

PROPUESTAS TECNOLÓGICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA DE PISOS PARA VIVIENDA ECONOMICA

Dr. Ing. Virgilio Ayala Zapata

Centro de Investigaciones de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, zona 12 Guatemala 01012
Tel. (502) 24769748, 24763992
Fax. 24763993
virgilioayala@yahoo.com, vayala@ii.usac.edu.gt

Tema 1: Tecnología y Construcción

Palabras clave: piso de tierra, vivienda económica, tecnología apropiada

RESUMEN

Desde el año 1983 se creó el Programa de Investigación en Construcciones en Tierra en el Centro de Investigaciones de Ingeniería como parte del Programa de Investigación en Asentamientos Humanos orientado hacia la investigación de materiales y sistemas constructivos que permitan presentar alternativas de solución a la problemática de vivienda existente.

En Guatemala según datos obtenidos del último censo habitacional de noviembre de 2002 hay 736,753 viviendas con pisos de tierra, equivalente al 28.58% del total de pisos.

En la actualidad cuando se habla sobre piso, se entiende que es una superficie terminada, con textura y apariencia cómoda de una vivienda o edificación.

Se han realizado investigaciones que incluyen la identificación y caracterización de materiales locales y sistemas constructivos, evaluación de su comportamiento al ser sometidos a esfuerzos de compresión y flexión, evaluación de un sistema de piso de tierra apisonada estabilizada con cal en una vivienda en Amatitlán y una propuesta de especificaciones y métodos de ensayo para pisos de terrazo fabricados en Guatemala.

Se identifican y caracterizan materiales, proporciones, procedimientos de construcción de los pisos de tierra apisonada, suelo cemento y suelo cal a base de tierra.

Otros ensayos realizados en los pisos son la granulometría de los suelos, compactación, densidad seca máxima, humedad óptima, flexión, desgaste, absorción e impacto.

Se desarrolla un sistema constructivo de fácil utilización y resultados satisfactorios.

Se hace un análisis de costos de materiales e instalación de pisos de otros materiales

PROPUESTAS TECNOLÓGICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA DE PISOS PARA VIVIENDA ECONOMICA

Desde el año 1983 se creó el programa de investigación en construcciones en tierra en el Centro de Investigaciones de Ingeniería como parte del Programa de Investigación en Asentamientos Humanos orientado hacia la investigación de materiales, sistemas constructivos que permitan presentar alternativas de solución a la problemática de la vivienda existente.

A raíz de ello se han realizado numerosas investigaciones entre las que se encuentran las siguientes: evaluación de un sistema de piso de tierra compactada estabilizada para vivienda económica, compilación de información tecnológica básico-tradicional empleada en construcciones de tierra, evaluación de un sistema de piso de tierra apisonada estabilizada con cal en una vivienda en Amatitlán y otras.

Los datos obtenidos en el último censo habitacional de noviembre del 2002 se muestran a continuación.

MATERIAL DE PISO	Cantidad de viviendas	%	Vivienda Urbano	%	Vivienda Rural	%
Torta de cemento	804,594	31.21	426,790	34.28	377,804	28.34
Tierra	736,753	28.58	142,784	11.47	593,969	44.55
Ladrillo de cemento	426,032	16.52	354,862	28.50	71,170	5.34
Ladrillo cerámico	132,969	5.16	114,701	9.21	18,268	1.37
Madera	13,924	0.54	4,447	0.36	9,477	0.71
Ladrillo de barro	13,505	0.52	8,135	0.65	5,370	0.40
Parqué	2,780	0.11	1,656	0.13	1,124	0.08
Otro material	851	0.03	627	0.05	224	0.02
Material no establecido	446,857	17.33	191,110	15.35	255,747	19.18
Total	2,578,265	100.00	1,245,112	100.00	1,333,153	100.00

Pisos y características que deben cumplir

El piso, es un sistema de revestimiento que conforma el suelo transitable de cualquier espacio construido. Los pisos se apoyan sobre elementos estructurales sensiblemente horizontales, como los terrenos estabilizados, soleras y losas. Las principales funciones que desempeñan son el aislamiento y la ornamentación, pero al mismo tiempo deben resistir las abrasiones y los punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o mobiliarios, la caída de objetos y la compresión de los elementos que se apoyan. Además, muchos pisos tienen que ser inmunes a la acción de agentes químicos, como agua, aceites, sales o ácidos, a las agresiones de seres vivos e incluso a la propia luz solar.

En la actualidad cuando se habla sobre piso, se entiende que es una superficie terminada, con textura y apariencia cómoda de una vivienda o edificación.

Además de tener una buena apariencia y ser un elemento decorativo.

Normas sobre pisos

Las normas vigentes en Guatemala son las siguientes:

Norma COGUANOR NGO 41017 h8. Determinación de la resistencia a la flexión usando viga simple con carga en el punto central.

Propuesta COGUANOR NGO. Determinación de la resistencia a flexión de piso de terrazo, bajo contrato con el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII.

ASTM F 1265-89. Resistencia a impacto para piso.

Propuesta COGUANOR NGO. Determinación de la resistencia a impacto de piso de terrazo, bajo contrato con el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII.

Propuesta COGUANOR NGO. Determinación de la absorción de agua de piso de terrazo, bajo contrato con el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII.

Piso de tierra apisonada.

El sistema de piso de mayor uso en Guatemala es el sistema de tierra nivelada en el lugar, también existe el piso de tierra compactada o apisonada. El cual no requiere de una tecnología elevada para su fabricación. Encontramos por ejemplo en la construcción con adobe y otras viviendas rurales económicas, que el piso que usan es simplemente la tierra que se encuentra en el lugar, dicha tierra se le agrega cierta humedad y luego se apisona para que con el paso del tiempo, el tráfico a que es sometido, y el desgaste debido al uso, tienda a formar una superficie plana, libre de polvo y de aspecto resistente.

El uso que frecuentemente se le da a este piso es para los interiores y exteriores de viviendas, siendo más frecuente y más notorio en cocinas y corredores.

Una vez que se conoce la proporción de arena que tiene la tierra, se hace la mezcla.

Pisos y sus materiales

Se ensayaron diferentes mezclas de materiales, las cuales aparecen a continuación.

Mezclas de pisos.
Compactación en 3 capas, 100 golpes c/capa.
(VN= Villa Nueva, J= Jutiapa)

Proporción en volumen De suelo cemento	Proporción en volumen de suelo-cal	Proporción en volumen de suelo, cemento y cal
5 arena pómez VN/ ½ cemento	5 arena pómez VN/ ½ cal	1 cemento / 3arena / 1cal
5 arena pómez VN/1 cemento	5 arena pómez VN/1 cal	1/2 cemento / 3arena / 1/2cal
5 arena pómez VN, 1 ½ cemento	5 arena pómez VN/1 ½ de cal	1 cal / 2arena / 2 arcilla (reforzado con malla de gallinero)
5arena pómez VN/1 cemento Con pastina de 1:1 arena de río/cemento	5 arena pómez VN, 1 cal Con pastina 1:1 arena de río/cemento	1/2 cemento / 2arena / 1 1/2arcilla
5 arena pómez J/½ cemento	5 arena pómez J / ½ cal	1/2 cemento / 3arena / 1/2cal/1arcilla
5 arena pómez J/1 cemento	5 arena pómez J/1 cal	1/2 cemento / 4arena / 1/2arcilla
5 arena pómez J, 1 ½ cemento	5 arena pómez J/1 ½ de cal	1/2 cemento / 3arena / 1cal / 3arcilla
5 arena pómez J /1 cemento Con pastina de 1:1 arena de río / cemento	5 arena pómez J, 1 cal Con pastina 1:1 arena de río / cemento	2 cemento / 4arena / 4arcilla
		2 cemento / 8 arena / 4 arcilla

Pisos y sus sistemas constructivos

Se describen sistemas constructivos utilizando diferentes materiales.

	Procedimiento de construcción
Piso de tierra apisonada	Limpiar y nivelar el área, esto se hace quitando toda capa vegetal o tierra negra que exista por lo menos 15 cm bajo el nivel del piso terminado Se hace el trabajo en tres capas. La primer capa de 8 cm consiste en llenar con un material de alto contenido de arena, esto para evitar la humedad que pueda ascender del terreno natural. Se tiende una segunda capa de 3 cm con poco estabilizador y se apisona, previendo que la humedad sea la óptima. Se tiende la capa final de 4 cm la cual contendrá mayor estabilizador, debido a que estará sujeta a las cargas y desgastes provocados por el uso frecuente. La tierra que se emplea, es la misma tierra con que se construyó. Para curar este piso, se pueden usar el métodos de aspersión o simplemente cubrirlo con bolsas de cemento, cal o costales mojados durante varios días. Al finalizar el periodo de curado, se aplica al piso una lechada de cemento y arena fina para sellar las grietas e impermeabilizarlo.
Piso de	Limpiar y nivelar el área, esto se hace quitando toda capa vegetal o tierra

suelo-cemento	negra que exista, por lo menos 15 cm bajo el nivel del piso terminado. Se hace el trabajo en dos capas. La primer capa es la base del piso, de 10 cm consiste en llenar con un material bien compactado, de alto contenido de arena, esto para evitar la humedad que pueda ascender del terreno natural. Se tiende una segunda capa de 5 a 6 cm de material hecho con una mezcla de suelo y cemento. Colocar arrastres de madera pudiendo ser de 2" x 2" (5x5 cm), paralelamente que sirvan como guías, con una separación mínima de 1.50 m. estos deberán ser anclados para evitar que se destruyan a la hora de la compactación. Se forman tramos de 5 cm de espesor y de la longitud que tenga el ambiente. Cernir la arena pómez en tamiz No. 4. cernidor de 4.76 mm. Hacer la mezcla hasta tener un color uniforme, y humedecerla por pocos hasta tener una mezcla húmeda, cuidando de no pasarse del porcentaje óptimo de humedad. La mezcla puede utilizarse hasta un periodo máximo de 20 minutos en la sombra, pasado este tiempo deberá incrementarse la cantidad de agua. Humedecer el área de la construcción del piso, sin formar pozas ni exceso de agua. Se coloca la mezcla en tres capas, apisonando con un numero de 200 golpes/m² cada capa, con apisonador metálico de 0.15 x 0.15 metros. Para curar este piso, se pueden usar el método de aspersión o simplemente cubrirlo con bolsas de cemento, cal o costales mojados.
Piso de suelo-cal	Pasos del suelo-cemento, a diferencia que la mezcla se hará con arena pómez utilizada como suelo y la cal utilizada como material estabilizador, Para curar este piso, se pueden usar el método de aspersión o simplemente cubrirlo con bolsas de cemento, cal o costales mojados. Durante los primeros días aparecerán algunas grietas, las cuales se pueden llenar con un poco de cemento y arena cernida, luego con una plancha de madera distribuir en forma remolineada. Al finalizar el periodo de curado aproximadamente 1½ semana, se aplica al piso una lechada cal y arena fina para sellar las grietas finales e impermeabilizarlo.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos realizados en los pisos en el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII. de la Universidad de San Carlos de Guatemala son: Granulometría, Compactación, Flexión, Desgaste, Absorción, Impacto.

Resultado del análisis granulométrico del suelo.

Tipo de Suelo Descripción	Procedencia	% de Arena	% de Grava	% de Finos
Arena pómez limosa Color café claro	Villa Nueva	53.60	10.00	36.40
Arena pómez limosa Color blanca	Jutiapa	69.20	2.50	28.40

Resultado del ensayo de compactación proctor estándar.

Tipo de Suelo Descripción	Procedencia	Densidad seca máxima (Kg/m ³)	Humedad óptima (%)
Arena pómez limosa Color café claro	Villa Nueva	1179.667	33.20
Arena pómez limosa	Jutiapa	1051.615	25.00

Color blanca			
Mezcla de arena pómez limosa color café claro y cal hidratada (5:1/2)	Villa Nueva	1163.660	21.00

Para llevar a cabo el ensayo de impacto, es necesario usar un dispositivo descrito por la norma ASTM D3-18.

Análisis de los ensayos de laboratorio, a los 28 días de construcción de piso de suelo cemento, suelo-cal y a base de tierra. Compactación en 3 capas, 100 golpes c/capa. Se analizaron los resultados de los ensayos de absorción, impacto y módulo de ruptura.

PROPUESTA DE PISO PARA UNA VIVIENDA RURAL

La mezcla mas económica pero al mismo tiempo eficiente en su comportamiento al ser sometida a los esfuerzos que sufren los pisos debido al uso es, 5 partes de arena pómez procedente de Villa Nueva por ½ parte de cal hidratada.

Construcción de un sistema monolítico en una vivienda.

En base a la propuesta de piso se procedió a construir un sistema en una vivienda de adobe, la cual tiene 4.08 m. de ancho y 4.26 m. de fondo. La mezcla se debe hacer de forma homogénea hasta obtener un color uniforme, agregándose un 21% de agua para trabajar con la humedad óptima.

Foto No. 1

Forma correcta de fabricar la mezcla.

La capa base del piso debe ser humedecida antes de colocar la capa final, esto se hacer con la finalidad de resanar ambas capas y obtener así una correcta adherencia entre capas.

Después de colocada la mezcla, se procede a compactar en tres capas. Las probetas, se construyeron con apisonador metálico.

Foto No. 2

Apisonador de mayores dimensiones, utilizado para agilizar el proceso de fabricación.

La textura del piso, puede variar, pudiendo ser rústico, o con un acabado, aplicando una pastina o capa final de acabado.

Foto No. 3

Textura del piso sin acabado final

Foto No. 4

Textura del piso con la aplicación de una capa de pastina como acabado final.

Cuando se habla de mezcla recomendada se está refiriendo a la mezcla que contiene 5 partes de arena pómez limosa procedente de Villa Nueva, y ½ parte de cal

hidratada. El dato del ensayo de proctor de esta mezcla, nos da una humedad optima de 21%, con la cual la mezcla al ser compactada alcanzará una densidad seca máxima de 1163.66 Kg/m³, siendo la densidad el parámetro para medir la mayor masa dentro de la unidad de volumen del sólido.

COMPARACIÓN DE COSTOS DEL SISTEMA CONSTRUIDO

En la actualidad, podemos catalogar como un piso económico, al piso comercial tipo C de cemento líquido y al piso construido de torta de cemento. Para fines comparativos, tomaremos un sistema de piso de cemento líquido de 0.25m. x 0.25m. contra nuestra mejor mezcla, la cual resultó ser por fines económicos, la mezcla de 5 partes de arena pómez limosa proveniente de Villa Nueva, con ½ parte de cal hidratada.

Costo de materiales e instalación del piso.

TIPO PISO	UNIDAD	COSTO / m ²
Cemento líquido	m²	USD 11.09
Suelo-cal	m²	USD 5.17

Según lo mostrado anteriormente, se tiene una diferencia de Q 47.36 por cada m² de piso, lo cual demuestra la economía que se tiene al trabajar con un piso compactado, hecho a base de suelo-cal. Este piso puede ser aun más económico, si los propietarios de las viviendas son los mismos que construyan el sistema de piso, utilizando madera local y no proveniente de aserradero. Para poder de esta forma agregar mejoras al piso como la adición de una capa lisa y fina de remate, construida con un mortero de 1 parte de cemento x 1 parte de arena de río.

Los sistemas que presentaron mejores características físicas y mecánicas fueron el piso de suelo cemento y el piso de suelo cal, siendo este último el que dio una menor resistencia pero el que más se adecua a la propuesta, debido a su reducción de costos en los materiales utilizados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Acosta, Hector Ariel, González Salguero, Guillermo Adolfo. Muros a escala natural de suelo-cal apisonados reforzados con caña de castilla, ensayados a corte, noviembre de 1988, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.
- Aquino López, Gonzalo, Cario Paz, Sergio A., Resistencia a corte, en muros de adobe a escala natural, reforzados con caña de castilla, y febrero de 1987, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.
- Argueta Martinez, Mario Guilfredo. Propuesta y evaluación de piso de bajo costo a base de tierra para una vivienda rural. Febrero 2005. Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.
- Contreras Pinillos, Miriam Luz. Compilación de información tecnológica básico-tradicional empleada en construcciones de tierra, noviembre 1986, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.
- Dumas, Gustavo Adolfo. Evaluación de un sistema de piso de tierra apisonada estabilizada con cal en una vivienda en Amatitlán, julio 1990, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.
- Godoy Cobar, Sergio Ricardo, Muros de suelo-cemento apisonado reforzados con fibras, sometidos a compresión y corte, septiembre de 1983, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.

- Hazbun Hazbun, Jack Joseph. Muros de bajareque sometidos a carga lateral, agosto de 1989, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.
- Montufar Marroquin, Mario Raul. Muros de suelo estabilizado con cal, apisonados, reforzados con caña de castilla sometidos a corte, abril de 1986, Centro De Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.
- Salazar Corado, David Estuardo, Propuesta de especificaciones y métodos de ensayo para pisos de terrazo fabricados en Guatemala. septiembre de 1983, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.
- Urias Bran, Julio Manuel. Determinación del esfuerzo cortante en muros de suelo-cal apisonado. Octubre de 1992, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, Guatemala.

NOTA FINAL

Doctorado en Ingeniería Civil del Institut National des Sciences Appliquées, Rennes, Francia. Investigador en materiales de construcción en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala. Miembro de grupo PROTERRA.

(T1-16)

**IV SIACOT
“SEMINARIO IBEROAMERICANO DE
CONSTRUCCIONES CON TIERRA”
E O
III SEMINARIO
“ARQUITECTURA DE TIERRA EN PORTUGAL”
7 AL 12 DE OCTUBRE DEL 2005**

**PROPUESTAS TECNOLÓGICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
CON TIERRA DE PISOS PARA VIVIENDA ECONOMICA**

AUTOR: Dr. Ing. Virgilio Ayala Zapata

Centro de Investigaciones de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, zona 12 Guatemala 01012
Tel. (502) 24769748, 24763992
Fax. 24763993
virgilioayala@yahoo.com, vayala@ii.usac.edu.gt

Segundo archivo

Fotos

**Foto No. 1
Forma correcta de fabricar la mezcla.**



Foto No. 2
Apisonador de mayores dimensiones,
utilizado para agilizar el proceso de fabricación.



Foto No. 3
Textura del piso sin acabado final



Foto No. 4
Textura del piso con la aplicación de una
capa de pastina como acabado final.

