185 Kg./m ³	0.23 m ³ 272.5 Kg.	2,998 MJ ●	No contable ●	No contable ●	**ICE la cifra es de 25 , en la industria la cifra es 11.
Piso de linóleo - Mayor impacto								
Linóleo	2,0mm de espesor (hoja gruesa)	11** ●	1185 Kg./m ³	0.19 m ³ 225 Kg.	2,477 MJ	No contable ●	No contable	
	6,8 mm de espesor (HDF)	16 (Tablero de madera) ●	820 Kg./m ³	0.63 m ³ 516.6 Kg.	8,266 MJ	1.09	563 Kg.	
Total					10,743 MJ ●		563 Kg. ●	No incluye sujetadores, superficie adhesiva o tratamiento de superficie
Pisos de hormigón - Menor impacto								
Hormigón	25 mm (capa delgada)	0.62 (20/25 mPA con escoria de alto horno al 50%) ●	2400 kg/ m ³	2.36 m ³ 5664 Kg.	3,512 MJ ●	0,077	436 Kg. ●	
Pisos de hormigón - Mayor impacto								
Hormigón	100 mm piso de losa	0.62 (20/25 mPA con escoria de alto horno al 50%) ●	2400 kg/m ³	9.44 m ³ 22,656 Kg.	14,047 MJ ●	0.077 ●	1,745 Kg. ●	

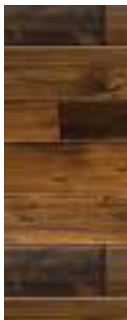
Tabla 51. Cuadro de energía incorporada en diferentes pisos. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).



PISO DE ARCILLA

Energía incorporada
0,083 ml/kg

Carbono incorporado según ICE
0,0052 kgCO₂e/Kg



PISO DE MADERA DURA

- Energía incorporada
2,5 ml/kg
- Carbono incorporado según ICE
0,2 kgCO₂e/Kg

PISO DE MADERA BLANDA

- Energía incorporada
2,5 ml/kg
- Carbono incorporado según ICE
0,2 kgCO₂e/Kg



PISO FLOTANTE

Energía incorporada
15 ml/kg

Carbono incorporado según ICE
0,45 kgCO₂e/Kg



CERÁMICA (MENOR IMPACTO)

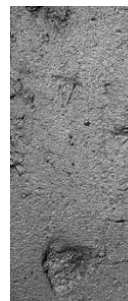
Energía incorporada
6,5 ml/kg
Carbono incorporado según ICE
0,48 kgCO₂e/Kg



AZULEJO

Energía incorporada
1,1 ml/kg

Carbono incorporado según ICE
0,174 kgCO₂e/Kg



MORTERO (MENOR IMPACTO)

Energía incorporada
1,11 ml/kg
Carbono incorporado según ICE
0,0052 kgCO₂e/Kg

MORTERO (MAYOR IMPACTO)

Energía incorporada
1,11 ml/kg
Carbono incorporado según ICE
0,174 kgCO₂e/Kg



BALDOSA

Energía incorporada
12 ml/kg

Carbono incorporado según ICE
0,78 kgCO₂e/Kg

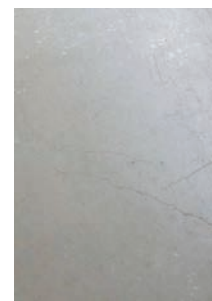


LINÓLEO (MENOR IMPACTO)

Energía incorporada
11 ml/kg
Carbono incorporado según ICE
1,09 kgCO₂e/Kg

LINÓLEO (MAYOR IMPACTO)

Energía incorporada
N/C ml/kg
Carbono incorporado según ICE
1,09 kgCO₂e/Kg



HORMIGÓN (MAYOR IMPACTO)

Energía incorporada
0,62 ml/kg
Carbono incorporado según ICE
0,0077 kgCO₂e/Kg

HORMIGÓN (MENOR IMPACTO)

Energía incorporada
0,62 ml/kg
Carbono incorporado según ICE
0,0077 kgCO₂e/Kg

Tabla 52. Cuadro de energía incorporada en diferentes pisos. Recuperado de: Making Better Buildings por Magwood, C. (2013).

A continuación, en la tabla 52, se presenta un resumen general de energía y carbono incorporado de pisos de arcilla, que nos permite identificar claramente la diferencia entre cada uno.

El valor mínimo de energía incorporada, es de 0.083 ml/kg de un piso de arcilla y el máximo 15 ml/kg de un piso flotante.



En cuanto a carbono incorporado el mínimo es 0.0052 kg CO₂e/kg, y el máximo 1.09 kgCO₂e/kg del linóleo.



Con estos datos se rectifica que el piso de arcilla sí produce un menor impacto ambiental en comparación con varios productos usados en el medio. Este dato es importante al momento de elegir entre varios productos a utilizarse en el desarrollo de un piso, si se desea un menor

Características de un piso de tierra



Esquema 03. Características de un piso de tierra por Delgado, K. 2017.

En resumen, estas son las tres características que se obtienen para la creación de un piso de tierra, que nos permitirá comparar los beneficios con los materiales existentes en el medio local.

2.2 Comparación de materiales y oferta local.

El análisis del ciclo de vida de los materiales es una herramienta que se usa para evaluar el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida, mediante la cuantificación del uso de recursos y emisiones ambientales.

El objetivo de este estudio es conocer la oferta local y poder comparar los productos de tal manera que queda a elección del consumidor ver las ventajas y desventajas de cada uno y generar un criterio para la aplicación de un producto.

Imagen 106. *Textura de ladrillo*. Recuperado de: https://www.google.com.ec/search?q=ladrillo+para+pisos+textura&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewiG5rK6tMbTAhWEMyYKHxfuDM4Q_AUICcgB&biw=818&bih=324#imgrc=Z3rW3eloT7kWdM

Imagen 107. *Textura de hormigón*. Recuperado de: https://www.google.com.ec/search?q=textura+de+hormig%C3%B3n&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewjviDstMbTAhVKMyYKHSBDDWIQ_AUICcgB&biw=818&bih=324&dp=1.25#imgrc=MMfmqO5NI3AwUM

Imagen 108. *Textura de cerámica*. Recuperado de: https://www.google.com.ec/search?q=textura+de+cer%C3%A1mica&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewifmq_8tMbTAhWGdSYKHR47AdoQ_AUICcgB&biw=818&bih=324#imgrc=9xSH7e0l6f91IM

Imagen 109. *Textura de gres*. Recuperado de: https://www.google.com.ec/search?q=textura+de+gres&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewjYoNjRtcbTAhXBRIYKHS3eCQsQ_AUICcgB&biw=818&bih=324#imgrc=5LdvbH8jQry3RM

OFERTA LOCAL



LADRILLO

HORMIGÓN

CERÁMICA

GRES



2.2.1 Ladrillo:

El ladrillo tuvo su origen alrededor de 6000 a.C., en las antiguas poblaciones de Mesopotamia y Palestina.

Los primeros acercamientos a el desarrollo del ladrillo se relatan por los cronistas en los sistemas constructivos de la parte andina. Es el caso del bahareque (entramado), el adobe como técnicas en tierra y las construcciones en piedra, tecnologías similares a las de Europa.

A pesar que los egipcios perfeccionaron el desarrollo del ladrillo no mostraron mucho interés en el ladrillo cocido. Mesopotamia se encontraba en la zona fértil situada entre los ríos Tigris y Éufrates entre los años 4000 y 3000 a. C., ciudades como Uruk y Ur. (Pichazaca Solano & Saldaña Peralta, 2015 p. 24).

Mecanización e Industrialización (1800-1900), se inicia en Inglaterra en 1970, da origen a la Revolución Industrial.

Surge la fabricación de ladrillos en aquellas zonas en que la piedra es escasa y abunda la arcilla (Pichazaca Solano & Saldaña Peralta, 2015 p. 24).

A la arcilla plástica si se le añade agua se observa un incremento de la plasticidad, que llegará a un máximo para un contenido de agua determinado. El contenido de agua mínimo que necesita la arcilla para perder su plasticidad se conoce como límite plástico, al momento de secarse el material arcilloso se produce una disminución de entre el 5% y el 15%.

Existen estudios que aultan que la cal y el ladrillo ingresaron a Quito a mediados del siglo XVI. La teja también se introdujo como una fusión, (Pesántez & Gonzáles, 2011, p. 49).

En Cuenca, el uso del ladrillo se volvió muy importante por las propiedades que presentaba y se ve reflejado en la gran cantidad de construcción que se ha desarrollado en la ciudad.

La EELA (Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales), ejecutada en Swisscontact de Suiza, en coordinación con la Comisión de Gestión Ambiental (CGA) del Municipio de Cuenca, en el 2010 y con la participación de la Universidad del Azuay en una etapa inicial, puso en marcha el proyecto de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales y Diagnóstico Inicial del Sector Ladrillero Artesanal, con la finalidad de realizar un informe conocido como Levantamiento de Catastro y Sistematización de Encuestas de Li-

nea Base del sector Ladrillero considerando un alcance para el estudio a la ciudad de Cuenca, en el año 2010. El ladrillo o teja fabricada artesanalmente sin el uso de maquinaria electro mecánica es el predominante con un 99,53% de participación en el sector.

Las ladrilleras industrializadas representan apenas el 0,47% del total de fábricas en funcionamiento en la actualidad.

El ladrillo de piso representa una producción de 5500,80 millones al año y representa el 6,14% de la producción y el ladrillo panelón el 65%.

Ladrilleras en Cuenca					
Parroquia	Horno	Ladrillera Artesanal	Ladrillera Semi industrial	Ladrillera Industrial	Secadera
Bellavista	1	7	2	2	
Chiquintad	1	7	3		
Sayausí	3	26	1		
Sinincay	44	437	32	3	3
San Sebastián	4	22	2		1

Tabla 53. Número de ladrilleras y hornos en 5 parroquias del cantón Cuenca, por Pichazaca Solano, M. V., & Saldaña Peralta, P. G. (2015). Recuperado de: Elaboración de panel pre fabricado con residuos cerámicos.

Existen diferentes tipos de ladrillos:

Ladrillo artesanal: Usado para la construcción.

Ladrillo refractario: Fabricado con arcillas refractarias, desengrasando arcillas muy puras con arena sílice muy fina, es apropiado para la construcción de hornos.

Ladrillo industrial: Su elaboración es sencilla desde el punto de vista tecnológico como comercial.

Ladrilleras semi mecanizadas: Este grupo de ladrilleras combinan lo artesana y lo industrializado, productores que han ido adaptando tecnología para agilizar su trabajo sobre todo para cargado y supervisión.

Ladrilleras Mecanizadas: Son escasas pero eficientes ya que no necesita mano de obra pero si una supervisión continua

Los ladrillos se caracterizan

- Según su uso

Ladrillos de cara vista
Ladrillo de revestimiento
Ladrillo perforado
Ladrillo aligerado
Ladrillo hueco

- Piezas especiales

Ladrillo aligerado machihembrado
Ladrillos especiales de cara vista

En resumen, los ladrillos forman un eje importante de comercialización de materiales de construcción, en especial en Cuenca. La mayoría de las construcciones se desarrollan con este producto por lo que es indispensable realizar una comparativa con este material.

A continuación se puede observar los diferentes tipos de ladrillo que actualmente son los más fabricados y comercializados en la ciudad de Cuenca, los ladrillos para pisos encontrados en el medio son únicamente los representados en la imagen 108.



Imagen 110. Ladrillos para pisos por Flores, C. 2017.



25x7x12,5cm
Ladrillo macizo



28x4x0,85cm
Ladrillo Perforado



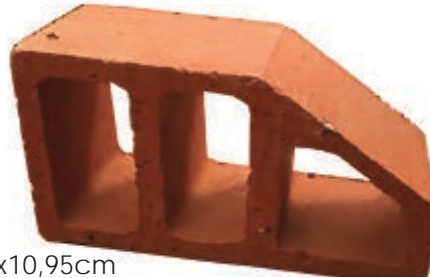
30x9x14cm
Ladrillo Perforado



38,5x12x13cm
Ladrillo macizo



29,5x9,5x10,95cm
Ladrillo Perforado



30x9,5x19 cm
Ladrillo Perforado



18x14x14cm
Ladrillo macizo



538x12x19cm
Ladrillo Perforado



29,5x7x14 cm
Ladrillo Perforado





Es importante destacar que los tipos de ladrillos presentados en el esquema 00están entre los más generales y más usados, según la fábrica de Racar del señor Manuel Riera, que produce alrededor de 20 000 ejemplares mensuales, usando pequeños molinos de rodillos y extrusoras.

Aunque existen varios formatos de ladrillo, la elección depende de los requerimientos de obra. Sin embargo, se puede encontrar una gran cantidad de posibilidades en cuanto a dimensiones, formatos y colores.

La industria del ladrillo en Cuenca, es actualmente la que mayores ingresos genera en el ámbito constructivo, no solo por el tema de tradición, sino por su facilidad de adquisición.

Se nombra el ladrillo en este estudio, debido a que actualmente el uso de ladrillo para pisos ha significado un movimiento muy grande. Se pueden fabricar ladrillos de diferentes dimensiones y son fáciles de colocar sobre losas de hormigón. Esto genera un uso bastante grande en construcciones modernas bastante parecido al gres.

Según Andrade Orellana, P. & Verdugo Vane-gas, M. (2016), en el análisis de adaptación de su producto al medio, definen que en nuestra ciudad los pobladores tienen cierta preferencia en utilizar el ladrillo en construcciones en más de un 40% respecto a otros productos.

Aproximadamente unas 600 familias cuencanas se dedican a la producción artesanal tanto de tejas como de ladrillos.

El ladrillo es uno de los símbolos relevantes de Cuenca, dentro de la estructura social, como menciona Altamirano (2009).

Las arcillas dependen de condiciones y factores, pero en general todas sirven para la fabricación de ladrillos. Las materias primas provienen de varios yacimientos ubicados en los sectores de Santa Ana, a 11 km, Cumbe, a 20 km y sectores como Racar, Buenos Aires y San Miguel (Lema, 2015, p. 34).

A continuación, se analizan las características físicas de una pieza de ladrillo artesanal. Se realizan ensayos para determinar la resistencia a la flexión de piezas de ladrillo según la normativa INEN y una comparación con las piezas de arcilla realizadas en laboratorio.

Esta comparación nos permitirá determinar la diferencia entre las dos piezas y conocer contra qué productos del medio local se enfrenta el prototipo obtenido en este trabajo de investigación.

Norma INEN 295: Ensayo para determinar la resistencia la flexión de ladrillos cerámicos:

Esta norma comprende la determinación de la resistencia a la flexión mediante una carga progresiva a una muestra de ladrillos, hasta determina su resistencia máxima admisible.

Equipos:

Maquina de prueba de flexión
Regla
Lápiz

Preparación de la muestra

Las muestras a utilizar serán tres especímenes secos, enteros y sin defectos apreciables a simple vista.



Procedimiento:

Colocar los especímenes de muestra con su cara mayor sobre los apoyos, la distancia medida desde la testa hacia en centro debe ser 2.75 centímetros. Hacer descender la pieza superior de la maquina a una velocidad de 1,5 mm por minuto, hasta obtener un contacto directo en el centro de la luz. Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra.

Cálculo:

$$R = (300 G l) / (2b d^2)$$

R = módulo de rotura, en Mpa

G = carga de rotura, en N

l = distancia entre apoyos, en mm

B = ancho de cara a cara de la muestra, en mm

D = promedio del espesor de cara a cara de la muestra en mm



Imagen 112. Máquina de ensayo de resistencia a la flexión de piezas por Flores, C. 2017.

Piezas de ladrillo



Imagen 113. Piezas de ladrillo para pisos por Flores, C. 2017.



Imagen 114. Resultado de máxima resistencia a la flexión de ladrillo por Flores, C. 2017.



Imagen 115. Ladrillos de ensayo por Flores, C. 2017.

Piezas de arcilla

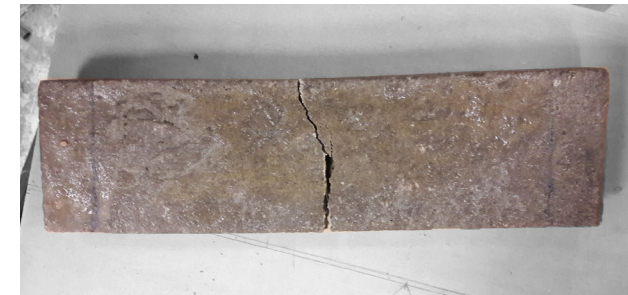


Imagen 116. Piezas de arcilla para pisos por Flores, C. 2017.



Imagen 117. Resultado de máxima resistencia a la flexión de piezas de arcilla por Flores, C. 2017.



Imagen 118. Piezas de arcilla de ensayo por Flores, C. 2017.

En cuanto a la resistencia a la flexión de la muestra de tierra es un 77.6% menor que el ladrillo.

Pero se pudo apreciar que la muestra de tierra, mientras se aplicaba la carga en la maquina se fue fisurando progresivamente hasta alcanzar la carga de rotura, tomando más tiempo a comparación del ladrillo que solamente se fracturó al momento alcanzar su carga máxima.

Cabe recalcar que la muestra de tierra no se rompió totalmente en el ensayo, esto se produce debido a la ayuda de la fibra que mantuvo unida la pieza.

Es posible observar la diferencia de los dos ensayos, en las tablas 54 y 55.

A continuación se explica las cantidades obtenidas en los ensayos realizados en las dos opciones, se realizaron seis piezas.

Las piezas de arcilla como se observa se comportan mejor a flexión por las fibras ocupadas en su composición.

Resistencia a la flexión de ladrillos						
Muestra	Largo (mm)	Distancia entre apoyos (mm)	Espesor (mm)	Resistencia (N)	Resistencia (Mpa)	
1	273	218	24	782	2259.62	
2	271	216	25	792	1749.93	
3	273	218	24	790	1868.70	
Promedio			24.3		1959.41	

Tabla 54. Datos de resistencia a flexión de piezas de ladrillo para pisos por Flores, C. 2017.

Resistencia a la flexión de muestras de piso de tierra						
Muestra	Largo (mm)	Distancia entre apoyos (mm)	Espesor (mm)	Resistencia (N)	Resistencia (Mpa)	
1	270	215	45	1314.09	452.91	
2	270	215	45	1214.86	418.71	
3	270	215	46	1294.47	442.24	
Promedio			45.3		437.95	

Tabla 55. Datos de resistencia a flexión de piezas de arcilla para pisos por Flores, C. 2017.



Ensayos a compresión de los ladrillos para pisos fabricados en Cuenca

Ensayos de compresión ladrillos fabricados en Sinincay											
Confección	Rotura	Edad de ensayo	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
---	25/01/2017	30 días	171,78	13,2	12,5	2,4		17000	103,02	12:00	56,89
---	25/12/2017	30 días	168,17	12,4	13	2,3		2008	70	12:10	57,45
---	25/12/2017	30 días	167,30	12,4	13	2,4		1392	46,77	12:20	57,56
---	25/12/2017	30 días	188,11	11,9	13,4	2,9		1366	39,95	12:30	57,30
---	25/12/2017	30 días	183,45	13	13	2,5		3145	96,76	12:45	56,90
---	25/01/2017	30 días	180,21	8,4	13	3,5		817	17,95	13:00	57,57

Tabla 56. Datos de resistencia a flexión de piezas de arcilla para pisos por Flores, C. 2017.

Tabla. 57 Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.

Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)		Resistencia mínima a la flexión MPa* (Ver nota 1)	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25
hueco tipo D	6	5	4	16
hueco tipo E	4	4	3	18
hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296

Tabla 57. Datos de resistencia a flexión de piezas de arcilla para pisos por Flores, C. 2017.

Considerando que 1 Mpa = 10,197 kgf/cm² obtenemos que la máxima resistencia es 203,94 kg/cm² y la mínima 30,591 si se cumple la normativa INEN 297 para mampuestos.

Los ensayos de las primeras muestras presentan altas resistencias debido a que se colocó en la prensa con la altura de 2,5 cm y el área de contacto 13,2 x 12,5, por lo que falla la pieza pero la máquina no reconoce esto y continua aplicando más fuerza aunque al retirar la pieza de la prensa se hace polvo, es decir que no reconoce la fuerza de falla en secciones demasiado pequeñas por lo que se decide ensayar piezas de iguales condiciones entre los ladrillos y los de piso de tierra.

2.2.2 Hormigón:

El Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón (INECYC), es una iniciativa para proporcionar la información técnica de la producción de hormigones por medio del cual se puede obtener estadísticas en cuanto a la comercialización del hormigón en el país.

La producción del cemento a nivel de la Comunidad Andina de naciones (CAN) presenta una evolución positiva entre los años 2009 y 2011. Para el último año alcanzó una producción total de 27,640 miles de toneladas de las cuales el 39% proviene de la producción de Colombia, seguido por Perú (30%), Ecuador (21%) y Bolivia (10%).

En el Ecuador constituye la principal materia prima en el sector de la construcción, caracterizada por su crecimiento constante.

Según el Banco Central del Ecuador, la actividad de la construcción en el país pasó a ser, a partir del año 2008, la cuarta más importante del país en relación del PIB. La participación del mercado se divide únicamente en 4 actores, Holcim y Lafarge multinacionales extranjeras que gozan del reconocimiento y prestigio mundial, y dos públicas.

En el año 2010, el sector de la construcción se vio beneficiado, ya que 85,000 personas compraron viviendas incidiendo de manera positiva, la participación del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Razón por la cual la construcción seguiría siendo en los próximos 10 años una industria importante para la economía ecuatoriana.

Además de que existe un déficit habitacional de 692,216 viviendas (19,3%) Ecuador tiene la capacidad suficiente para atender la demanda interna del cemento, no requiere realizar importaciones.

Las principales cementeras son Guapán y Holcim.

El sector de la construcción, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2010 - 2011 demostró que la comercialización de cemento creció alrededor del 7,9%, al pasar de 5,28 a 5,70 millones de toneladas. El Azuay lidera la comercialización con un 17,7%.

Según la Revista Lideres (2013), en Ecuador el consumo de cemento crece a ritmo sostenido, entre 2007 y 2012, con un movimiento de 7% anual, y en el 2013 al 10% con 6,6 millones de toneladas anuales, debido al boom de la construcción como consecuencia del crecimiento de la economía de la economía.



Imagen 119. Tierra y hormigón, junta constructiva por Delgado K. 2017.



Imagen 120. Construcción con hormigones, por Holcim, 2017.



Tabla comparativa mensual 2015 - 2016

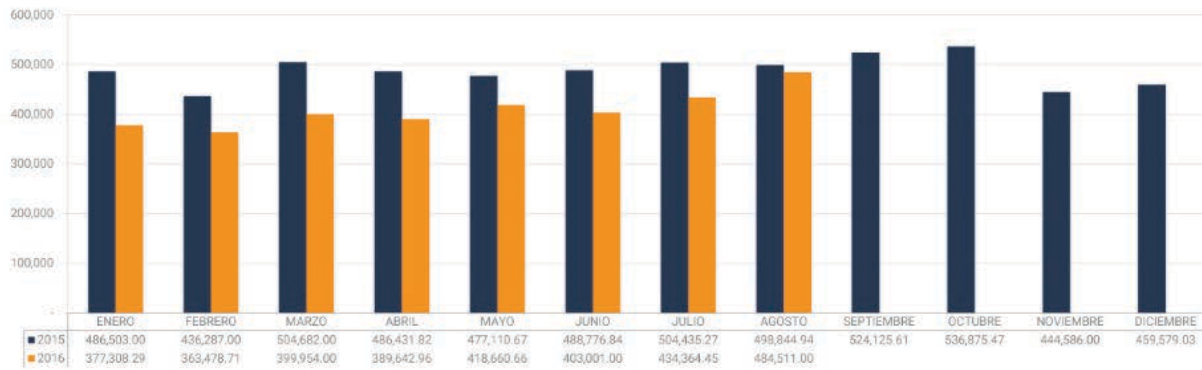


Tabla 58. Datos de resistencia a flexión de piezas de arcilla para pisos por Flores, C. 2017.

Características del Hormigón

Material	Función	Usos en obra	Características
Cemento	Aglomerante	Mortero	Adquiere grandes resistencias a la compresión
Arena	Estructura	Estructura	Adopta formas distintas
Grava	Estructura	Acabados	Masa plástica que permite prefabricar elementos
Agua	Consistencia		

Tabla 59. Características del hormigón por Delgado, K. 2017.

En la tabla 58, comparativo mensual del año 2015 y 2016, desarrollado por Holcim, se observa que la cantidad de cemento vendida en el Ecuador presenta altos porcentajes, siendo el principal componente en las construcciones.

En este caso, no se analiza únicamente el cemento como material sino todo el proceso que conlleva la producción de hormigón. Entre estos está la extracción de la arena, grava, y recolección de agua, como se observa en la tabla 59, de características del hormigón.

La arena es un material cercano a las orillas de los ríos por lo que el transporte a zonas lejanas genera contaminación, la grava puede encontrarse en el lugar, pero por motivos de calidad se transporta a grandes distancias provocando daños ambientales.

El agua: generalmente se usa agua potable para mantener la calidad, pero en el caso de construcciones que no constan de agua potable se usa agua de vertientes naturales.

**Oferta local:**

En cuanto a la aplicación en pisos depende al m² de material utilizado en este caso sería con resistencias desde 210 a 300 kg/cm².

El cemento es de fácil adquisición en las grandes ciudades, debido a que la industria se mueve muy bien, pero es notablemente caro en comparación con los otros materiales.

Además, para conseguir buenos resultados es indispensable personal técnico con el conocimiento suficiente para solucionar los problemas que presentan las mezclas en cada región, debido a que la reacción química cambia dependiendo de los materiales y el entorno.

El precio del m² de hormigón depende de los productos utilizados, la mano de obra y los materiales. La arena es un componente similar al de los pisos de tierra, por lo que no se toma en consideración. El cemento y la grava son difíciles de conseguir si se trata de viviendas ubicadas a la periferia, donde no es fácil acceder a ciertos productos, implicaría un aumento en el transporte dependiendo de la ubicación de la vivienda.

La mano de obra tiene que ser calificada debido a que las condiciones del hormigón dependen de un buen curado, la vibración, las juntas, la calidad de los productos.

Para la producción de hormigón se necesita el uso de máquinas como la concreteira y vibrador, debido a que sin estos la calidad del producto sería muy mala y presentaría dificultades a corto plazo.

Es así que por medio de un análisis de precios podríamos comparar el uso de materiales y personal necesario para realizar un m² de hormigón en comparación con el piso de tierra.

Cuadrilla tipo: 7 personas (5 peones - 2 albañiles)

Materiales:

Agua
Cemento
Arena
Grava

Herramientas:

Herramienta menor
Concreteira
Vibrador de manguera



2.2.3 Cerámica:

La cerámica tradicionalmente se ha referido a artículos producidos de barro, se definen los utilizados para pisos.

Según Cardenas Muga (2002), se estima que la antigua manufactura del vidrio está relacionada con la alfarería desarrollada en Egipto 8000 A.C. Al quemar las piezas de barro con la presencia de óxido de calcio $Ca =$ combinado con soda (NaO), y el sobrecalentamiento que resulta un esmalte de color, desde ahí se ha desarrollado tecnologías de mejoramiento. En general los cerámicos son duros, resistentes al desgaste, frágiles, refractarios, aisladores térmicos, aisladores eléctricos, resistentes a la oxidación y químicamente estables.

La materia prima en la fabricación de cerámica se basa en la arcilla con feldspatos, carbonato Ca , metasilicato Na , agua. Por medio de un complejo procedimiento se obtiene el producto.

La experiencia adquirida en la industria Cerámica en nuestro país, especialmente en la ciudad de Cuenca y la región Austral tiene una tradición que se remonta a tiempos ancestrales.

Existen algunas empresas dedicadas a esto, entre las que encontramos principalmente Rialto S.A. y Graiman.

Rialto S.A. se dedica a la producción de revestimiento cerámico de pisos y paredes en mono quema en formatos de 30×30 , 42.5×42.5 , en pisos, cumpliendo con certificaciones como ISO 9001 versión 2008 y el sello de calidad INEN 654. Está ubicada en Chaullabamba, Cuenca - Ecuador.

Según Sinchi Rivas (2014) Rialto posee cuatro líneas de producción que cumplen con especificaciones PEI I, PEI II, PEI III, PEI IV.

En formatos de 30×30 vienen 22 piezas o $2 m^2$ por caja y 42.5×42.5 en 5 unidades equivalente a $2 m^2$.

Cerámicas Graiman, es una empresa fundada en 1994. Dentro de la producción de cerámicas para pisos y paredes, ofrece formatos de pisos de 30×30 , 40×40 cm, y 45×45 cm. Tienen una gran ventaja competitiva dentro del sector de la producción para el transporte de la cerámica.

Cumplen con normativa ISO 9001 (2008) y certificado de Carbono Neutro, con exportaciones a varios países.

Es una de las cerámicas más reconocidas a nivel local y su gran estándar de calidad le permite llegar a gran cantidad de usuarios, además de la producción de porcelanatos.

El precio de la cerámica se considera inferior al de piso de tierra y superior al hormigón, para la colocación de este no se necesita grandes conocimientos debido a que los pegantes vienen fáciles de preparar y las piezas de cerámica se van pegando sobre un piso de hormigón.

Hay que tener en cuenta que es indispensable en el caso de la cerámica un piso de hormigón que permita adherencia, ya que esta no es estructural y también necesita pegarse a una superficie lisa y nivelada.

Equipos:

Herramienta menor

Mano de obra:

- 1 Albañil
- 1 Peón
- 1 Maestro mayor en ejecución de obras civiles



Imagen 121. Empresa cerámica Rialto, por SINCHI RIVAS, C. A. 2014. Recuperado de: Propuesta de mejoramiento continuo en la línea No. 4 del área de producción de la empresa cerámica Rialto, Cuenca - Ecuador.



Imagen 122. Producción de cerámica Graiman por Ekos, 2017.

Materiales:

- Cerámica
- Pegante
- Masilla

2.2.4 Gres:

Materialidad: El gres porcelánico técnico es un recubrimiento cerámico de muy baja porosidad que se caracteriza por una elevada resistencia mecánica a manchas y heladas.

El gres se compone principalmente de materiales arcillosos como caoliniticos o illiticos, feldspatos y feldespatoideos, que se producen en la fase de cocción para formar fases vítreas .

Es así que la contaminación generada por la quema de las piezas produce una huella ecológica bastante significativa que las anteriores, y genera residuos cerámicos resultados de la quema de piezas.

Existen algunos productos que se someten a pulido, que resalta las características estéticas y sobre todo la superficie del material menos abrasiva y más brillo.

Operaciones de pulido, rectificado y biselado se realiza con muelas abrasivas y con trenes de pulido que reduce el espesor de la pieza aproximadamente un 10%, eliminando la curvatura a la salida del horno (Orts et al., 2001).

La materia prima usada en el gres son minerales arcillosos, caolinitos o illiticos, que permiten la plasticidad, y químicamente el aluminio, Si y parte de Ca, Fe, y Ti.

Medio local:

Uno de los distribuidores de gres en Cuenca es el Pionero, que entrega gres a nivel local y que es muy fácil de conseguir.



2.2.5 Pisos de tierra:

Como una observación real del desgaste y el uso que se le da al piso de tierra realizamos una visita a la fundación "María Amor",,, donde pudimos observar que al lapso de dos años se generaron muchos orificios de desgaste por la erosión del piso. Cabe recalcar que el piso se instaló en áreas de uso constante, como son las aulas y espacio de juegos de los niños que provocaron desgaste por los juguetes.

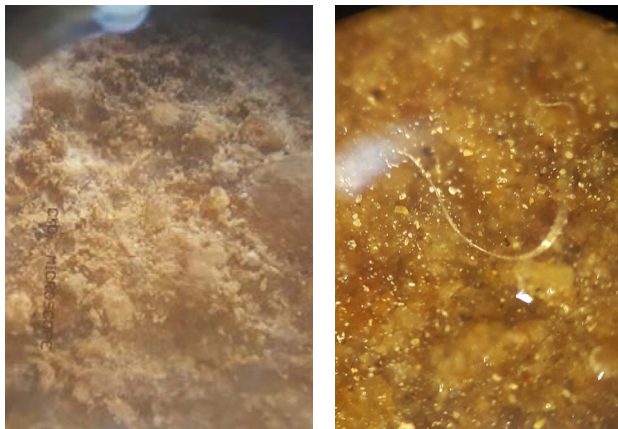


Imagen 123-124. Muestra microscópica del piso Fundación María Amor y Prototipo de la tesis por Flores, C. 2017.



Imagen 125. Piso de la fundación María Amor por Flores, C. 2017.

ESTADO ACTUAL

Como se observa en las imágenes el área usada como un pequeño lavador para los niños presenta hongos que microscópicamente se observan como orificios blancos entre los agregados. En zonas cercanas al agua no es recomendable usarlo, debido a que genera hongos y poros, provocando erosión en el piso y desgaste.

En la imagen 110 y 111, se observa el desgaste del piso de color blanco, este se genera por la afección del agua.

Es aquí donde se realizó la extracción de un núcleo de 15 cm x 25 cm, del cual se dividió en seis cubos de 5 cm x 5 cm x 5 cm, al realizar ensayos de compresión, en laboratorio, como se observa en la imagen 112.

Este núcleo extraído de la Fundación "María Amor", nos permitirá encontrar las características que provocan la erosión encontrada y sobre todo nos permitirá obtener estrategias de mejora en el diseño del prototipo.

Imagen 126. Núcleo extraído de la "Fundación María Amor" por Flores, C. 2017.



NÚCLEO EXTRAÍDO DE LA FUNDACIÓN “MARÍA AMOR”



Imagen 127. Piezas de arcilla de ensayo por Flores, C. 2017.

PROCESO DE EXTRACCIÓN

Como se observa en la Imagen 127, se extrajo un núcleo del piso de la fundación, con una amoladora eléctrica, del cual se obtuvo los seis cubos de ensayo.

En el proceso de extracción, no se observan con claridad las fibras, debido a que por la debilidad de la paja tienden a deshacerse y mezclarse con los agregados.

La estructura de este piso se observa únicamente compuesta por arena, paja, y arcilla como capa de acabado, no contiene malla y el subsuelo parece estar formado por grava.

Los agregados colocados en la mezcla no mantienen un tamaño uniforme y contienen materia orgánica como ramas. La paja se deshace entre los agregados.



Imagen 128. Superficie después del corte del núcleo por Flores, C. 2017.



Imagen 129. Extracción del núcleo de piso por Flores, C. 2017.

Como se observa en la Imagen 129, se extrajo un núcleo del piso de la fundación con una amoladora eléctrica, que nos permitirá cortar en pequeños pedazos de 5 cm x 5 cm x 5 cm y someterlos a compresión.

El tamaño del núcleo extraído de la fundación fue de 22 cm x 17 cm x 7 cm, del cual se obtuvo 6 cubos de ensayo.

En el proceso de extracción no se observan con claridad las fibras, debido a que por la debilidad de la paja tienden a deshacerse y mezclarse con los agregados.

La estructura de este piso se observa únicamente compuesta por arena, paja, y arcilla como capa de acabado, no contiene malla y el subsuelo parece estar formado por grava.

Los agregados colocados en la mezcla no mantiene un tamaño uniforme y contiene materia orgánica como ramas.



Imagen 130. Superficie sobre la que se colocará el curado por Flores, C. 2017.



Imagen 131. Piezas de arcilla de ensayo a compresión por Flores, C. 2017.



Imagen 132. Proceso de corte de piezas del núcleo extraído, por Flores, C. 2017.



Los ensayos de compresión de los cubos generaron los siguientes resultados, representados en la tabla 60, la máxima resistencia alcanzada fue de 5 kg/cm².

Esta resistencia es muy baja, a comparación de las obtenidas con el ladrillo, lo que nos motiva a encontrar todas las fallas para poder mejorar el producto.

Esta resistencia, no puede ser comparada con el hormigón debido a que se refiere a el acabado o recubrimiento de un piso, no a la estructura.

Es posible que por el tiempo de uso, la resistencia se disminuya, debido a que el piso fue fabricado hace dos años.

La capa de sellante del piso se ve en buenas condiciones, se genera una película dura en la superficie, pero al generarse un orificio, por mínimo que sea, comienza a producirse el desgaste.



Imagen 133. Piezas de arcilla cortadas de ensayo por Flores, C. 2017.



Imagen 134. Ensayo a compresión de las piezas por Flores, C. 2017.

Ensayo de compresión cubo 5 x 5 x 5 cm

Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo	Peso (W) g	Peso Volumetrico (gr/cm ³)
121	5	2 años	289,45	2,31
124	5	2 años	295,34	2,36
124	5	2 años	300,14	2,40
134	5	2 años	293,41	2,34
126	5	2 años	289,93	2,31
111	4	2 años	297,43	2,37

Tabla 60. Cuadro de ensayo a compresión de cubos del núcleo por Flores, C. 2017.



Imagen 135. Curado de piso con mezcla de prototipo diseñada por Flores, C. & Delgado, K. 2017.



Imagen 136. Curado de piso con mezcla de prototipo diseñada por Flores, C. & Delgado, K. 2017.

Como un acercamiento a la aplicación de la mezcla de piso, se decidió colocarla sobre el piso de la fundación María Amor, para poder comparar en cuanto a su resistencia y sobre todo el desarrollo el uso, el área de intervención fué la sala de niños de la Fundación María Amor, como podemos observar en las imágenes 135, 136 y 137, los paños realizados en el piso.

La mezcla, se dejó secar durante tres semanas y después se comenzó a colocar capas de aceite de linaza, como en las pruebas de laboratorio.

Durante la extracción de la muestra, se pudo observar como el aceite de linaza genera una película impermeabilizante sobre el piso, pero debido a la gran cantidad de absorbe gran cantidad de aceite, que a comparación de las muestras ensayas en el laboratorio, no se genera una película superficial muy resistente.

Como se observa en la imagen 137, para poder curar el piso, se debe mojar la superficie de contacto para generar adherencia con la mezcla.



Imagen 137. Preparación de un piso para curado de la fundación "María Amor" por Flores, C. 2017.

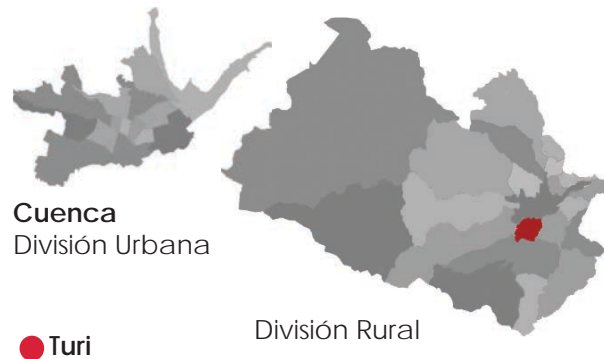


“La arquitectura social requiere calidad, no caridad profesional”

Alejandro Aravena

2.3 Elección del materiales a usar

Según el análisis de clasificación de suelos, en Cuenca se determinó que la zona de actuación es Turi, debido al bajo índice de educación que presenta y a que es una zona de potencial aplicación del piso.



De acuerdo a la observación de la zona y preguntando a diferentes moradores, encontramos una casa, de la cual se obtuvo el material de experimentación y se trasladó al laboratorio para determinar las características que se detallan a continuación.

Composición:

Según las posibilidades de extracción de materiales del entorno encontramos:

Arena: La arena a utilizarse es la extraída de la Mina Los Trelles, sector del descanso, ubicado de 30 - 60 minutos de la ciudad de Cuenca.

Fibra: Después del análisis de las fibras concluimos que según las características y la facilidad de adquisición son:

- Cabuya
- Aserrín
- Paja
- Cascarilla de arroz

Agua: Según la norma NTE INEN 2617 : 2012 para hormigones de cemento hidráulico, agua para mezcla requisitos.

El agua puede estar compuesta por:

- Agua de dosificación
- Agua añadida por conductor de camión
- Humedad libre de áridos
- Agua de constitución de aditivos

El agua de fuente no potable debe ser calificada para su uso debe realizarse ensayos para demostrar su cumplimiento que se acerquen a las características de la Tabla 02.

Según Vidal, A. P., de Boyacá, U., Gómez, J. D., & Rojas, G. P. G. (2015) existen varias tecnologías para el tratamiento del agua a nivel domiciliario, como:

- Ebullición del agua
- Desinfección solar
- Radiación ultravioleta UV
- Desinfección solar combinada con radiación
- Cloración y almacenamiento apropiado
- Sistemas combinados de coagulación-filtración y cloración.

La selección de tecnología depende de la calidad de agua cruda, la disponibilidad y el requerimiento de materiales y equipos, tiempo de uso, el número de usuarios, preferencias de la población, nivel educativo y la disponibilidad de personal (Mwabi et al, 2011).



1. La primera alternativa casera para la desinfección es hervir el agua hasta su punto de ebullición eliminando bacterias, esporas, virus, cercarías y quistes a temperatura de 90 a 100°C,

2. Filtración

Por medio de filtros de arena, aunque no elimina bacterias y virus, pero permite eliminar la turbiedad, quistes y protozoarios.

Debido a que el tamaño efectivo de la arena

es de 0,2 mm y retiene todas las partículas mayores.

El filtro debe tener una capa de arena fina de unos 60 cm o más continuamente las 24 horas. Se puede colocar antes piedras de mayor tamaño hasta llegar a la mas fina que es la arena, y lograr así una mejor filtración.

Es posible realizar este procedimiento en campo, ya que por lo general en viviendas de es-

casos recursos es difícil encontrar agua potable por lo que se usa el agua proveniente de fuentes naturales que en mucho de los casos contiene materia orgánica o varios contaminantes por lo que es mejor que sea tratada de una forma fácil y eficiente para poder garantizar la calidad de la mezcla y los resultados esperados, acercándonos a las especificaciones de la norma.

Tabla 61. Límites químicos opcionales del agua combinada para la mezcla

Máxima concentración en el agua de mezcla combinada, ppm ^B	Límites	Normas aplicables
A. Cloruro como Cl ⁻ , ppm 1. Para hormigón pretensado, losas de puentes u otras designaciones 2. Otros hormigones reforzados en ambientes húmedos o conteniendo aluminio embebido u otros metales o con encofrados de metal galvanizado que permanecerán en el sitio.	500 ^C	NTE INEN 160
B. Sulfato como SO ₄ , ppm	1 000 ^C	NTE INEN 160
C. Álcalis como (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O), ppm	3 000	NTE INEN 160
D. Total de sólidos en masa, ppm	600	NTE INEN 160
	50 000	ASTM C 1 603
A Los límites definidos en esta tabla pueden ser especificados como elementos individuales o en conjunto con la sección Información para pedidos de la NTE INEN 1855-1.		
B ppm = partes por millón.		
C Estos límites para el agua de mezcla se pueden exceder cuando el fabricante demuestre que la suma de todas las fuentes de cloruros en su hormigón no excede los requisitos del ACI 318. Para condiciones que permitan el uso de cloruro de calcio (CaCl ₂) como aditivo acelerante, se puede ignorar el límite para el cloruro.		

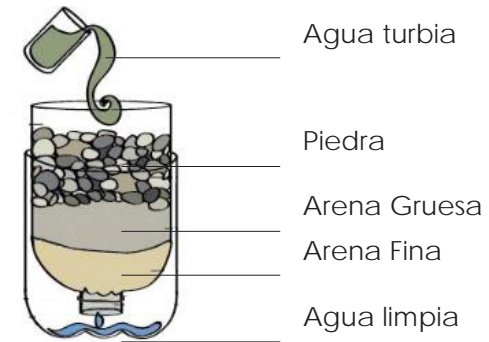


Imagen 139. Gráfico de filtración de agua para la mezcla, Recuperado de: por Delgado K.

Arcilla: El austro ecuatoriano, es un referente de sistemas constructivos en tierra, varias casas del centro histórico, específicamente de la ciudad de Cuenca todavía se mantienen y fueron creadas con adobe o tapial.

Como se determina en el capítulo uno, los ensayos que se detallan a continuación, nos generarán información importante para la dosificación de las muestras.

La elección de la forma de utilización del material requiere un arduo estudio de sus características, para definir parámetros de actuación.

Los ensayos de campo nos pueden dar una idea cercana a estas características, pero los ensayos de laboratorio de acuerdo a estudios y normativas, nos permite entender de una manera técnica el material.

Después de haber clasificado la zona de extracción del material, y un estudio determinado de las pruebas necesarias en el capítulo anterior, la arcilla se extraerá de la zona elegida, debido a que el propósito de la investigación es ocupar la mayor cantidad de recursos de la zona, evitando distancias,

En la imagen 140, podemos observar todos los materiales obtenidos para los ensayos, entre los que se encuentra el aceite de castor, aceite de linaza, cal, yeso, cascarilla de arroz, cola blanca, cera de piso, entre otros.

En la imagen 141, observamos las capas de las que se recolectó la llamada arcilla, que será el componente más importante a analizar para poder encontrar la manera de ocupar en el lugar, evitando transporte de materiales.



Imagen 140. Materiales disponibles en el medio para análisis en la oferta local por Flores, C. 2017.



Imagen 141. Calicata de extracción del material por Flores, C. 2017.



2.4 Análisis de las propiedades físicas del material a usar:

Para realizar el análisis de las propiedades físicas del material, se usarán las normativas determinadas en el capítulo 01, las mismas que generan datos para la dosificación y experimentación.

Los parámetros para evaluar los materiales son los que generan el conocimiento de las propiedades.

El ensayo de granulometría nos determinará el porcentaje de arcilla, los límites, los extremos de dosificación para lograr una buena compactación del material y la densidad para obtener volúmenes de dosificación.

Cada uno cumple estrictamente la normativa INEN y ASTM, para obtener una excelente calidad del producto.

PARÁMETROS PARA EVALUAR LOS MATERIALES

GRANULOMETRÍA

Con estos ensayos podremos determinar la cantidad de arcilla presente en la arena y la arcilla.

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

El límite líquido es la máxima cantidad de agua que se agrega al material para que cambie a estado líquido y el límite plástico es la mínima cantidad para que cambie a sólido.

Estos ensayos se aplicará únicamente a la arcilla, que es el componente principal y a partir del cual se determinará los demás componentes.

DENSIDAD

Los ensayos de densidad nos permitirán convertir los porcentajes de dosificación a cantidad en kg.

DOSIFICACIÓN / EXPERIMENTACIÓN

COMPACTACIÓN Y CBR

El ensayo de compactación nos permitirá obtener la humedad máxima para realizar el ensayo de retracción y conocer la energía de compactación.

El ensayo de CBR nos permitirá conocer la capacidad portante del suelo y tener una ligera idea para estructurar un subsuelo.



Procedimiento:

El primer material a ensayar será la arcilla, debido a que es el material que pretendemos que se logre utilizar en mayor cantidad y determinar las características generales para la dosificación.

A continuación, se procede a realizar ensayos de campo y ensayos de laboratorio.

Los ensayos de campo, serán utilizados como herramientas para el manual de autoconstrucción y nos generarán un acercamiento a las propiedades.

Los ensayos de laboratorio, se realizan siguiendo la normativa analizada en el capítulo 01.

En la imagen 142, se observa la muestra del primer estrato, posiblemente arcilla.

En la imagen 143, se observa la muestra del segundo estrato, posiblemente limo.

En la imagen 144, se observa la muestra del tercer estrato, posiblemente arena.



Imagen 142. Prueba de estrato 01, con alto contenido de arena por Flores, C. 2017



Imagen 143. Prueba de estrato 02, con alto contenido de arena por Flores, C. 2017



Imagen 144. Prueba de estrato 03, con alto contenido de arena por Flores, C. 2017.



Imagen 145. Bolas de ensayo de cada material, por Flores, C. 2017.



Imagen 146. Ensayo de presencia de arcilla de los estratos por Flores, C. 2017.



Imagen 147. Resultado de los ensayos de estratos 02 y 03 por Flores, C. 2017

ENSAYOS DE CAMPO

Prueba de “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”

De las tres estratificaciones tomadas en el terreno obtuvimos los siguientes resultados:

Estrato 01

Las bolitas no se desmoronan al aplastar.

Estrato 02

Las bolitas se desintegran.

Estrato 03

Las bolitas se desintegran.



Imagen 148. Ensayo de la bolita de arcilla estrato 01 por Flores, C. 2017



Imagen 149. Ensayo de las bolitas de presencia de arcilla por Flores, C. 2017.

Ensayo de sedimentación

Para este ensayo se mezcla todos los estratos y en los realizados se determina gran cantidad de arcillas, por lo que el material que se deposita en el fondo del recipiente es menor a los otros.

Prueba de cinta de barro o ensayo de consistencia

Esta prueba se relaciona con el límite plástico, donde se puede observar que de los tres sustratos, solo el estrato 01 es el que alcanza mayor longitud.

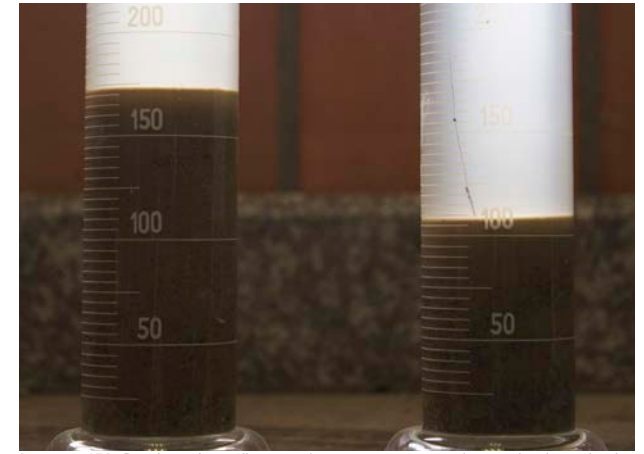


Imagen 150. Prueba de sedimentación muestra general, mezcla de todos los estratos.



Imagen 151. Prueba de cinta de barro, resultados de muestra con alto contenido de arcilla, longitud de cinta = 25 cm, por Flores, C.



Imagen 152. Prueba de muestra 02, con alto contenido de limos por Flores, C.



Imagen 153. Prueba de muestra 01, con alto contenido de arena por Flores, C.



Contenido de Humedad y agrietamiento

De las tres estratificaciones tomadas en el terreno obtuvimos los siguientes resultados:

Estrato 01

La bolita no se deforma

Estrato 02

La bolita se agrieta muy poco

Estrato 03

La bolita se desintegra fácilmente después de la caída.

Ensayo de lavado

De las tres estratificaciones tomadas en el terreno obtuvimos los siguientes resultados:

Estrato 01

Se pega en las manos y no es fácil remover.

Estrato 02

Se deshace pero no es tan fácil remover.

Estrato 03

Es muy fácil de remover.



Imagen 154. Prueba de humedad estrato arcilloso por Flores, C. 2017.



Imagen 155. Prueba de humedad estrato limoso por Flores, C. 2017.



Imagen 156. Prueba de humedad estrato arenoso por Flores, C. 2017.



Imagen 157. Ensayo de lavado estrato 01, arcilla por Flores, C. 2017.



Imagen 158. Ensayo de lavado estrato 02, limo por Flores, C. 2017.

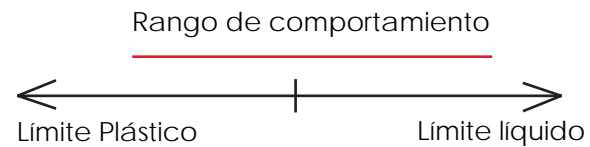


Imagen 159. Ensayo de lavado estrato 03, arena por Flores, C. 2017.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Límite líquido:

Este ensayo se realiza en la mezcla de los tres estratos para poder determinar la máxima cantidad de agua que se debe adherir a la mezcla.



Límite plástico:

Este ensayo se realiza en la mezcla de los tres estratos para poder determinar la máxima cantidad de agua que se debe adherir a la mezcla.

Tabla 2.2 Índice de plasticidad de barros (Según Voth, 1978)

Tipo de barro	LL (%)	PL (%)	PI = LL - PL
Muy arenoso	10 - 23	5 - 20	< 5
Muy limoso	15 - 35	10 - 25	5 - 15
Muy arcilloso	28 - 150	20 - 50	15 - 95
Bentonita	40	8	32



Imagen 160. Ensayo de límite líquido por Flores, C. 2017.



Imagen 161. Casa grande para ensayo de límite líquido, por Flores, C. 2017.



Imagen 162. Ensayo de límite plástico, arcilla por Flores, C. 2017.



Imagen 163. Ensayo de granulometría de finos por Flores, C. 2017.

Los siguientes ensayos nos determinarán la cantidad de arcilla presente en cada estrato y en la unión de los tres.

La granulometría separa los granos de tierra en orden del diámetro de sus partículas.

Las partículas más grandes se depositan en las primeras mallas y las más pequeñas en el fondo, es por esto que las que pasan la malla 200, son consideradas arcillas o limos.

Como se observa en la tabla 61, la granulometría nos determinó un porcentaje de arcillas y limos del 35%, lo que significa que este sustrato es más arenoso.

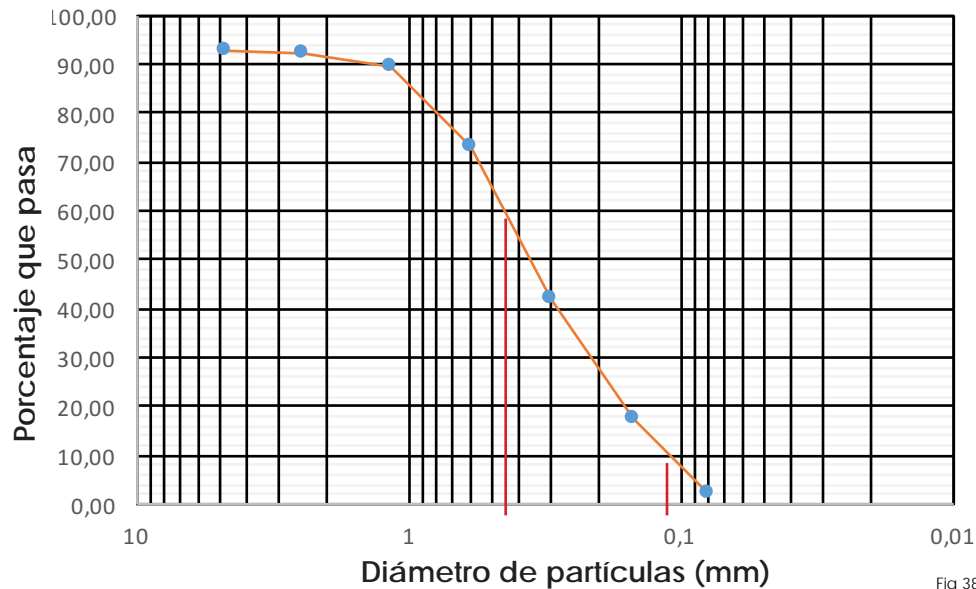
Granulometría:
Resultados del ensayo

Estrato 01

Ensayo granulométrico de finos					
Error	4,88 %	Muestra: Turi	Humedad del suelo Muestra natural Muestra seca	30,07 % 300 gr 205 gr	
Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que Pasa
No. 4	0	0	0	4.75	92.86
No. 8	1	0.48	0.48	2.46	92.38
No. 16	6	2.86	3.33	1.18	89.52
No. 30	34	16.19	19.52	0.60	73.33
No. 50	66	31.43	50.95	0.30	41.90
No. 100	51	24.29	75.24	0.15	17.62
No. 200	32	15.24	90.48	0.08	2.38
Pasa 200	5	2.38	92.86		0.00
Total	195	92.86			35% Arcillas y Limos

Tabla 61. Prueba de estrato 01, con alto contenido de arena por Delgado, K. 2017

Curva de distribución granulométrica



$D_{60} = 0,41$
 $D_{10} = 0,12$
 $D_{30} = 0,2$
 $C_u = 3,42$
 $C_c = 0,81$
 $M_f = 1,50$

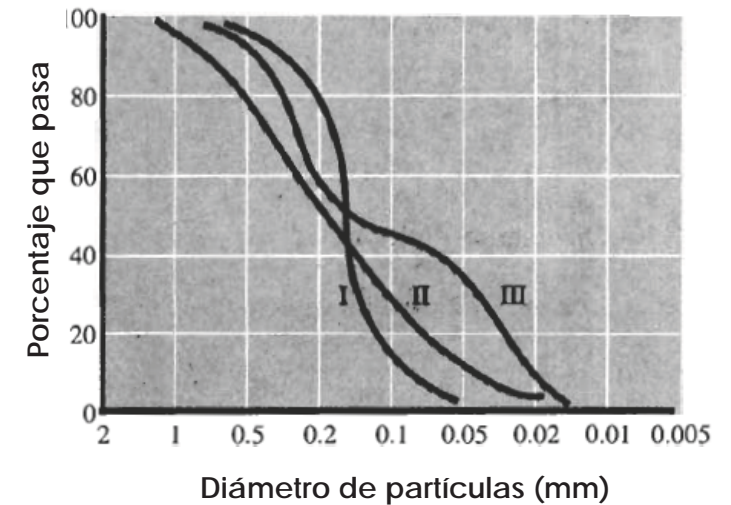
Fig 38

Dibujo 25. Curva de distribución granulométrica por Delgado, K. 2017

Los resultados de este análisis mecánico se presentan en graficas con curvas como observamos en el dibujo 25 del estrato 01, donde la muestra representa que, el 41% pertenece a arcillas y limos, y el 53 % representa arenas, cuya representación grafica se asemeja a la curva II del grafico representado por Braja M. Das (2001), donde la curva I representa un suelo

lo mal graduado, la curva II un suelo bien graduado y la curva III un suelo de granulometria discontinua.

Aunque se asemeja a la curva II, no es exactamente a la que pertenece ya que no cumple las características de C_u (coeficiente de uniformidad), mayor a 4 y C_c (coeficiente de curvatura) entre 1 y 3, pero tiene una aproximación



Dibujo 26. Curva de distribución granulométrica. Recuperado de: Braja M. Das

bastante cercana.

Al realizar los ensayos de campo fue fácil observar que este estrato contenía arcilla, primeramente porque la cantidad de fisuras que es visible en la calicata, es una mezcla un poco oscura casi negra.

En la prueba de la de la cinta de barro alcanzo fácilmente los 25 cm con pocas fisuras.



Granulometría:
Resultados del ensayo

Estrato 02

Ensayo granulométrico de finos					
Error	16,67 %				
		Turi			
			Humedad del suelo		26 %
			Muestra natural		300 gr
			Muestra seca		96 gr
Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que Pasa
No. 4	1	0.45	0.45		35.59
No. 8	1	0.45	0.90		35.14
No. 16	3	1.35	2.25		33.78
No. 30	6	2.70	4.95		31.08
No. 50	15	6.76	11.71		24.32
No. 100	26	11.71	23.42		12.61
No. 200	17	7.66	31.08		4.95
Pasa 200	11	4.95	36.04		0.00
Total	80	36.04		73,66 % Arcillas y Limos	63.96

Tabla 62. Prueba de muestra 01, con alto contenido de arena por Delgado, K. 2017.

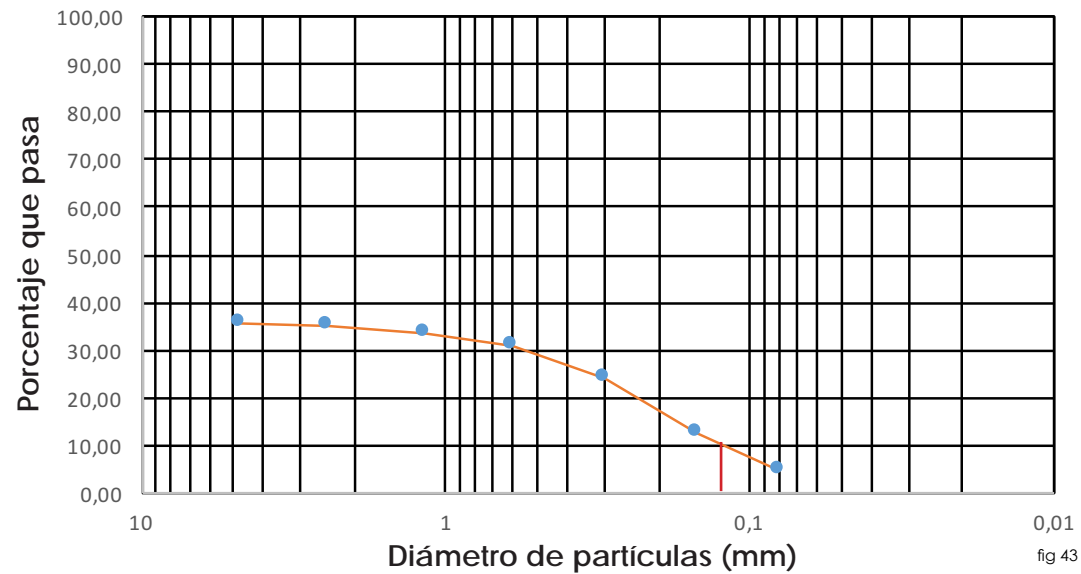


Imagen 165. Malla #4 para ensayo de granulometría, por Flores, C. 2017

En el ensayo de granulometría presentado en el estrato 02, se obtiene que el 73.66% del material, está compuesto por arcillas y limos, lo que quiere decir que según lo observado en los ensayos de campo, cumple con dichos resultados, y por lo visto se compone de gran cantidad de limos, debido a que al mezclar con agua no se vuelve pegajosa.

El color casi blanco que se observa en la fotografía se da por la cantidad de limos presentes.

Curva de distribución granulométrica



$$D_{60} = 0,26$$

$$D_{10} = 0,07$$

$$D_{30} = 0,14$$

$$C_u = 3,71$$

$$C_c = 1,08$$

$$M_f = 0,44$$

Dibujo 26. Curva de distribución granulométrica. Recuperado de: Braja M. Das

En el estrato 02 se puede observar que la cantidad de material entre la malla 10 y retenido en la 200 representa el 28,83%, entre arcillas y limos el 43,24% que se eliminó en el lavado y que pasó la malla 200 en la máquina de granulometría, es decir que entre la cantidad de limos y arcillas encontramos el 72,07% y el 27,93% pertenece a arenas.

La curva que se genera como resultado nos presenta un suelo mal graduado, pero sin tomar en cuenta los porcentajes perdidos en el lavado del material.

En la imagen 166 podemos observar la máquina de ensayos de granulometría y en la 167, las tres muestras ensayadas en el laboratorio.



Imagen 166. Máquina de ensayo de granulometría por Flores, C. 2017

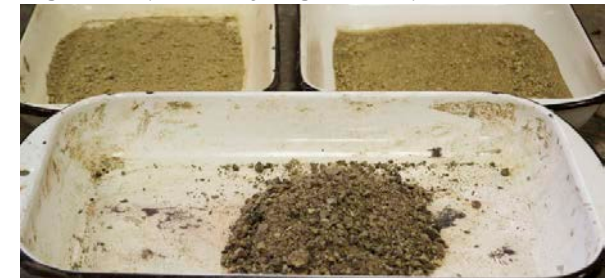


Imagen 167. Muestras para ensayo de materiales, por Flores, C. 2017



Granulometría: Resultados del ensayo

Estrato 03

Ensayo granulométrico de finos					
Error	4,88 %	Muestra:	Humedad del suelo	30,07%	
		Turi	Muestra natural	300 gr	
			Muestra seca	205 gr	
Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que Pasa
No. 4	0	0	0	4.75	60
No. 8	0	0	0	2.46	60
No. 16	0	0	0	1.18	60
No. 30	3	1	1	0.60	59
No. 50	19	7	8	0.30	52
No. 100	64	3	31	0.15	29
No. 200	59	21	52	0.08	8
Pasa 200	23	8	60		0
Total	168	60	39,33 % Arcillas y Limos		

En el ensayo realizado con la ultima capa de la estratificación encontrada en el lugar, la cantidad de arcillas que se retienen en la malla 200 que representa el 35% y en la malla 100 el 38%, es decir, que la suma de los dos es el 73%, un porcentaje muy significativo que representa un balance bueno entre componentes de arcilla y arenas, ideal para uso de pisos debido a que al componerse de poca arcilla, la retracción generada en el proceso de secado del piso, puede evitar fisuras.

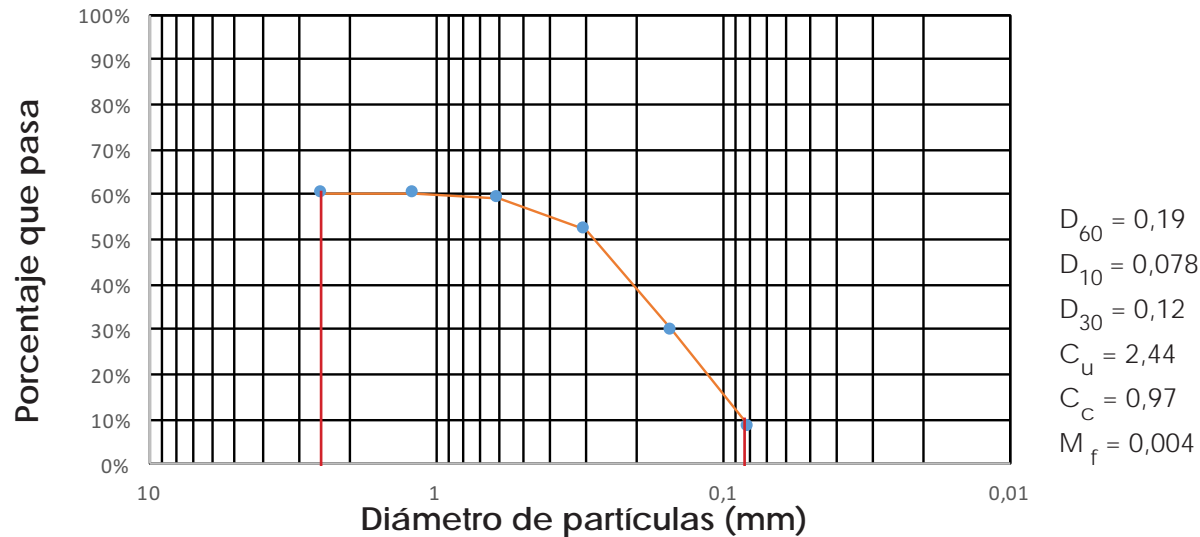
En cuanto a los ensayos de campo, la textura de la muestra, representaba un material de color amarillo, en el lavado se deshacía fácilmente, y en la prueba de cinta de barro no alcanzó ni los 10 cm, fisurándose y deshaciéndose completamente, la prueba de la bola secada durante 48 horas, también resultó muy frágil, deshaciéndose en su mayoría.

En cuanto a la curva granulométrica, la cantidad de material, resultó una curva parecida a la tipo III, sin considerar los porcentajes perdidos de material en el lavado.

Esto representa una curva mal graduada con mayor cantidad de arenas, de acuerdo a las curvas de Braja M. Das (2001).

Tabla 63. Prueba de muestra 01, con alto contenido de arena, por Delgado, K. 2017.

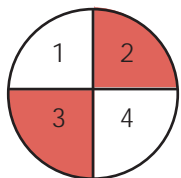
Curva de distribución granulométrica



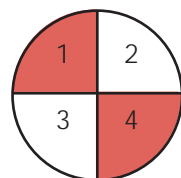
Dibujo 27. Curva de distribución granulométrica. Recuperado de: Braja M. Das

Para justificar la aplicación en campo de la clasificación del suelo que se va a usar en la elaboración de pisos de arcilla y por la aplicación en campo, decidimos mezclar los tres estratos acercándonos a una aplicación más real.

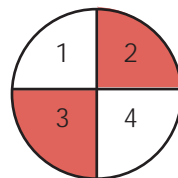
Se mezclan los estratos y se dividen en cuatro partes, se escogen las dos opuestas en cada división, repitiéndose 4 veces hasta obtener una sola muestra homogénea.



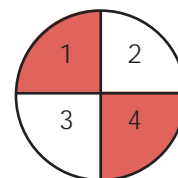
Ciclo 01



Ciclo 02



Ciclo 03



Ciclo 04



Imagen 168. Prueba de humedad estrato arenoso por Delgado, K. 2017.

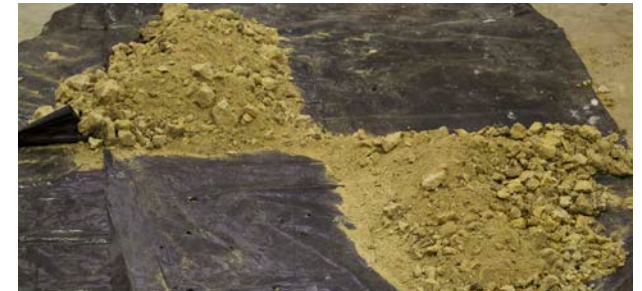


Imagen 169. Prueba de humedad estrato arenoso por Delgado, K. 2017.

Con la muestra de material, se realizaron las pruebas de granulometría y límites de Atterberg, observándose en la tabla 64.

También se obtuvo la clasificación del suelo, de acuerdo a la clasificación SUCS Y AASHTO.



Muestra resultado de mezcla de Estrato 01, Estrato 02 y Estrato 03.

Ensayo granulométrico de finos		
Muestra:	Humedad del suelo	6,67%
Turi	Muestra natural	500 gr
	Muestra seca	466,67 gr
Tamiz	Peso Retenido Acumulado	% Pasa
No. 4	0	94,01
No. 10	6,80	92,64
No. 40	233,70	46,93
No. 200	374,00	18,67
Pasa 200	92,67	
Total	707,17	

Tabla 64. Prueba de muestra 01, con alto contenido de arena por Delgado, K. 2017.

LL = 42,22
 LP = 19,23
 IP = 23
 SUCS = SC
 AASHTO = A - 2 - 7
 IG = 1

Según Braja M. Das 2001 define que los suelos de propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril, actualmente se usan dos sistemas de clasificación por el tamaño de grano y plasticidad el AASHTO Y SUCS (Sistema unificado). Sistema AASHTO clasifica en siete grupos desde la A - 1 hasta A - 7, donde los suelos A -1, A - 2 y A-3 son materiales donde el 35% o menos pasan la malla 200. y desde la A - 4 a A - 7, de los que más del 35% pasan por la malla 200 y están formados por materiales tipo limo y arcilla.

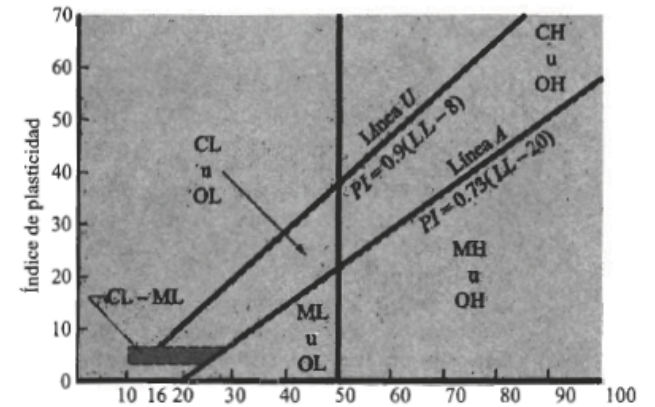
El suelo analizado en esta práctica, resultó de clasificación AASHTO A - 2 - 7, debido a que menos del 35% pasa la malla 200, con grava y arena limosa o arcillosa, como se observa en la tabla detallada en el libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (Braja M. Das, 2001).

En el Sistema Unificado de Clasificación, para suelos arenosos, pertenece a SC en donde más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A del dibujo 28, y el índice de plasticidad mayor que 7.

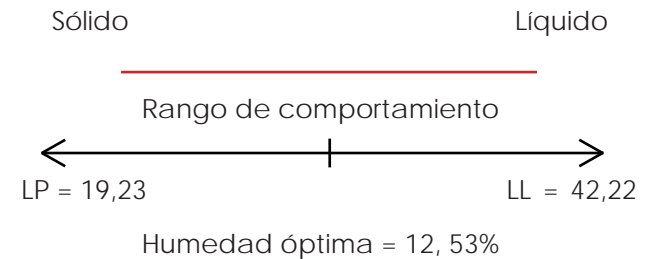
De acuerdo a estos resultados procedimos a realizar los ensayos de Proctor Modificado, que se realizan en 5 capas, con 56 golpes cada una,

Fig 48 Granulometría de muestra en general, mezclando los estratos
 Fuente: Autores. 2017
 Fig 49 Muestra general de material con la mezcla de los tres estratos
 Fig 50 Muestras para medir retracción
 Fuente: Autores. 2017

por medio del cual se determinó el contenido de agua óptimo de compactación = 12,54%, la densidad seca máxima 1,767 kg/cm³.



Dibujo 28. Curva de distribución granulométrica. Recuperado de: Braja M. Das



Esquema 02. Gráfico de comportamiento de arcilla, para utilizarse en dosificación. Recuperado de: Braja M. Das

Ensayos de la Arena

Ensayo granulométrico de finos					
Error	0,14 %	Muestra: Turi	Humedad del suelo Muestra natural Muestra seca		4,43 % 219,9 gr 205 gr
Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que Pasa
No. 4	3	1,37	3	4.75	98,63
No. 8	9,90	5,87	12,90	2.46	94,13
No. 16	29,10	19,13	42	1.18	80,87
No. 30	51,60	42,62	93,60	0.60	57,38
No. 50	69,80	74,41	163,40	0.30	25,59
No. 100	42,70	93,85	206,10	0.15	6,15
No. 200	8,30	97,63	214,40	0.08	2,37
Pasa 200	5,20	100	219,60		0,00
Total	219,60				

Tabla 65. Granulometría de la arena por Rigoberto Guerrero Coronel, Paola Ortiz Jaramillo, Sebastián Pozo, Sebastián Zambrano Jaramillo

Características de la Arena:

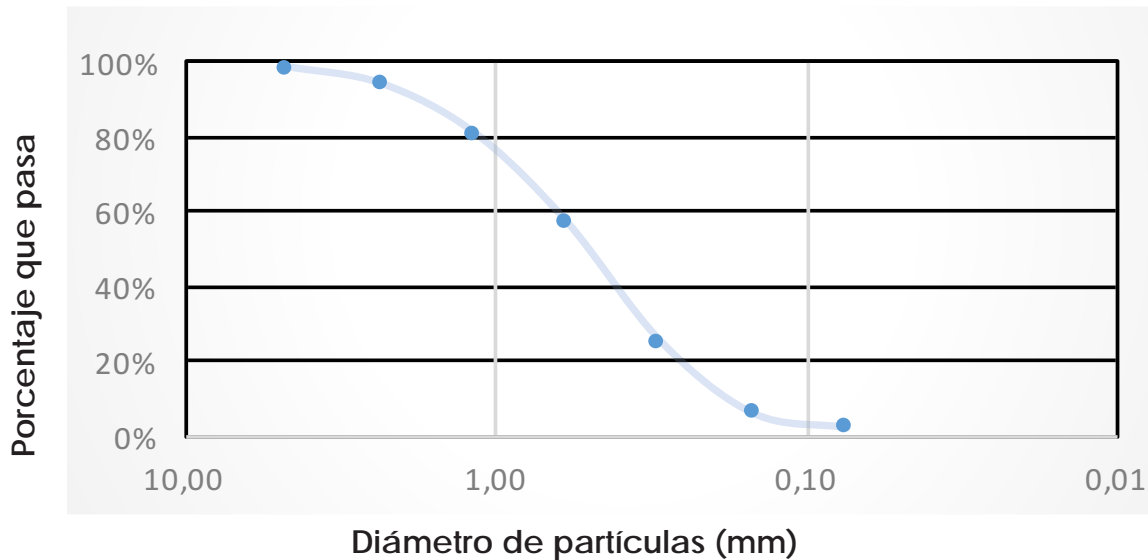
La elección de la arena, la realizamos por una previa búsqueda de características visuales, adecuadas para nuestro propósito y de minas no muy lejanas a Cuenca, es así que se usa la arena traída de la cantera del descanso, proveniente del Río Jadan.

Las características del material, se obtuvo de una investigación, realizada para el 7mo Congreso Interamericano de residuos sólidos dirigido por la Dra. Guillermina Pauta Calle, y los alumnos Rigoberto Guerrero Coronel, Paola Ortiz, Sebastián Pozo Ocampo, Sebastián Zambrano Jaramillo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca.

Después del análisis granulométrico, obtenemos que el 97,63 % pertenece a arenas, el 2,37% a arcillas y limos, por lo que en su clasificación es muy claro que pertenece a la clasificación AASHTO A - 1.



Curva de distribución granulométrica



Dibujo 30. Curva de distribución granulométrica por Delgado, K.

La densidad de la arena es 2.4 gr/cm³ y de la arcilla 1.64 gr/cm³ obtenidos con el ensayo de matraz de Achetellier.

También se realizó experimentos con los residuos cerámicos de ladrillo que contiene gran cantidad de arcilla y su densidad corresponde al 1,5 gr/cm³, obtenida de la tesis realizada por

Pichazaca Solano, M. V., & Saldaña Peralta, P. G. (2015)

La densidad de la cascarilla de arroz 1,57gr/cm³ de Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo Y., J. P. (2007, December) y la densidad de la cabuya se obtuvo de Tamayo Duque, N. A. (2012).

Densidad de los materiales	
Material	Densidad kg/cm ³
Arcilla	1,64
Arena	2,40
Residuo de ladrillo	1,50
Cascarilla de Arroz	1,57
Paja	
Cabuya	1,30

Tabla 66. Densidad de los materiales por Delgado, K.

Para poder escoger estos materiales estudiamos todas las propiedades del literal 2.1 donde analizamos la conveniencia de cada uno y los resultados que queríamos obtener, es por eso que se genera la elección de la fibra para evitar el alto porcentaje de retracción.

Según normativa NTE INEN 0856 (2010) para determinación de la densidad relativa

Estos ensayos fueron realizados con materiales en estado saturado superficialmente seco, simulando las características de los materiales obtenidos en obra, sin calentarlo o efectuando cambios en su composición original.



Imagen 170. Prueba de densidad de materiales, por Delgado, K.



Imagen 171. Material de ensayo de densidad, reposada 24 horas, por Delgado, K.

Densidad de la arena				
Nomenclatura	Unidades	Valores		
f = Matraz	Número	1	2	
Wfsw= Peso del matraz + Agua + Muestra a 1°C	a	445,66	441,35	
Tc= Temperatura a Grados Centígrados	C	27	27	
Peso del Matraz + Agua a 1°C (curva de calibración)	g	414,66	403,88	
Ws= Peso del suelo seco	g	49,8	49,78	
rw1= Peso específico del agua	g/cm ³		22,07	
rw2= Peso específico del agua	g/cm ³		25,17	
$S_s = G_s = \frac{997,5 \times W_s}{W_{fw} + \text{Peso de la muestra seca} - W_{fsw}}$		= 2845,59	= 2,45 kg/cm ³	
		2068,98		

Tabla 67. Densidad de la arena por Delgado, K. 2017.

DENSIDAD DE LA ARCILLA				
Nomenclatura	Unidades	Valores		
f = Matraz	Número	1	2	
Wfsw= Peso del matraz + Agua + Muestra a 1°C	a	442,53	436,63	
Tc= Temperatura a Grados Centígrados	C	27	27	
Peso del Matraz + Agua a 1°C (curva de calibración)	g	414,64	403,46	
Ws= Peso del suelo seco	g	38,03	40,28	
rw1= Peso específico del agua	g/cm ³		22,52	
rw2= Peso específico del agua	g/cm ³		27,76	
$S_s = G_s = \frac{997,5 \times W_s}{W_{fw} + \text{Peso de la muestra seca} - W_{fsw}}$		= 1401,136	= 1,62 kg/cm ³	
		1840,55		

Tabla 68. Densidad de la arena por Delgado, K. 2017.



Importancia de la compactación y métodos de compactación

La compactación de un suelo es una propiedad importante, relacionada directamente con la resistencia, deformidad y estabilidad de un firme, terraplén una vía, un suelo o un piso.

Influencia de la humedad:

La humedad juega el papel decisivo, mientras un suelo seco necesita determinada energía de compactación para vencer los rozamientos internos, entre partículas, el mismo suelo ligeramente húmedo precisará un menor esfuerzo, ya que el agua disminuye la fricción entre ellos.

A medida que se añade agua al suelo llegará un momento en el que ocupará los espacios vacíos del mismo. Por lo que aumentará el volumen y existirá mayor dificultad para evacuar el suelo y su compactación disminuirá.

Influencia de la energía de compactación:

Si tomamos un mismo suelo y estudiamos la relación humedad-densidad para distintas energías de compactación como es el CBR, observamos que el punto de humedad óptima varía en función de la energía que hayamos comunicado a la muestra.

Es así que suelos granulares bien graduados obtienen densidad máxima con poca humedad. Suelos arcillosos, limosos o formados por arena muy uniforme, indican gran dificultad de compactación.

Este ensayo toma el nombre del creador Ingeniero estadounidense R.R. Proctor

Con el cual se logra compactar una porción de suelo en un cilindro de volumen conocido y con una fuerza de compactación normada.

Con estos valores podemos identificar aunque no de manera exacta, pero sí muy aproximada la composición del material y establecer cómo estabilizarlo de acuerdo a sus características para determinar una mejor dosificación.

Mientras se realizó el ensayo de proctor podíamos observar que mientras mayor cantidad de agua tenía la muestra era más difícil compactarla. No obstante, una vez obtenida la humedad óptima era más difícil desmoldar. Es decir, el suelo alcanzaba una densidad máxima por lo que esta humedad nos determinaba la relación exacta de agua/arcilla para su compactación.

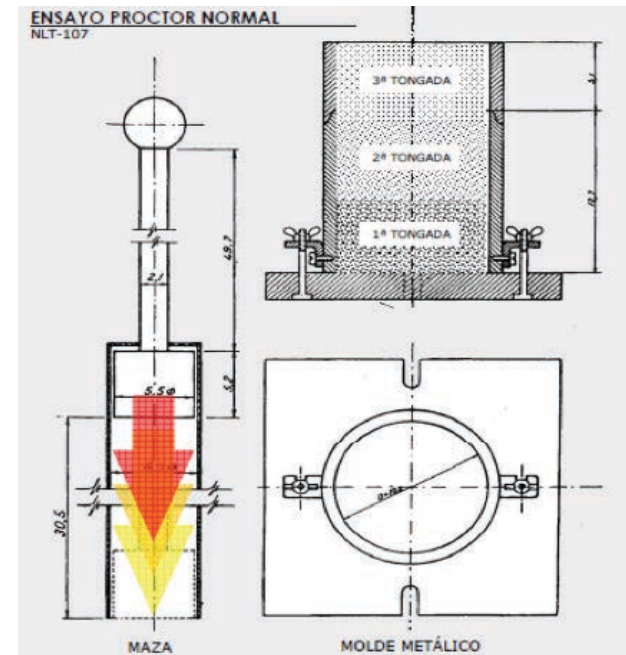


Imagen 172. Detalle de ensayo de proctor. Recuperado de Ing. Xavier Cárdenas.

$$Y = \frac{n \cdot N \cdot P \cdot H}{V}$$

Donde:

Y= energía a aplicar en la muestra de suelo
 n = número de capas a ser compactadas en el cilindro moldeado

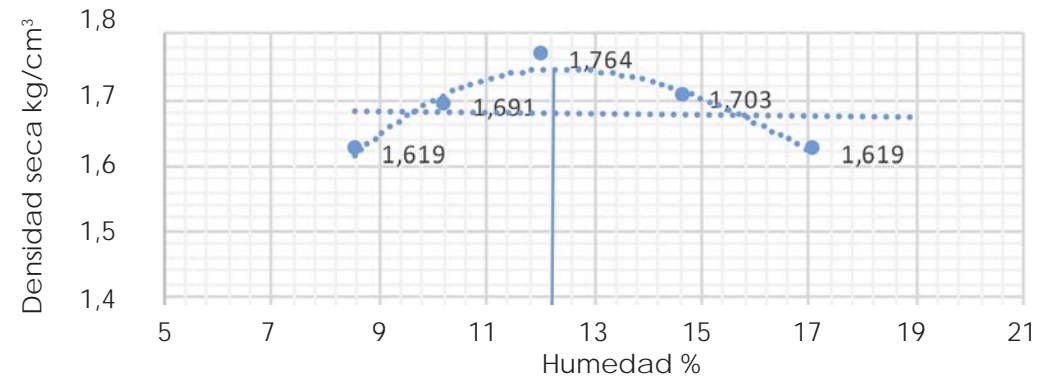


Imagen 173. Ensayo de proctor modificado por Flores, C. 2017.

N= número de golpes aplicados por capa
 P= peso del pisón
 H = altura de caída del pisón y
 V= Volumen del cilindro

El grado de compactación de un terreno se expresa con porcentaje respecto al ensayo Proctor, es decir, una compactación del 85% de Proctor Standard quiere decir que se alcanza el

Humedad óptima



Peso Unitario Máximo del suelo seco
 pd máx= 1,767
 Contenido óptimo de humedad
 wo= 12,54

Dibujo 20. Humedad óptima por Delgado, K.

Compactaciones recomendadas para rellenos secos sin previa compactación

N	Densidad en seco (kg/m³)	Compactación recomendada (prueba Proctor)
1	Menos 1400	-
2	Desde 1400 hasta 1600	95 - 100
3	Desde 1600 hasta 1760	95 - 100
4	Desde 1760 hasta 1920	90 - 95
5	Desde 1920 hasta 2080	90 - 95
6	Más de 2080	90 - 95

Tabla 70. Densidad de la arena por Delgado, K. 2017.



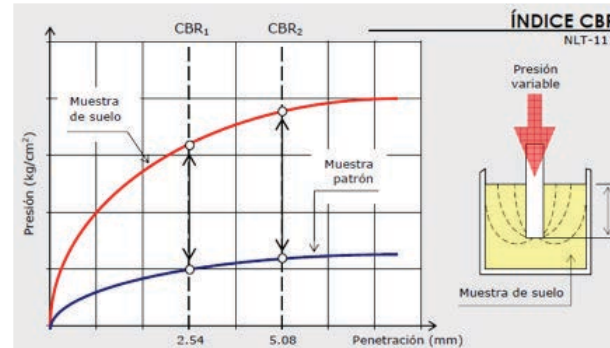
Resistencia del suelo o capacidad portante

La capacidad portante de un suelo puede definirse como la carga que este es capaz de soportar sin que se produzca asentamientos excesivos.

En carreteras el índice CBR es el más usado. Empleado por primera vez en California, calibrado empíricamente, basado en determinaciones previamente realizadas en distintos tipos de suelos y que han sido tabuladas y analizadas.

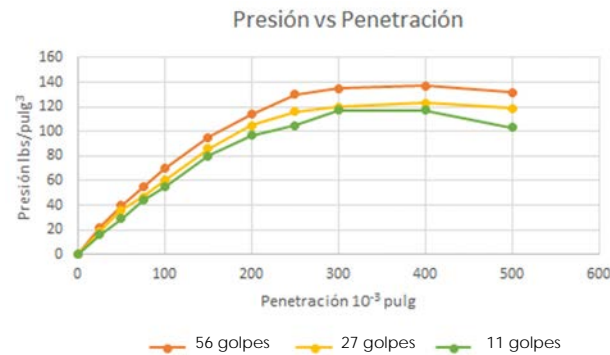
Es la relación entre la presión necesaria para que el pistón penetre en el suelo a una determinada profundidad, la necesaria para conseguir esa misma penetración en una muestra patrón de grava machacada, expresada en porcentaje.

$$CBR = \frac{\text{Presión en muestra problema}}{\text{Presión en muestra patrón}} \cdot 100$$

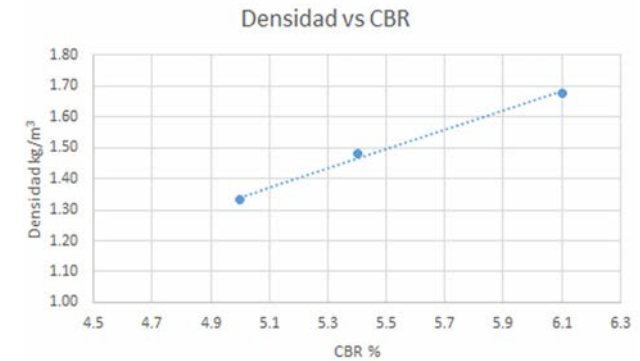


Peso Unitario Máximo del suelo seco
 $Y_d \text{ máx} = 1,68 \text{ kg/m}^3$
 Valor de C.B.R.
 C.B.R. = 6.1 %

Dibujo 65. Gráfico de índice CBR por Delgado, K. 2017.

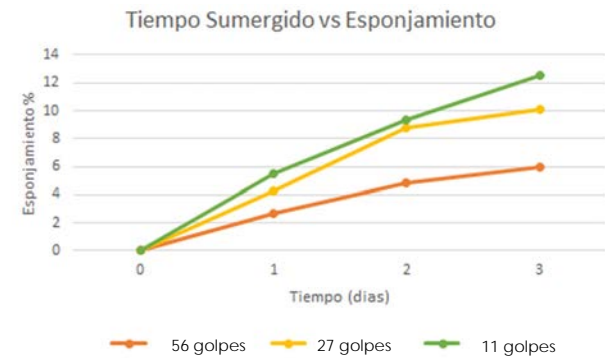


Dibujo 23. Gráfico de Presión vs Penetración, por Delgado, K. 2017.



Esponjamiento
 Espécimen 1 1.17 %
 Espécimen 2 1.29 %
 Espécimen 3 1.37 %

Dibujo 22. Densidad vs CBR, por Delgado, K. 2017.



Dibujo 24. Tiempo sumergido vs esponjamiento, por Delgado, K. 2017.

Según los ensayos de CBR, la presión corregida en lb/pulg² de los tres ensayos, es de 55 en relación a una presión estándar generada para tráfico de vehículos livianos, de 1000 lb/pulg², representa el **5.5%**, podríamos entender que con estos resultados es posible definir la estructura que se debe colocar en la parte inferior de la capa final del piso, que podría ser una posible línea nueva de investigación.

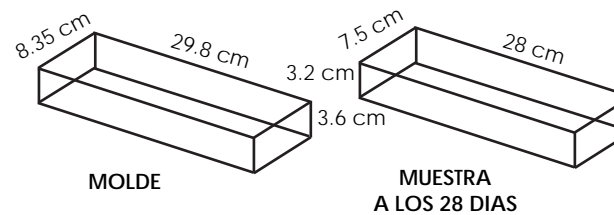
Ensayo de retracción de la muestra:



Imagen 174. Prueba de humedad estrato arenoso por Delgado, K. 2017.

Como se observa en la imagen 174, se realizaron dos ensayos de retracción iniciales para comprender el comportamiento al secado del material.

Muestra 01



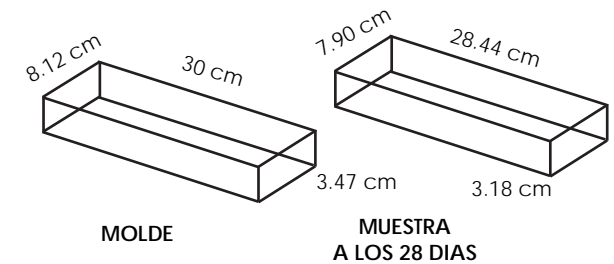
Dibujo 29. Curva de distribución granulométrica. Recuperado de: Braja M. Das

Con la humedad del proctor se decide realizar los ensayos de retracción, colocando en 500 gr la humedad de **12,54%** y dejándolo secar por 28 días consecutivos, midiendo las retracciones a los 14 y a los 28 días.

La muestra 01, representa una retracción del **18.60%**, con la mayor cantidad de retracción generada en la medida longitudinal.

Cabe recalcar que esta muestra fue realizada con arcilla que pasa la malla 200, microscópicamente, se observan fisuras, pero directamente no se ven tales fisuras, por el contrario parece ser una muestra compacta.

Muestra 02



La retracción de la muestra 02, tiene una retracción del 15.47% en su volumen, al igual que la anterior, microscópicamente se observan unas fisuras muy pequeñas que deben intentar ser corregidas para evitar la erosión de las piezas.

En total, la retracción calculada para la relación agua/arcilla, es 8/1, es decir el **17.038%** que es significativa si se usa como una sola masa para el piso, por lo que el uso de las fibras y arena evitaría en cierto modo las fisuras, ya que podríamos graduar la retracción por granulometría.

Debido a la retracción que presenta el material, se debe agregar arena y paja, que nos ayudaran a controlar la retracción y a formar una estructura más homogénea.



Conclusiones:

- Las propiedades que contiene un piso, se define por los materiales seleccionados.
- Las propiedades ambientales de la fabricación de pisos de tierra tiene muchas ventajas ante otros, debido a que reduce la contaminación producida por la extracción y transportación de materiales.
- Las tres características principales de un piso de tierra son:
Recuperación de técnicas ancestrales
Reducción de la huella ecológica
Auto construcción
- En comparación con los materiales más comunes utilizados en el medio como el hormigón, ladrillo, cerámica y gres, el costo de auto producción reduce el precio y el utilizar el material de la zona, reduce el costo de transporte.
- Por la tradición tanto del uso de la cerámica, como el ladrillo y el gres, tienen más años en la industria y se ha logrado generar formatos de acuerdo a las necesidades del cliente, que en el caso de nuestra investigación, se podría generar formatos, pero depende el uso que se

dará para poder encontrar las mejores dimensiones que soporten cargas o requerimientos constructivos.

- La resistencia a la flexión del ladrillo es menor a la resistencia de la pieza de arcilla, esto se debe al uso de las fibras.

- Para poder dosificar las muestras, se necesita conocer la cantidad de arcilla, la densidad de los materiales y los límites.

- Para estructurar la capa de subsuelo, se necesita los ensayos de compactación y cbr.

- Se necesita un control en la retracción del material, debido a que si va a ser tendido como el hormigón, podría presentar fisuras.

- El uso de la arcilla en el medio local, es muy común, por lo que la fabricación de pisos de tierra es factible dependiendo las características de cada arcilla.

- Es importante conocer el medio en el que se está trabajando, el propósito de esta investigación, es generar un piso para que la gente que se encuentra en el campo sea capaz de poder auto construirlo y con el dinero que se ahorra,

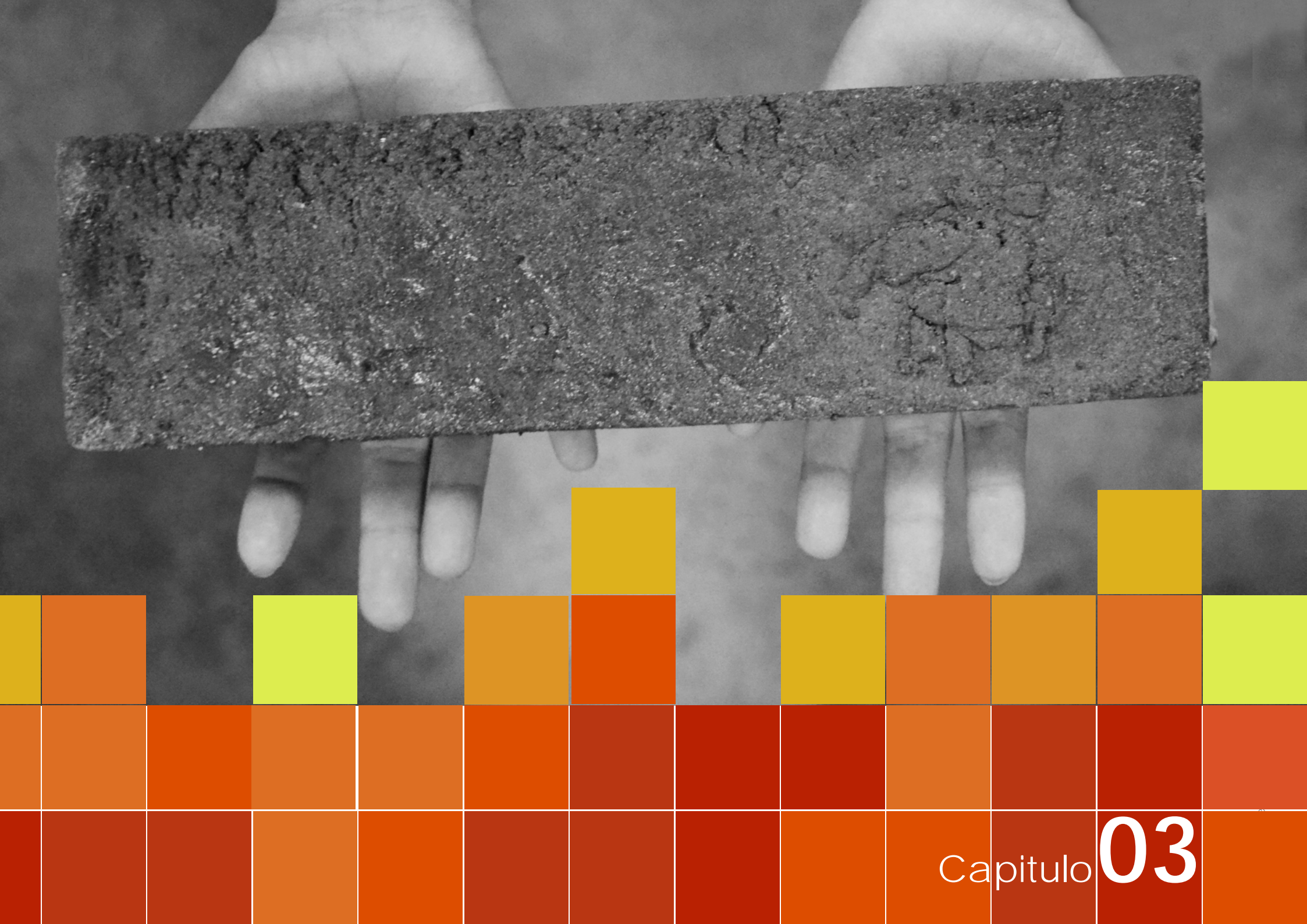
poder terminar con los demás componentes de su vivienda.

- A pesar de que los pisos de tierra han funcionado en la antigüedad, en Cuenca, el único caso de estudio que se encontró, no presentaba todas las características adecuadas para que pueda funcionar bien.

- Las dimensiones de las cerámicas nos pueden ayudar a entender, que si obtenemos buenas mezclas. el resultado también puede funcionar en diferentes dimensiones, todo depende de la estructura del piso y el uso que se va a generar.



Imagen 175. Colocación de aislante para pisos, por Reay & Thomson, 2014.



Capitulo **03**

Diseño, Dosificación, Experimentación y Presupuesto

Introducción		ción de humedad 2	
3.2 Putas de diseño.	184	3.5.2 Ensayo: Norma INEN 2 198 - Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a las manchas y agentes químicos.	218
3.3 Diseño de prototipo autoconstruible.	185	3.6 Elaboración de cuadro resumen de ventajas y desventajas de prototipos.	224
3.3.1 Dosificación del prototipo.	185	3.7 Comparación de materiales, precios, formatos y presupuestos de la oferta local.	228
3.4 Ensayos físicos de dosificaciones.	188	3.7.1 Precio investigados en la oferta local.	228
3.4.1 Norma NTE INEN 488:2009, morteros de 50 mm de arista.	188	3.7.2 Presupuesto de piso con cabuya y aceite de linaza.	233
3.4.2 Ensayos a compresión de dosificaciones.	192	3.7.3 Presupuesto de piso con cabuya y cola de guagra.	234
3.4.3 Ensayos a compresión de dosificaciones con un día de reposo:	201	3.7.4 Presupuesto de piso con cabuya y aceite de linaza (auto construcción).	244
3.4.4 Ensayo de retracción de muestras.	205	3.8 Presupuesto del modelo final y comparación.	254
3.4.5 Preparación de la mezcla para 1 m ²	206	3.9 Conclusiones.	256
3.4.6 Construcción de modelo a escala	207		
3.4.7 Pulido	210		
3.4.8 Aplicación de sellantes.	211		
3.4.9 Ensayo: Norma INEN 2 190 - Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de baldosas sin esmalte.	213		
3.5 Análisis de propiedades químicas del material seleccionado	216		
3.5.1 Ensayo: Norma INEN 1576 - Determinación de absor-	216		

3.1 Introducción

El Austro Ecuatoriano es un claro referente en la utilización de tierra como material constructivo, (referencia) el cual se puede encontrar en zonas urbanas hasta llegar a las rurales, a pesar que en las últimas décadas se ha dejado este material de lado por la utilización de sistemas constructivos convencionales, cabe recalcar que el conocimiento basado en la experiencia es de gran importancia para un análisis técnico, ya que es el punto donde la practica se entrelaza con la ciencia para generar un entendimiento de los saberes ancestrales, dando pautas para mejorar sus propiedades .

La mejora de un sistema constructivo requiere de un arduo estudio de sus características, siendo necesario el conocimiento de sus propiedades físicas y químicas, de manera que es imprescindible desarrollar pruebas de laboratorio.

Se determina cuales van a ser los materiales que se van a usar en construcción del prototipo de tierra pulido, para proceder a encontrar esa dosificación ideal del mismo.

3.2 Pautas de diseño

El diseño de un piso debe abarcar ciertos lineamientos y criterios que brinda la normativa, para asegurar la resistencia y durabilidad. De esta forma se obtiene directrices para la propuesta del diseño del prototipo.

3.2.1 Marco Normativo

Para la concreción del diseño se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas que dictamina cada norma. Pero luego de una larga búsqueda de normativas para pisos de tierra, tanto locales y extranjeras no se pudo encontrar ninguna que avalé los requisitos para desarrollar un este tipo de pisos.

3.2.2 Dosificación de las muestras.

En la dosificación estableceremos las proporciones apropiadas de los materiales que componen el prototipo, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas .

3.2.3 Estudio de las muestras

El análisis de la dosificación del prototipo cualitativo y cuantitativo de las características físicas y

químicas tales como la consistencia de la mezcla, resistencia y retracción.

3.2.4 Ensayos de laboratorio.

Este tipo de análisis generan resultados cuantitativos que constituyen una referencia exacta para la elección de la dosificación, apta para el desarrollo del prototipo, además de determinar las deficiencias que se debe mejorar posteriormente.



3.3 Diseño de prototipo de piso auto construible.

3.3.1 Dosificación del prototipo.

Con la ayuda del Ing. Químico William Lema, quién nos guió en el proceso de dosificación se puede comprender que todos los elementos que se sumen en la mezcla, tienen que conformar el 100%, basándonos en la relación Agua / Arcilla, ver tabla 71.

Relación agua /arcilla			
	Agua	Arcilla	Total
Mínimo (Limite plástico)	23%	77%	100%
Máximo (Limite Líquido)	60%	40%	100%

Tabla 71. Relación agua / arcilla, según limite líquido y limite plástico del material. Delgado, K. (2017).

La relación obtenida con los extremos en límite líquido y límite plástico. A partir de esta relación se fue agregando materiales de la composición como, arena y fibra, tomando en cuenta en primer lugar que el agua y arcilla conformarán el 50% de la mezcla, la fibra el 12% recomendado por Reay & Thomson (2014), ver gráfico 01.

Dosificaciones de muestras iniciales						
	No	Agua	Arcilla Seca	Arena Seca	Fibra	Observaciones
Mínimo (Limite plástico)	1	11.50 %	38.50 %	44 %	6 %	Muestra muy seca
	2	16.13 %	33.88 %	42 %	8 %	Muestra maleable
	3	20.75 %	29.25 %	41 %	9 %	Muestra homogénea
Máximo (Limite Líquido)	4	25.38 %	24.63 %	40 %	10 %	Muestra un poco húmeda
	5	30.00 %	20.00 %	38 %	12 %	Muestra líquida y difícil de compactar

Tabla 72. Dosificaciones iniciales realizadas agregando arena y fibra a la mezcla. Delgado, K. (2017).

Después de realizar estas dosificaciones y determinar si los límites están bien definidos, si las muestras son manejables, observamos que el porcentaje de paja era muy elevado, y que las muestras dos, tres y cuatro son las que mejor se comportaban, ver tabla 72, aunque el porcentaje de arena se veía muy alto decidimos realizar cubos con estas dosificación y observar su comportamiento.

Debido a la gran cantidad de fibra que se desperdiciaría, se pesó una cantidad igual a 6 gr para poder sacar nuevos porcentajes y así realizar una corrección de las mezclas, intentando acercarnos al menor porcentaje de error. Es decir los gramos restantes de la fibra que no se colocó se repartió en porcentajes proporcionales en cada una de los componentes de la mezcla para lograr una suma de los componentes equivalente al 100%.

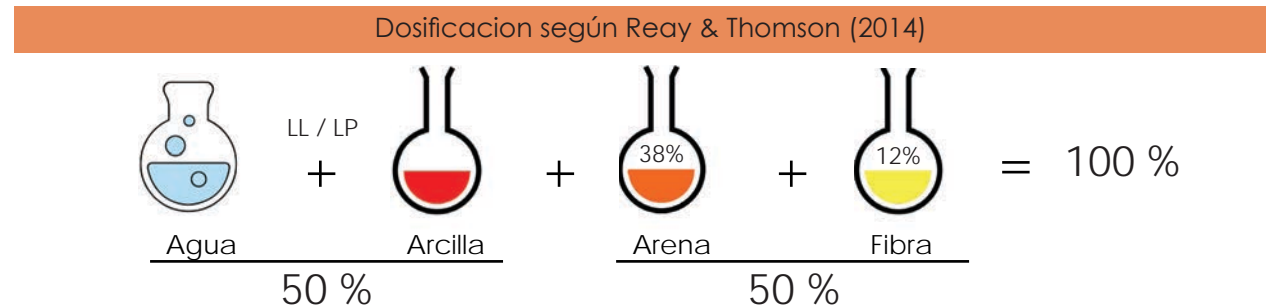


Gráfico 01. Explicación de proporción de materiales utilizado para la dosificación de la mezcla. Delgado, K. (2017).

Después de la corrección de fibras, se fue cambiando por reglas de tres las dosificaciones para disminuir la cantidad de arena y equilibrar con la arcilla.

Así obtenemos la dosificación cercana a la ideal de la muestra con nuestro piso que tuvo que ser mejorada con los porcentajes adecuados de arena y fibras, ver tabla 73.

Aproximación a dosificación ideal

Agua	Arcilla	Arena	Fibra
30%	40%	25%	5%

Tabla 73. Dosificación ideal encontrada para el material de sitio. Delgado, K. (2017).

El porcentaje de la fibra varía de acuerdo a la fibra que se elige y las dimensiones del piso, las dosificaciones cambian de acuerdo al tipo de arcilla y características de cada material.

Se ensayaron cubos en diferentes proporciones por lo que es importante analizar el comportamiento de cada uno en diferentes días de secado, ver imagen 175, 176 y 177.

La proporción ideal alcanzada en los ensayos de las muestras es del 70% relación agua / arcilla ver gráfico 02, que nos ayuda a tener más resistencia, menor disgregación y sobre todo mejor comportamiento a varios días de secado.

A continuación se presentan los cuadros de resumen, donde podremos observar el comportamiento de secado de cada muestra y las consideraciones que se tomaron en cuenta para ir cambiando las mezclas hasta encontrar la más adecuada.



Imagen 175. Cubo realizado de tierra con cemento después de la resistencia a la compresión por Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 176. Cubo realizado de tierra con cascarilla de arroz después de la prueba de resistencia a compresión por Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 177. Cubo realizado de tierra con residuos de ladrillo después de la prueba de resistencia a compresión por Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Dosificación

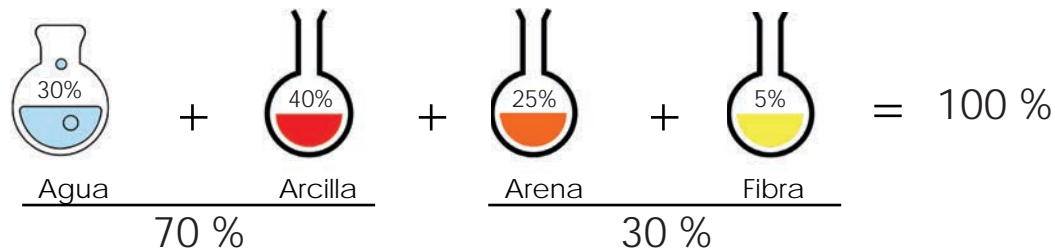


Gráfico 02. Explicación de proporción de materiales utilizado para la segunda dosificación de la mezcla. Delgado, K. (2017).



Imagen 178. Muestras a ensayar a compresión por Delgado, K. y Flores, C. (2017).

3.4 Ensayos físicos de dosificaciones

Una vez dosificada la muestra se puede elaborar los ensayos con el fin de determinar la resistencia a la compresión del prototipo se tomo en cuenta la siguiente norma:

3.4.1 NTE INEN 488:2009, morteros de 50 mm de arista

Método utilizado para la resistencia a la compresión de morteros:

Deben ser ensayados a 23 °C +/- 3 °C. Es necesario obtener una fluidez de 110 °C +/- 5 °C en 25 caídas de la mesa de fluidez.

Los cubos son apisonados en dos capas. Cubos curados un día en sus moldes y luego desencofrados y sumergidos en agua saturada con cal hasta ser ensayados.

Debido a que el siguiente procedimiento se aplica en morteros fabricados con cemento se modifica, la fluidez y sumergir en agua saturada con cal, porque generaría la desintegración total de la mezcla.

Equipo:

- **Masas y balanzas (Norma ASTM C 1005)**

- **Probeta de vidrio graduadas**, para medir el agua de mezclado en una sola operación y suministrar el volumen indicado con una precisión de $\pm 2 \text{ cm}^3$ a 20 °C y subdivisiones cada 5 cm^3 .

- **Moldes para especímenes:** Moldes de metal determinados en la norma y las variaciones permisibles en la tabla 1 de la normativa.

- **Mezcladora, tazón y paleta:** Mezcladora mecánica, en nuestro caso no será usada por el tipo de mezcla, no se aplica debido a que la mezcladora es muy dócil y al colocar una mezcla pesada de tierra provocaría daños en la mezcladora.

- **Pisón:** debe ser de un material no absorbente, ni abrasivo ni quebradizo de acuerdo a la normativa con una sección transversal de alrededor 13 mm x 25 mm y una longitud conveniente de 120 mm a 150 mm.

- **Espátula**

- **Máquina de ensayo con precisión de $\pm 1\%$**

Procedimiento:

- Cubrir con una capa delgada de agente desencofrante los moldes, pueden ser aceites o grasas.

- Calcular los materiales de acuerdo a las dosificaciones entre 6 y 9 especímenes, observar la fluidez con porcentajes variables de agua.

- Compactar el mortero en los moldes.

- Apisonado manual, el llenado debe darse en 2 minutos y 30 segundos en dos capas y apisonar 32 veces alrededor de 10 segundos en 4 rondas.

Para la resistencia in situ, la norma formula procedimientos para las pruebas de campo. El resultado de los ensayos es válido en al menos dos ensayos de la misma muestra. En la mayoría de casos se realizan a los 28 días.

El promedio de las pruebas de resistencia la probabilidad de que las pruebas de resistencia individual sean inferiores a la especificada es de aproximadamente el 10%.



Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, los cilindros se cabecean con mortero de azufre o con almohadillas de neopreno, que se debe aplicar dos horas antes o mínimo un día antes de la prueba.

Ensayar las muestras de acuerdo a la tolerancia admisible para la edad de ensayo de cubos.

La resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$f_m = \frac{P}{A}$$

f_m = resistencia a la compresión en MPa.

P = Carga total máxima de la falla, en N.

A = Área de la sección transversal del cubo a la que se aplica la carga, en mm². Es preferible usar el área nominal si no varía en más del 1,5%.

La resistencia a la compresión puede variar desde 17 MPa para concreto residencial hasta 28 MPa y más en estructuras comerciales.

El siguiente gráfico 03, representa la distribución

de los golpes en las muestras para realizar los ensayos.

en el laboratorio, excepto en cantidades de agua de amasado recomendada en la norma.

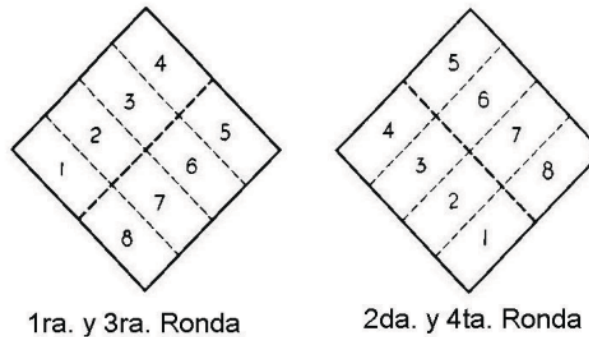


Gráfico 03 . Distribución de golpes para ensayo de cubos a compresión. Delgado, K. Flores, C. (2017).

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para que la muestra cumpla con la especificada del proyecto.

Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa (173.35kg/cm²) a 28 MPa (285.521kg/cm²) en estructuras comerciales en morteros, como recomienda la norma es preferible no modificar la dosificación determinada

Teniendo en consideración la resistencia a la compresión de morteros encontramos la siguiente tabla de la norma ASTM para morteros ver tabla 74, la mínima resistencia esta en 2,4 MPa a los 28 días, es decir 24,47 kg/cm² y la máxima de 17,2 MPa o 175,39 kg/cm², es decir que el resultado obtenido en la estabilización del material se consiguió 29 kg/cm² que esta dentro del rango de la norma y cumple con lo especificado.

Hay que recalcar que este es un primer acercamiento hacia el desarrollo de esta técnica en el uso de pisos, debido a que se toma en consideración la retracción como elemento importante y determinante de la mezcla.

Si se agrega más arcilla en los componentes seguramente la mezcla presentaría mayor resistencia, incluso en el caso del ladrillo el mantenerlo a altas temperaturas es un factor que mejora su composición, debido a los requerimientos constructivos nuestras mezclas no son sometidas a cocción, se usan fibras naturales y se intenta encontrar la menor retracción para poder colocar como una losa de concreto.

Tabla de especificación por propiedades.

Mortero	Tipo	Resistencia promedio a la compresión a 28 días, min, (MPa)	Retención de agua, % min	Contenido de aire, % max ^B	Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta)
Cemento y cal	M	17,2	75	12	No menos que 2¼ y no más que 3½ veces los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 ^C	
	O	2,4	75	14 ^C	
Cemento para mortero	M	17,2	75	12	
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 ^C	
	O	2,4	75	14 ^C	
Cemento para mampostería	M	17,2	75	18	
	S	12,4	75	18	
	N	5,2	75	20 ^D	
	O	2,4	75	20 ^D	
<p>^A Únicamente morteros preparados en laboratorio (ver la nota 6). ^B Ver la nota 7. ^C Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser 12%. ^D Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento con mampostería, el contenido máximo de aire debe ser 18%.</p>					

Tabla 74. Especificación de mezclas de morteros de acuerdo a las propiedades de cada uno. Recuperado de Normativa ASTM.



3.4.2 Ensayos a compresión de dosificaciones

Debido a la corrección de la fibra se logra un acercamiento para desarrollar las mejores mezclas , ver tabla 75 y imagen 178.

Con esta corrección se realizo cada una de las mezclas con cubos de 5 cm x 5 cm x 5 cm para ser observadas a los 7, 14 y 28 días, manteniendo la relación de agua/arcilla al 50%, ver tabla 76.

Tomando en cuenta todas las recomendaciones en la norma se procede al ensayo con diferentes relaciones entre arena y fibra.



Imagen 178. Cubo realizado con cabuya, aquí se observa la excesiva cantidad de arena. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Porcentajes corregidos de la fibra con las muestras iniciales						
	Agua	Arcilla SSS	Arena SSS	Fibra	Error	Observaciones
Mínimo (Limite plástico)	17.30 %	36.30 %	45.00 %	1.40 %	0.005 %	Muy seco
	22.50 %	31.70 %	44.40 %	1.40 %	0.005 %	Maleable
Máximo (Limite Liquido)	27.80 %	26.90 %	43.80 %	1.50 %	0.005 %	Maleable
	34.00 %	22.00 %	42.00 %	2.00 %	0.008 %	Difícil de compactar

Tabla 75. Porcentaje corregido en cuanto a primeras muestras de cantidad de paja colocada . Delgado, K. (2017).

Dosificaciones generales para encontrar mejor relación agua / arcilla					
Muestra #	Agua	Arcilla	Arena	Fibra	Relación agua/arcilla
5	0.225	0.317	0.444	0.015	0.709
6	0.243	0.302	0.441	0.018	0.805
7	0.234	0.309	0.443	0.017	0.756
8	0.230	0.313	0.443	0.016	0.732
9	0.227	0.315	0.444	0.014	0.721
10	0.226	0.316	0.444	0.014	0.715

Relación escogida

Tabla 76. Dosificación de las muestras, buscando una mejor trabajabilidad . Delgado, K. (2017).

Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla - Cabuya)

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
20/12/2016	05/12/2016	14 días	50%	213.18	5.06	4.91	5.10	213.18	596	23.99	09:30	57.60
20/12/2016	28/11/2016	8 días	50%	216.64	5.10	4.88	5.18	216.64	541	21.74	16:00	57.85
20/12/2016	28/11/2016	8 días	55%	208.73	4.87	5.16	5.20	208.73	504	20.06	15:45	57.45
20/12/2016	12/12/2016	31 días	50%	217.81	5.16	5.18	5.13	217.81	610	22.82	16:10	57.12
20/12/2016	05/12/2016	14 días	55%	225.15	5.06	5.07	5.11	225.15	583	22.73	9:00	57.15
20/12/2016	05/01/2017	31 días	50%	219.09	5.06	5.08	5.11	219.09	611	23.77	16:10	56.89
20/12/2016	15/01/2017	42 días	50%	205.91	5.09	5.02	5.03	205.91	461	18.04	10:30	57.45
20/12/2016	15/01/2017	42 días	55%	202.30	4.97	4.97	5.01	202.30	424	17.17	11:00	57.56

Relación Agua / arcilla 0,715

 Mejor muestra - Retracción 1.36 %

Tabla 77. Tabla de ensayos a compresión de cubos preparados en el laboratorio al 50% de relación agua / arcilla. Delgado, K. (2017).

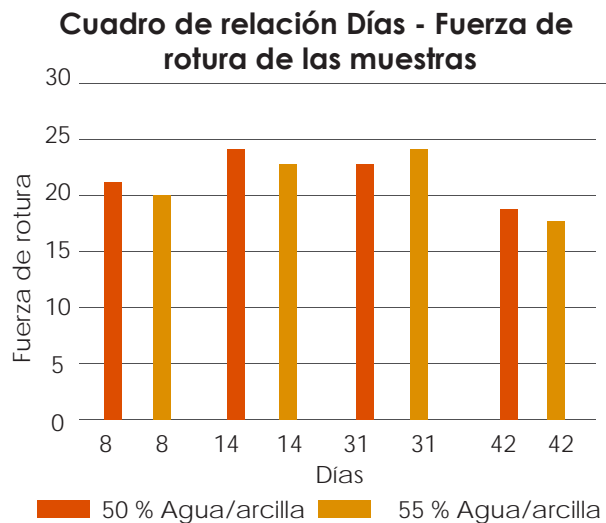


Tabla 78. Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura. Delgado, K. (2017).



Imagen 179. Cubos de ensayo a compresión relación al 50%. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Observaciones: Se observa que la resistencia se reduce en un porcentaje significativo después de los 28 días de secado y a temperatura constante, esto se da debido a que cuando se seca la mezcla se disgrega, por el porcentaje de arena que contiene, ver tabla 77 y 78.

En el análisis del microscopio se observan pequeñas fisuras que serían las que se van a llenar con ceras o aceites para lograr una mejor superficie. El tamaño de la fisura más grande es aproximadamente de 1/2 micra.

Gran parte de las fisuras se encuentran cruzadas con la cabuya que es un aporte positivo al comportamiento de la mezcla. ver imagen 179.



Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla - Ladrillo-Cascarilla de arroz)

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones			Peso Volumétrico (gr/cm³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm2)	Hora	Humedad relativa %
					(a)	(b)	(c)					
29/11/2016	06/12/2016	07 días	57%	217.46	5.01	5.01	4.97	217.46	295	11.75	09:30	56.89
29/11/2016	06/12/2016	07 días	57%	216.69	5.01	5.01	4.91	216.69	299	11.94	16:00	57.45
29/11/2016	13/12/2016	14 días	57%	215.19	5.03	5.03	4.92	215.19	375	14.82	16:30	57.56
29/11/2016	24/12/2016	28 días	57%	214.40	5.01	4.98	4.95	214.40	453	18.16	11:00	57.30
29/11/2016	24/12/2016	28 días	57%	212.86	4.99	4.99	4.98	212.86	442	17.75	12:00	56.90
29/11/2016	13/12/2016	14 días	57%	206.87	4.94	5.05	5.07	206.87	325	13.03	12:16	57.57

Tabla 79. Tabla de ensayos a compresión de cubos preparados en el laboratorio al 57% de relación agua / arcilla. Delgado, K. (2017).

Mejor muestra - Retracción 1,19%

Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura de las muestras

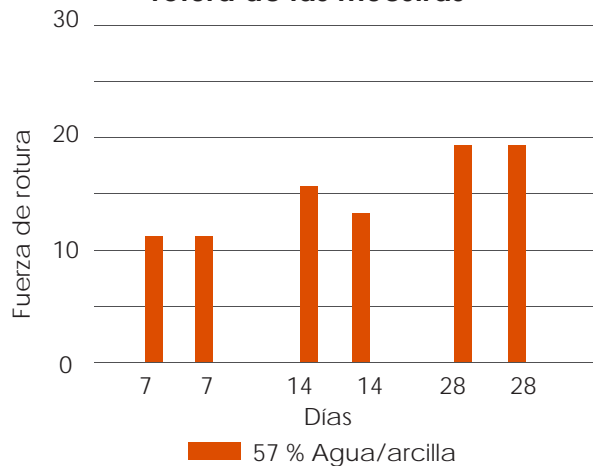


Tabla 80. Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura. Delgado, K. (2017).



Imagen 181. Cubos de ensayo a compresión relación al 57%. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Observaciones: Las siguientes muestras se fueron probando con diferentes proporciones intentando observar como se comportan en cuanto a la trabajabilidad y consistencia, pero como se muestran en los resultados la resistencia promedio alcanzada a los 28 días, es de 24 % menos de las obtenidas con el 50% de relación agua / arcilla, ver tabla 79 y 80.

Hay que tener en consideración que en estas muestras la relación agua / arcilla presenta mucha agua y arena que al secarse deja demasiada cantidad de vacíos los mismos que provocan agrietamiento y esta debilidad en la resistencia a la compresión, ver imagen 180.

Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla - Cabuya-2% Cemento)

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
02/12/2016	09/12/2016	07 días	60%	204.76	4.93	4.91	4.71	1.80	343	14.17	09:30	56.89
02/12/2016	16/12/2016	14 días	60%	208.85	4.95	4.88	4.84	1.79	431	17.84	16:00	57.00
02/12/2016	09/12/2016	07 días	60%	210.77	4.92	4.92	4.93	1.77	334	13.80	10:00	57.43
02/12/2016	16/12/2016	14 días	60%	207.02	4.93	4.91	4.80	1.78	403	16.65	11:45	57.70
02/12/2016	16/12/2016	14 días	60%	206.47	5.01	4.98	4.76	1.74	404	16.19	12:00	56.54
02/12/2016	04/11/2017	28 días	60%	203.83	5.01	4.99	4.75	1.72	425	17.04	09:00	57.45
02/12/2016	04/11/2017	28 días	60%	206.98	5.01	4.92	4.98	1.69	422	17.12	09:15	57.56

Tabla 81. Tabla de ensayos a compresión de cubos preparados en el laboratorio al 60% de relación agua / arcilla. Delgado, K. (2017).

Mejor muestra - Retracción 0.98 %

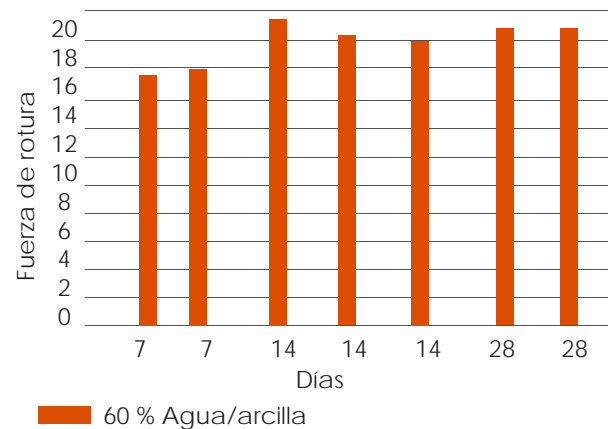
Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura de las muestras


Tabla 82. Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura. Delgado, K. (2017).



Imagen 182. Cubos de ensayo a compresión relación al 60%. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Observaciones: En esta mezcla se aumento la relación agua/arcilla hasta el 60%, dando como resultado que la trabajabilidad esta mejorando a comparación de la mezcla al 57%, pero aun no se convierte en una masa homogénea debido a la excesiva presencia de arena. En este caso la resistencia a compresión de la mezcla al 60% disminuyo en un 28.9% a diferencia de la mezcla al 50%, ver tabla 81 y 82.

Los cubos realizados con la mezcla después de desmoldar, estos estaban llenos de porosidades y grietas a visibles a simple vista, posiblemente debido a la falta de agua y la falta de arcilla en la mezcla, ver imagen 182.



Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla - Cascarilla de arroz)

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
22/12/2016	02/12/2016	10 días	67%	221.16	5.08	5.09	5.13	1.67	668	25.83	16:00	57.12
22/12/2016	09/12/2016	17 días	67%	221.89	5.07	5.09	5.11	1.68	510	19.76	15:15	57.00
22/12/2016	06/01/2017	35 días	67%	222.53	5.05	5.04	5.07	1.72	703	27.62	15:30	57.35
22/12/2016	02/12/2016	10 días	62 %	208.66	5.05	5.11	5.13	1.58	520	20.15	16:00	57.00
22/12/2016	19/12/2016	17 días	62%	231.34	5.03	5.03	5.11	1.79	598	23.64	9:00	57.60
22/12/2016	02/12/2016	10 días	67%	211.39	4.98	5.00	5.05	1.68	605	24.30	16:15	57.45
22/12/2016	19/12/2016	17 días	62%	220.92	4.99	5.04	5.17	1.70	637	25.33	15:50	57.56
22/12/2016	06/01/2017	35 días	62%	210.51	4.97	5.01	5.08	1.66	685	27.51	15:45	56.90

Tabla 83. Tabla de ensayos a compresión de cubos preparados en el laboratorio al 67% de relación agua / arcilla. Delgado, K. (2017).

Mejor muestra - Retracción 0.98 %

Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura de las muestras

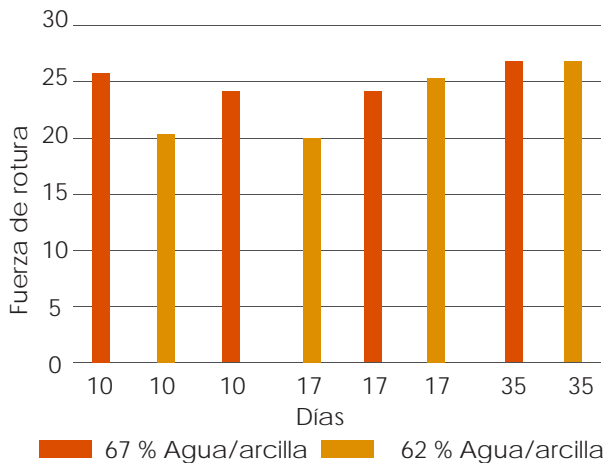


Tabla 84. Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura. Delgado, K. (2017).



Imagen 183. Cubos de ensayo a compresión relación al 67% . Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Observaciones: Se fueron aumentando las muestras en dosificaciones al 62% y 67% , se fueron ensayando entre 10 y 35 días, al aumentar la cantidad de arcilla en las muestras también aumenta la resistencia, consiguiendo la resistencia máxima pasando los 28 días y manteniéndose uniforme. ver tabla 83 y 84.

Las muestras ensayadas no se disgregan tan fácilmente, son mucho más consistentes por lo que significa que la arcilla con la arena se están comportando de manera homogénea, ver imagen 183.

Los ensayos dan como resultado que la dosificación al 62 % y 67% aumentando un 15.13 % a comparación de las muestras inicial de relación agua /arcilla al 50%.

Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla - Cabuya)

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
01/12/2016	07/12/2016	06 días	70%	222.9	5	5.02	4.95	1.79	521	20.76	09:30	57.12
01/12/2016	24/12/2016	14 días	70%	219.73	5.04	4.9	4.98	1.82	483	19.56	15:00	57.85
01/12/2016	14/12/2016	14 días	65%	204.17	4.93	4.96	4.61	1.81	528	21.59	12:30	56.89
01/12/2016	11/01/2017	41 días	65%	216	5.11	4.85	4.99	1.75	589	23.77	16:00	57.45
01/12/2016	07/12/2016	6 días	65%	228.11	5.01	5	4.92	1.85	457	18.24	09:45	57.56
01/12/2016	29/12/2016	28 días	70%	218.56	4.92	4.98	4.94	1.81	686	28.00	17:00	56.90
01/12/2016	29/12/2016	28 días	65%	224.38	5.02	5	5	1.79	669	26.65	17:10	57.35
01/12/2016	11/01/2017	41 días	65%	215	5.02	4.98	4.98	1.76	589	23.99	16:00	57.56

Mejor muestra - Retracción 3.16 %

Relación Agua / arcilla 0,709

Tabla 85. Tabla de ensayos a compresión de cubos preparados en el laboratorio al 67% y 70% de relación agua / arcilla. Delgado, K. (2017).

Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura de las muestras

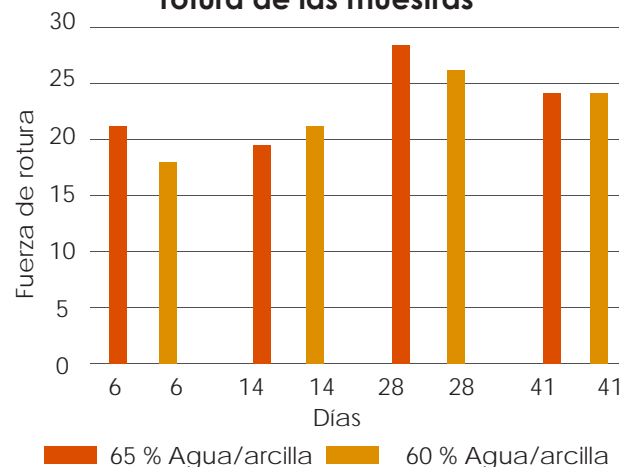


Tabla 86. Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura. Delgado, K. (2017).



Imagen 184. Observación microscópica de cubos de relación al 70%. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Observaciones: Se puede ver que la resistencia a los 28 días de la mezcla al 65% se reduce en un 9.98 % a los 41 días, esto se da debido a que cuando se seca la mezcla se disgrega muy poco, por el porcentaje de arena que contiene, ver tabla 85 y 86.

En el análisis del microscopio de la mezcla al 70% se observan pequeñas microfisuras que serían las que se van a llenar con ceras o aceites para lograr una mejor superficie. El tamaño de la fisura más grande es aproximadamente de 1/2 micra, ver imagen 184.

Gran parte de las fisuras se encuentran cruzadas con la cabuya que es un aporte positivo al comportamiento de la mezcla.



Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla - Ladrillo-Cascarilla de arroz)

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
27/11/2016	04/12/2016	07 días	73%	171.78	4.77	4.63	4.65	1.67	289	13.09	09:30	56.89
27/11/2016	11/12/2016	14 días	73%	168.17	4.71	4.65	4.65	1.65	385	14.58	16:00	57.45
27/11/2016	24/12/2016	28 días	73%	167.30	4.73	4.62	4.73	1.62	413	18.90	16:30	57.56
27/11/2016	06/12/2016	14 días	70%	188.11	4.91	4.43	4.91	1.76	522	21.65	11:00	57.30
27/11/2016	06/12/2016	27 días	73%	183.45	4.98	4.45	4.71	1.76	685	29.20	12:00	56.90
27/11/2016	17/01/2017	41 días	73%	180.21	5.07	4.08	4.08	1.71	414,5	20.00	12:16	57.57
27/11/2016	17/01/2017	41 días	73%	183.40	5.01	4.07	4.07	1.87	332,12	17.00	09:00	57.45
27/11/2016	16/01/2017	40 días	73%	182.40	4.98	3.99	3.99	1.94	509,56	27.00	09:15	57.56

Relación Agua / arcilla 0,709

Mejor muestra - Retracción 16,49%

Tabla 87. Tabla de ensayos a compresión de cubos preparados en el laboratorio al 73% de relación agua / arcilla. Delgado, K. (2017).

Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura de las muestras

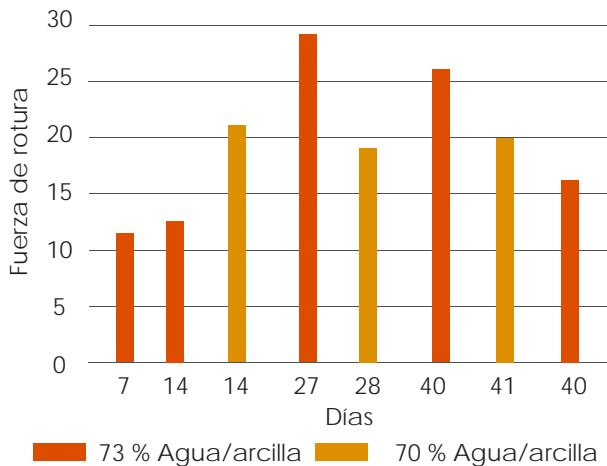


Tabla 88. Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura. Delgado, K. (2017).



Imagen 185. Cubos de ensayo a compresión relación al 73%. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Después de varios ensayos logramos obtener una dosificación adecuada entre el 70 y 73% relación agua / arcilla = 0,709, dando buena resistencia a compresión aumentando un 21.71% a comparación de la mezcla del 50%. Además en cuanto a su trabajabilidad presenta una facilidad de mezcla, cuando se agrega la cabuya se infla y la mezcla no se vuelve difícil de manejar, pero se debe tener cuidado en la compactación para no generar espacios vacíos, ver tabla 87 y 88.

Aun así al ensayar las muestras podemos observar una buena composición, que microscópicamente no muestran muchas fisuras y el secado no genera mucha retracción, ver imagen 185.

Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla -Acerrín)

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumetrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
05/12/2016	20/12/2016	07 días	73%	169.79	4.91	4.92	4.80	1.62	455	18.33	10:30	56.89
05/12/2016	20/12/2016	14 días	73%	165.76	4.92	4.96	4.70	1.66	465	19.05	10:45	57.45
05/12/2016	20/12/2016	28 días	73%	162.42	4.83	4.92	4.55	1.37	478	20.11	11:00	57.56

Mejor muestra - Retracción 13.50%

Tabla 89. Ensayos a compresión de cubos al 73% de relación agua/arcilla. Delgado, K. (2017).

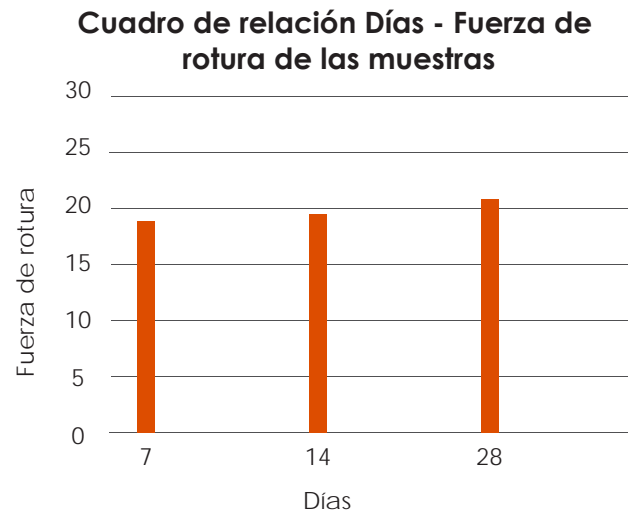


Tabla 90. Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura. Delgado, K. (2017).



Imagen 186. Muestra de piso con aserrín ensayada a compresión. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Las resistencias encontradas en las pruebas realizadas con aserrín no presentan buenos resultados, debido a que al mezclarse con el agua se disuelve y no mantiene la dureza de la fibra cumpliendo la función que se esperaba, ver tabla 89 y 90.

El aserrín a pesar de ser una fibra de fácil adquisición, en cuanto a su comportamiento mecánico en la mezcla al juntarse con el agua, se convierte en partículas pequeñas lo que genera una desintegración, aplicando la fuerza de compresión, ver imagen 186.

Esta al igual que la paja observada en el desarrollo del piso de la Fundación María Amor es frágil y no permite la integración de la mezcla.



Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla - Ladrillo-Cascarilla de arroz)

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
02/12/2016	09/12/2016	07 días	70%	215.27	4.9	4.9	4.88	1.84	533	22.20	09:30	56.89
02/12/2016	16/12/2016	14 días	70%	211.48	4.9	4.9	4.87	1.84	531	20.76	16:00	57.45
02/12/2016	04/01/2017	30 días	70%	136.91	4.91	4.91	3.45	1.65	414	17.17	16:30	57.56

Tabla 91. Tabla de ensayos a compresión de cubos preparados en el laboratorio al 70% de relación agua / arcilla. Delgado, K. (2017).

Mejor muestra - Retracción 6.45%

Las siguientes muestras se realizaron con residuos de ladrillos y a comparación con las realizadas únicamente con cabuya presentan mejor consistencia, debido a que este material cumple la función de aglutinante, ver tabla 91.

A continuación se observan las dos muestras microscópicamente y las fisuras son menores a 0,2 mm lo que presenta una mejora en comparación con las anteriores.

En la imagen 187 y 188, se observa la muestra microscópica de la mezcla realizada con residuos de ladrillo con la relación agua/arcilla al 70%, a esta se puede ver claramente que existe varias fisuras un poco mayores a 0,2 mm, sus partículas no están totalmente compactas y muchas porosidades.

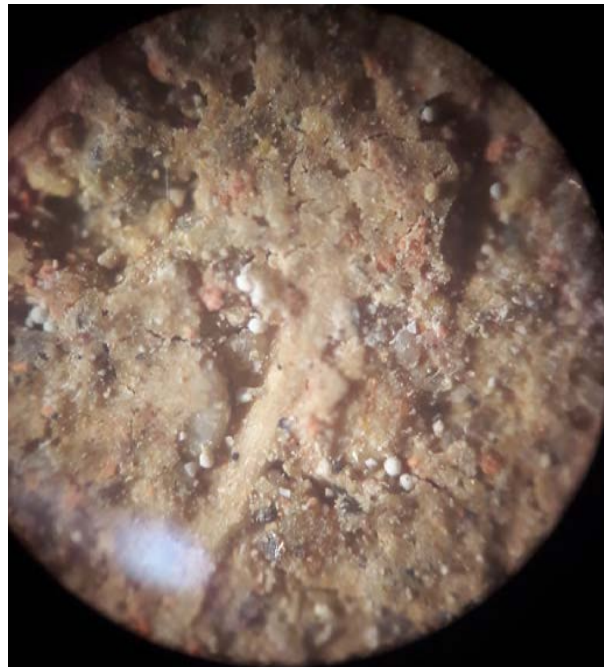


Imagen 187. Muestra microscópica de cubos con residuos de ladrillo. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 188. Mapa de sólidos de cubos con residuos de ladrillo. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

En la imagen 189 y 190, se observa la muestra microscópica de la mezcla realizada con cabuya con la relación agua/arcilla al 70%, a esta se puede ver que existe varias fisuras menores a 0,2 mm, sus partículas están compactas y las porosidades son menos visibles a comparación de la muestra con residuos cerámicos .

Además todos los materiales hacen una mezcla homogénea, sin verse ningún tipo de disgregación del material



Imagen 189. Muestra microscópica de dosificación final con cabuya .Delgado, K. y Flores, C. (2017).

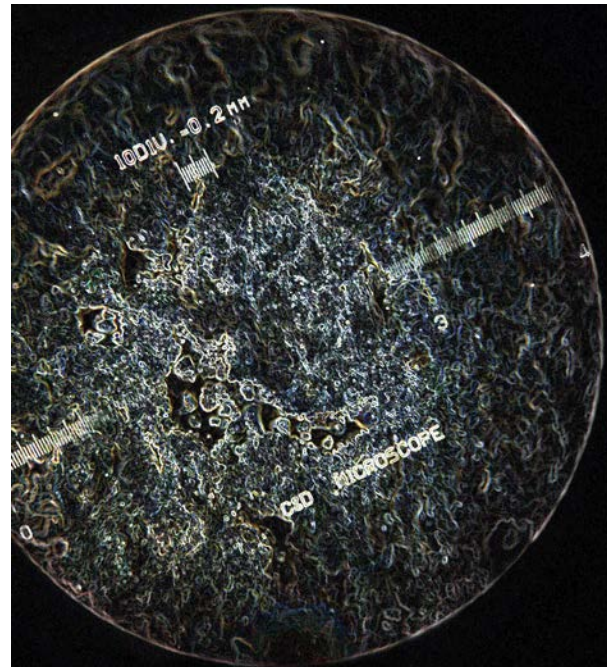


Imagen 190. Mapa de sólidos de dosificación final con cabuya .Delgado, K. y Flores, C. (2017).

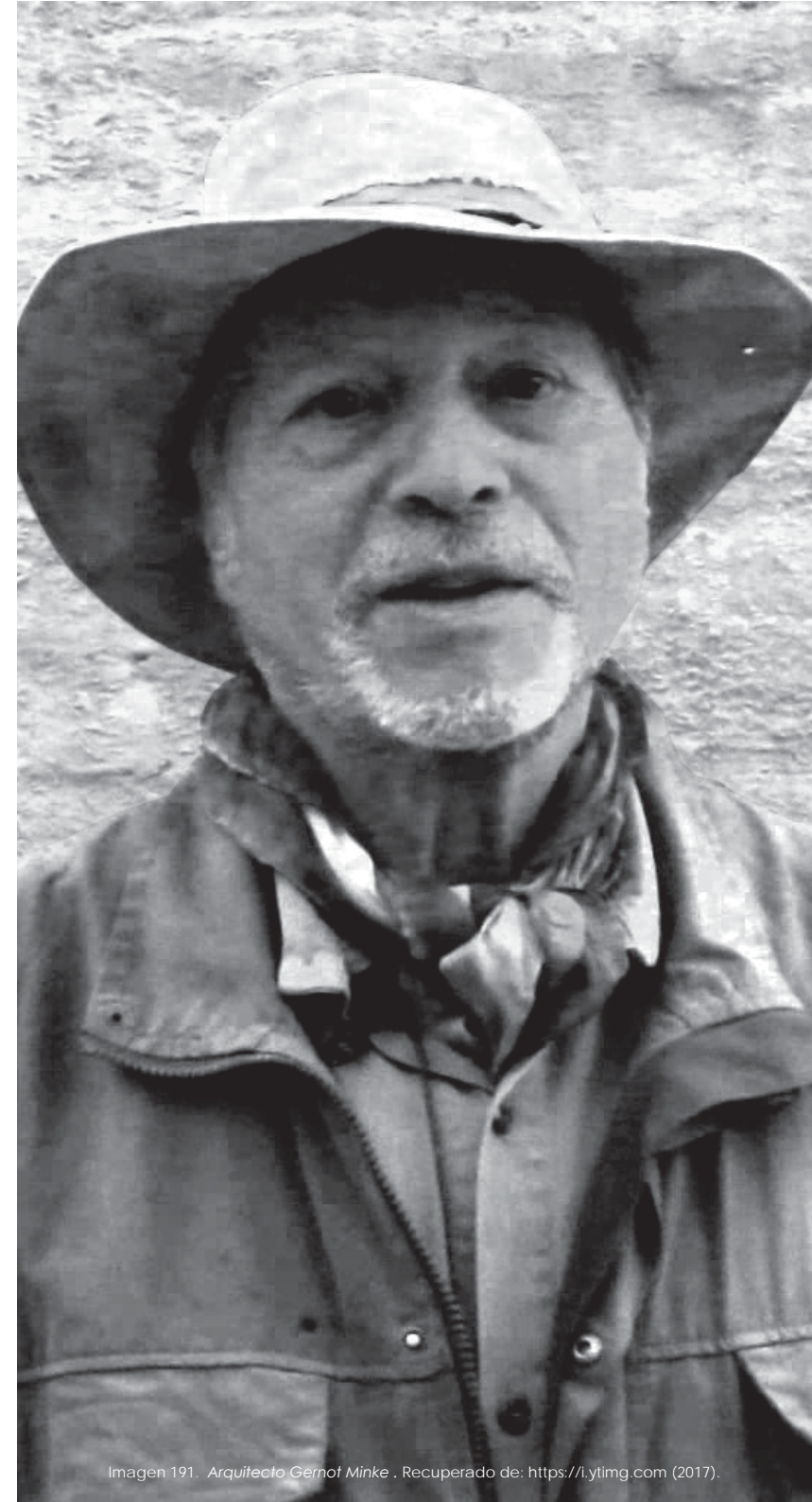


3.4.3 Ensayos a compresión de dosificaciones con un día de reposo :

“La resistencia a la compresión de una mezcla depende del tipo y de la duración del mezclado así como de la proporción de agua que se utiliza”, Minke (2014).

Según lo recomendado por Minke,2014 el dejar reposar las muestras algunos días mejorará la resistencia esto debido a que su estructura laminar de sus minerales de arcilla se activaran a través del agua y el movimiento, alcanzando así una mayor cohesión y al secar una mejor resistencia a la compresión.

En correspondencia decidimos ensayar las siguientes muestras a 14 días de secado y con la mezcla reposada un día.



Ensayos de compresión cubos de 5 x 5 x 5 cm (Agua - Arena - Arcilla -Estabilizantes (Residuos de ladrillo). Un día de reposo

Confección	Rotura	Edad de ensayo	Relación agua/arcilla	Peso (W) g	Dimensiones (a) (b) (c)			Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Carga de rotura (kgf)	F. de rotura (kg/cm ²)	Hora	Humedad relativa %
05/12/2016	20/12/2016	15 días	70%	172.89	4.94	4.94	4.15	1.707	466	19	09:30	56.89
05/12/2016	20/12/2016	15 días	70%	169.26	4.82	4.95	4.07	1.743	670	27	09:45	57.45
05/12/2016	20/12/2016	15 días	70%	185.44	4.93	4.96	5.03	1.507	315	13	10:00	57.56
05/12/2016	20/12/2016	15 días	70%	197.83	4.98	4.98	5.02	1.589	315	13	10:10	60.00
05/12/2016	20/12/2016	15 días	70%	187.51	4.99	4.85	5.01	1.546	406	16	10:30	58.23
05/12/2016	20/12/2016	15 días	70%	192.39	4.82	4.92	4.94	1.642	347	14	11:00	57.94
05/12/2016	20/12/2016	15 días	70%	182.27	5.05	5.04	5.04	1.420	350	14	11:30	57.83

Tabla 92. Ensayos a compresión de cubos al 70% de relación agua/arcilla. Delgado, K. (2017).

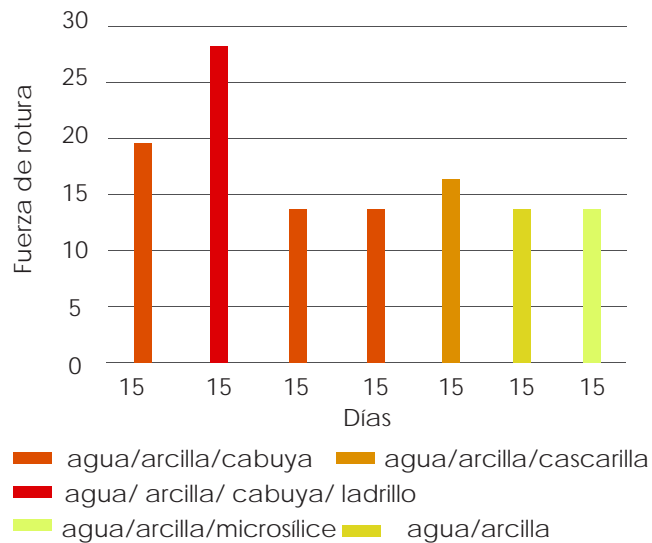
Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura de las muestras


Tabla 93. Cuadro de relación Días - Fuerza de rotura. Delgado, K. (2017).

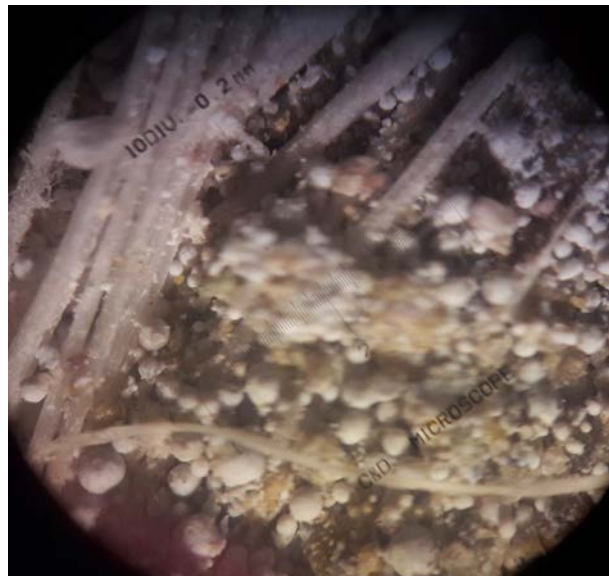


Imagen 192. Muestra microscópica con microsilíce. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Mejor muestra - Retracción 22.31%

Notablemente se observa el aumento de la resistencia al dejar reposar la mezcla, la compresión con la dosificación al 70% con residuos de ladrillo que su resistencia a los 15 días presenta 27 kg/ cm², ver tabla 92 y 93. En estas muestras de relación al 70% con un día de reposo y diez minutos de amasado en el cual mejoro en un 24.71 % a los 14 días de ensayo.

La muestra realizada con un 10% de ladrillo, cabuya, arcilla y arena produce la mayor resistencia aunque la mezcla es muy dura de realizar ya que los residuos de ladrillo absorben mucha agua, lo que no sucede con la mezcla de microsilíce, ver imagen 192.



Dosificación final

Materiales	% de diseño	Procedencia	Cantidad
Agua	30.4 %	Potable	22.43 lt
Arcilla	42.6 %	Lugar de construcción (Turi)	43.66 kg
Arena	26.1 %	Río Jadán	35.12 kg
Fibra	0.9 %	Rotari (Cabuya)	0.81 kg

Tabla 94. Dosificación final y procedencia de materiales en kg. Delgado, K. (2017).



Imagen 193. Muestra con porcentaje de residuos cerámicos. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 194. Muestra con arcilla, arena y cabuya. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

Con la dosificación final mostrada en la tabla 94, se establece para un metro cuadrado de mezcla en la cual la tarea de combinar los materiales se hace más difícil, necesitando más personas para este proceso

Como se puede observar en la imagen 193 la muestra la mezcla con residuos de ladrillo es demasiado plástica, pero tiene dificultad al momento de compactarse.

En la imagen 194, se observa la mezcla con arcilla, arena y cabuya, la cual es más trabajable y compacta bien, sin dejar espacios vacíos.

Relación agua / arcilla

Agua	Arcilla	Arena	Cabuya	
30.4%	42.6%	26.1%	0.9%	
Agua	Arcilla	Arena	R. Ladrillo	Cabuya
30.4%	42.6%	26.1%	8.7%	0.9%

Tabla 95. Dosificación final obtenida para ensayo de cubos. Delgado, K. (2017).

La dosificación final, es la que servirá para proceder a realizar los ensayos en los modelos a escala,

Dejando como mejores dosificaciones: Ver tabla 95.



Imagen 195. Cubos de ensayo a compresión. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



3.4.4 Ensayo de retracción de muestras:

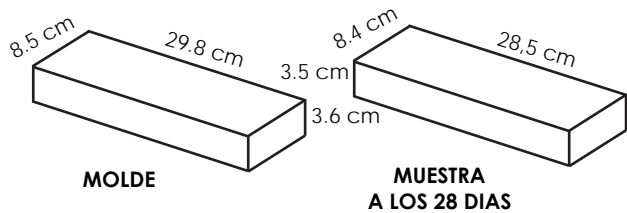


Gráfico 04. Retracción de muestra de cabuya. Delgado, K. (2017).

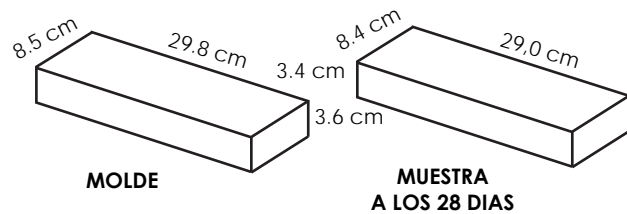


Gráfico 05. Retracción de muestra con residuos de ladrillo. Delgado, K. (2017).

Una vez encontrada la dosificación ideal encontrada se procede al análisis de retracciones de piezas de las mejores muestras, ver grafico 04 y 05.

El análisis de retracción de la muestra de arcilla, arena, agua y cabuya representa el 8,11% que es bastante reducido a comparación con las muestras únicamente de arcilla que muestran el 18% de retracción, esta reducción se da debido a que tanto como la arena y la cabuya llenan los espacios vacíos entre las arcillas y evitan la contracción de la pieza, ver imagen 177. La muestra de residuos de ladrillo, arena, arcilla y cabuya presenta una retracción de 9,17% en comparación con la realizada únicamente con arcilla, por lo que es importante recalcar que entre las dos muestras finales, la que mejor se comporta es la que tiene solamente cabuya. Además que esta retracción puede ser considerada en la junta del piso que se necesita colocar para evitar grandes fisuras en el piso, ver imagen 178.

En cuanto al nivel de compactación de las muestras de cabuya y arcilla al 70%, presenta una buena compactación ya que en la parte inferior no se notan orificios de aire, a comparación de la muestra de ladrillo al 70%, que debido a que se coloca más arcilla la mezcla se vuelve más densa y la compactación no es tan fácil de realizar.



Imagen 196. Proceso de medición de retracción de las muestras. Delgado, K. y Flores C. (2017).



Imagen 197. Muestras finales para retracción, solamente con cabuya (izquierda) y residuos cerámicos (derecha). Delgado, K. y Flores C. (2017).

3.6 Preparación de la mezcla para 1 m²

Después de que la base donde se asentará el piso este preparada y las instalaciones necesarias con sus recubrimientos

Herramientas:

- Baldes
- Recipientes de medida (carretilla)
- Llana de madera o metálica
- Espacio para secar
- Apisonador manual o automático

Es necesario probar la relación agua/arcilla antes de comenzar a realizar el piso, aunque en este caso ya tenemos determinado las relaciones exactas es mas fácil preparar la mezcla, ver tabla 96.

Proporciones calculadas			
30,40%	42,6%	26,1%	0.9%
Agua	Arcilla	Arena	Fibra

De acuerdo a la corrección de humedad de la arena en estado SSS obtiene el 4,99% por lo que los nuevos porcentajes quedarían:

35,39%	42,6%	21,11%	0.9%
Agua	Arcilla	Arena	Fibra

Tabla 96. Tipo de suelos y su capacidad portante. Recuperado de: Normativa ASTM.

El cálculo de los materiales sólidos se debe realizar en carretillas y los líquidos en baldes debido a que es lo más fácil de encontrar en el medio y nos permite dosificar la mezcla lo más aproximado a la desarrollada en el laboratorio.

Para 1 m² de piso con espesor 5 cm de mezcla , tomando las medidas con carretillas de capacidad 2,5 pies o 0,071 m³. y baldes de 20 litros de capacidad que se puede conseguir en cualquier lubricadora. Estas cantidades de materiales va a ser igual a los que se muestran en el gráfico 06:



1.12 baldes



Gráfico 06. Dosificación de 1 m² de muestra. Delgado, K. (2017).



3.4.7 Construcción de modelos a escala

Se deciden realizar piezas de contrapiso con moldes que se muestran en el gráfico 07, están a escalas seleccionadas de acuerdo al análisis de caso y el estudio de normativa.

Estas dimensiones son de acuerdo a las pruebas físicas que dicta la norma, al igual que nos permite la observación del comportamiento, en cuanto al secado y manejo de materiales.

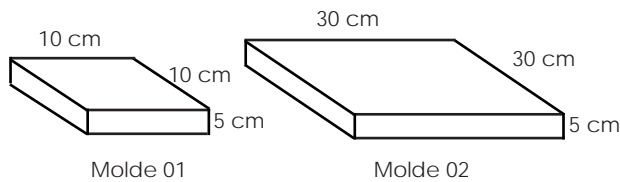


Gráfico 07. Dimensiones de los moldes para ensayos. Delgado K. y Flores C. (2017).

Herramientas:

- Bailejo.
- Llana de metal.
- Apisonador.
- Pala.
- Carretilla.

Proceso de mezclado:

Se prepararon dos mezclas con la dosificación al 70 % de relación agua / arcilla, la una con arcilla ,agua, arena y cabuya y la otra con los mismos materiales pero adicionando residuos del ladrillo. Una vez obtenidos los materiales se mezclan sobre un plástico para no perder el agua durante el amasado.

Primero, se debe mezclar el agua y la arcilla, amasando hasta que los materiales se unan completamente, obteniendo una mezcla de consistencia plástica. Luego agregar la arena poco a poco evitando tener grumos y por último se adiciona la cabuya esparciendo homogéneamente por toda la mezcla. Ver imagen 179 y 180.

Según Minke (2005) todo este proceso de amasado debe durar 10 minutos , pero este tiempo puede variar dependiendo de las proporciones de la mezcla que se quiera realizar.



Imagen 178. Mezcla y compactación de material con cabuya. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

3.7.1 Colocación en los moldes:

Los moldes se realizaron de mdf revestidos con plástico transparente (plástico de cocina) para evitar la pérdida de humedad de las mezclas durante el secado donde se utilizó aceite de linaza como desmoldante.

Luego se colocó la mezcla en dos capas de 2.5 cm, iniciando en las esquinas, progresivamente se apisona para no dejar espacios residuales que puedan afectar a la resistencia del piso. Ver imagen 200.

3.7.2 Mezcla de: Agua - Arcilla - Arena - Cabuya.

Observaciones: En esta mezcla los materiales son fáciles de amasar a excepción de la cabuya, debido que al añadir al proceso de mezclado, se hace muy trabajoso añadiendo mas tiempo a este proceso. Ver imagen 182.

- Fácil manejo, la mezcla estuvo bien plástica, no necesito aumentar el porcentaje de agua.
- El porcentaje de desperdicios se redujo al **15 %** en comparación con las muestras de cubos a compresión donde se requirió el **25 %**.
- La muestra en secarse tardó 21 días.



Imagen 199. Mezcla de la muestra para colocación en los moldes. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

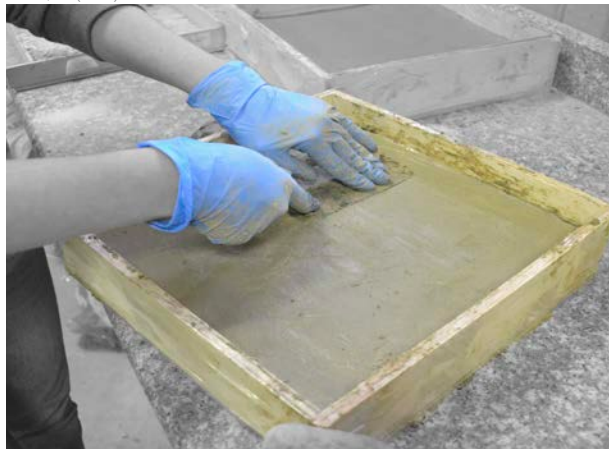


Imagen 200. Nivelación de muestras a escala. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 201. Muestra a escala de piso. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



3.7.3 Muestra de: Agua - Arcilla - Arena - Residuos de ladrillo - Cabuya.

Observaciones: Las muestras realizadas con estos materiales se volvió difícil de amasar debido a que la cantidad de agua es absorbida por los residuos de ladrillo, la misma que toma gran parte del agua que contiene la mezcla.

- Al momento de desmoldar se observa que espacios que no se compactaron bien, por lo que se hace difícil la compactación.

- La muestra en secarse tardó 17 días, debido al menor contenido de agua presente en la mezcla.



Imagen 202. Capa de nivelación de pisos. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 203. Muestras de 10 x 10 x 5 cm para resistencia al agua. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 204. Muestra a escala de piso. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 205. Pulido de muestras. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 206. Pulidora marca Ford. Delgado, K. y Flores, C. (2017).



Imagen 207. Muestra pulida. Delgado, K. y Flores, C. (2017).

3.4.7 Pulido

Después de tres semanas de secado a temperatura ambiente las muestras se procedieron a pulir cada una con una pulidora marca, Ford FE1 - 25 con un disco de # 1500 para nivelar la superficie y quitar toda clase de ondulaciones formadas por la retracción del material al secarse y el disco # 2000, para dejar lisa bien lisa la superficie. Ver imagen 187.

Este procedimiento se realizó para generar un mejor acabado del piso dejando la superficie lisa y nivelada. Es un paso importante e indispensable el proceso de nivelación y corrección, cuando aun esta fresca la mezcla, debido a que una superficie nivelada da mejores resultados en el pulido. Ver imagen 186 y 188.

En este caso no se colocaron pulidoras de hormigón debido a que son de difícil adquisición, el costo de alquiler es alto y generan un desgaste de losa en hormigón es aproximadamente 1 centímetro, que resulta un significativo para aplicarse en un piso de tierra y sobre todo no resistiría el trabajo de la máquina debido a que tiene una resistencia menor que la del hormigón.



3.4.8 Aplicación del sellantes.

Lo que se busca con el sellante es darle mayor contenido de sólidos al piso para llenar los poros y sellarlo.

Se utilizo productos naturales y de fácil adquisición en el mercado, se descarto los demás sellantes por no ser muy comerciales en el mercado local, su alto costo y su elaborada forma de preparar la sustancia para su colocación.

Materiales sellantes:

- Cola de guagra.
- Aceite de linaza.

Herramientas:

- Rodillo
- Brochas

Procedimiento

- Se debe verificar, si el piso esta libre de residuos volátiles y seco, porque esta humedad al intentar salir provoca que la película del sellante se levante.
- Para agilitar el esparcimiento del sellante , utilizar una brocha. Colocar varias capas hasta

saturar el piso del sellante.

Muestra aplicada cola de guagra:

- Este sellante se aplico sobre un área de 30 x 30 cm, con dos capas, para formar una película superficial, la cual no penetra los poros solamente los cubre. Ver imagen 208 y 209.

-El tiempo de secado es rápido, duro 2 horas al aire libre. después del secado la muestra adquirió un tono brillante.

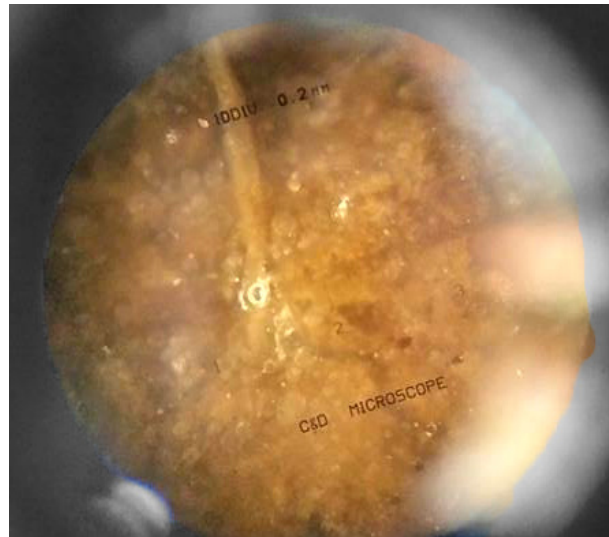


Imagen 208. Imagen microscopio muestra con cola de guagra. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 209. Muestra con cola de guagra. Delgado K. y Flores C. (2017).

Muestra aplicada aceite de linaza:

- Se aplico en una superficie de 30 x 30 cm, 18 capas, con alrededor de 90 ml del sellante para saturar la muestra. Este sellante es efectivo por saturar todos los poros de la muestra dejando un tono mate . Ver imagen 210 y 211.

- El tiempo de secado del aceite de linaza es largo. tardo 36 horas, además ayudo a minimizar las grietas provocadas por el hinchamiento y contracción del material. Este proceso puede ser mas efectivo utilizando ventiladores.

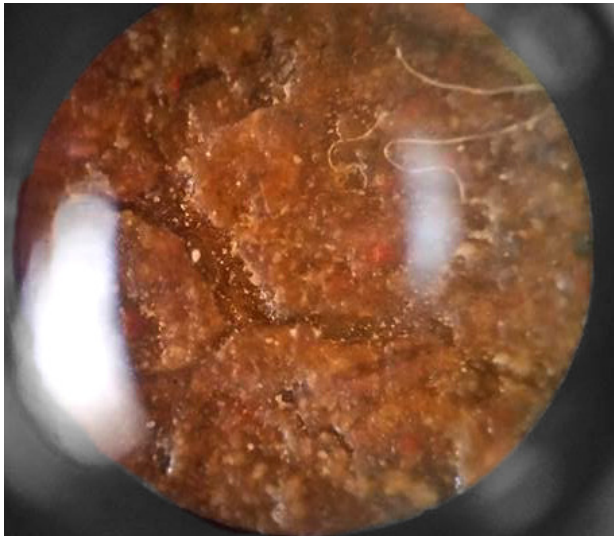


Imagen 210. Imagen microscopio muestra con aceite de linaza . Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 212. Pulido de muestras. Delgado K. y Flores C. (2017).



3.4.9 Ensayo: Norma INEN 2 190 - Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de baldosas sin esmalte.

Esta norma establece un método para determinar la resistencia superficial a la abrasión de baldosas sin esmalte.

Método:

Determinación de la resistencia a la abrasión por medición de la huella producida en la cara vista por un disco de rotación.

Equipos:

- Máquina de abrasión , esmeriladora angular con discos abrasivos para hormigón de 4", ver imagen 213.

Preparación de la muestra:

Las superficies de los especímenes deben estar limpios y secos.

Procedimiento :

El procedimiento se ajusta para utilizar la máquina esmeriladora, donde se utilizará lo

siguientes discos abrasivos: 3000, 2000, 1500, 800 y 500. Ver imagen 214.

Durante un determinado tiempo hasta observar si existe desprendimiento de material por la acción abrasiva del disco.

Muestras:

1. Mezcla de tierra, arena, cabuya
2. Mezcla de tierra, arena , ladrillo reciclado, cabuya



Imagen 213. Pulidora FE1-25 FORD. Recuperado de: <http://marcimex.com.ec/producto/pulidora/>.



Imagen 214. Discos abrasivos para hormigón. Recuperado de : <https://es.aliexpress>.



Imagen 215. Muestra con disco abrasivo #3000. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 216. Muestra con disco abrasivo #2000. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 217. Muestra con disco abrasivo #1500. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 218. Muestra con disco abrasivo #800. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 219. Muestra con disco abrasivo #500. Delgado K. y Flores C. (2017).

Las muestras tuvieron diferentes comportamientos a la abrasión al momento de aplicar la carga, el cual se describe a continuación:

3.10.6 Muestra 1:

Disco 3000: Este disco no provocó ninguna abrasión a la superficial. Además un 40% de ella quedó lisa, pero aun áspera, ver imagen 215.

Disco 2000: Durante el procedimiento no tuvo problemas abrasivos, pero gran parte de la superficie se pulió en un 80%, en 20 minutos, ver imagen 216.

Disco 1500: En este caso se pulió totalmente la pieza en un 100%, en 10 minutos, siendo la mitad de tiempo previsto con el disco 2000. Se produjo pequeños desprendimientos de material en aristas sin ser estas muy grandes, ver imagen 217.

Disco 800: Al proceder a pulir esta pieza se produjo poco desprendimiento de material en los primeros minutos, además de aparecer varias marcas superficiales, ver imagen 218.

Disco 500: Este disco en 10 minutos penetró la superficie, desprendiendo 5 mm. Ver imagen 219.



3.10.7 Muestra 2:

- Disco 3000: Al ser una muestra mas fuerte no tubo abrasión. Además un 20% de ella quedo lisa, pero aun áspera, ver imagen 223.

- Disco 2000: Durante el procedimiento no tuvo problemas abrasivos, pero gran parte de la superficie se pulió en un 60%, en 25 minutos, ver imagen 224.

- Disco 1500: En este caso no se pulió totalmente solo un 80%, en 15 minutos. No se produjo ningún desprendimiento de material, ver imagen 220.

- Disco 800: Al pulir esta pieza tomo 12 minutos, en donde se dejo el 100% pulida la superficie con poco desprendimiento de material, ver imagen 221.

- Disco 500: Este disco en 10 minutos de ensayo se empezó a ver desprendimiento de material, no muy marcado como la muestra anterior. Además de tener marcas superficiales, ver imagen 222.

- Las muestras soportaron bien los discos 3000, 2000, 1500. Las cuales dejaron la superficie brillante y lisa semejante al hormigón pulido.



Imagen 220. Muestra con disco abrasivo #1500. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 221. Muestra con disco abrasivo #800. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 222. Muestra con disco abrasivo #500. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 223. Muestra con disco abrasivo #3000. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 224. Muestra con disco abrasivo #2000. Delgado K. y Flores C. (2017).

3.5 Análisis de propiedades químicas del material seleccionado

3.5.1 Ensayo: Norma INEN 1576 - Determinación de absorción de humedad:

Esta norma determina la absorción de la humedad de piezas cerámicas, analiza las masas de una muestra antes y después de ser sumergida en agua, se establece la diferencia entre las dos como bases para conocer el valor de la absorción de la humedad.

Equipos:

- Calibrador pie de rey.
- Máquina para baño María.

Preparación de la muestra:

Las muestras a utilizar serán especímenes secos, enteros y sin defectos apreciables a simple vista.

Procedimiento:

Una vez preparada las muestras y anotada su masa, sumergirlas en agua a una temperatura hasta su punto de ebullición durante 24 horas.

Al sacar las muestras del agua, secarlas con la toalla húmeda antes de pesarlas.

Cálculo:

$$\text{Absorción \%} = (P2 - P1 / P1) * 100$$

P1 = masa de la muestra seca

P2 = masa de la muestra después de 24 horas sumergidas

Muestras, ver imagen 225 :

1. Sin sellante.
2. Mezcla de tierra, agua y recubrimiento de cola de guagra
3. Mezcla de tierra y recubrimiento de aceite de linaza.
4. Mezcla de tierra, arena, cabuya y recubrimiento de aceite de linaza.
5. Mezcla de tierra, arena, ladrillo reciclado, cabuya y recubrimiento de aceite de linaza.



Imagen 225. Muestras de piso a ensayar. Delgado K. y Christian F. (2017).



Se pudo observar la absorción de humedad de las muestras donde cada una tubo un compartimiento diferente, el cual se describe a continuación:

1. En la muestra 01, al momento de colocarla en el agua se empezó a desintegrar. Pasado los 30 minutos se desintegró un 30% aproximadamente llegando a descomponer a las 24 horas, ver imagen 206,

2. La muestra 02, duro 40 min en comenzar a desintegrar sus partículas, obteniendo el mismo resultado de la muestra uno pasado las 24 horas. El recubrimiento de cola de guagra ayudo a dejar dura la superficie pero al momento de absorber agua durante un determinado tiempo se desvaneció con el agua, ver imagen 206,

3. Esta muestra 03, no se desintegro totalmente solo

un 20% de la muestra pasada las 24 horas. Pero al momento de sacar la muestra del recipiente se desprendió en pedazos , ver imagen 226,

4. En la muestra 04, ver imagen 227, se mantuvo completa durante todo el proceso, deajo un buen resultado absorbiendo un 6.24 % de humedad. Siendo aceptable por lo que en la norma menciona que no debe exceder de 8%, ver tabla 97 y 98.

5. La muestra 05, ver imagen 228, al igual que la muestra 04 se mantuvo completa durante todo el proceso, a diferencia que esta absorbió un 8.24 % , ver tabla 97 y 98.

Muestra	Porcentaje de humedad
4	6.24%
5	8.24%

Tabla 98. Porcentaje de humedad de las muestras 4 y 5. Delgado K. y Flores C. (2017)

Determinación de absorción de humedad						
Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso seco (gr)	Peso húmedo (gr)	Absorción %
1	9.56	9.76	4.32	712.75	x	x
2	9.89	10.61	4.42	820.20	x	x
3	14.23	7.61	3.27	624.20	x	x
4	14.88	8.39	3.47	819.26	870.43	6.24
5	15.2	8.14	3.44	783.80	846.75	8.03

Tabla 97. Determinación de absorción de humedad de las muestras. Delgado K. y Flores C. (2017)

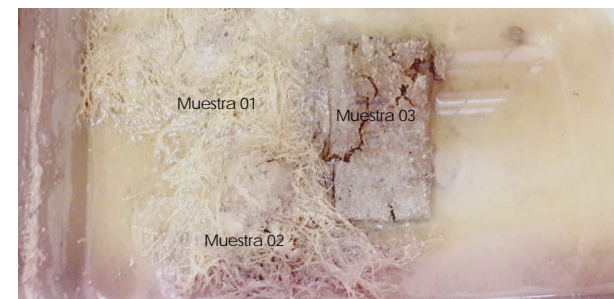


Imagen 226. Muestras 1, 2 y 3 después de ensayo. Delgado K. y Flores C. (2017)



Imagen 227. Muestra 4 después de ensayo. Delgado K. y Flores C. (2017)



Imagen 228. Muestra 5 después de ensayo. Delgado K. y Flores C. (2017)

3.5.2 Ensayo: Norma INEN 2 198 - Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a las manchas y agentes químicos.

Esta norma determina la resistencia a las manchas manteniendo el contacto en la superficie, soluciones de ensayo y materiales por 24 horas, luego de esto las muestras son sometidas a métodos de limpieza definidos para ser examinados.

Reactivos:

- Yodo, 13 g/l de solución en alcohol. Ver imagen 229.
- Ácido cítrico. Ver imagen 229.
- Ácido láctico. Ver imagen 229.
- Aceite de oliva. Ver imagen 232.

Otras sustancias utilizadas:

- Leche. Ver imagen 210.
- Café. Ver imagen 213.
- Pasta de dientes. Ver imagen 211.

Reactivos de limpieza:

- Agua caliente, a una temperatura de $(55 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C})$
- Agente débil de limpieza: un agente de limpieza comercial, con pH de 9 a 10.
- Solvente: Acetona

Preparación de la muestra:

Usar especímenes de ensayo que no hayan sido usados ni dañados. Estos se deben limpiar totalmente con agua para proceder a colar los reactivos.

Muestras:

1. Muestra con tierra, agua y cola de guagra
2. Mezcla de tierra, arena, cabuya y recubrimiento de aceite de linaza.

Procedimiento de limpieza :

A: Limpiar el espécimen con una corriente de agua caliente por 5 min. y limpiar con un trapo de seda.

B: Limpiar el espécimen con el agente débil de limpieza usando una esponja o tela no abrasiva, enjuagar con agua y limpiar con una tela húmeda.

C: Limpiar mecánicamente con un agente fuerte de limpieza, se puede hacer con un cepillo rotacional de cerdas duras de 8 cm de diámetro a 500 r/min.

D: Sumergir el espécimen durante 24 horas en un solvente apropiado, luego enjuagar completamente la superficie con una corriente de agua y luego limpiar con una tela húmeda.

Reactivos



Imagen 229. De izquierda a derecha yodo, ácido cítrico y ácido láctico. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 230. Leche la lechera. (2015). Recuperado de: <http://www.fhalconfood.com>



Image. 231 Pasta de dientes colgate. (2015). Recuperado de: <http://www.informabtl.com>



Imagen 232. Aceite de oliva. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 233. NESCAFÉ classic natural - café soluble. (2015). Recuperado de: <https://www.agustoonlavida.es>



Imagen 234. Aplicación de yodo. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 235. Aplicación ácido cítrico. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 236. Aplicación ácido láctico. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 237. Aplicación aceite de oliva. Delgado K. y Flores C. (2017).

En la muestra de acabado con cola de guagra se colocaron:

Imagen 234: Yodo, 13 g/l de solución en alcohol, esta sustancia penetra la muestra y al momento de realizar la acción de limpieza a tubo inconvenientes en salir la mancha la cual no se quito totalmente.

Imagen 235: Ácido cítrico, esta mezcla penetra fácilmente al sellante dejando una mancha superficial.

Imagen 236: Ácido láctico, esta sustancia penetra la superficie dejando una mancha café clara.

Imagen 237: Aceite de oliva, este aceite penetra directamente a la superficie de la muestra haciendo que se hinche la misma.



Imagen 238. Aplicación pasta de dientes. Delgado K. y Flores



Imagen 239. Aplicación café. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 240. Aplicación leche. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 241 Acción abrasiva del método A de limpieza. Delgado K. y Flores C. (2017).

Imagen 238: Pasta de dientes, esta sustancia hizo erosionar la muestra dejando un hueco.

Imagen 239: Leche, esta sustancia dejó una mancha blanquecina y grasosa, además que hizo erosionar la muestra.

Imagen 240: Café, dejó una mancha café oscuro que no se deshizo con la acción de limpieza A.

Imagen 241: Como se puede observar la muestra de cola de guagra en las diferentes imágenes los resultados son negativos porque durante las 24 horas el líquido manchado se impregnó en la muestra. Además luego de la acción A de limpieza dando como el espécimen de ensayo se empezó a disgregar, siendo este un sellante no muy eficaz.



Imagen 242. Aplicación de yodo. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 243. Aplicación de ácido cítrico. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 244. Aplicación de ácido láctico. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 245. Aplicación de aceite de oliva. Delgado K. y Flores C. (2017).

En la muestra dos se colocaron:

Imagen 242: Yodo, 13 g/l de solución en alcohol, esta sustancia no logro penetrar la muestra de piso, se necesito el procedimiento A de limpieza para ser removido.

Imagen 243: Ácido cítrico, esta sustancia no logro penetrar la muestra de piso, se necesito el procedimiento A de limpieza para ser removido.

Imagen 244: Ácido láctico, esta sustancia no logro penetrar la superficie de la muestra de piso, se necesito el procedimiento A de limpieza para ser removido.

Imagen 245: Aceite de oliva, esta sustancia no logro penetrar la muestra gran parte de esta se quedo en la superficie, se necesito el procedimiento A de limpieza para ser removido.



Imagen 246. Aplicación de leche . Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 247. Aplicación de café. Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 248. Aplicación de pasta de dientes . Delgado K. y Flores C. (2017).



Imagen 249. Acción abrasiva del método A de limpieza. Delgado K. y Flores C.

Imagen 246: Leche, esta sustancia no logra penetrar la superficie de la muestra de piso, pero se seco, una vez aplicado el procedimiento A de limpieza se removió fácilmente en 2 minutos, disolviendo esta sustancia.

Imagen 247: Pasta de dientes, esta sustancia no logra penetrar la superficie de la muestra de piso, sin provocar ninguna erosión en la superficie. Luego de la acción del procedimiento A durante 2 minutos de limpieza se removió sin ningún problema.

Imagen 248: Café, esta mancha dura mas tiempo que las anteriores para ser removida con la acción de limpieza A durando 4 minutos.

Imagen 249: Este sellante de aceite de linaza fue muy eficaz al momento de actuar ante los agentes químicos, al ser impermeable impidió que las estos agentes ingresen a la muestra.

Este espécimen solo necesito el procedimiento A para poder desaparecer todas las manchas dejadas por los reactivos.



Para este ensayo se prepararon tres muestras con dos sellantes superficiales, la una con cola de guagra y otra con aceite de linaza. Esto para comprobar la resistencia a las manchas y agentes químicos de acabado final dando los siguientes resultados.

Muestra aplicada cola de guagra

Es un sellante no eficaz porque todas las sustancias se después de las 24 horas penetraron a la muestra, provocando diferentes reacciones, unas dejaron manchas superficiales y otras provocaron que se hinche, además que se agujere el espécimen de ensayo. Cabe recalcar que la acción de limpieza A hizo que el sellante se desprenda de la muestra hasta provocar la disgregación de su material.

Muestras aplicadas aceite de linaza

Este sellante fue fuerte, impermeabilizó toda la superficie impidiendo toda sustancia penetrar, manteniendo seca la superficie, además que ayudó a reducir la porosidad de la muestra y aisló de la humedad del medio. Todas las sustancias se quedaron en la superficie, no se presentaron erosiones, hinchaz-

ones, aunque algunas se secaron pero no hubo inconvenientes en retirarlas con el procedimiento A de limpieza.

3.6 Elaboración de cuadro resumen de ventajas y desventajas de prototipos.

Ventajas	Desventajas
3.6.1 Arcilla / Arena / Agua / Cabuya	
<ul style="list-style-type: none">- Es la composición mas simple y fácil adquisición .- Resistencias mayores a otras fibras en un 42 %.- Al secarse la retracción es menor que la de relación agua/arcilla, en un 10 %.- Las fibras permiten que la masa no se desintegre tan fácil, como un amarre interno.- La cabuya es el material mas barato.	<ul style="list-style-type: none">- Mezcla difícil de amasar en grandes cantidades, aumenta el rendimiento de mano de obra.- Es necesario saber que tipo de arcilla se esta usando, para obtener cantidades adecuadas.- El tiempo de secado es largo.- El corte de las fibras de cabuya requiere bastante tiempo, es indispensable usar mecanismos que reduzcan este tiempo.- Se reduce la resistencia de 42 días en un 2 %.
3.6.2 Arcilla / Arena / Agua / Cascarilla de arroz	
<ul style="list-style-type: none">- Composición simple de amasado, masa mas densa que la anterior.- Fácil adquisición de componentes.- Se reduce la resistencia a medida que aumenta los días de secado.- La cascarilla de arroz es fácil de colocar en la muestra.	<ul style="list-style-type: none">- Mezcla difícil de amasar en grandes cantidades, aumenta el rendimiento de mano de obra.- Resistencia máxima de 18.16 kg/cm², en comparación con la máxima de 29 kg/cm² realizada con cabuya representa el 62.6 %.

Tabla 99. Ventajas y desventajas: Arcilla - Arena - Agua- Arcilla . Delgado K. y Flores C. (2017).

Tabla 100. Ventajas y desventajas: Arcilla - Arena - Cascarilla de arroz . Delgado K. y Flores C. (2017).



Ventajas

Desventajas

3.6.3 Arcilla / Arena / Agua / Paja

- La paja es fácil de recortar debido a que no se necesita herramientas muy tecnificadas y se comporta bien en cuanto a la trabajabilidad.
- La muestra no se hincha y al momento de la mezcla es fácil disolver la paja entre los otros componentes.

- La paja se va rompiendo mientras se realiza la mezcla por lo que no mantiene una longitud constante.
- El costo de la paja es superior al de la cabuya por lo que encarece el piso.
- Las resistencias de los cubos son menores con la paja debido a que no es un material muy firme.

Tabla 101. Ventajas y desventajas: Arcilla - Arena - Agua- Paja . Delgado K. y Flores C. (2017).

3.6.6 Arcilla / Arena / Agua / Cabuya / Microsílice 2%

- La muestra es trabajable.
- Se requiere bajas cantidades de micro sílice.
- No se necesita mucha fuerza para compactar.

- El micro sílice es un material muy caro y difícil de conseguir.
- La mezcla se seca completamente produciendo un material totalmente suelto después de los 7 días de secado.
- No se puede medir la resistencia a la compresión.

Tabla 104. Ventajas y desventajas: Arcilla - Arena - Agua- Microsílice 2% . Delgado K. y Flores C. (2017).



Ventajas

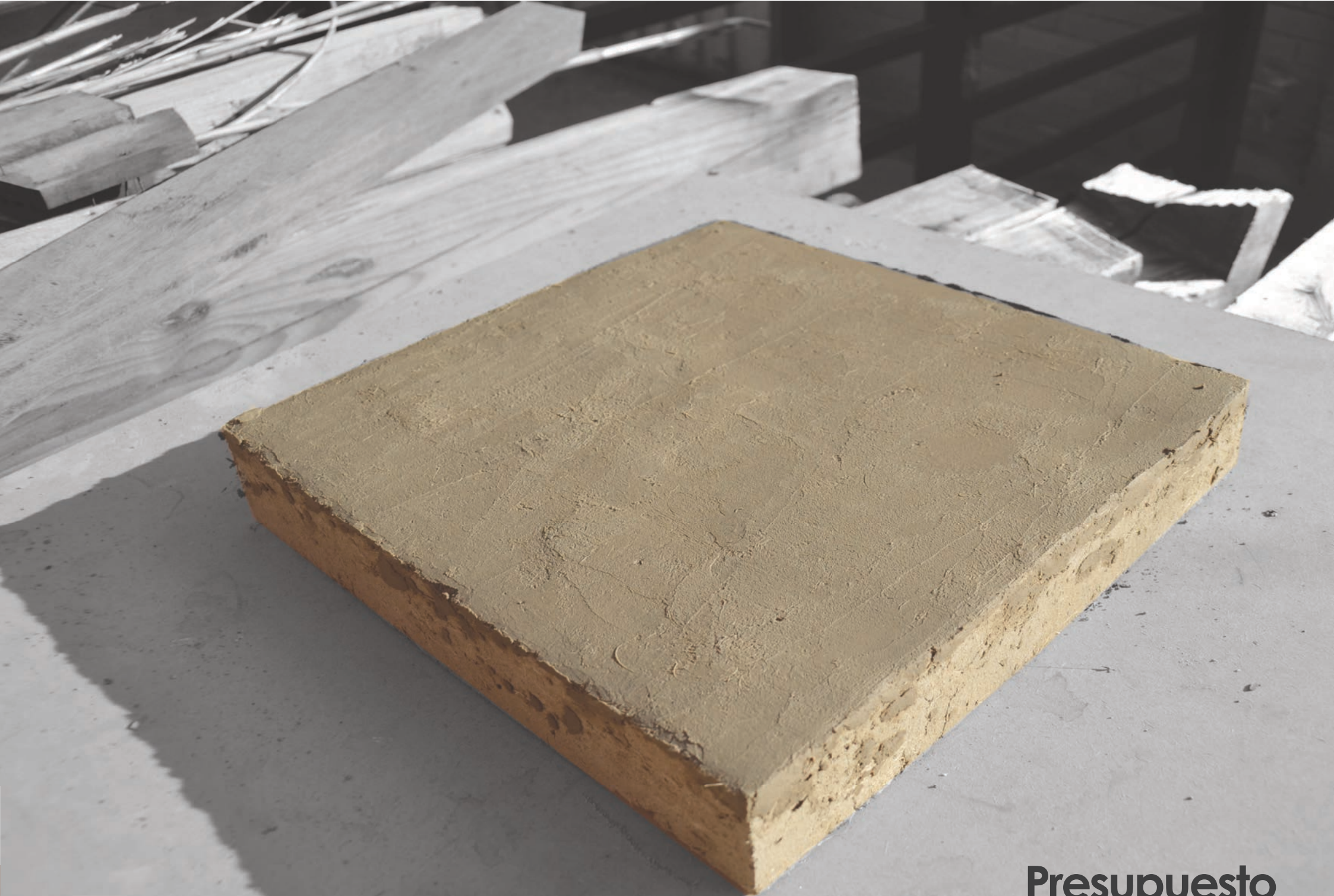
Desventajas

3.6.7 Arcilla / Arena / Agua / Cabuya / Residuos Cerámicos

- Presenta mejores resistencias a la compresión, es la máxima obtenida.
- El color se hace más claro debido a los componentes.
- Sufre menos abrasión al pulido.
- Se seca más rápido que las otras muestras.

- La mezcla no es buena en cuanto a la trabajabilidad debido a que necesita un análisis de absorción de los residuos cerámicos para poder determinar una mejor muestra.
- El tiempo de mezclado es mayor debido a que las muestras son muy densas y el tiempo de amasado es largo aproximadamente 1 hora en comparación con las otras que son entre 15 y 25 minutos.
- Los residuos cerámicos se ubican únicamente en ladrilleras o fábricas de cerámica por lo que su recolección toma tiempo y se necesita traslado de los materiales.
- Los residuos cerámicos necesitan un proceso de trituración con maquina o a mano para poder tamizar.
- La compactación se hace más difícil debido a que la mezcla estuvo muy densa y en el fondo no se observan buenos resultados.

Tabla 105. Ventajas y desventajas: Arcilla - Arena - Agua- Residuos cerámicos . Delgado K. y Flores C.



Presupuesto

3.7 Comparación de precios y presupuestos.

Para el presupuesto del prototipo se decide realizar un estudio de precios de los materiales para fibras, estabilizantes y selladores que servirán en la construcción del mismo y posteriormente para el análisis de precios unitarios.

Este estudio se lo realiza debido algunos de estos materiales no son muy comercializado para la construcción convencional, pero si son utilizados para otro tipo de actividades, como recetas naturales como la melaza, aceite de linaza, aceite de castor y la manteca de coco o simplemente son desechos de procesos de manufacturados en este caso el aserrín. Ver tabla 106, 107 y 108.



Imagen 131. Cernilla de amapola. Recuperado de: Paz, López, Villagrán, & Martínez, 2015

3.7.1 Precio investigados en la oferta local

Precios de la oferta local			
Sellantes	Cantidad	Distribuidor	Precio
Aceite de naranja	250 ml	-	7
Aceite de uva	500 ml	-	14
Aceite de linaza	Litro	VHP	5.68
Aceite de linaza	Galón	VHP	22.87
Aceite de linaza	Litro	MK	9.18
Aceite de linaza	Galón	MK	27.9
Laca para pisos	4000 cc	-	21
Laca transparente de madera	4000 cc	Pinturas Condor	37.26
Sellador para madera	4000 cc	Pinturas Wesco	14.56
Sellador para madera	4000 cc	Pinturas Condor	20.79
Laca transparente brillante	4000 cc	Pinturas Wesco	14.56
Uniresin (resina para empaste)	Galón	Pinturas Unidas	20.54
Cera para pisos antideslizante (Cril)	Litro	Pinturas Unidas	68.46
Manteca de coco	Frasco	-	3.2
Cera de caranauba	1/4 libra	Botica Olmedo	1.5
Aceite de Castor	Frasco	Botica Olmedo	1.5
Cola de guagra	Libra	Tienda Centro Historico	5
Fibras			
Paja	Atado	Plaza Rotari	0.30
Cabuya	Atado	Plaza Rotari	1.00
Aserrín	kg	Cualquier productor de tableros o muebles de madera	0.00
Estabilizantes			
Cal	Libra	Refinería de azogues	0.50
Yeso	Libra	Refinería de azogues	0.50
Melaza	Frasco 650 ml.	Trapiches de Macas	6.00

Tabla 106. Precios investigados en la oferta local . Delgado K. y Flores C. (2017).



Precios de la oferta local

Ladrillo	Descripción	Distribuidor	Unidad	Precio
Ladrillo 4H Visto	7.5x14x29 cm en fabrica		u	0.32
Ladrillo Panelón	28x14x8 cm		u	0.23
Ladrillo Bloque	13x20x30 cm		u	0.41
Ladrillo Bloque	10x20x30 cm		u	0.38
Ladrillo Bloque	7.5x20x30 cm		u	0.35
Ladrillo Visto	8x14x30 cm 2 huecos		u	0.32
Ladrillo visto	10 huecos		u	0.32
Cerámica				
Cerámica Piedra Cid Desertstone	45.4x45.5	Baldosines Alfa	m ²	11.65
Cerámica Piedra Cid Nightstone	45.4x45.5	Baldosines Alfa	m ²	11.65
Cerámica Pompei Shell	20.3x30.5	Baldosines Alfa	m ²	11.18
Cerámica Pompei Coral	20.3x30.5	Baldosines Alfa	m ²	11.18
Cerámica Pompei Shell	45.5x45.5	Baldosines Alfa	m ²	11.65
Cerámica Pompei Coral	45.5x45.5	Baldosines Alfa	m ²	11.65
Cerámica New Cordoba Rojo	45.5x45.5	Baldosines Alfa	m ²	12.77
Cerámica New Cordoba Beige	45.5x45.5	Baldosines Alfa	m ²	12.77
Cerámica Antique Noce	15x15	Baldosines Alfa	m ²	14.05
Cerámica Antique Beige	15x15	Baldosines Alfa	m ²	14.05
Porcelanato		Baldosines Alfa	m ²	18.48
Laca Crema	30x30	Graiman Cia. Ltda.	m ²	6.45
Mikonos ocre	30x30	Graiman Cia. Ltda.	m ²	5.33
Danubio Azul	30x30	Graiman Cia. Ltda.	m ²	7.10
Opalo Blanco	40x40	Graiman Cia. Ltda.	m ²	6.64
Olympus Azul	40x40	Graiman Cia. Ltda.	m ²	7.10
Marfil Salmon	20x30	Graiman Cia. Ltda.	m ²	5.01

Tabla 107. Precios investigados en la oferta local. Delgado K. y Flores C. (2017).

Ladrillo:

Los ladrillos forman un eje importante de comercialización de materiales de construcción y en especial en Cuenca la mayoría de las construcciones se desarrollan con este producto por lo que es indispensable realizar una comparativa con este material.

Es importante destacar que los tipos de ladrillos presentados son entre los más generales y usados según la fabrica de Racar del señor Manuel Riera, que produce alrededor de 20 000 ejemplares mensuales, usando pequeños molinos de rodillos y extrusoras.

Cerámica:

Para la colocación de este piso se necesita una persona especializada debido a que si las piezas no se colocan bien puede haber irregularidades en el piso y las piezas de cerámica se van pegando sobre un contrapiso de hormigón, ya que esta no es estructural y también que necesita pegarse a una superficie lisa y nivelada.

Precios de la oferta local

Gres	Descripción	Distribuidor	Unidad	Precio
Tradición Salmón Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	20.90
Tradición Rojo Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	20.90
Tradición Sahara Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	20.90
Tradición Mocca Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	20.90
Tradición Moro Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	20.90
Portal Salmón Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	19.92
Portal Rojo Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	19.92
Portal Sahara Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	19.92
Portal Mocca Liso	30x15	Baldosines Alfa	m ²	19.92
Tunez Rojo Abrasivo	15x15	Baldosines Alfa	m ²	18.60
Tunez Sahara Abrasivo	15x15	Baldosines Alfa	m ²	18.60
Tunez Rojo Liso	15x15	Baldosines Alfa	m ²	18.60
Tunez Rojo Liso	15x15	Baldosines Alfa	m ²	18.60
Latino Sahara Liso	20x20	Baldosines Alfa	m ²	19.62
Latino Rojo Liso	20x20	Baldosines Alfa	m ²	19.62
Latino Moro Liso	20x20	Baldosines Alfa	m ²	19.62
Escalgres Rojo	30x30	Baldosines Alfa	m ²	21.91
Escalgres Salmón	30x30	Baldosines Alfa	m ²	21.91
Escalgres Sahara	30x30	Baldosines Alfa	m ²	21.91
Cemento				
Cemento Guapan	Precio incluido IVA	Guapan	Saco	7.50
Cemento Holcim	Precio incluido IVA	Holcim	50 kg	7.90
Cemento Chimborazo	Precio incluido IVA	C. Chimborazo	50 kg	7.25
Cemento Rocabuerte	Precio incluido IVA	C. Rocafuerte	50 kg	7.36
Cemento Selvalegre	Precio incluido IVA	C. Selvalegre	50 kg	7.32
Cemento Aluminato de calcio electroland	Precio incluido IVA	C. Aluminato de calcio electroland	50 kg	1.67

Tabla 108. Precios investigados en la oferta local. Delgado K. y Flores C. (2017).

Gres:

Uno de los distribuidores de gres en Cuenca es la empresa el Pionero que entrega gres a nivel local y que es muy factible de conseguir.

Una de las desventajas que tiene este tipo de piso es que en invierno puede resultar más frío, Además de necesitar ser instalado por un profesional, ya que a veces su grosor irregular podrían hacer que la superficie del suelo quedara de manera desigual.

Hormigón:

Los suelos de cemento, usados hasta ahora habitualmente en áreas industriales y zonas de alto tránsito, se han colado en la decoración de los hogares.

Los inconvenientes de este tipo de suelos pueden ser tanto estéticos como funcionales. Está claro que es un suelo frío

El cemento es por naturaleza un poco porosa y es propenso a las filtraciones de agua. Esto significa que las manchas con facilidad pueden afectar el suelo de cemento



3.7.2 Precio colocación de piso hormigón

Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios					Unidad	
Rubro	Hormigón f'c = 240kg/cm ² Suministro preparación y colocación				m ²	
Herramienta	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Herramienta menor		1	5 % MO			0.85
Concreteira 1 saco		1	2.75	2.75	0.8	2.20
Vibrador de manguera		1	1.63	1.63	0.8	1.30
Carretilla		2	0.04	0.08	0.8	0.06
Pala mango de madera		3	0.01	0.03	0.8	0.02
Subtotal						4.44
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Peón	4.00	3.41	0.76	0.8	0.61	
Albañil	2.00	3.45	13.64	0.8	10.91	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.20	3.82	6.90	0.8	5.52	
Subtotal						17.04
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Agua	lt	124.66	0.080	9.97		
Cemento	saco	5.25	7.500	39.7		
Arena fina(incluye transporte)	m ³	0.284	20.00	5.68		
						55.35
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
Arena	kg	766.35	0.00025	20.00	3.79	
Grava	kg	1072.89	0.00025	20.00	5.31	
Cemento	kg	394.42	0.00025	20.00	1.95	
Subtotal						
Subtotal de Transporte						11.055
Total costo directo (M+N+O+P)						88.24
Indirectos y Utilidades 0%						0.00
Otros indirectos						0.00
Costo total del rubro						0.00
Valor ofertado						88.24

Tabla 109. Análisis de precios unitario: Colocación de piso de hormigón . Delgado K. y Flores C. (2017).

3.7.3 Precio colocación de piso cerámico

Análisis de precios unitarios						
Rubro	Hormigón f'c = 240kg/cm ² Suministro preparación y colocación de cerámica.				Unidad	m ²
Materiales	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
	Herramienta menor	5 % MO			0.7	0.27
	Subtotal					0.27
Mano de obra	Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
	Albañil	1.00	3.45	3.45	0.7	2.39
	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.20	3.82	0.76	0.7	0.53
	Peón	1.00	3.41	3.41	0.7	2.42
	Subtotal					5.34
Materiales	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario		Costo
	Cerámica 30x30 cm	m2	1.05	5.33		5.33
	Fijatec Standard, pegamento de ceramica (20kg)	u	0.20	6.80		1.36
	Emporador	kg	1.00	0.7		0.70
	Agua	lt	40.00	0.08		3.20
	Subtotal					10.59
Transporte	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo
	Cerámica	kg	12,00	0.00025	10.00	0.03
	Fijatec Standard, pegamento de ceramica (20kg)	kg	0.040	0.00025	10.00	0.00
	Masilla base para juntas Romeral	kg	0.013	0,00025	10.00	0.00
	Subtotal					
					Subtotal de Transporte	
					Total costo directo (M+N+O+P)	16.20
					Indirectos y Utilidades 0%	0.00
					Otros indirectos	0.00
					Costo total del rubro	0.00
					Valor ofertado	16.20

Tabla 110. Análisis de precios unitario: Colocación de piso de cerámica . Delgado K. y Flores C. (2017).



3.7.4 Presupuesto de piso con cabuya y aceite de linaza

Presupuesto						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Piso de tierra						
1	001	Suministro y colocación de Arena pasada malla 1/8"	m ³	0.013	21.48	0.279
2	002	Arcilla pasada malla 1/8"	m ³	0.026	11.03	0.286
3	003	Agua	lt	22.44	0.08	1.795
4	004	Suministro y colocación de Cabuya	lb	1	18.18	18.18
Acabados						
5	005	Suministro y colocación de Aceite de linaza (MK)	m ²	1	5.18	5.18
					Total	25.70

Tabla 111. Presupuesto piso con cabuya y aceite de linaza. Delgado K. (2017).

3.7.5 Presupuesto de piso con cabuya, residuos cerámicos y aceite de linaza

Presupuesto						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Piso de tierra						
8	008	Suministro y colocación de Arena pasada malla 1/8"	m ³	0.013	21.48	0.279
9	009	Arcilla pasada malla 1/8"	m ³	0.07	11.03	0.772
10	010	Agua	lt	22,44	0.08	1.795
11	011	Suministro y colocación de Cabuya	lb	1	18.18	18.18
12	012	Suministro y colocación de residuos cerámicos	m ³	0.003	9.24	0.277
Acabados						
12	012	Suministro y colocación de Aceite de linaza (MK)	m ²	1	5.18	5.18
					Total	26.46

Tabla 112. Presupuesto piso con cabuya, residuos cerámicos y aceite de linaza. Delgado K. (2017).

Observaciones:

- El siguiente presupuesto corresponde a la colocación de un piso de tierra sin considerar la estructura, debido a que depende de la resistencia del suelo del lugar en el cual se va a aplicar.

- El costo de un metro cuadrado de piso obtenido en el presupuesto 3.7.4, es el resultado con el material extraído de un terreno ubicado en Turi, que por sus características la cantidad de arena no es tan significativa, y en cuanto al material de la zona se considera únicamente la mano de obra y equipos, ver tabla 111.

- El resultado obtenido en el presupuesto 3.7.4 y 3.7.5, nos permite comparar con otros pisos en cuanto a la colocación solo piezas de cerámica, ladrillo o gres con sus respectivos pegantes, ver tabla 111y 112.

3.7.6 Presupuesto de piso con cabuya y cola de guagra

Presupuesto						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Piso de tierra						
8	008	Suministro y colocación de Arena pasada malla 1/8"	m ³	0,013	21.48	0.279
9	009	Arcilla pasada malla 1/8"	m ³	0.026	11.03	0.286
10	010	Agua	lt	22.44	0.08	1.795
11	011	Suministro y colocación de cascarilla de arroz	lb	1	18.18	18.18
Acabados						
12	012	Suministro y colocación de cola de guagra	lb	2.50	0.1	0.25
					Total	20.77

Tabla 113. Presupuesto piso con cabuya y cola de guagra. Delgado K. (2017)

3.7.7 Presupuesto de piso con cascarilla de arroz y aceite de linaza

Presupuesto						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Piso de tierra						
8	008	Suministro y colocación de Arena pasada malla 1/8"	m ³	0.013	21.48	0.279
9	009	Arcilla pasada malla 1/8"	m ³	0.026	10.03	0.286
10	010	Agua	lt	22.44	0.08	1.795
11	011	Suministro y colocación de cascarilla de arroz	lb	1	18.18	18.18
Acabados						
12	012	Suministro y colocación de cola de guagra	lb	2.50	0.1	0.25
					Total	20.77

Tabla 114. Presupuesto piso con cascarilla de arroz y aceite de linaza. Delgado K. (2017).

En la antigüedad se usaba productos derivados de la naturaleza y los animales primordialmente, uno de estos productos es la cola de guagra que ha sido usada para colocar sobre materiales como la madera para proteger de la polilla y para generar una película dura y resistente a la humedad. Es de bajo costo y no genera daños ambientales graves.

Al endurecerse genera una película muy resistentes por lo que reduce la abrasión. La cola de guagra se coloca mezclando con agua y calentando, transformándose en líquido, fácil de manejar con brochas.

En los presupuestos 3.7.6 y 3.7.7 se puede observar la diferencia de precio es entre 5 y 7 dólares con un piso colocado con aceite de linaza, analizado anteriormente. ver tabla 113 y 114.

Los precios de limpieza, replanteo y nivelación, excavación a mano y desalojo de material no se incluyen en los presupuestos debido a que depende del área de trabajo donde se va aplicar pero en general suman \$ 22.14, incluida mano de obra.



Análisis de precios unitarios

Rubro						Unidad
Suministro e instalación de residuos cerámicos						m ³
Materiales						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Herramienta menor	5 % MO				0.48	
Subtotal						
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Peón	2.00	3.41	6.82	1	6.82	
Maestro de obra	0.50	3.85	1.92	1	1.92	
Subtotal						
8.74						
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Residuo cerámico reciclado por perdidas en ladrilleras	Kg	5.3	0	0		
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
Residuos cerámicos	kg	5.3	0.00025	20	0.026	
Subtotal de Transporte						
Total costo directo (M+N+O+P)						9.24
Indirectos y Utilidades 0%						0.00
Otros indirectos						0.00
Costo total del rubro						0.00
Valor ofertado						9.24
						9.24

Tabla 115. Análisis de precios unitario: Suministro e instalación de residuos cerámicos. Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Rubro		Unidad
Limpeza de capa vegetal		m ²
Desbroce y traslado de vegetación		

Materiales

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Herramienta menor	5 % MO			0.160	0.10
Subtotal					0.10

Mano de obra

Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Peón	2.00	3.41	3.41	0.50	1.70
Inspector	0.20	3.83	0.76	0.50	0.38
Subtotal					2.08

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo
Subtotal de Transporte					
Total costo directo (M+N+O+P)					2.18
Indirectos y Utilidades 0%					0.00
Otros indirectos					0.00
Costo total del rubro					2.18
Valor ofertado					2.18

Tabla 116. Análisis de precios unitario: Limpieza de capa vegetal - desbroce y traslado de vegetación . Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios						
Rubro					Unidad	
Excavación a mano de 0 a 1m					m ³	
Materiales						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Herramienta menor	5 % MO				0.437	
Subtotal						
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Peón	2.00	3.41	6.82	1	6.82	
Maestro de obra	0.50	3.85	1.92	1	1.92	
Subtotal					8.74	
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
					Subtotal de Transporte	
					Total costo directo (M+N+O+P)	9.17
					Indirectos y Utilidades 0%	0.00
					Otros indirectos	0.00
					Costo total del rubro	0.00
					Valor ofertado	9.17

Tabla 118. Análisis de precios unitario: Excavación a mano 0 a 1m. Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios						
Rubro						Unidad
Arcilla pasado por la malla 1/8"						m ³
Materiales						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Herramienta menor	5 % MO				0.48	
Subtotal						
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Peón	2.00	3.41	6.82	1	6.82	
Maestro de obra	0.50	3.85	1.92	1	1.92	
Subtotal					8.74	
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario		Costo	
Arcilla zarandeada con malla de 1/8"	1	1	10.552		10.552	
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
					Subtotal de Transporte	
					Total costo directo (M+N+O+P)	
					9.17	
					Indirectos y Utilidades 0%	
					0.00	
					Otros indirectos	
					0.00	
					Costo total del rubro	
					9.17	
					Valor ofertado	
					9.17	

Tabla 119. Análisis de precios unitario: Arcilla pasada por la malla 1/8". Delgado K. (2017).

Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios						
Rubro						Unidad
Desalojo y cargado de material a mano						m ³
Equipos						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Herramienta menor	5 % MO					
Minicargadora	1.00	25.00	25.00	0.063	1.56	
Subtotal						
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Peón	2.00	3.41	6.82	0.063	0.429	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.20	3.82	0.76	0.063	0.04	
Operador de equipo liviano	1.00	3.45	3.45	0.063	0.21	
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Pozo por concepto de disposición de material	m3	1.05	0.40	10.552		
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
Subtotal de Transporte						
Total costo directo (M+N+O+P)						12.78
Indirectos y Utilidades 0%						0.00
Otros indirectos						0.00
Costo total del rubro						0.00
Valor ofertado						12.78

Tabla 120. Análisis de precios unitario: Desalojo y cargado de material a mano. Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Rubro Suministro y colocación de cabuya **Unidad**
lb

Materiales

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Herramienta menor	5 % MO				0.1705
Subtotal					

Mano de obra

Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Peon	2.00	3.41	6.82	0.5	3.41
Subtotal					

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo
Cabuya	lb	1.6	0.02	14.60

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo
Subtotal de Transporte					
Total costo directo (M+N+O+P)					18.18
Indirectos y Utilidades 0%					0.00
Otros indirectos					0.00
Costo total del rubro					0.00
Valor ofertado					18.18

Tabla 121. Análisis de precios unitario: Suministro y colocación de cabuya. Delgado K. (2017).

3.7.8 Presupuesto de piso con cabuya y aceite de linaza (autoconstrucción)

Presupuesto						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Piso de tierra						
8	008	Suministro y colocación de Arena pasada malla 1/8"	m ³	0.013	20.81	0.27
9	009	Arcilla pasada malla 1/8"	m ³	0.026	11.032	0.28
10	010	Agua	lt	22.44	0.08	1.79
11	011	Suministro y colocación de Cabuya	m ²	1	14.77	14.77
Acabados						
12	012	Suministro y colocación de Aceite de linaza (MK)	m ²	1	1.77	1.77
					Total	18.88

Tabla 124. Presupuesto de piso con cabuya y aceite de linaza (autoconstrucción). Delgado K. (2017).

3.7.9 Presupuesto de piso con cabuya, residuos cerámicos y aceite de linaza (autoconstrucción)

Presupuesto						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Piso de tierra						
8	008	Suministro y colocación de Arena pasada malla 1/8"	m ³	0.013	20.81	0.27
9	009	Arcilla pasada malla 1/8"	m ³	0.07	11.032	0.28
10	010	Agua	lt	22.44	0.08	1.79
11	011	Suministro y colocación de Cabuya	m ²	1	14.77	14.77
12	012	Suministro y colocación de residuos cerámicos	m ²	0.003	0.50	0.0015
Acabados						
12	012	Suministro y colocación de Aceite de linaza (MK)	m ²	1	5.18	5.18
					Total	18.88

Tabla 125. Presupuesto de piso con cabuya, residuos cerámicos y aceite de linaza (autoconstrucción). Delgado K. (2017).

Observaciones:

- Los presupuestos realizados en el literal 3.7.8 y 3.3.9, ver tabla 124 y 125, pertenecen a un piso en el cual se desarrolla la modalidad de auto construcción o minga por lo que no generan costos en mano de obra, .

- Es necesario entender que estos pisos son desarrollados con técnicas de fácil ejecución por lo que no se necesita mano de obra calificada y el proceso constructivo está detallado en el capítulo 04.

- La diferencia en la construcción de pisos sin mano de obra calificada es aproximadamente de \$10 por cada metro cuadrado de construcción por lo que el ahorro es muy significativo.

- Al igual que en los presupuestos anteriores no se incluye rubros de limpieza, excavación, desalojo y replanteo por lo que depende del lugar en el cual se va a construir el piso.



Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios						
Rubro	Arcilla pasado por la malla 1/8"					Unidad
						m ³
Materiales						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Herramienta menor	5 % MO				0.48	
Subtotal						
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Subtotal						
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Zaranda con malla de 1/8"	1	1	10.552	10.552		
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
				Subtotal de Transporte		
				Total costo directo (M+N+O+P)	11.032	
				Indirectos y Utilidades 0%	0.00	
				Otros indirectos	0.00	
				Costo total del rubro	0.00	
				Valor ofertado	11.032	

Tabla 127. Análisis de precios unitario: Arcilla pasado por la malla 1/8". Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Rubro		Unidad
Limpieza de capa vegetal		m ²

Materiales

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Herramienta menor	5 % MO			0,160	0,10
Subtotal					0,10

Mano de obra

Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Subtotal					

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo
Subtotal de Transporte					
Total costo directo (M+N+O+P)					0.10
Indirectos y Utilidades 0%					0,00
Otros indirectos					0,00
Costo total del rubro					0.00
Valor ofertado					0.10
					0.10

Tabla 128. Análisis de precios unitario; Limpieza de la capa vegetal. Delgado K. (2017).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro						Unidad
Suministro e instalación de residuos cerámicos						m ³
Equipo						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Herramienta menor	5 % MO				0.48	
Subtotal						
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Proceso de autoconstrucción (minga)						
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Residuo cerámico reciclado por perdidas en ladrilleras	0	0	0	0		
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
Residuos cerámicos	kg	5,3	0.00025	20	0.026	
Subtotal de Transporte						
Total costo directo (M+N+O+P)					0.50	
Indirectos y Utilidades 0%					0.00	
Otros indirectos					0.00	
Costo total del rubro					0.50	
Valor ofertado					0.50	

Tabla 129. Análisis de precios unitarios: Suministro e instalación de residuos cerámicos. Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Rubro Excavación a mano de 0 a 1m **Unidad**
m³

Materiales

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Herramienta menor	5 % MO				0.437
Subtotal					

Mano de obra

Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Subtotal					

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo
Subtotal de Transporte					
Total costo directo (M+N+O+P)					0.437
Indirectos y Utilidades 0%					0.00
Otros indirectos					0.00
Costo total del rubro					0.437
Valor ofertado					0.437

Tabla 130. Análisis de precios unitarios: Excavación a mano de 0 a 1m. Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios						
Rubro	Desalojo y Cargado de material a mano					Unidad
Equipos						m ³
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Herramienta menor	5 % MO 1.00	25.00	25.00	0.063	1.56	
Subtotal						
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Subtotal						
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario		Costo	
Pozo por concepto de disposición de material	m3	1.05	0.40		0.42	
Transporte	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
					Subtotal de Transporte	
					Total costo directo (M+N+O+P)	
					1.98	
					Indirectos y Utilidades 0%	
					0.00	
					Otros indirectos	
					0.00	
					Costo total del rubro	
					1.98	
					Valor ofertado	
					1.98	

Tabla 132. Análisis de precios unitarios: Desalojo y cargado de material a mano. Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios						
Rubro						Unidad
Suministro y colocación de cabuya						lb
Materiales						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Herramienta menor	5 % MO				0.1705	
Subtotal						
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo	
Subtotal						
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
Cabuya	lb	1.6	0.02	14.60		
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo	
Subtotal de Transporte						
Total costo directo (M+N+O+P)						14.77
Indirectos y Utilidades 0%						0.00
Otros indirectos						0.00
Costo total del rubro						14.77
Valor ofertado						14.77

Tabla 133. Análisis de precios unitario: Suministro y colocación de cabuya. Delgado K. (2017).



Análisis de precios unitarios

Rubro Suministro y colocación de aceite de linaza **Unidad**
It

Materiales

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo
Herramienta menor	5 % MO				0.1705
Subtotal					

Mano de obra

Descripción	Cantidad	Jornal /Hora	Costo Hora	Rendimiento (m/hora)	Costo

Subtotal
Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo
Aceite de linaza	It	0.3	5.33	1.60

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Distancia	Costo

Subtotal de Transporte

Total costo directo (M+N+O+P)	1.77
Indirectos y Utilidades 0%	0.00
Otros indirectos	0.00
Costo total del rubro	0.00
Valor ofertado	1.77

Tabla 134. Análisis de precios unitarios: Suministro y colocación de aceite de linaza. Delgado K. (2017).

3.8 Presupuesto del modelo final y comparación.

Presupuesto						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Obras preliminares						
1	001	Limpieza manual del terreno	m ²	1	2.18	2.18
2	002	Replanteo y nivelación	m ²	1	10.10	10.10
Cimentación						
3	003	Excavación a mano de 0 a 1m	m ³	0.45	9.17	4.12
4	004	Cargado de material a mano	m ³	1	4.68	4.68
5	005	Desalojo de material con volqueta incluye cargado a máquina	m ³	1	2.03	2.03
Estructura						
6	005	Piedra canto rodado	m ³	0.45	13.28	5.97
7	006	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm ²	kg	1	4.68	4.68
Piso de tierra						
8	008	Arena	m ³	0.013	21.48	0.279
9	009	Arcilla	m ³	0.026	9.17	0.238
10	010	Agua	lt	22.44	0.08	1.792
11	011	Cabuya	lb	1.60	18.19	13.27
Acabados						
12	012	Aceite de linaza (MK)	m ²	1	5,18	5.18
					Total	51.70

Tabla 135. Presupuesto de modelo final y comparación. Delgado K. (2017).

**Comparación de precios de pisos**

Piso	Precio m ²
1. Hormigón 240 kg/ cm ²	88.24
2. Cerámica (mikonos ocre 30x30cm)	16.20
3. Gres tunez rojo abrasivo	34.64
3. Cabuya y aceite de linaza	25.70
4. Cabuya , residuos cerámicos y aceite de linaza	26.46
5. Cabuya y cola de guagra	20.77
6. Cascarilla de arroz y aceite de linaza	20.77
7. Cabuya y aceite de linaza (autoconstrucción)	18.88
8. Cabuya , residuos cerámicos y aceite de linaza (autoconstrucción)	18.88
9. Modelo final Cabuya y aceite de linaza con estructura	51.70

En la tabla 136, se muestra los precios de m² de capa piso compuesto por arcillas.

El piso de hormigón y gres, son valores muy altos aptos para personas de medio y alto estatus económico.

El precio de la cerámica se considera inferior al de piso de tierra, pero este valor no se hace significativo cuando el piso de tierra se hace auto construido, siendo un valor que puede ser accesible para personas con viviendas de interés social.

Tabla 136. Comparación de precios de pisos. Flores C. (2017).



3.15 Conclusiones

- Se concluye que para realizar una mezcla de piso de tierra se debe utilizar los extremos de límite líquido y límite plástico que servirán para obtener la dosificación final de 30,4 % de agua, 42,6% de arcilla, 17,5 de arena y 0,9 de cabuya.

- Se observa que en mezclas iniciales la resistencia se reduce en un porcentaje significativo después de los 28 días de secado a temperatura constante, esto se da debido a que la mezcla se disgrega por la cantidad de arena que contiene.

- El porcentaje de fibra, varía de acuerdo a la que se elige y las dimensiones del piso, la dosificación ideal es un aproximado que puede utilizarse en diferentes materiales, siempre y cuando se conozca el porcentaje de arcilla que contiene cada material.

- La dosificación ideal alcanzada en los ensayos de las muestras es del 70% y 73%, la relación agua / arcilla, tienen buena trabajabilidad, nos ayuda a tener más resistencia, menor disgregación, sobre todo mejor comportamiento al secado

- Se podría tecnificar el método de compactación, debido a que las muestras presentan espacios vacíos en la base de los moldes.

- Se decidió realizar ensayos a compresión después de los 28 días de secado, para ver el comportamiento de las muestras, siendo en su mayoría uniforme con relación de 70 y 73 %, después de los 28 días las muestras menores al 60 % presentaron menores resistencias.

- Según la norma ASTM para morteros, la mínima resistencia está en 24,47 Kg/cm² y máxima de 175,26 kg/cm², de acuerdo a esto la resistencia mayor que se obtuvo es 29 kg/cm² en la relación , agua 30.4%, arcilla 42.6%, arena 26.1% y fibra 0.9%. que está dentro de la norma y cumple lo especificado, además de servir para realizar el piso se demuestra que puede ser utilizada para morteros.

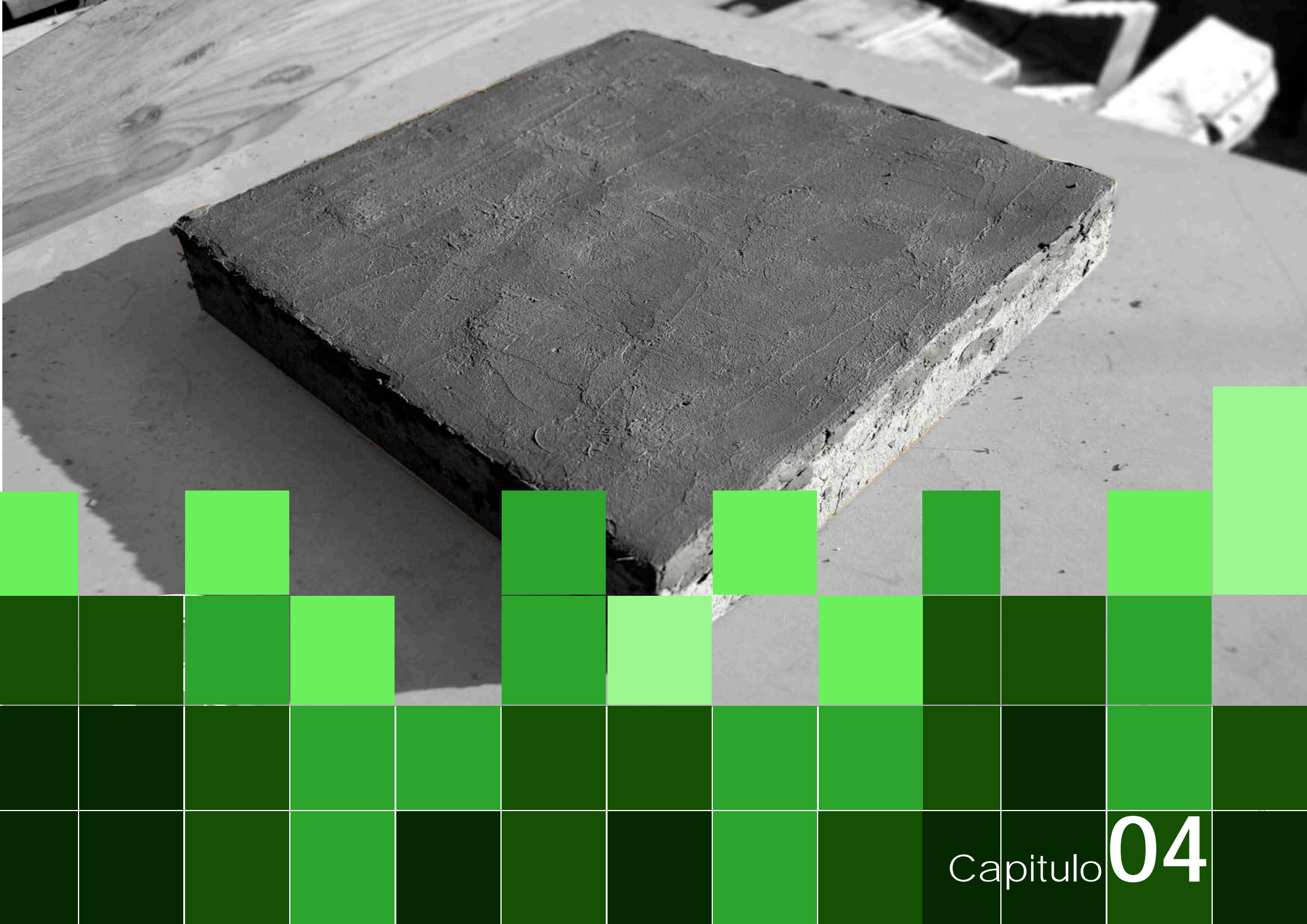
- Los residuos de ladrillo mejoraron la resistencia a compresión, debido a que contiene más arcillas, presenta fisuras de 0.2 mm y una mejora en comparación con las anteriores.

- La dosificación final, corregido la humedad en estado SSS, es: 30,4 % de agua, 42,6% de arcilla, 26,1 de arena y 0,9 de cabuya. Va-

ría en el caso de la utilización de residuos de ladrillo, debido a la trabajabilidad y a la combinación con la reducción de arena a un 75% de la dosificación final.

- El análisis de retracción de la muestra de fibra de cabuya presenta el 11%, la realizada con residuos de ladrillo 9.17%, reducido a comparación con las muestras de arcilla que presentan el 18% de retracción.

- De acuerdo al análisis de presupuestos realizado en cada caso se determina que efectivamente, en auto construcción y utilizando la arcilla del lugar, el costo se reduce de: \$25.70 a \$18.88 el m² de piso.



Manual

4.1 Manual de auto-construcción del prototipo de pisos con su respectivo recubrimiento.	259	4.2 Conclusiones y recomendaciones.	287-289
		4.4 Bibliografía.	290-296
4.1.1 Objetivos del manual de auto-construcción.	259	4.5 Anexos.	297-306
4.1.2 Transporte y comercialización.	259		
4.1.3 Herramientas.	260		
4.1.4 Ensayos de campo.	263		
4.1.5 Dosificación.	266		
4.1.5.1 Dosificación Ideal.	266		
4.1.5.2 Dosificación corregida con el porcentaje de humedad de arcilla.	266		
4.1.5.3 Mapa ubicación de arcillas Lema.	267		
4.1.5.4 Posibles dosificaciones para arcillas con las granulometrías de Lema (2015).	268		
4.1.6 Recolección y preparación de materiales.	271		
4.1.7 Fabricación de mezcla.	273		
4.1.8 Recomendaciones para instalaciones sanitarias.	274		
4.1.9 Nivelación del contrapiso.	276		
4.1.10 Limpieza del contrapiso.	278		
4.1.11 Colocación de la mezcla.	279		
4.1.12. Proceso de alisado.	282		
4.1.13 Recomendaciones juntas de dilatación.	283		
4.1.14 Proceso de secado del piso de tierra.	284		
4.1.15 Pulido.	285		
4.1.16 Aplicación de sellantes.	286		



4.1 Manual de auto-construcción del prototipo de pisos de con su respectivo recubrimiento.

4.1.1 Objetivos del manual de auto-construcción

El termino auto-construcción se refiere al proceso individual o colectivo de personas (minga) que construyen con sus propias manos cualquier obra de carácter arquitectónico que no sea de gran escala.

La razón principal de la auto construcción es la falta de vivienda, se da debido al estado económico de la persona, además en las zonas rurales los materiales de construcción contemporáneos son difíciles de conseguir por las grandes distancias que existen de la ciudad. Aunque también es usada con frecuencia cuando los usuarios quieren mejorar su vivienda actual.

El presente manual tiene como objetivo ser una herramienta para personas sin posibilidad de endeudamiento las cuales buscan obtener una vivienda digna, el mismo describe de manera más simple el proceso constructivo del piso en una vivienda de interés social, aplicando el sistema descrito en este manual.

Las consideraciones principales que se debe tomar en cuenta antes de llevar a cabo la construcción del piso de tierra pulido son:

- Elegir la estructura sobre el cual se va aplicar la mezcla, además si la misma puede resistir la carga muerta del edificio se puede colocar en planta alta. Ejemplo: suelo apisonado con compactador, hormigón, madera, etc
- Impermeabilizar la superficie donde se colocara. Se puede tomar como opciones de bajo costo el plástico polietileno negro o alquitrán, entre otros.

4.1.2 Transporte y comercialización

Previo al inicio de cada obra, se debe tener conocimiento sobre el transporte y la comercialización de cada uno de los materiales necesario para la construcción, en el caso específico de los pisos los materiales principales serán:



Arena:
Se deberá contratar un camión de capacidad mínima de 5 m³



Arcilla:
Se deberá contratar un camión de capacidad mínima de 5 m³



Cabuya:
Comercializada en hebras, cada una de 3 m de longitud..



Ladrillos:
Se obtiene de forma residual.



Agua:
Se deberá contratar un tranquero de capacidad mínima de 5 m³.

Gráfico 08. Transporte y comercialización de materiales. Flores, C. (2017).

4.1.3 Herramientas

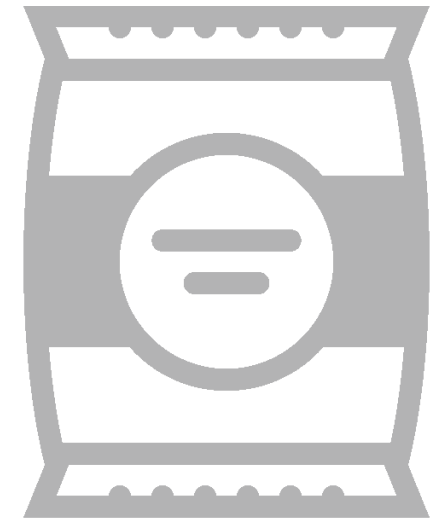
Mascarilla



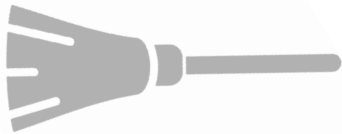
Plástico negro (polietileno)



Lonas



Escoba



Martillo



Manguera transparente



Nivel de Burbuja



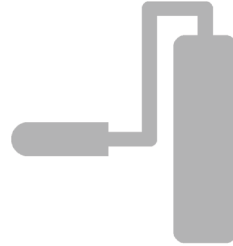
Gráfico 09. Herramientas de contracción de piso de tierra pulido. Flores, C. (2017).



Pisón



Rodillo



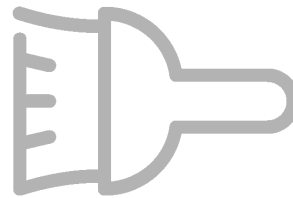
Pala



Pico



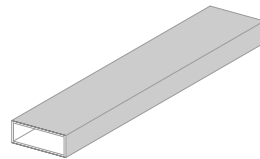
Brocha



Carretilla



Tubo rectangular de acero



Hilo

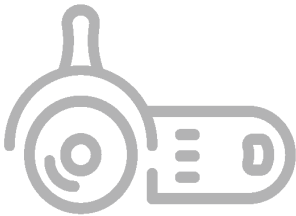


Bailejo

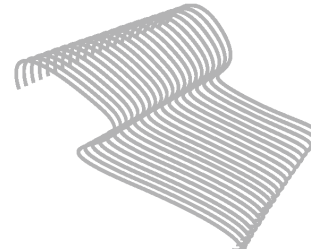


Zaranda con malla de 1/8"

Pulidora



Trapo de seda



Baldes



Espojas

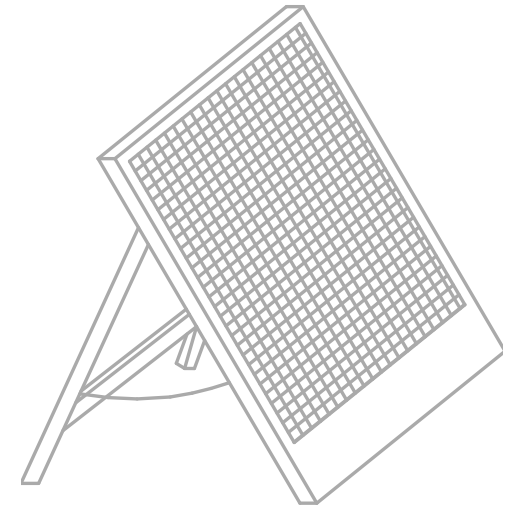


Gráfico 11. Herramientas de contracción de piso de tierra pulido. Flores, C. (2017).



4.1.4 Ensayos de campo

Los siguientes ensayos son una prueba rápida que se realiza para evaluar la existencia de arcilla en su suelo.

Estos no son muy exactos pero pueden hacerse en sitio en un corto tiempo para estimar la composición del barro y determinar si es aceptable para la mezcla.

Se deben realizar los siguientes ensayos:

- Prueba de cinta de barro (Norma E.080)
- Caída de la bola (Norma E.080)
- Resistencia seca (Norma E.080)
- Lavado (Man. Constr. en tierra de Gernot Mlnke)
- Sedimentación (Man. Constr. en tierra de Gernot Mlnke)

Nota: Se recuerda que para la mezcla de piso es necesario una suelo arcillo limoso.

4.1.4.2 Prueba de cinta de barro

Se utiliza una muestra de barro con la humedad suficiente que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro.

Colocar en una mano, ir aplanando poco a poco entre los dedos del pulgar e índice, hasta formar una cinta de 4 mm de espesor.

Una vez alcanzado el cilindro de 4 mm de espesor se deja colgar la cinta lo más que se pueda.

Resultados:

Si la cinta se rompe antes de alcanzar los 5 cm, esta tierra es arenosa (inadecuada).

Si la cinta se rompe entre los 5 y 15 cm es tierra arcillo-arenosa (inadecuada).

Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud sin romperse, el suelo es arcilloso (adecuada)

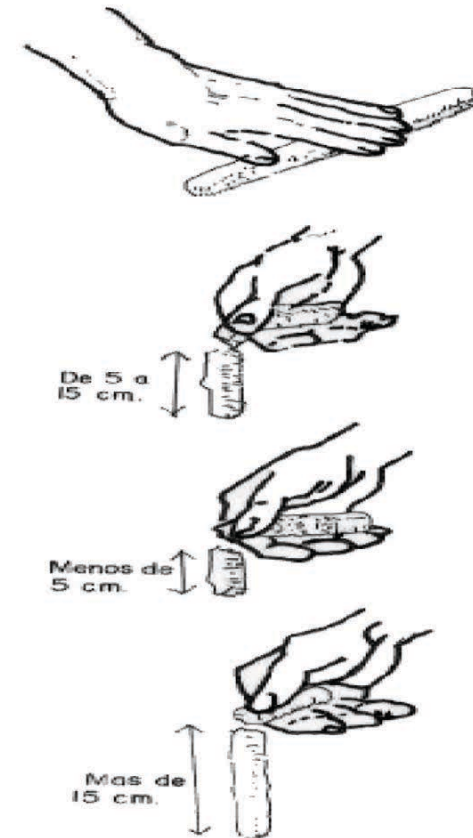


Gráfico 12. Prueba de verificación de tierra apta para la fabricación de adobe. Recuperado de <http://biblioteca.sena.edu.co>.

4.1.4.3 Ensayo caída de la bola

Este ensayo determina la cantidad de humedad presente en el suelo.

Se debe formar una bola de tierra del tamaño del puño y comprimir fuertemente. Dejar caer desde a un suelo plano desde una altura de 1.10 m

Resultados:

Si la bola de tierra se rompe en 5 pedazos o mas, el contenido de humedad es correcto. Si la bola se aplasta sin desintegrarse, el contenido de humedad es demasiado alto. Y si la bola se desintegra en el piso, el suelo es demasiado seco.

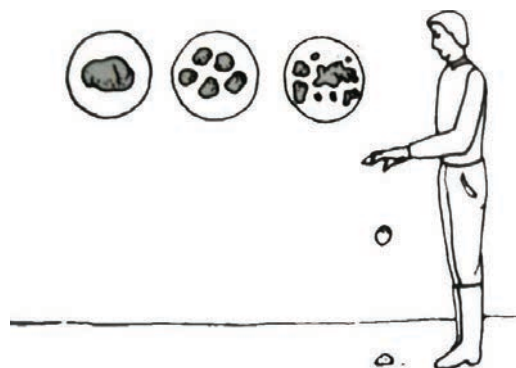


Gráfico 13. Norma E 080 (2013). PRUEBA "CONTENIDO DE HUMEDAD" PARA LA CONSTRUCCIÓN CON TAPIAL . Recuperado de Norma E 080.

4.1.4.3 Prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca"

Utilizar la tierra de la zona para la construcción y agregar la mínima cantidad de agua para formar cuatro bolitas de 2 o 3 cm de diámetro, sin que estas se deformen significativamente a simple vista, al secarse.

El tiempo de secado del ensayo debe ser de 48 horas, dejar secar los especímenes en un lugar fresco y seco, asegurando que no se humedecerán o mojarán por efectos de la lluvia, etc.

Resultados :

Después de tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el índice. En el supuesto caso que una de las bolitas se agriete o rompa se debe volver hacer el ensayo con las mismas consideraciones anteriores.

Luego de repetir la prueba, si se vuelven a quebrar o agrietar, este tiempo de suelo tendrá menor cantidad de arcilla en su composición por lo que se debe mezclar con otro suelo mas arcilloso

En el caso de que luego del ensayo no se rompa ,quebre o agriete ninguna de las bolitas, el suelo se podrá utilizarse como material para la construcción.

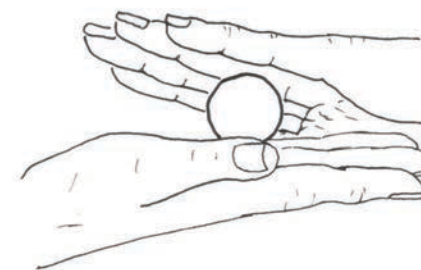


Gráfico 14. Norma E 080 (2013). PRUEBA "PRESENCIA DE ARCILLA" O "RESISTENCIA SECA" . Recuperado de Norma E 080.

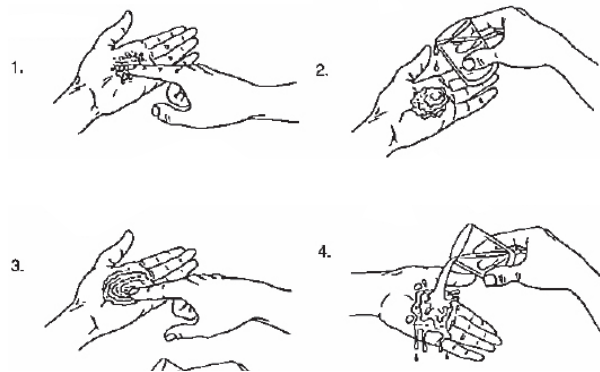


4.1.4.4 Ensayo de lavado

Se hace una muestra de barro húmedo (tierra+agua), se debe frotar entre las manos.

Resultados:

Si las partículas se sienten claramente, esto indica que el barro contiene arena o grava, mientras tanto si la muestra es pegajosa pero las manos pueden limpiarse al frotarse cuando se secan, esto indica que el barro contiene limos. En última instancia la muestra es pegajosa, haciendo necesario el uso para agua para retirar el barro de las manos, indica que el barro es arcilloso.



4.1.4.5 Ensayo de sedimentación.

Esta prueba tiene como propósito detectar los componentes del suelo mediante la decantación de una muestra tomada del sitio, pero estos no pueden coincidir con los límites definidos entre la arcilla y el limo, y entre el limo y la arena.

Se coloca una muestra de tierra, con la menor proporción de terrones posibles, en un frasco de vidrio transparente y luego se le agrega una cantidad de agua limpia en proporción 3:1 a la cantidad de tierra. Se agita el contenido y se deja reposar por un par de horas hasta que la muestra se estabilice.

Resultados:

Las partículas más pesadas se asientan en el fondo y las livianas quedan arriba. Las arenas se decantan primero por ser las más pesadas, luego limos y al final las arcillas.

Se mide la altura de cada una de las capas y se establece una relación porcentual con la altura total.

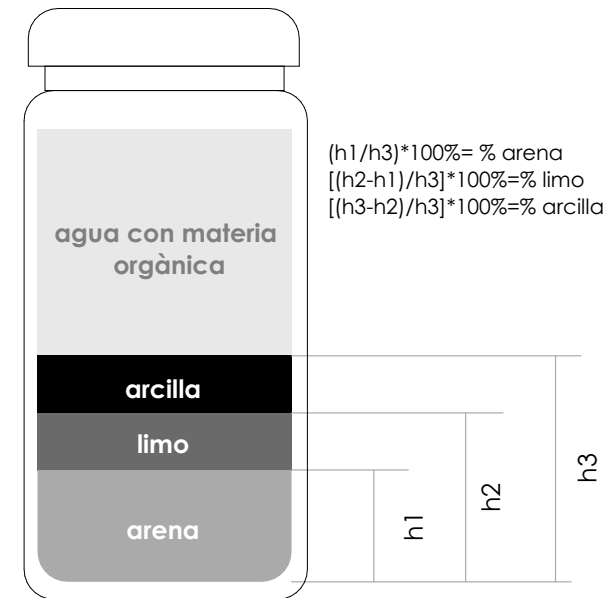
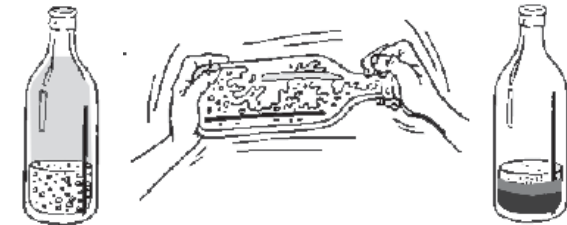


Gráfico 15. Ensayo de lavado. Recuperado de <https://arquitectos-cooperantes.com>.

Gráfico 16. Ensayo de sedimentación. Recuperado de: Proyecto Hornero (2007)

4.1.5 Dosificación

Considerando que esta dosificación se denomina arcilla a la muestra del suelo ideal obtenida directamente del lugar, pero según el ensayo granulométrico se defina como arcilla únicamente al material que pasa la malla # 200 es de el 46.33 %, considerando arcilla y limos.

Por lo tanto es necesario considerar la siguiente dosificación para relaciones con otros ensayo de granulometría obtenidos de , Lema (2015)

Los porcentajes que se reducen en la muestra de arcilla es material que se pasa la malla # 8 y pasa la # 200 por lo que hay que considerar que la arena tiene que cumplir estos requisitos para compensar la dosificación ideal.

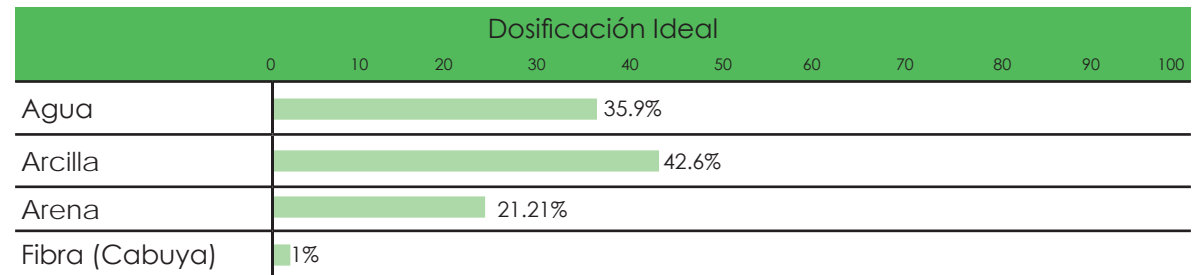


Tabla 137. *Dosificación ideal con arena seca.* Karen D. y Flores C (2017).

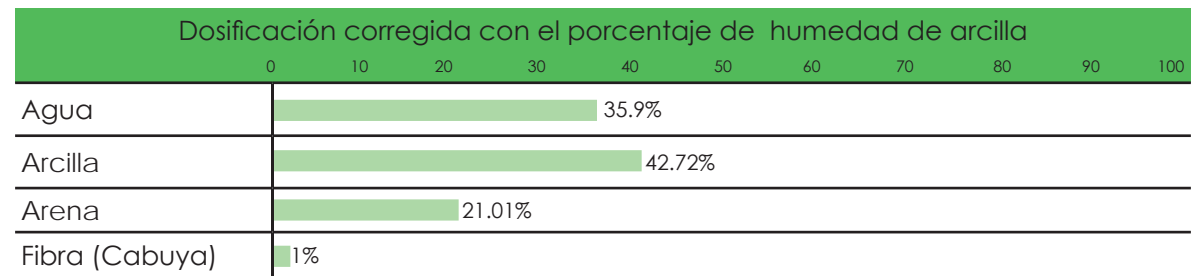
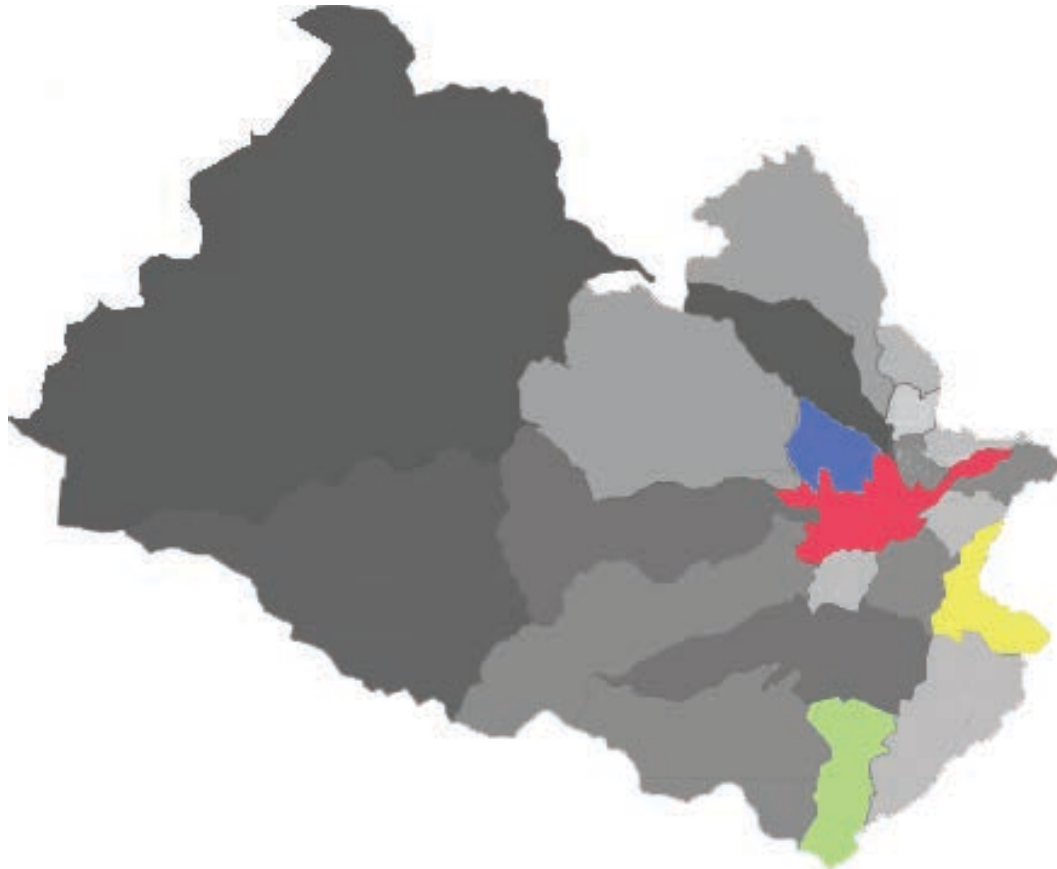


Tabla 138. *Dosificación ideal corregido el porcentaje de humedad.* Karen D. y Flores C (2017).



4.1.5.1 Mapa ubicación de arcillas - Lema (2015)



Ubicación muestras.

- Santa Ana
 - Muestra Cera
 - Muestra Morada
- Cuenca
- Racar
 - Muestra arenosa de Buenos Aires
 - Muestra Arenosa de San Miguel
 - Muestra roja de Buenos Aires
- Cumbe
 - Muestra roja de Cumbe

Gráfico 17. Mapa ubicación de arcillas Lema (2015). Karen D. y Flores C (2017).

4.1.5.4 Posibles dosificaciones para arcillas con las granulometrías obtenidas de Lema (2015)

Muestra roja de Buenos Aires.

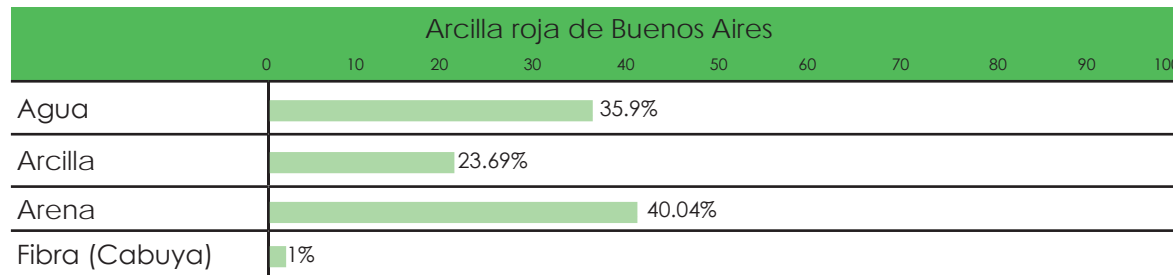


Tabla 139. Dosificación arcilla roja de Buenos Aires. Karen D. y Flores C (2017).

Muestra Cera

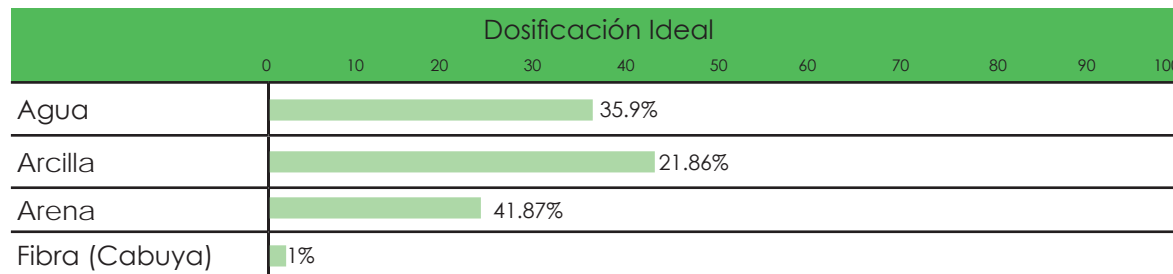


Tabla 140. Dosificación arcilla Cera. Karen D. y Flores C (2017).

Limite liquido = 41.55
 Limite plástico= 25.86
 Índice de plasticidad= 15.69
 Porcentajes de arcilla y limos, se retiene 87.22%
 Clasificación de la aashto:

A-6: El suelo típico de este grupo es un suelo arcillosos plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. Estos suelos, experimentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

Limite liquido = 53.35
 Limite plástico= 27.86
 Índice de plasticidad= 25.49
 Porcentajes de arcilla y limos, se retiene 95.92%
 Clasificación de la aashto:

A-7-6: Suelo arcilloso, se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad elevado en relación con el límite líquido y que están sujetos a cambios de volumen muy importantes.



Muestra roja de Cumbe.

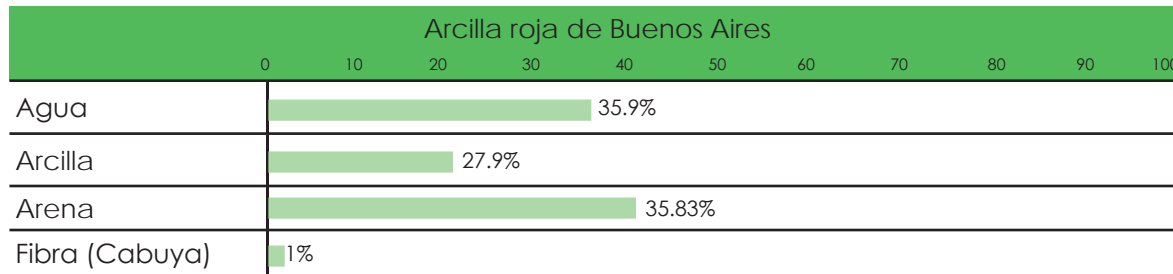


Tabla 141. Dosificación arcilla Cumbe. Karen D. y Flores C (2017).

Muestra Morada

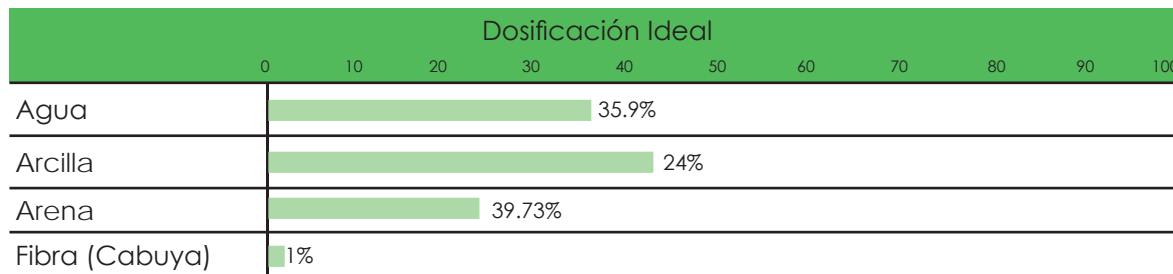


Tabla 142. Dosificación arcilla Morada. Karen D. y Flores C (2017).

Limite liquido = 31.20
 Limite plástico= 20.48
 Índice de plasticidad= 10.72
 Porcentajes de arcilla y limos, se retiene 67.20%
 Clasificación de la aashto:

A-6: El suelo típico de este grupo es un suelo arcilloso plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. Estos suelos, experimentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

Limite liquido = 27.80
 Limite plástico= 20.67
 Índice de plasticidad= 7.12
 Porcentajes de arcilla y limos, se retiene 85.76%
 Clasificación de la aashto:

A-4: El suelo típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. También se incluyen en este grupo los suelos constituidos por mezclas de suelo fino limosos y hasta un 64% de gravas y arenas.

Muestra arenosa de Buenos Aires.

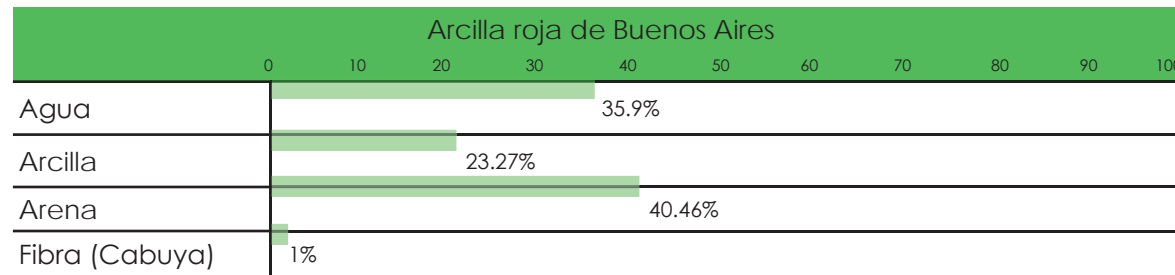


Tabla 143. Dosificación arcilla arenosa de Buenos Aires. Karen D. y Flores C (2017).

Limite liquido = 37.50
 Limite plástico= 28.22
 Índice de plasticidad= 9.28
 Porcentajes de arcilla y limos, se retiene 89.23%
 Clasificación de la aashto

A-4: El suelo típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. También se incluyen en este grupo los suelos constituidos por mezclas de suelo fino limosos y hasta un 64% de gravas y arenas.

Muestra arenosa de San Miguel

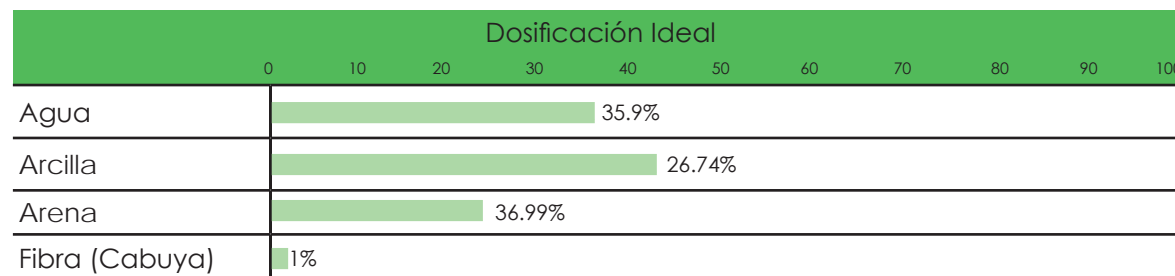


Tabla 144. Dosificación arcilla arenosa de San Miguel. Karen D. y Flores C (2017).

Limite liquido = 31.80
 Limite plástico= 19.67
 Índice de plasticidad= 12.13
 Porcentajes de arcilla y limos, se retiene 72.70%
 Clasificación de la aashto:

A-6: El suelo típico de este grupo es un suelo arcillosos plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. Estos suelos, experimentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.



4.1.6 Recolección y preparación de materiales

En este punto es donde se auto-cosecha o se compran los materiales para posteriormente prepararlos para la fabricación de la mezcla.

Nota: Los materiales son auto-cosechados en este caso la arcilla. Se tiene que tomar en cuenta que no contenga la capa vegetal, porque eso afectaría a la composición estructural del piso .

Herramientas:

Palas



Picos



Carretilla



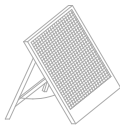
Lonas



Baldes



Zaranda



Pisón



Tijeras



Utilizar el pico y pala de punta puntiaguda para cavar el hoyo donde se va extraer la tierra, se debe remover la capa vegetal para extraer el material que se va a utilizar para la construcción del piso. Usar las carretillas, cubos o lonas para el movimiento del material

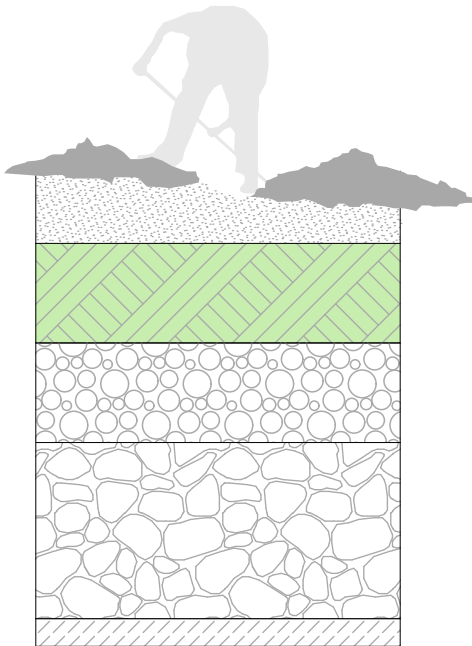


Gráfico 20. Extracción del material. Flores, C. (2017).



Colocar el material de suelo húmedo y la arena encima de un plástico de polietileno (plástico negro) por separado, dejar secar el material en al sol, hasta estar seco, sucede cuando esta disgregado o cambie de un tono oscuro a claro.

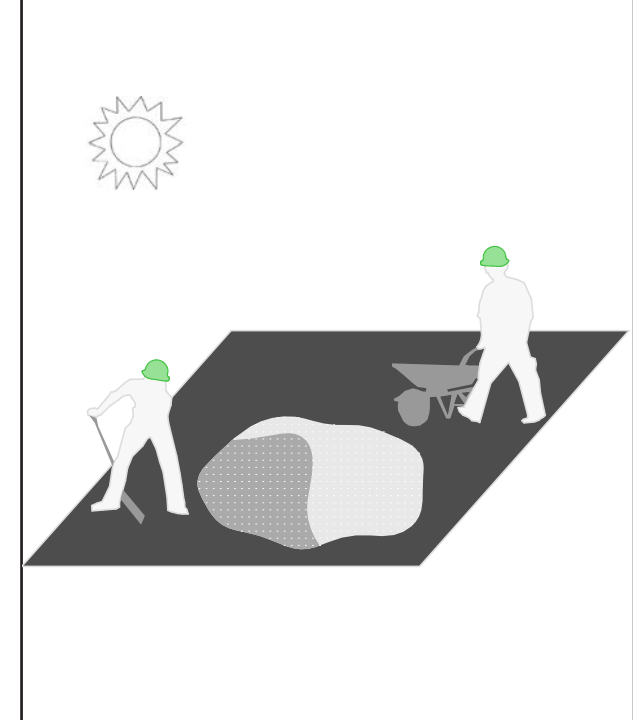


Gráfico 21. Colocación de materiales para el secado. Flores, C. (2017).

Gráfico 18. Herramientas para la recolección y preparación de materiales. Flores, C. (2017).



Tamizar por la zaranda de albañilería con malla de 1/8 pulg. Si la arena o el suelo es muy rocosa tamizar a través de un mayor tamaño de malla (1/2 o 1/4 pulg) antes de utilizar la malla mas fina

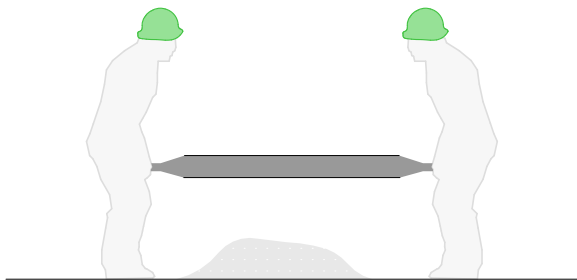


Gráfico 22. Zarandeado del material. Flores, C. (2017).



Cuando el material tiene terrones grandes usar un pisón de madera para pulverizar el material, para luego ser tamizado nuevamente.

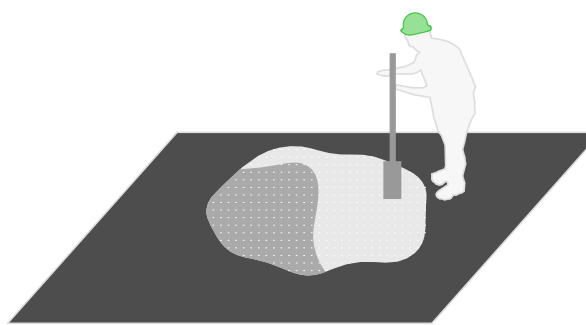


Gráfico 23. Apisonamiento de material. Flores, C. (2017).



La fibra de cabuya es recomendable cortarla en tamaños de entre 4 y 7 cm.

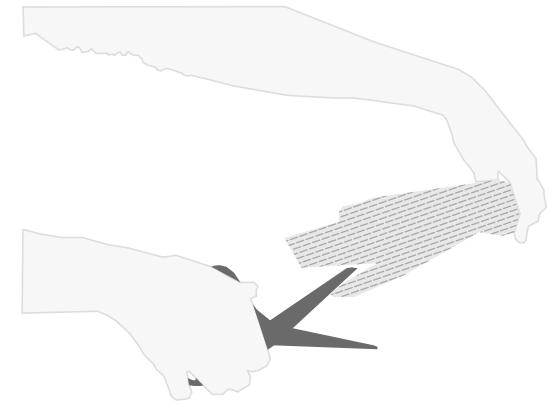


Gráfico 24. Recorte de fibra. Flores, C. (2017).



4.1.7 Fabricación de la mezcla.

La mezcla a fabricarse consta de cuatro componentes , agua, arcilla, arena y fibra.

EL proceso de mezclado puede hacerse con palas, maquina concretera o con el pisado de personas.

Los mismos que serán mezclados por un determinado tiempo de 50 min y dejado reposar durante un día.

Herramientas:

Plástico negro



Palas



Para el mezclado poner utilizar un plástico de propinelo negro. Mezclar los ingredientes, la arcilla y el agua en el centro del plástico y hacer como un cráter de volcán colocar agua dentro de este y mezclar. Repetir el mismo proceso con la arena durante los primeros 30 min.

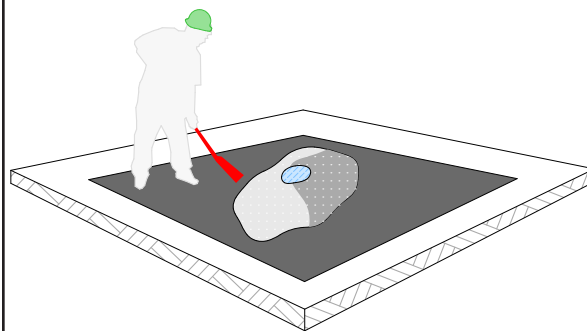


Gráfico 26. Proceso de mezclado. Flores, C. (2017).



Para la colocar la fibra en la mezcla, esparcir progresivamente la cabuya hasta extender la esta por toda la mezcla. Este proceso dura los 20 minutos restantes.

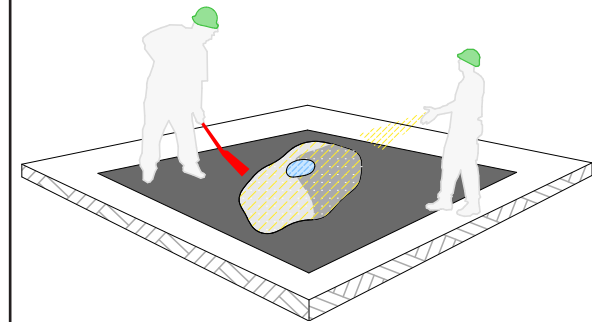


Gráfico 27. Proceso de mezclado. Flores, C. (2017).

Gráfico 25. Herramientas preparación de la mezcla. Flores, C. (2017).

4.1.8 Recomendaciones instalaciones sanitarias.

Antes de la colocación del piso de tierra se deberá tomar en cuenta todas las instalaciones sanitarias, lo cual comprende todas los desagües, tuberías, etc.

Para una correcta ejecución de instalación sanitarias se considerara:

Toda unión entre tuberías deberá realizar se en ángulo, y utilizando los accesorios correspondientes, no se recomienda doblar o perforar la tubería.

La tubería deberá tener la pendiente correcta , 2% mínima aceptable es igual al 1%, es decir que por cada metro de tubería tendrá una inclinación que nos dará una diferencia de altura de 10 cm.

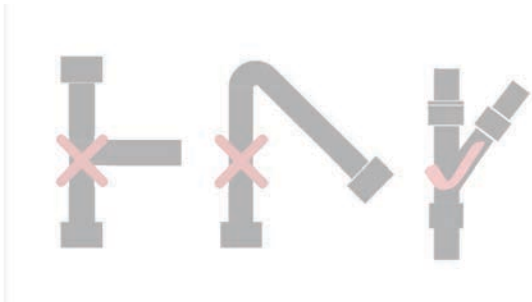


Gráfico 28. Colocación del tubo a 45 grados. Flores, C. (2017).



Se deberá delimitar las zonas húmedas o artefactos sanitarios y también lavaderos de platos y ropa.

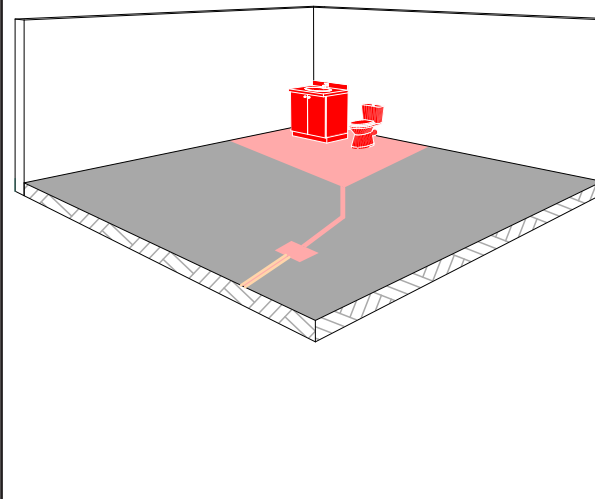


Gráfico 29. Delimitación de zonas húmedas. Flores, C. (2017).



Con la ayuda del nivel se verificara que las alturas correspondientes a la pendiente dada de la tuberías estén correctas. Para hacer mas fácil el trabajo y obtener las pendientes deseadas, la excavación deberá considerar las diferencias de alturas.

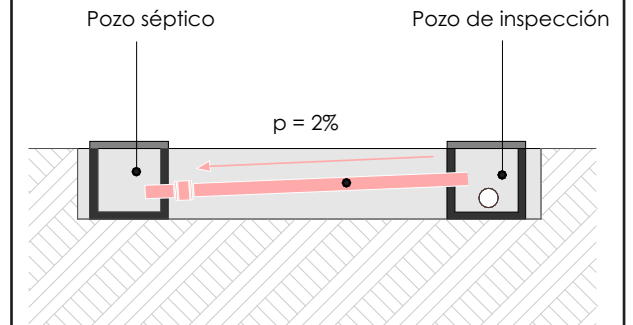


Gráfico 30. Verificación de pendientes. Flores, C. (2017).



Al momento de colocar las tuberías, se deberá asegurar de manera que no exista ningún tipo de fuga, se podrá usar cualquier tipo de pegamento especial para esto. Además los empalmes y uniones deberán realizarse únicamente con los accesorios correspondientes según la tubería

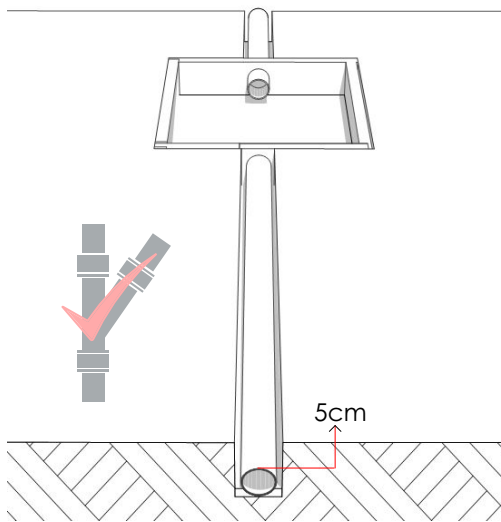


Gráfico 31. Recomendación para colocación de tuberías. Flores, C. (2017).



La red de instalaciones sanitarias en el baño, comprende tuberías de entre 1 1/2" hasta 4", sifones, aparatos sanitarios básicos, accesorios de tubería como T, codos, etc. Cada uno de estos serán instalados tomando las consideraciones anteriores y de acuerdo a lo que indique los planos arquitectónicos

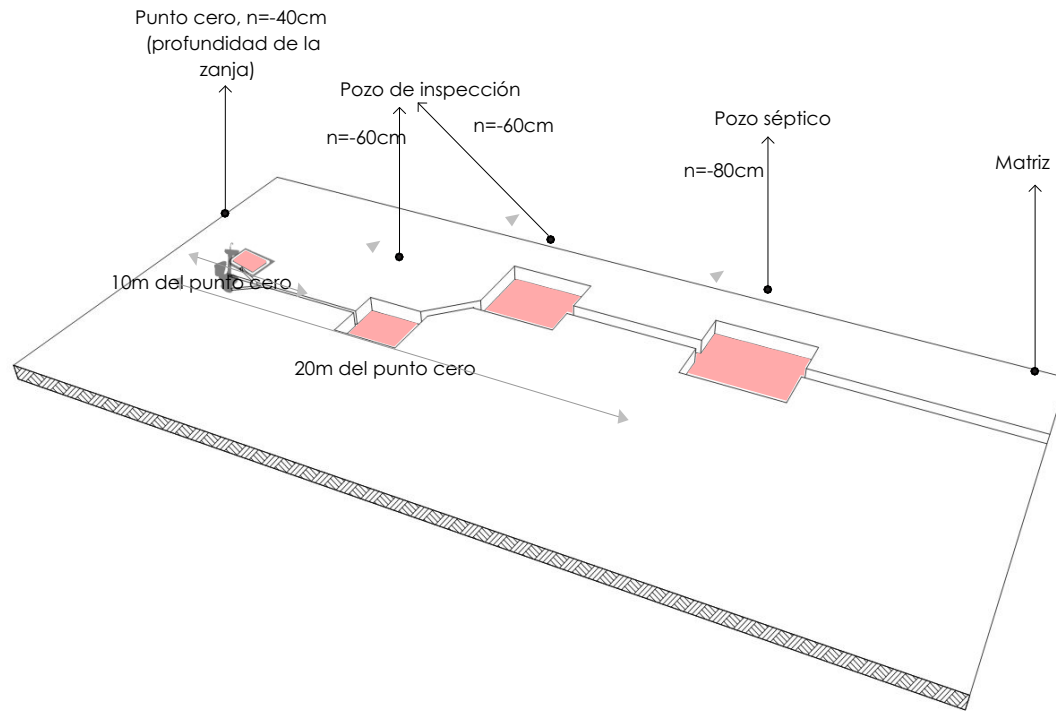


Gráfico 32. Tamaños de tuberías para la red hidrosanitaria. Flores, C. (2017).

4.1.9 Nivelación del contrapiso

Nivelar el contrapiso a base de una manguera tiene como objetivo asegurar una mejor base para el piso de tierra y también hará que las capas superiores sean coladas de manera correcta.

Herramientas:

Manguera transparente 3/8" de diámetro



Lápiz



Cuerda



Gráfico 33. Herramientas nivelación de contrapiso. Flores, C. (2017).



Gráfico 34. Puntos de referencia para nivelación. Flores, C. (2017).

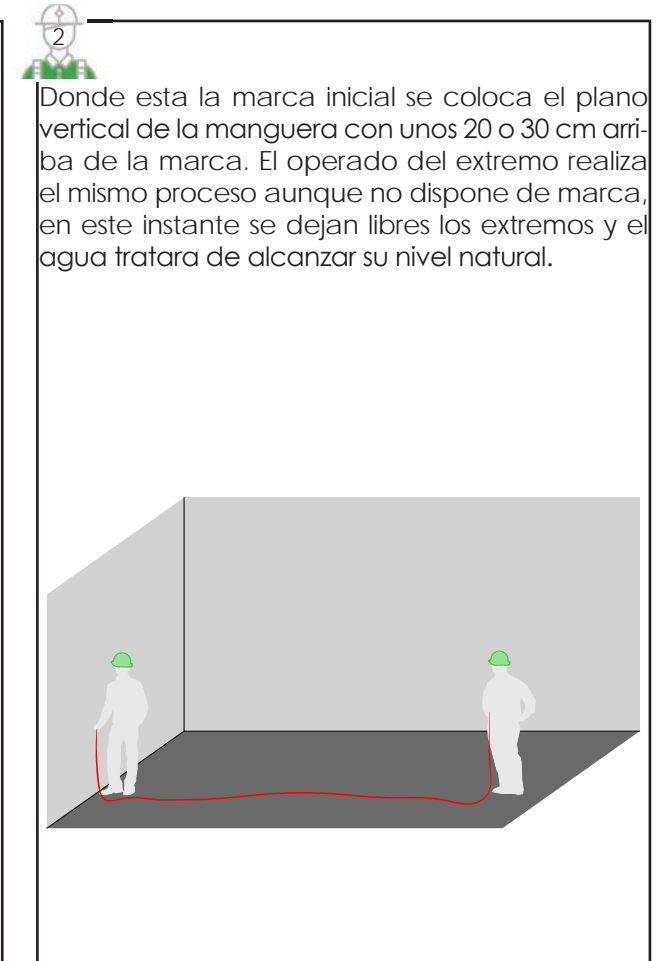


Gráfico 35. Nivelación con manguera. Flores, C. (2017).



El operario de la marca le indica al otro que mueva la manguera hacia arriba o hacia abajo hasta que el menisco coincida con la marca inicial y ese momento el segundo operario marca la misma altura habiendo trasladado el nivel. Este proceso se repetirá en cada extremo del área donde se instalará

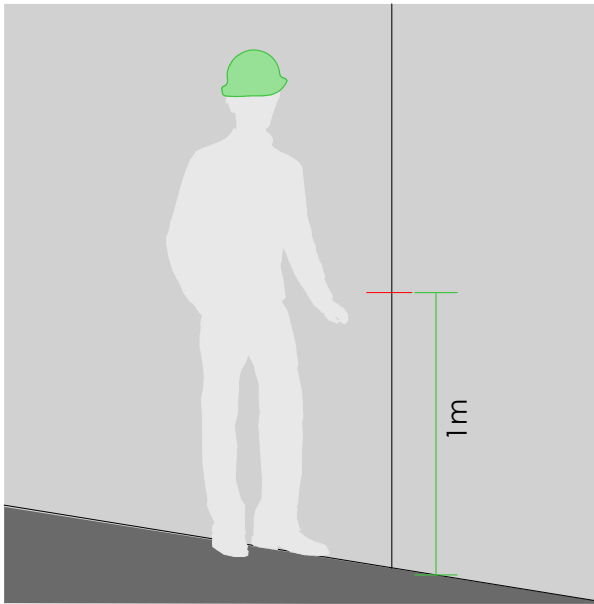


Gráfico 36. Nivelación con manguera. Flores, C. (2017).



Una vez nivelado, colocar los clavos y amarrar la cuerda tensando en cada extremo a una altura de 5cm el cual será el espesor del piso.

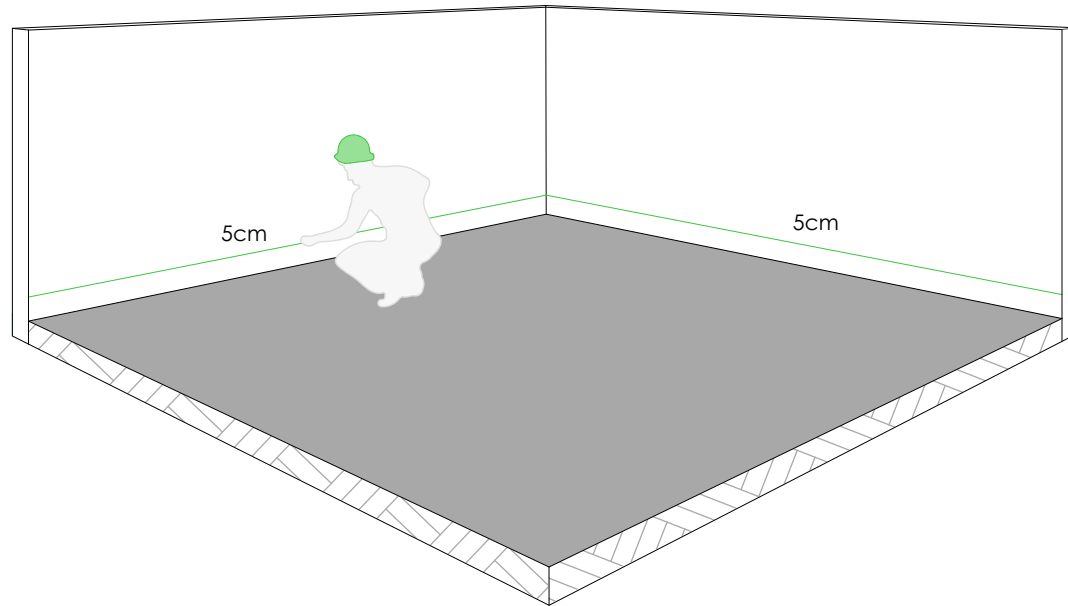


Gráfico 37. Colocación de guías. Flores, C. (2017).

4.1.10 Limpieza del contrapiso

Una vez nivelado el piso, se efectuará la limpieza del suelo a instalar retirando todos los escombros que se encuentren en la superficie que pueden dificultar la ejecución de la obra en el área de trabajo.

Herramientas:



Gráfico 38. Limpieza del contrapiso. Flores, C. (2017).

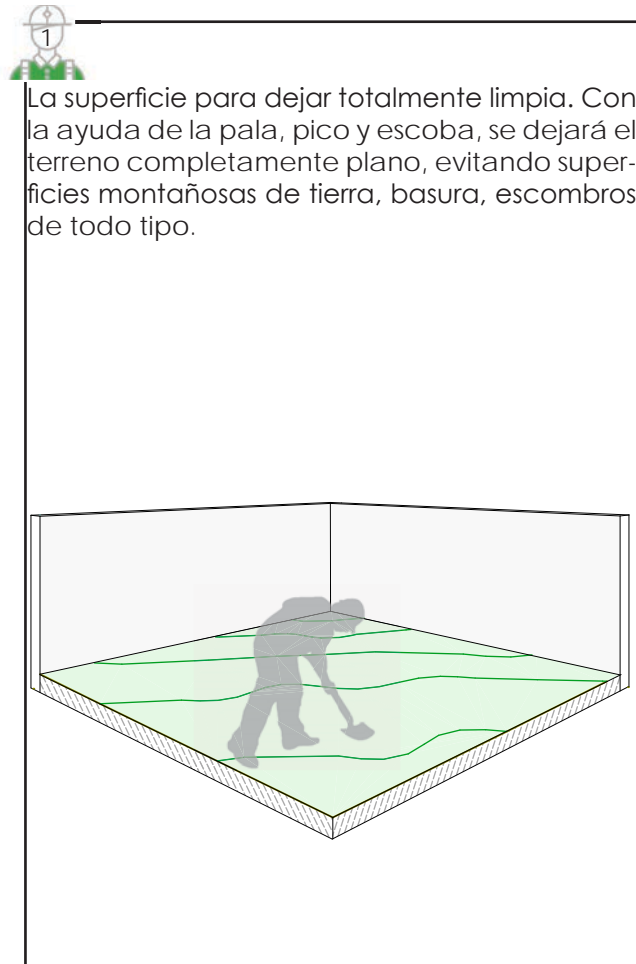


Gráfico 39. Limpieza del contrapiso. Flores, C. (2017).



Gráfico 40. Limpieza del contrapiso. Flores, C. (2017).



4.1.11 Colocación de la mezcla

Para este paso ya debe estar preparado el contrapiso, con la superficie limpia. Si el contrapiso es de tierra debe fijarse que la capa base de tierra o grava están bien compactada. Además que estos deben estar libres de piedras sueltas o trozos de tierra.

El resultado final de esta etapa será un piso que está a nivel, liso y plano.

Nota: No es ideal mezclar o verter un piso cuando el clima es extremadamente frío porque la consistencia de la mezcla cambio, necesitando mas agua para llegar a la consistencia ideal. Además que en estas condiciones cuando la mezcla se estira durante el vertido, puede agrietarse cuando se seca.

Comprobar el nivel frecuentemente y fijarse en las marcas guía en la pared para determinar el grosor del suelo.

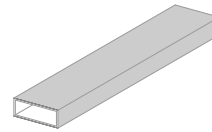
Una vez finalizado este proceso sellar el área de trabajo que los animales y la gente no pueda tener acceso

Herramientas:

Plástico



Tubo rectangular



Llana de acero



Nivel de burbuja,



Martillo



Balde



Gráfico 41. Herramientas colocación de mezcla . Flores, C. (2017).



Mojar ligeramente la capa base antes de verter la mezcla, esto asegura su correcta adherencia

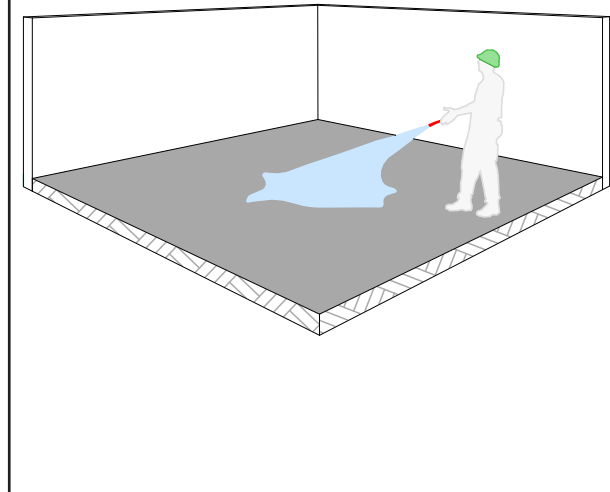


Gráfico 42. Pasos colocación de mezcla . Flores, C. (2017).



Con la ayuda de dos baldes colocar de material sobre el contrapiso, empezar a verter el material desde la esquina más alejada a la puerta de ingreso.

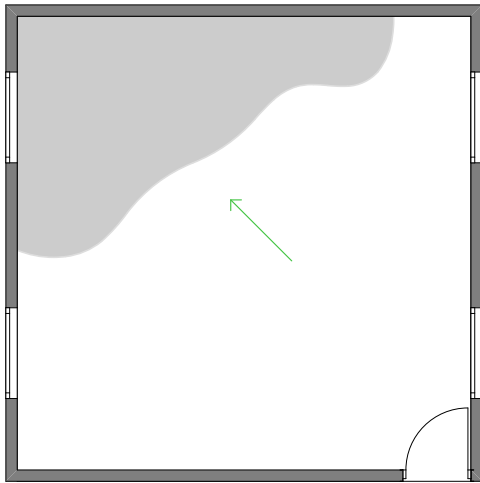


Gráfico 43. Pasos colocación de mezcla . Flores, C. (2017).



Es recomendable trabajar en secciones pequeñas alrededor de 2 x 2 m

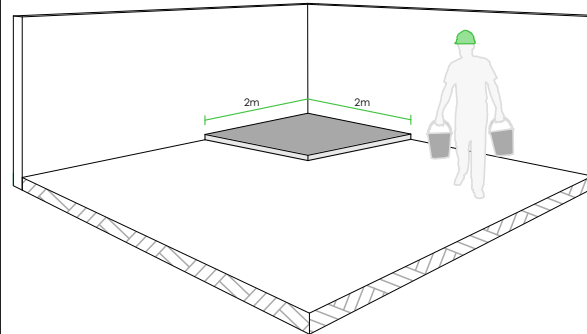


Gráfico 44. Pasos colocación de mezcla . Flores, C. (2017).



Colocar la primera capa con la ayuda de la llana de acero e ir esparciendo el material, procurar no estirar mucho la mezcla porque pueden aparecer grietas durante el secado. Hacer un movimiento hacia atrás y hacia adelante para eliminar pequeñas cantidades de mezcla, o añadir más mezcla en los lugares donde haga falta.

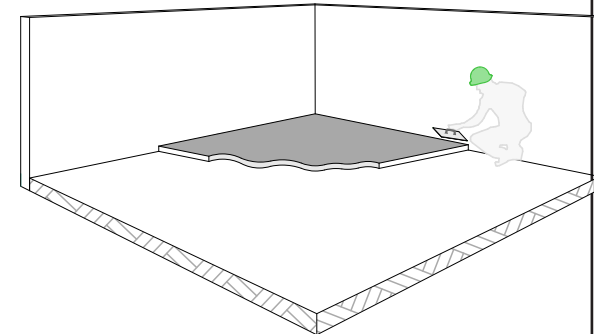
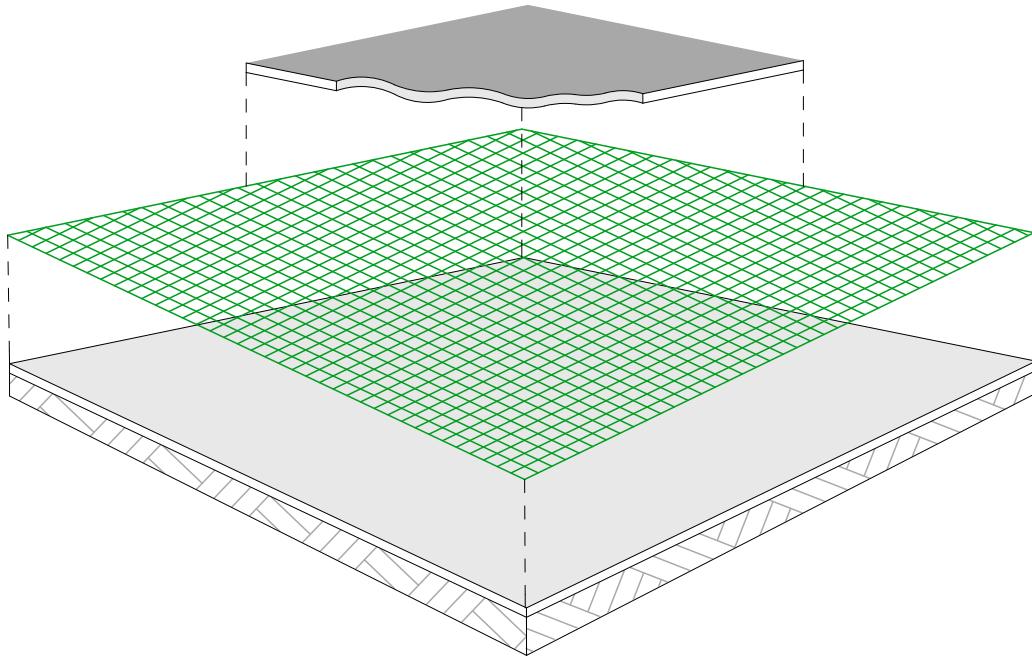


Gráfico 45. Pasos colocación de mezcla . Flores, C. (2017).



Colocación de la malla de gallinero a 2.5 cm de altura de piso y luego colocar la segunda capa de material.



4.1.11.1 Recomendaciones para colocación en áreas mas grandes

Para la colocación de la mezcla en áreas muy grandes, lo recomendable es verter el material en un solo día o podrían resultar juntas frías o agrietamientos.

Si el piso es grande y se tiene que completar en varios días, hay riesgos de que se seque el borde de trabajo.

Antes de pausar el trabajo colocar la una tela húmeda en el borde seco, al menos 20 cm mas en la sección de vertido y cubrir con plástico. Cuando es el momento de empezar a trabajar, quitar el plástico y humedecer el borde para solapar las mezclas.

Gráfico 46. Colocación malla de gallinero Flores, C. (2017).

4.1.12 Proceso de alisado

Es recomendable alisar el piso cuando aún está piso húmedo, además que son fáciles de borrar las marcas de llana y las abolladuras del día de vertido, obteniendo un piso más firme y duro.

Herramientas:

Llana de acero



Baldes



Almohadillas de espuma



Manguera



Tubo rectangular

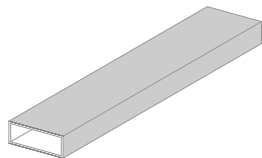


Gráfico 47. Herramientas proceso de alisado. Flores, C. (2017).

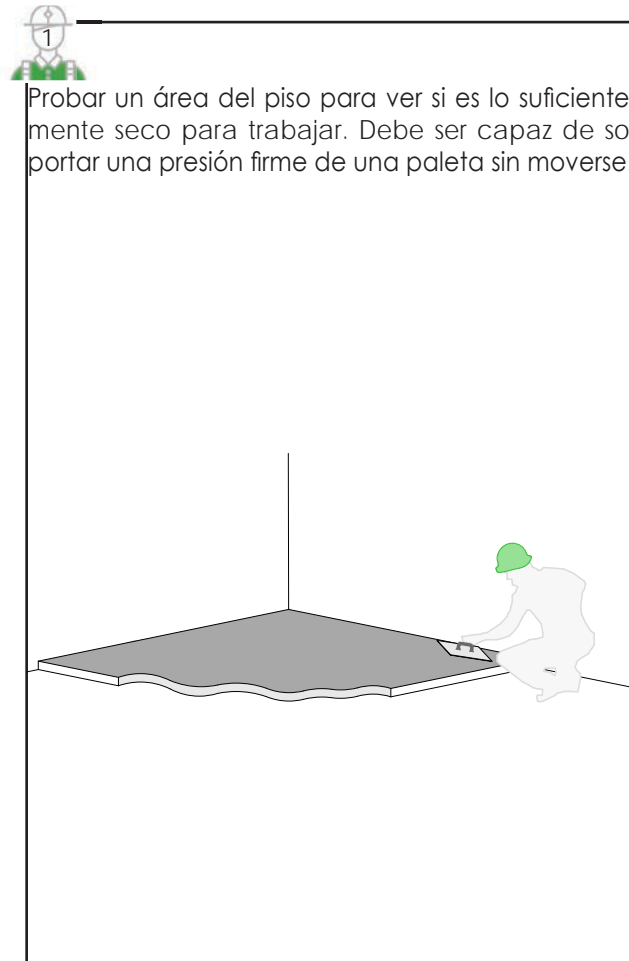


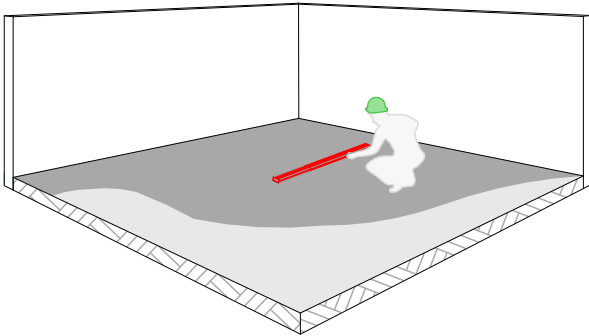
Gráfico 48. Proceso de alisado. Flores, C. (2017).



Gráfico 49. Proceso de alisado. Flores, C. (2017).



Alisar el piso mediante la aplicación de presión de una llana de acero o una tubo rectangular, lo que reduce las ondulaciones. La superficie final será brillante y suave. Si hay áreas que están desniveladas cubrir con una parte de la mezcla húmeda.



4.1.12 Recomendaciones adicionales para el alisado del piso de tierra

La parte más importante del alisado es tener cuidado de no caminar, ni colocar objetos en el suelo. Se debe utilizar las almohadillas para movilizarse por toda el área de trabajo para pulir todas las zonas

A medida que el suelo se seca el mismo se va encogiendo y esto hace que deje un espacio en los bordes que colindan con la pared.

Si no se utilizara ningún ajuste para el borde la pared aplicar una presión fuerte en el borde para empujar el material, se vuelve a presionar luego del secado esto se puede ser tratado como una grieta y se rellena con mezcla.

4.1.13 Recomendaciones juntas de dilatación

La mayoría de las grietas pueden ser prevenidas asegurando que la mezcla es de buena calidad, y que el piso este seco de manera uniforme. Los pisos grandes son mas propensos a agrietarse por movimientos y contracciones que los pequeños.

Para las juntas de dilatación debe ser de 24 a 36 veces el espesor de la losa. Además se recomienda que el espaciamiento de las juntas se limite a un máximo de 4.5 m.

Todos los paños deben ser cuadrado o de forma similar. Evitar paños en forma de L.

La ranura debe tener una profundidad mínima de 1/4 del espesor de losa, pero menor de 25 mm. El espesor debe estar comprendido entre 5 y 20 mm, empleándose poliestireno

Espeor junta 5 - 20 mm

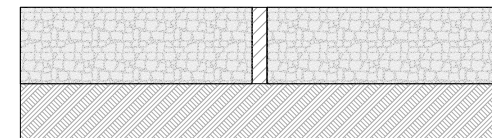


Gráfico 50. Proceso de alisado. Flores, C. (2017).

Gráfico 51. Junta de dilatación. Flores, C. (2017).

4.1.14 Proceso de secado del piso de tierra.

El piso de tierra contiene gran cantidad de agua. El secado de la planta es crítico se debe hacer rápidamente para reducir la aparición de moho o por la formación de grietas. El tiempo de secado depende de varios factores:

- Espesor del piso
- Que tan espesa es la mezcla
- La temperatura interior y exterior
- Humedad
- Flujo de aire

Es ideal que el suelo se seque de manera uniforme. Si un punto del piso se está secando, mientras que otro lugar adyacente esta aun húmedo, los dos tienen diferentes contracciones, lo que podría dar lugar a la formación de grietas. Asegúrese de cubrir todas las ventanas que den luz directa del sol al piso para secar uniformemente.

Es ideal que el suelo se seque de manera uniforme. Si un punto del piso se está secando, mientras que otro lugar adyacente esta aun húmedo, los dos tienen diferentes contracciones, lo que podría dar lugar a la formación de grietas. Asegúrese de cubrir todas las ventanas

que den luz directa del sol al piso para secar uniformemente el piso.

Si el ambiente exterior es cálido seco, solo se tiene que dejar las ventanas y puertas abiertas y con la ayuda de uno o dos ventiladores alrededor del piso será suficiente para asegurar un buen secado.

Si el ambiente exterior es muy seco, se debe utilizar los ventiladores y las puertas y ventanas deben estar cerradas para que el piso no se seque muy rápido.

Recomendaciones para el uso de ventiladores:

Se debe colocar los ventiladores estratégicamente antes de verter la mezcla, ya que no será posible caminar sobre el suelo húmedo para colocar o encender para su funcionamiento. Utilizar cables de extensión para las zonas más alejadas del área de trabajo. Una vez que partes del piso se ha secado se puede colocar en las áreas secas para llegar a las partes que todavía están húmedas. Posicionando en un patrón de bucle para poder acelerar el proceso de secado.

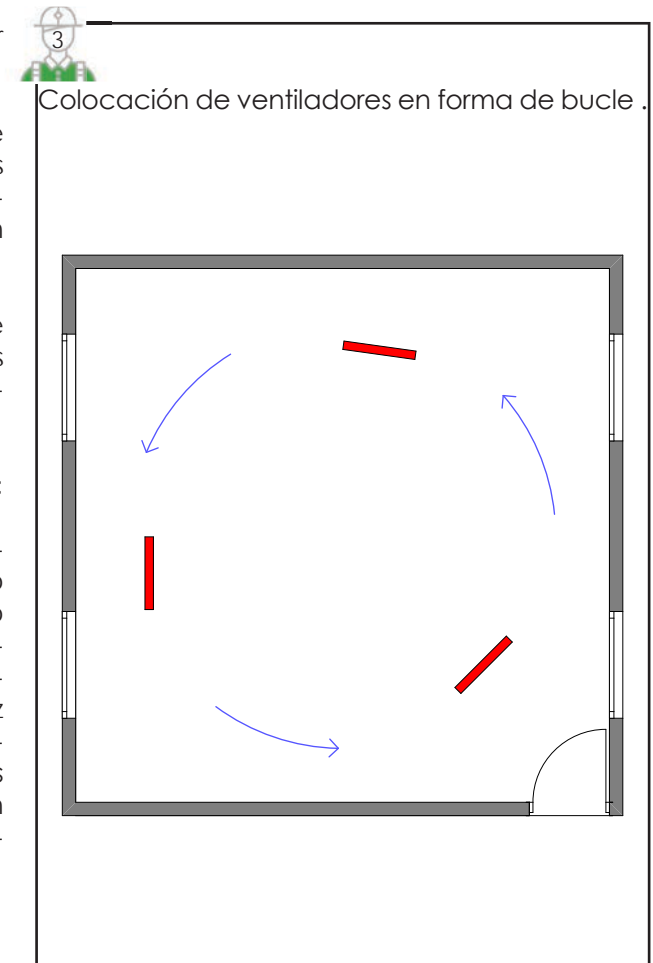


Gráfico 52. Colocación de ventiladores - Flores, C. (2017).



4.1.15 Pulido

Es un paso opcional que puede hacer antes de la colocación de los sellantes. Asegurarse de que la planta este totalmente seca, esto ayuda a crear una superficie fina y lisa.

Las herramientas pequeñas son más fáciles de manejar, además que son recomendables para plantas pequeñas. No se debe operar las maquinas sin la información de uso adecuada.

Herramientas:

Lijadora de mano o amoladora angular



Mascarilla



Escoba



Gráfico 53. Herramientas de pulido . Flores, C. (2017).



Comenzar el pulido, aplicando una presión firme y estable con pequeños movimientos circulares. El proceso puede tomar varias horas y debe continuar hasta que el piso tenga un aspecto brillante y suave

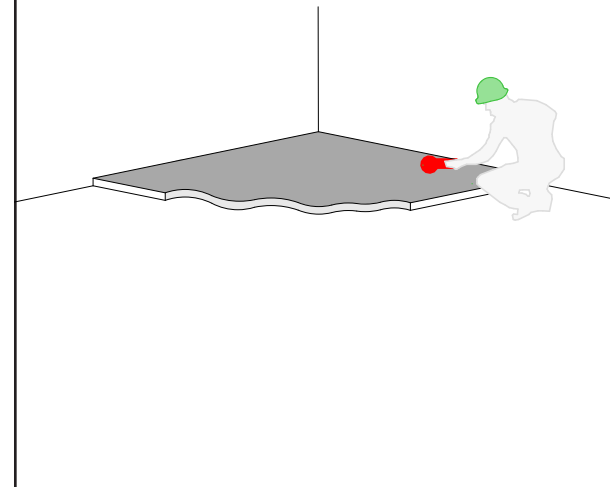


Gráfico 54. Proceso de pulido . Flores, C. (2017).



Una vez finalizado el pulido se debe limpiar la superficie para la posterior colocación del sellante.

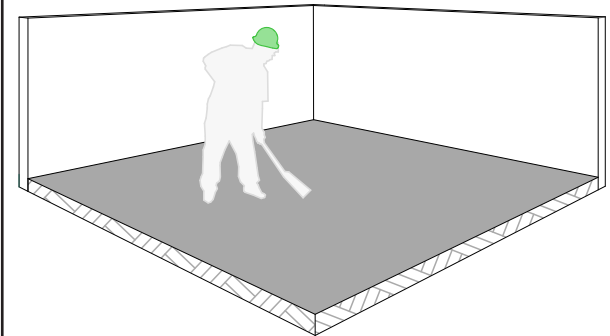


Gráfico 55. Proceso de pulido . Flores, C. (2017).

4.1.16 Aplicación de sellantes

Este proceso debe ser realizado una vez secado la planta.

Nota: después de la colocación del sellante se debe dejar secar al aire libre o con ventiladores. Procurar sellar el acceso para personas y animales.

Herramientas:

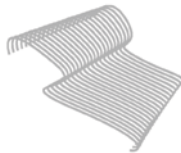
Brocha de 3".



Rodillos.



Trapos de seda.



Balde.



Gráfico 56. Herramientas de sellantes . Flores, C. (2017).



Para agilizar el esparcimiento del sellante (aceite de linaza), utilizar una brocha o un rodillo con una larga vara es práctico para extender el sellante sobre el piso, iniciar a colocar desde el punto más alejado de la puerta de ingreso al área de trabajo. Colocar varias capas hasta saturar el piso del sellante (aproximadamente 18 capas). Si hay zonas sobre-saturadas utilice el trapo de seda para retirar el exceso

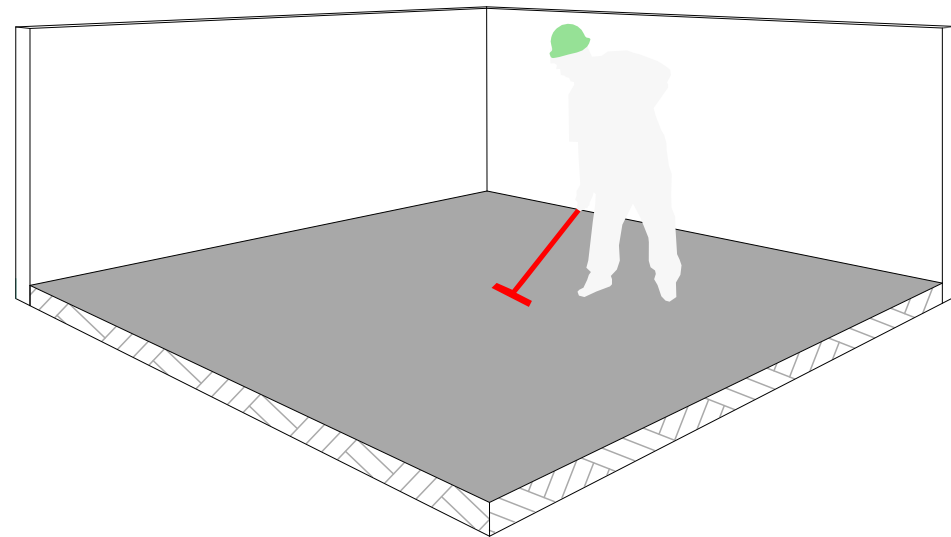


Gráfico 57. Proceso aplicación de sellantes . Flores, C. (2017).



4.2 Conclusiones y recomendaciones.

- Tradicionalmente, el uso de la tierra como material de construcción es desconocido por los profesionales, y asociada a una arquitectura humilde.

- La tierra es el material más abundante y uno de los más utilizados en la antigüedad, por lo que es importante analizar todos sus beneficios.

- Las formas tradicionales de construcción, han sufrido un evidente proceso de rechazo en la evolución contemporánea del sector industrial, alejándose de un deseable avance en innovaciones tecnológicas, el mismo que fue sustituyéndose con otros materiales modernos.

- El uso de la arcilla en el medio local (Cuenca), es muy común, por lo que la fabricación de pisos de tierra es factible, dependiendo las características de cada arcilla.

- La técnica de adobe, guarda mucho conocimiento en cuanto al uso de materiales, que es una guía para desarrollar nuevos elementos en tierra.

- La estructura de un piso de tierra, se basa en la capa de subsuelo, suelo y sellante.

- El diseño estructural del subsuelo, depende de la capacidad portante del material, por lo que queda abierto hacia una nueva línea de investigación.

- El mejor sellante, es el aceite de linaza, debido a que resisten los análisis químicos y físicos.

- No se encuentra una dosificación exacta en los casos de estudio, pero la mejor dosificación, es la desarrollada por Reay & Thomson, 2014.

- No existen normativas para la elaboración de pisos de tierra a nivel mundial, pero si existen algunas para construcción en tierra en general, por lo que es importante adaptar normativas de hormigón, cerámica y otros elementos que nos conduzcan a mejorar la calidad del prototipo.

- Los análisis físicos que se aplicaron, fueron sobre el material adquirido del lugar, los químicos sobre la pieza de prototipo.

- Las propiedades que contiene un piso de tierra, se define por el tipo de material empleado.

- Las propiedades ambientales del proceso de fabricación de pisos de tierra,, tiene muchas ventajas a comparación de otros, debido a que reduce la contaminación producida por extracción y transporte de materiales.

- Las tres características principales de la obtención del prototipo fueron:
Recuperación de técnicas ancestrales,
Reducción de la huella ecológica,
Auto construcción.

- En comparación con los materiales más comunes utilizados en el medio como son: hormigón, ladrillo, cerámica y gres, el costo que se reduce en la auto construcción lo vuelve más competitivo.

- Por la tradición tanto del uso de la cerámica, como del ladrillo y el gres, tienen más años en la industria y se ha logrado generar formatos de acuerdo a las necesidades del cliente, en el caso de esta investigación, se puede gene-



rar diferentes formatos y encontrar las dimensiones que soporten cargas, o requerimientos constructivos.

- La resistencia a la flexión del ladrillo es menor a la resistencia de la pieza de tierra, debido al uso de las fibras.

- Para poder dosificar las muestras se necesita conocer la cantidad de arcilla, la densidad de los materiales y los límites.

- El método de dosificación utilizado se introdujo los diferentes componentes de la mezcla, agua, arcilla, fibra y arena. Para los cuales se utilizó puntos extremos, el uno es el límite líquido (cantidad máxima de agua para hacer líquido el suelo) y el otro con la prueba del proctor modificado (determina la cantidad de agua necesaria para su compactación máxima), dando guías que limiten el uso del agua. Además de conocer la cantidad de arcilla que contiene y la densidad de los materiales.

- Para determinar la estructura de un suelo se basa en los ensayos de compactación y CBR.

- La fabricación de pisos de tierra es factible sobre todo suelo que presente porcentajes de arcilla.

- Es importante conocer el medio sobre el que se está trabajando, nuestra propuesta define los instrumentos para desarrollar un piso sin un alto conocimiento técnico.

- En Cuenca, no se registran casos sobre pisos de tierra, a excepción de la Fundación María Amor, a partir de la cual rescatamos algunas propiedades.

- La mezcla tecnificada para pisos, podría ser utilizada en revoques o piezas de mampostería.

- Para realizar una mezcla de piso de tierra se debe utilizar los extremos de límite líquido y límite plástico que servirán para obtener la dosificación final.

- Las mezclas de experimentación nos llevaron a entender que si se agrega grandes cantidades de arena, en el proceso de secado disminuye la resistencia a la compresión, por la cantidad de vacíos que generan.

- El manejo de materiales que pase por mallas de menores dimensiones mejora la calidad del producto y aumenta la resistencia.

- El porcentaje de fibra, varía de acuerdo a la fibra que se elige y las dimensiones de piso, la utilizada en el prototipo fue de 5 a 7 cm.

- La dosificación ideal alcanzada en los ensayos con muestras del 70 % y 73 % de relación agua/arcilla, mantienen una buena trabajabilidad, aumenta la resistencia, menos desperdicio, menos disgregación y mejor comportamiento a los 28 días de secado.

- Se podría tecnificar el método de compactación, debido a que las muestras presentan espacios vacíos en la base de los moldes.

- Se decidió realizar ensayos a compresión después de los 28 días de secado, donde las muestras menores al 60% fracasaron en su totalidad.

- Según la norma ASTM, para morteros, la mínima resistencia está en 24,47 kg/cm² y la máxima 175,26 kg/cm², de acuerdo a esto, la resistencia mayor que se obtuvo es 29 kg/cm², en proporción de agua 30.4%, arcilla 42.6%.



- Los residuos de ladrillo mejoran la resistencia a compresión, debido a que contienen más arcillas, presenta fisuras de 0.2 mm y una mejora en comparación con las anteriores.

- Es necesario corregir los porcentajes de humedad conociendo el porcentaje en estado SSS, de los agregados.

- De acuerdo al análisis de presupuestos realizado en cada caso, se determina que efectivamente en auto construcción, y utilizando la arcilla del lugar, el costo se reduce de \$25.70 a \$18.88 el m² de piso.

- Durante el estudio del modelo de piso de tierra se pudo identificar algunas patologías debido a la mala práctica de este método, por falta de especificaciones para su uso y dosificación ideal.

- Al momento de realizar las pruebas de físicas del prototipo se usó el microscopio el cual se puede observar las partículas menores a 3.9 micrones, que corresponde a arcillas, entre 3.9 y 75 micrones correspondientes a limos y 75 en adelante las que comprenden a arenas finas. La constitución superficial de las partículas luego del proceso de secado, en el cual se apreció la relación directa con los facto-

res de estudio limite plástico, resistencia a la compresión simple y retracción.

Considerando el 0.9% de fibra (cabuya) ideal para cualquier dosificación y un 15 % de desperdicios necesarios esto debido al esponjamiento del material.

- El análisis de retracción de la muestra con fibra en este caso la cabuya representa el 11%, la realizada con residuos de ladrillo 9.17%. Es bastante reducido a comparación con las muestras de arcilla que muestran el 18% de retracción. Además esta se debe tomar en cuenta en las juntas de dilatación.

- Se realizaron muestras finales de la relación 70% con un día de reposo y diez minutos de amasado en el cual mejoró en un 24.71 % a los 14 días de ensayo.

- En la búsqueda de un terminado final que ayude a garantizar una mayor durabilidad e impermeabilidad que dé al prototipo, se optó por varias alternativas, natural e industrial, también se puede ver que existen varios métodos para evitar hongos, los cuales aumentan la deficiencia dependiendo del tipo y estado del material, por el tema de costos

e impacto ambiental se escoge el aceite de linaza.



4.3 Bibliografía:

- Braja M. Das (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Bogotá, Colombia: Pacto Andino.
- Universidad Nacional de Ingeniería Lima Peru. (2006, March). California Bearing Ratio (CBR). Retrieved November 28, 2016, from Primer Taller de Mecánica de Suelos, <http://www.lms.uni.edu.pe/CBR.pdf>
- inecyc, & APRHOPEC (2007). Manual de Pepe hormigón, consejos prácticos sobre el hormigón (Primera Edición ed.). Quito, Ecuador.
- Nutriaprieto. (2013, October 27). Aceite de tung. Tratamiento para madera Retrieved from <http://tectonicablog.com/?p=77608>
- Revista Lideres. (2013). En Ecuador, el consumo de cemento crece a ritmo sostenido Retrieved from <http://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-consumo-cemento-crece-ritmo.html>
- UNIVERSIDAD DEL SALVADOR. (2015, October 25). Granulometria Astm d 422-90 Retrieved from <http://documents.tips/documents/granulometria-astm-d-422-90.html#>
- Aceite de perilla (2016). . In Wikipedia. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_de_perilla
- Andrade Orellana, P., & Verdugo Vanegas, M. (2016). Panel de ladrillo_Estructura semi industrializado, para vivienda social aplicado en la autoconstrucción
- Andrés, P. (2012). Ceniza volcánica como material de construcción. Argentina Investiga. Retrieved from http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=ceniza_volcanica_como_material_de_construccion&id=1648
- ASTM Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems§ (2010)
- Base, E. (2016, November 4). Las Arcillas en Cosmetica natural. Tipos y Aplicaciones. Retrieved January 28, 2017, from <http://www.ajedrea.com/blog/233-las-arcillas-en-cosmetica-natural-tipos-y-aplicaciones>
- Building, D. C. N. (2015, May 12). Dirt craft natural building. Retrieved September 22, 2016, from <http://dirtcraft.ca/earthen-floors-why-how-where/>
- Cardenas Muga, J. L. (2002). Industria Cerámica en Ecuador evaluación de las material primas No Metálicas. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/4385/6905.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cid, J., Mazarrón, F. R., & Cañas, I. (2011, July). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. Retrieved from file:///Users/karen/Downloads/1262-1801-1-PB.pdf
- Cloud reader. Retrieved April 22, 2016, from <https://read.amazon.com/>
- Crespo Izquierdo, V. M. (2015). Asesoría al Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), para investigar la dinámica de la Industria Cementera en el Ecuador y su proyección a 20 años
- Guillén Carpio, P. C. (2016). Prospeccion de mercados para la exportación de cerámica plana a Guatemala aplicado a la empresa Graiman Cuenca- Ecuador. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/da->



tos/5939/1/12258_esp.pdf

- Guzman, D., & Iñiguez, M. (2015). Estudio de una propuesta de mejoramiento del sistema constructivo adobe

- Ing. Carlos Crespo Villalaz (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones (Quinta Edición ed.). Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=Db2SQbBHVPQC&oi=fnd&pg=PA13&dq=abaco%20para%20suelos&ots=akSToPqQaj&sig=drFb3oIcnnFaOCDb-nlInlIOJow#v=onepage&q=abaco%20para%20suelos&f=false>

- Lemarquis, A. (2008). Etude sur les Sols intérieurs en terre crue (Thesis for Diplome de Spécialisation et D'approfondissement Architecture en Terre thesis)

- Minke, G. (2014). "Manual de construcción en tierra" - La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual

- Modern Earthen floors with Sukita Reay Crimmel of from these hands and Claylin. . Retrieved from <http://www.strawbaleconference.com/Final%20PDFs%20of%20Presentations/Crimmel%20Claylin%20101.pdf>

- Orts, M. J., Sánchez, E., García-Ten, J., Ibáñez, M. J., Soler, C., & Portoles, J. (2001). Comportamiento del gres porcelánico durante la operación de pulido. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 40(6), 447-455. doi:10.3989/cyv.2001.v40.i6.729

- Oxf, C., & Wilson, H. P. (2008). "INCLUSION DE ASERRIN EN TABLEROS DE PARTICULAS" *. Retrieved from <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v3n1/art05.pdf>

- Paz, A., López, A., Villagrán, O., & Martínez, A. (2015a, June 27). Alimentos que causan efectos similares a las drogas Retrieved from <http://culturacolectiva.com/alimentos-que-causan-efectos-similares-las-drogas/>

- Paz, A., López, A., Villagrán, O., & Martínez, A. (2015b, June 27). Alimentos que causan efectos similares a las drogas Retrieved from <http://culturacolectiva.com/alimentos-que-causan-efectos-similares-las-drogas/>

- Pichazaca Solano, M. V., & Saldaña Peralta, P. G. (2015). Elaboración de panel prefabricado con residuos cerámicos

- PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN - VERSIÓN 1 NORMA E. 080 CONSTRUCCIÓN CON TIERRAS (2013)

- Reay, S. (2014). Earthen Floors, a modern approach to an ancient practice. Canada: New Society.

- Rebelde, J. Nuevo proyecto para utilizar el aserrín de forma ecológica - Cuba - Juventud Rebelde - Diario de la juventud cubana. Retrieved January 28, 2017, from <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2007-07-31/nuevo-proyecto-para-utilizar-el-aserrin-de-forma-ecologica/>

- Salazar, I., & Rosales, V. (2017). La Tierra de Ona_Color-Técnica-Patrimonio

- Samuel, I., & Q, M. (2006). " PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO ." MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES III SEMINARIO NACIONAL DE GESTION Y NORMATIVIDAD VIAL. Retrieved from http://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/44205933/3._Pavimento_Concreto__Ing_Mora.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1-486221669&Signature=nUpLn1bk572hnrKJyjH36oo0IS0%3D&response-content-disposition=inlin



- Braja M. Das (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Bogotá, Colombia: Pacto Andino.
- Universidad Nacional de Ingeniería Lima Peru. (2006, March). California Bearing Ratio (CBR). Retrieved November 28, 2016, from Primer Taller de Mecánica de Suelos, <http://www.lms.uni.edu.pe/CBR.pdf>
- inecyc, & APRHOPEC (2007). Manual de Pepe hormigón, consejos prácticos sobre el hormigón (Primera Edición ed.). Quito, Ecuador.
- Nutriaprieto. (2013, October 27). Aceite de tung. Tratamiento para madera Retrieved from <http://tectonicablog.com/?p=77608>
- Revista Lideres. (2013). En Ecuador, el consumo de cemento crece a ritmo sostenido Retrieved from <http://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-consumo-cemento-crece-ritmo.html>
- UNIVERSIDAD DEL SALVADOR. (2015, October 25). Granulometría Astm d 422-90 Retrieved from <http://documents.tips/documents/granulometria-astm-d-422-90.html#>
- Aceite de perilla (2016). . In Wikipedia. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_de_perilla
- Andrade Orellana, P., & Verdugo Vanegas, M. (2016). Panel de ladrillo_Estructura semi industrializado, para vivienda social aplicado en la autoconstrucción
- Andrés, P. (2012). Ceniza volcánica como material de construcción. Argentina Investiga. Retrieved from http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=ceniza_volcanica_como_material_de_construccion&id=1648
- ASTM Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems§ (2010)
- Base, E. (2016, November 4). Las Arcillas en Cosmética natural. Tipos y Aplicaciones. Retrieved January 28, 2017, from <http://www.ajedrea.com/blog/233-las-arcillas-en-cosmetica-natural-tipos-y-aplicaciones>
- Building, D. C. N. (2015, May 12). Dirt craft natural building. Retrieved September 22, 2016, from <http://dirtcraft.ca/earthen-floors-why-how-where/>
- Cardenas Muga, J. L. (2002). Industria Cerámica en Ecuador evaluación de las material primas No Metálicas. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/4385/6905.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cid, J., Mazarrón, F. R., & Cañas, I. (2011, July). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. Retrieved from file:///Users/karen/Downloads/1262-1801-1-PB.pdf
- Cloud reader. Retrieved April 22, 2016, from <https://read.amazon.com/>
- Crespo Izquierdo, V. M. (2015). Asesoría al Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), para investigar la dinámica de la Industria Cementera en el Ecuador y su proyección a 20 años
- Guillén Carpio, P. C. (2016). Prospección de mercados para la exportación de cerámica plana a Guatemala aplicado a la empresa Graiman Cuenca- Ecuador. Retrieved from http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5939/1/12258_esp.pdf



- Guzman, D., & Iñiguez, M. (2015). Estudio de una propuesta de mejoramiento del sistema constructivo adobe
- Ing. Carlos Crespo Villalaz (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones (Quinta Edición ed.). Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=Db2SQbBHVPQC&oi=fnd&pg=PA13&dq=abaco%20para%20suelos&ots=akSToPqQaj&sig=drFb3oIcnnFaOCDb-nlIlOJow#v=onepage&q=abaco%20para%20suelos&f=false>
- Lemarquis, A. (2008). Etude sur les Sols intérieurs en terre crue (Thesis for Diplome de Spécialisation et D'approfondissement Architecture en Terre thesis)
- Minke, G. (2014). "Manual de construcción en tierra" - La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual
- Modern Earthen floors with Sukita Reay Crimel of from these hands and Claylin. . Retrieved from <http://www.strawbaleconference.com/Final%20PDFs%20of%20Presentations/Crimel%20Claylin%20101.pdf>
- Orts, M. J., Sánchez, E., García-Ten, J., Ibáñez, M. J., Soler, C., & Portoles, J. (2001). Comportamiento del gres porcelánico durante la operación de pulido. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 40(6), 447-455. doi:10.3989/cyv.2001.v40.i6.729
- Oxf, C., & Wilson, H. P. (2008). "INCLUSION DE ASERRIN EN TABLEROS DE PARTICULAS" *. Retrieved from <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v3n1/art05.pdf>
- Paz, A., López, A., Villagrán, O., & Martínez, A. (2015a, June 27). Alimentos que causan efectos similares a las drogas Retrieved from <http://culturacolectiva.com/alimentos-que-causan-efectos-similares-las-drogas/>
- Pichazaca Solano, M. V., & Saldaña Peralta, P. G. (2015). Elaboración de panel prefabricado con residuos cerámicos
- PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN - VERSIÓN 1 NORMA E. 080 CONSTRUCCIÓN CON TIERRA§ (2013)
- Reay, S. (2014). Earthen Floors, a modern approach to an ancient practice. Canada: New Society.
- Rebelde, J. Nuevo proyecto para utilizar el aserrín de forma ecológica - Cuba - Juventud Rebelde - Diario de la juventud cubana. Retrieved January 28, 2017, from <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2007-07-31/nuevo-proyecto-para-utilizar-el-aserrin-de-forma-ecologica/>
- Salazar, I., & Rosales, V. (2017). La Tierra de Ona_Color-Técnica-Patrimonio
- Samuel, I., & Q, M. (2006). " PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO ." MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES III SEMINARIO NACIONAL DE GESTION Y NORMATIVIDAD VIAL. Retrieved from http://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/44205933/3_Pavimento_Concreto__Ing_Mora.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1486221669&Signature=nUpLn1bk572hnrKJyhH36oo0IS0%3D&response-content-disposition=inlin e%3B%20filename%3DPAVIMENTOS_DE_CONCRETO_HIDRAULICO.pdf
- SINCHI RIVAS, C. A. (2014). "PROPUESTA DE MEJORAMIENTO CONTINUO EN LA LINEA N° 4 DEL ÁREA DE PRODUCCION DE LA EMPRESA CÉRAMICA RIALTO, CUENCA – ECUADOR EN EL PERIODO 2013." Retrieved from <http://dSPACE>



ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5338/1/ TESIS.pdf

- Stulz, R., & Mukerji, K. (1997). Materiales de construcción apropiados. Retrieved from <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms00.htm#Contents>

- Tamayo Duque, N. A. (2012). Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliestier reforzados con fibra de cabuya mediante estratificación

- Terrazo (n.d.). . In Wikipedia. Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/Terrazo>

- Thomson, J. (2014). Testin different ratios of sand to clay, the test patch on the left has the highest clay content, the one on the right has the lowest.

- Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo Y., J. P. (2007, December). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la casacarilla de arroz No. 37. *Scientia et Technica* Año XIII

- Vidal, A. P., de Boyacá, U., Gómez, J. D., & Rojas, G. P. G. (2015). Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamien-

to de agua para consumo humano. *Ingenium*, 8(22), 11–20. doi:10.21774/ing.v8i22.465

- Yuliano, N. (2014, May 15). *Tectonica 11 madera*. Retrieved April 22, 2016, from https://issuu.com/nataliayuliano/docs/tectonica_11_-_madera

- Revista Ingeniería de Construcción Vol. 28 No1, Abril de 2013 www.ricuc.cl/PAG 63 – 80

- Dra.Arq. Silvia de Schiller, Arq. John Martin Evans. *Construccion en Tierra Vol. 1*. Publicacion del centro de investigación Habitad y Energia FABU – UBA. Buenos Aires Argentina

- Dra.Arq. Silvia de Schiller, Arq. John Martin Evans. *Construccion en Tierra Vol. 2*. Publicacion del centro de investigación Habitad y Energia FABU – UBA. Buenos Aires Argentina

Astudillo, Juan Pablo. (2015, junio). In. *Lab Cuenca*. In. *Lab Cuenca* 01 (no. 1)

- Cabrera, N. (2011). Producción Social del Hábitat - Aplicabilidad en los sectores de menores ingresos del Ecuador. Tesis Master. Universidad Politécnica de Cataluña.

- CHERREZ, K. MALDONADO, E. POZO, G. (2015). Diseño de Núcleo básico, con el presupuesto adquirido por el bono de la vivienda y su pos-

terior crecimiento. <Formas de habitar, criterios bioclimáticos y sistema constructivo sostenible.> UNIVERSIDAD DE CUENCA.

- CULCAY, B. MALDONADO, V. (2015). Prototipo de vivienda social: diseño de una vivienda de interés social de clima frío. UNIVERSIDAD DE CUENCA.

- En el 2011 se construirá vivienda económica (2011). *El Mercurio*. Extraído el 5 de septiembre del 2014:<http://www.elmercurio.com.ec/265089-en-2011-se-construira-vivienda-economica/#.VBEnHPmSz0Y>.

- Universidad de Cuenca, Marzo - 2015. *Llacta-lab, Ciudades Sustentables*. La Ciudad es esto. Cuenca: Numeral Studio.

- Peyloubet, Paula. . *Co – construcción Interaccional del Conocimiento*.

- Recuperado de: <http://ciecs-conicet.gob.ar/index.php/construccion123>

- Day R. M. J. F. y Middendorf B. (2000), Use of agricultural wastes for the production of building materials and energy. *ENERGEX 2000, Proc. of the 8th International Energy Forum*. . Las Vegas. USA.



- Guinea M. (1987), "La tierra, material resistente al agua", tomado de "La Tierra. Material de construcción". Instituto Eduardo Torroja. Equipo VMBC. Madrid. España Monografía (No. 385/386): p25-30.

- Stulz, R.: "Construyendo con materiales de bajo costo.", Ed. CETAL; Chile.

- Revista Ingeniería de Construcción Vol. 28 No1, Abril de 2013 www.ricuc.cl/PAG_63-80

- Berretta Horacio, Maria Gatani. Ladrillos de Suelo Cemento. Publicación del Centro Experimental de la Vivienda Económica. Córdoba, Argentina

- Merrill Antony F. Casas de Tierra Apisonada y Suelo Cemento. Windsor. Buenos Aires., 1949.

- Referencia: Rotondaro, R, Schicht, A. Patrone, J. Ramos, A. (). Construcción con Tierra en el Gran Buenos Aires – Diseño y gestión de pisos y revoques para la vivienda de Interés Social. CONICET/FADU UBA – Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA – Ciudad Universitaria. Ciudad de Buenos Aires – Argentina.

- Moreno, L. (2013). Extraído el 06 de Julio del 2015: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/Decreto-ejecutivo-1419-Enero-2013.pdf>.

- Samper, G. (2002). Reflexiones sobre el Hábitat Popular. México D.F: EXPO CIHAC.

- Tillería, J. (2010). La Arquitectura sin Arquitectos, algunas reflexiones sobre Arquitectura Vernácula. Extraído el 10 de septiembre del 2014: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0718-72622010000200004&script=sci_arttext.

- Duran, Gustavo, Geografía Urbana Ecuador (2013). El derecho a una vivienda digna. I Foro Urbano Nacional – Memorias. Pp 72
Edgar Virgilio Ayala/ Francisco Javier Quiñónez. (2014). Arquitectura de Tierra: Patrimonio y sustentabilidad en regiones sísmicas. El Salvador, San Salvador.

- NTE INEN 648:99 Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a los agentes químicos.

- NTE INEN 652:2000 Baldosas cerámicas deter-

minación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura.

- NTE INEN 2 189:2000 Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a la abrasión profunda de baldosas sin esmaltado

- NTE INEN 651:2000 Baldosas cerámicas, determinación de la absorción de agua, porosidad, aparente, densidad relativa aparente y densidad total.

- NTE INEN 2 188:2000 Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia al impacto mediante la medición del coeficiente de restitución.

- NTE INEN 2 198:2000 Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a las machas.

- Edgar G. & Jose M. (2016). Propuesta de un Panel Industrializado a partir del Bahareque. Cuenca, Ecuador

- Fabio G. (2012). Arquitectura y construcción en tierra. Barcelona, España.

- GAD de la parroquia Turi (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Turi.



- Chris W. (2014). Making better buildings. Canada.

- Minke, G. (2001). Manual de Construcción para viviendas antisísmicas en tierra. Kassel, Alemania: Universidad de Kassel. Minke, G. (2001). Manual de Construcción en tierra. Kassel, Alemania: Fin de Siglo.

- Jessica P. & Andrea B. (2014). Recuperación del sistema constructivo en la técnica del bahareque en la contemporaneidad. Cuenca, Ecuador.

- María Pesántes. (2012). Confort térmico en el área social de una vivienda unifamiliar en Cuenca – Ecuador. Cuenca, Ecuador.



CBR

4.3 Anexos



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO: UBICACIÓN: SOLICITADO POR: DESCRIPCIÓN DEL MAT: PERFORACIÓN: FECHA:		TESIS ELABORACION DE CONTRAPISOS DE TIERRA TURI AUTORES ARCILLA 01 PROF. 0.5 m A 2.00 m		GRUPO #:	
--	--	---	--	-------------	--

RAZÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA "C.B.R."						
ASTM D-4429-93						
CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:						
MOLDE #:	01	02	03	04	05	06
NUMERO DE CAPAS:	5	5	5	5	5	5
NUMERO DE GOLP/CAPA:	56	27	11	11	11	11
ESPECÍMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
W. MOL.+MUEST. HUM. (gr)	11798	11848	11700	11750	11006	11056
PESO DEL MOLDE (gr)	7526	7526	7811	7811	7369	7369
W. MUESTRA HUM. (gr)	4272	4322	3889	3939	3637	3687
VOL. DE LA MUEST. (cm³)	2147	2147	2136	2136	2156	2156
DENS. HUMEDA (kg/m³)	1990	2013	1821	1844	1687	1710
DENS. SECA (kg/m³)	1.768	1.584	1.618	1.347	1.499	1.164

CONTENIDO DE AGUA (Antes del Remojo)						
CAPSULA #:	01	02	03	04	05	06
CAP. + MUEST. HUM. (gr)	49.93	67.11	49.99	70.42	50.31	74.33
CAP. + MUEST. SECA (gr)	45.20	56.20	46.21	55.83	47.59	55.69
PESO DEL AGUA (gr)	4.73	10.91	3.78	14.59	2.72	18.69
PESO DE LA CAPSULA (gr)	16.21	15.88	16.05	16.34	16.68	15.97
PESO MUEST. SECA (gr)	28.99	40.32	30.16	39.49	30.91	39.72
CONTENIDO DE HUM. (%)	16.32	27.06	12.53	36.95	8.80	46.93
HUMEDAD PROM. (%)	21.69	24.74				27.86

CONTENIDO DE AGUA (Después del Remojo)						
CAPSULA #:	01	02	03	04	05	06
CAP. + MUEST. HUM. (gr)	50.51	67.89	50.63	71.32	30.72	75.34
CAP. + MUEST. SECA (gr)	45.20	56.20	46.21	55.83	47.59	55.69
PESO DEL AGUA (gr)	5.31	11.69	4.42	15.49	2.72	19.65
PESO DE LA CAPSULA (gr)	16.21	15.88	16.05	16.34	16.68	15.97
PESO MUEST. SECA (gr)	28.99	40.32	30.16	39.49	30.91	39.72
CONTENIDO DE HUM. (%)	17.49	28.23	13.84	38.24	10.17	48.3
HUMEDAD PROM. (%)	22.86	26.04				29.23
AGUA ABSORBIDA (%)	1.17	1.29				1.37

PROYECTO:		TESIS ELABORACION DE CONTRAPISOS DE TIERRA				GRUPO				φ DEL MOLDE: pulg						
UBICACIÓN:		TURI				#:				ALTURA DEL MOLDE: pulg						
SOLICITADO POR:		AUTORES								AREA DEL MOLDE: pulg ²						
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:										VOLUMEN DEL MOLDE: pulg ³						
PERFORACIÓN:		PROF: 0.5 m A: m								AREA DEL PISTÓN: pulg ²						
FECHA:										TASA DEFORMACIÓN: mm/min						
RAZÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA "C.B.R."										ASTM D-4429-93						
DATOS DE ESPONJAMIENTO																
FECHA	DÍAS EN AGUA	HORA	MOLDE #: 1				HORA	MOLDE #: 2				HORA	MOLDE #: 3			
			LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO			LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO			LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO	
			0.001pulg	pulg	pulg	%		0.001pulg	pulg	pulg	%		0.001pulg	pulg	pulg	%
	0		0	4.5	0	0.00		0	4.5	0	0		0	4.5	0.0	0.00
	1		19	4.5	0.119	2.64		191	4.5	0.191	4.24		245	4.5	0.245	5.44
	2		29	4.5	0.219	4.87		387	4.5	0.387	8.60		421	4.5	0.421	9.36
	3		269	4.5	0.269	5.98		453	4.5	0.453	10.07		583	4.5	0.563	12.51
	4															
	5															
	6															
	7															
DATOS DE PENETRACION																
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA	MOLDE #: 1				CARGA	MOLDE #: 2				CARGA	MOLDE #: 3			
			PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.		PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.		PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.
			Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²			Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²			Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	
min	(0.001)"	Lbs	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²		Lbs	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²		Lbs	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	
0,0	0	0		0			7.80	19				6.50	16			
0,5	25	9.00		22			14.40	36				11.90	29			
1,0	50	16.20		40			19.10	47				17.90	44			
1,5	75	22.10		55			24.10	60		1000		22.10	55		1000	
2,0	100	28.20		70	1000		34.80	86	54		5.4	32.40	80	50		5.0
3,0	150	38.60		95		6.1	42.30	105		1500		39.10	97		1500	
4,0	200	46.20		114	1500		46.70	116				42.60	105			
5,0	250	52.70		130			48.60	120				47.20	117			
6,0	300	54.70		135			49.80	123				47.10	117			
8,0	400	55.50		137			47.90	119				41.60	103			
10,0	500	53.30		132												



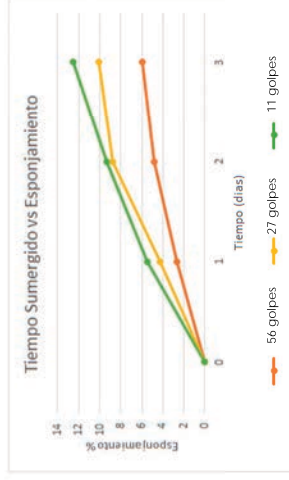
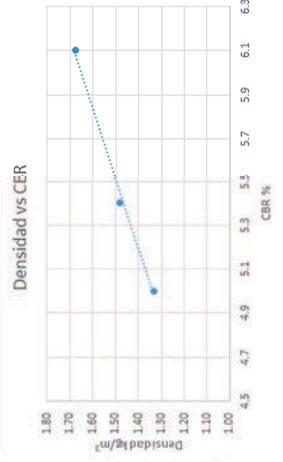
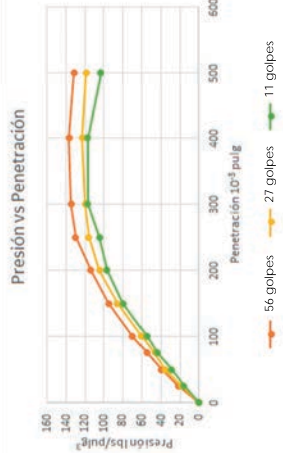
Fundada en 1867

UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA
 laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
 Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	TESIS ELABORACION DE CONTRAPIES DE TIERRA	GRUPO	
UBICACIÓN:	TURI	#:	
SOLICITADO POR:	AUTORES		
DESCRIPCIÓN DEL MAT:	ARCILLA		
PERFORACIÓN:	01 PROF: 0.5 m A 2.00 m		
FECHA:			
ENSAYO C.B.R.			ASTM D-4427-93

GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS C.B.R.; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.



RESULTADOS	
Peso Unitario Máximo del Suelo Seco	100% DE LA DENSIDAD MÁXIMA SECA
Yd máx=	1.68 kg/m³
Valor del C.B.R.:	
C.B.R.=	6.1 %
Esponjamiento	
ESPÉCIMEN 1	1.17 %
ESPÉCIMEN 2	1.29 %
ESPÉCIMEN 3	1.37 %
Días
Días
Días



Granulometría

ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE FINOS						
Muestra			Turi		Humedad de suelo	
300gr					Muestra natural	
					Muestra seca	
					95	
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que pasa
No.4	4,75	1	1,25	1,25	4,75	98,75
No. 8	2,46	1	1,25	2,50	2,46	97,50
No. 16	1,18	3	3,75	6,25	1,18	93,75
No. 30	0,6	6	7,50	13,75	0,6	86,25
No. 50	0,3	15	18,75	32,50	0,3	67,50
No. 100	0,15	26	32,50	65,00	0,15	35,00
No. 200	0,08	17	21,25	86,25	0,08	13,75
Pasa No. 200		11	13,75	100,00		0,00
Total		80	100,00			0

% de Humedad	
26%	

MUESTRA 2 (

10 1 0,1 0,01

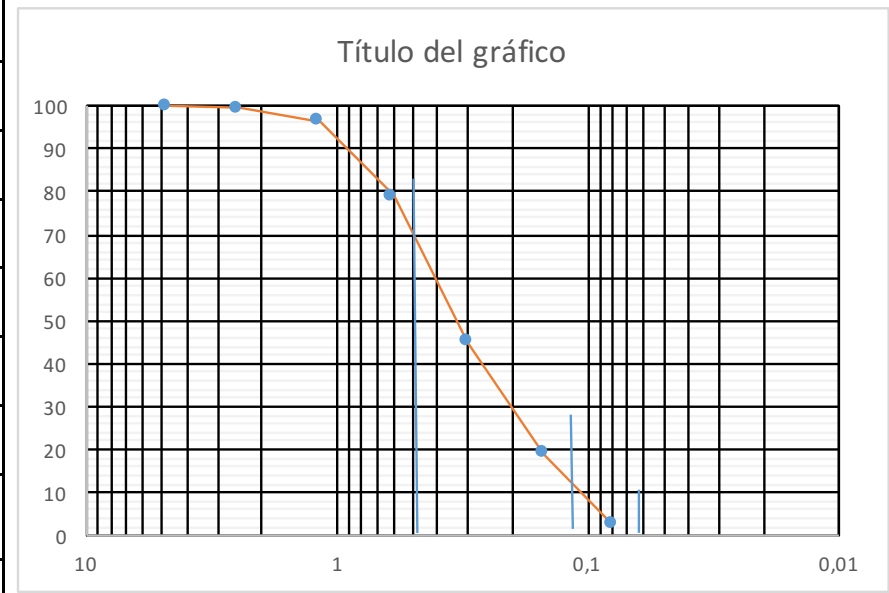
26%

26%



ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE FINOS

ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE FINOS							Humedad de suelo	
Muestra			Turi				Peso	
300gr							Muestra natural	
							Muestra seca	
							171	
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que pasa	% de Humedad	
							38,07%	
No.4	4,75	0	0	0	4,75	100		
No. 8	2,46	1	0,51	0,51	2,46	99,49		
No. 16	1,18	6	3,08	3,59	1,18	96,41		
No. 30	0,6	34	17,44	21,03	0,60	78,97		
No. 50	0,3	66	33,85	54,87	0,30	45,13		
No. 100	0,15	51	26,15	81,03	0,15	18,97		
No. 200	0,08	32	16,41	97,44	0,08	2,56		
Pasa No. 200		5	2,56	100,00		0,00		
Total		195	100					





ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE FINOS						
Muestra		Sector		Humedad de suelo		Peso
300gr		Turi		Muestra natural		300gr
					Muestra seca (gr)	195
Tamiz	Peso Retenido Parcial	% Retenido	% Acumulado	Abertura (mm)	% Que pasa	% de Humedad
No.4	0	0%	0%	4,75	100%	6%
No. 8	0	0%	0%	2,46	100%	
No. 16	0	0%	0%	1,18	100%	
No. 30	3	2%	2%	0,6	98%	
No. 50	19	11%	13%	0,3	87%	
No. 100	64	38%	51%	0,15	49%	
No. 200	59	35%	86%	0,08	14%	
Pasa No. 200	23	14%	100%		0%	
Total	168	100%				

MUESTRA 1 (ARENA)

Sieve Size (mm)	% Retenido	% Acumulado
4,75	0%	0%
2,46	0%	0%
1,18	0%	0%
0,6	2%	2%
0,3	11%	13%
0,15	38%	51%
0,08	35%	86%
0,075	14%	100%

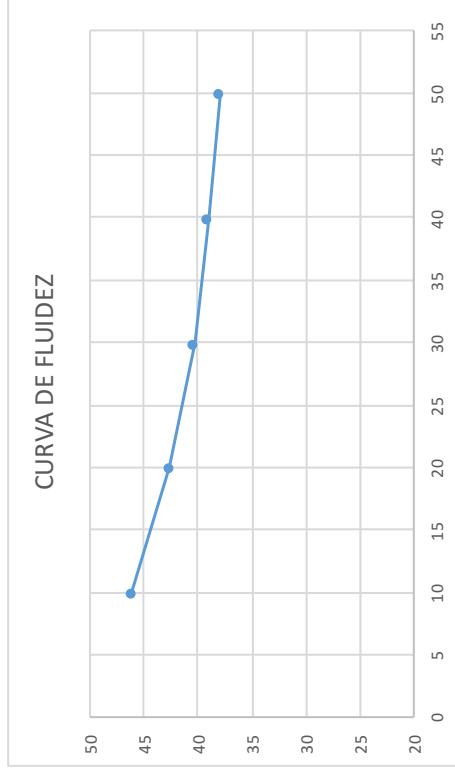


Limite liquido

Limite Líquido Normas ASTM D - 423 AASHTO T-89					
No de lata	1	2	3	4	5
Peso de suelo húmedo + lata (gr):	67,55	68,09	68,08	65,83	65,69
Peso de suelo seco + lata (gr):	61,57	61,88	61,62	45,66	40,48
Peso de lata (gr):	48,61	47,3	45,66	46,15	46,59
Peso de suelo seco (gr):	12,96	14,58	15,96	-0,49	-6,11
Peso de agua (gr):	5,98	6,21	6,46	20,17	25,21
Contenido de humedad (%):	46,14	42,59	40,48	38,98	37,91
No. De golpes:	10	20	30	40	50
LIMITE LIQUIDO					41,22

Limite Plástico ASTM D - 424 AASHTO T-89				
No de lata	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + lata (gr):	11,36	11,52	11,2	11,38
Peso de suelo seco + lata (gr):	10,69	10,8	10,56	10,69
Peso de lata (gr):	7,15	7,11	7,17	7,17
Peso de suelo seco (gr):	3,54	3,69	3,39	3,52
Peso de agua (gr):	0,67	0,72	0,64	0,69
Contenido de humedad (%):	18,93	19,51	18,88	19,6
No. De golpes:	10	20	30	40

LIMITE PLASTICO 19,23





Densidad arcilla

EJECUCIÓN DEL ENSAYO			
	Nomenclatura	Unidades	Valores
f=	Matraz	Numero	1 2
Wfsw=	Peso del Matraz + Agua + Muestra a 1C	a	442,53 436,63
TC=	Temperatura a Grados Centígrados	C	27 27
Wfw=	Peso del Matraz + Agua a 1C (curva de calibración)	g	414,64 403,46
Ws=	Peso del suelo seco	g	38,03 40,28
rw1=	Peso Específico del agua	g/cm3	22,52
rw2=	Peso Específico del agua	g/cm3	27,76

Cálculos Matraz 1

Cálculos de Matraz 2

Resultados: Densidad promedio
 $S_s = G_s = 1,62 \text{ kg/cm}^3$

Densidad arena

EJECUCIÓN DEL ENSAYO			
	Nomenclatura	Unidades	Valores
f=	Matraz	Numero	1 2
W _{fsw} =	Peso del Matraz + Agua + Muestra a 1C	a	445,66 441,35
TC=	Temperatura a Grados Centígrados	C	27 27
W _{fw} =	Peso del Matraz + Agua a 1C (curva de calibración)	g	414,66 403,88
W _s =	Peso del suelo seco	g	49,8 49,78
rw1=	Peso Especifico del agua	g/cm3	22,07
rw2=	Peso Especifico del agua	g/cm3	25,17

Cálculos Matraz 1

Cálculos de Matraz 2

Resultados: Densidad promedio
 $S_s = G_s = 1,62 \text{ kg/cm}^3$

