

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN – MANAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO “RUBÉN DARÍO”
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
TÉCNICO SUPERIOR EN CONSTRUCCION CON MENCIÓN EN INGENIERIA
CIVIL



SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TITULO DE TÉCNICO
SUPERIOR EN CONSTRUCCION CON MENCIÓN EN INGENIERIA CIVIL

TEMA

Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET,
para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

AUTORES:

Br. JOSÉ ISMAEL ÑURINDA MARTINEZ

Br. JONATHAN JAVIER SILVA

TUTOR: ING. Wilber Pérez Flores

JULIO, 2016



INDICE

| | |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. ANTECEDENTES | 3 |
| III. PROBLEMA DE PROYECTO | 4 |
| IV. JUSTIFICACIÓN | 5 |
| V. OBJETIVOS | 6 |
| 5.1 Objetivo General..... | 6 |
| 5.2 Objetivos específicos..... | 6 |
| VI. DESARROLLO | 7 |
| 6.1 Breve reseña reciclable. | 7 |
| 6.2 Elementos reciclables y aplicables al campo de la construcción..... | 8 |
| 6.3 Ventajas y desventajas del plástico como material de construcción..... | 9 |
| VII. CONCEPTOS GENERALES | 11 |
| VIII. ORIGEN DEL PLÁSTICO | 14 |
| IX. PANEL DE BOTELLAS PET, PROTOTIPO | 15 |
| 9.1 PET. ¿Por qué? | 15 |
| X. CERRAMIENTO A BASE DE BOTELLAS PET | 15 |
| XI. HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PANEL | 16 |
| XII. DIFERENTES FABRICAS PROVEEDORAS DE BOTELLAS. | 17 |
| 12.1 Algunas aplicaciones que tiene el PET..... | 18 |
| XIII. ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PANEL | 19 |
| 13.1 Recaudación de botellas | 19 |
| 13.2 Lavado de las botellas | 20 |
| 13.3 Secado de las botellas..... | 21 |
| 13.4 corte y empotramiento de las botellas en los listones | 22 |
| 13.5 Elaboración del confinamiento de acero para el panel. | 24 |
| 13.6 Alambre de amarre utilizado..... | 27 |
| 13.8 Malla cedazo utilizada en el panel..... | 29 |
| XIV. Mortero de recubrimiento en el panel | 31 |
| XV. Consideraciones del sistema constructivo | 34 |
| XVI. Pruebas de laboratorio realizadas al mortero de recubrimiento del panel | 35 |
| 16.1. Equipos y herramientas utilizadas en el ensaye granulométrico de la arena..... | 35 |



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

| | |
|--|-----------|
| 16.3. Memoria de cálculo de granulometría..... | 39 |
| 16.4. Módulo de finura..... | 42 |
| 16.5 Módulo de finura..... | 43 |
| 16.6 porcentaje de humedad de la arena..... | 44 |
| 16.7 Prueba de revenimiento en el mortero..... | 45 |
| 16.8 prueba del esclerómetro..... | 53 |
| 16.8.1 Descripción del aparato y del método..... | 55 |
| 16.8.2 Factores que inciden en la prueba..... | 57 |
| 16.8.3 Procedimiento del ensayo..... | 58 |
| 16.8.4 Resultados..... | 59 |
| 16.9 Pruebas de resistencia a la compresión del mortero..... | 61 |
| 16.10 Aislamiento térmico y acústico del panel..... | 68 |
| 16.11 Normas sismos resistentes para viviendas de una y dos plantas..... | 69 |
| XVII. CONCLUSIONES..... | 70 |
| XVIII. RECOMENDACIONES..... | 71 |
| IXX. BIBLIOGRAFÍA..... | 72 |
| XX. ANEXOS..... | 73 |



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas las personas que nos han brindado su apoyo incondicional, en especial nuestro ser divino, “JESÚS, MI DIOS”, quien ha sido la fuente de vida y sabiduría para permitirnos llegar con éxito al final de esta etapa de nuestra vida, gracias por permitir estar en nuestros corazones.

También decíamos tener el gran honor de dedicar este trabajo de culminación de estudios en especialmente a nuestros padres que nos han brindados una mano amiga y que nos han dado sus principios y valores para que seamos personas de bien en la sociedad y con dios, gracias por ser los veladores de nuestros sueños, por habernos ayudado a culminar con éxitos nuestros estudios y continuar siempre con nosotros, pues reconocemos que sin la ayuda de dios y ustedes como nuestros padres nada ha de ser posible.

También dedico este trabajo a nuestros amigos como colega de clase, por ser las personas que hemos ido de la mano trabajando para mirar este producto tan maravilloso, gracias también a ellos por esa ayuda incondicional que nos hemos brindado durante el periodo de estudio y por formar parte de nuestras vidas y que en el futuro nos proyectemos como personas de bien, Gracias a todo y por todo.



AGRADECIMIENTO

Gracias a todas las personas que han intervenidos en bien en nuestras vida, ya que han sido como el cincel y el mazo para dar forma a nuestro ser y hacernos importante en esta vida.

Gracias a los ingenieros Oracio Hulloa y Greybin Borge por colaborar en la realización de los ensayos de laboratorios, a los de más ingenieros y arquitectos del departamento de construcción de la facultad de ciencias e ingeniería de la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, UNAN-MANAGUA, por su estimable apoyo a nivel de docentes, investigador y humano, por extender esa mano llena de conocimientos, que será de gran importancia en nuestras vidas como profesionales.

A nuestros padres por su cariño incondicional, a nuestros amigos que nos brindan su apoyo, y nos llenaron de inspiración a seguir adelante en nuestra formación como profesional; otra persona que ha sido de gran importancia para dar fin a este trabajo y que nos ha extendido su confianza, su amistad ya que es inevitable exaltar la calidad de profesional que es, ingeniero Wilber Pérez flores, gracias por ser un modelo no solo como una persona íntegra, si no como ser humano, nuestro tutor, gracias por su tiempo invertido al asesorarnos, pues sabemos que su ayuda fue indispensable en la realización de este trabajo, y de nuestra parte te decíamos que DIOS te bendiga en tu familia, tu trabajo y adonde quieras que andes.



RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo consiste en el diseño y desarrollo experimental de un panel de botellas recicladas utilizada como elemento de cerramiento en construcciones de viviendas mínimas, la realización del panel de botellas tendremos la oportunidad de presentar un prototipo donde mencionaremos el procedimiento de fabricación, sus ventajas y limitaciones al construir con este sistema constructivo.

La estructuración del trabajo esta de la siguiente manera:

En la primera parte se presenta los datos del proyecto, los conceptos del sistema constructivos a base de panel de botellas, así como la información obtenida de diferentes experiencias en países que han trabajado el eco-ladrillo o construcciones con botellas, como es el manual de sistema constructivo “pura vida” y la reciente investigación del ARQ. Guillermo José Zavala Arteaga, de la escuela especializada en ingeniería itca – fepade dirección de investigación y proyección social de santa tecla.

Seguidamente se presenta los procedimientos y equipos empleados para la realización del panel de botellas PET, control y calidad, curado del tipo de confinamiento del panel, así como el tipo de anclaje y el uso adecuado del panel en las construcciones mínimas, sin pasar por alto sus ventajas y limitaciones al implementar este sistema constructivo.

Finalmente se presenta los resultados de este trabajo, las conclusiones, recomendaciones para mejorar el sistema constructivo investigado y los anexos donde se muestran algunas fotografías de diseños arquitectónicos utilizando este sistema de panel de botellas.

I. INTRODUCCIÓN

En este proyecto investigativo de seminario de graduación, consiste en el diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas. Esta idea de este nuevo sistema, nace con la preocupación de la problemática de la basura en diferente parte del país en específicos las ciudades con grandes concentraciones de personas.

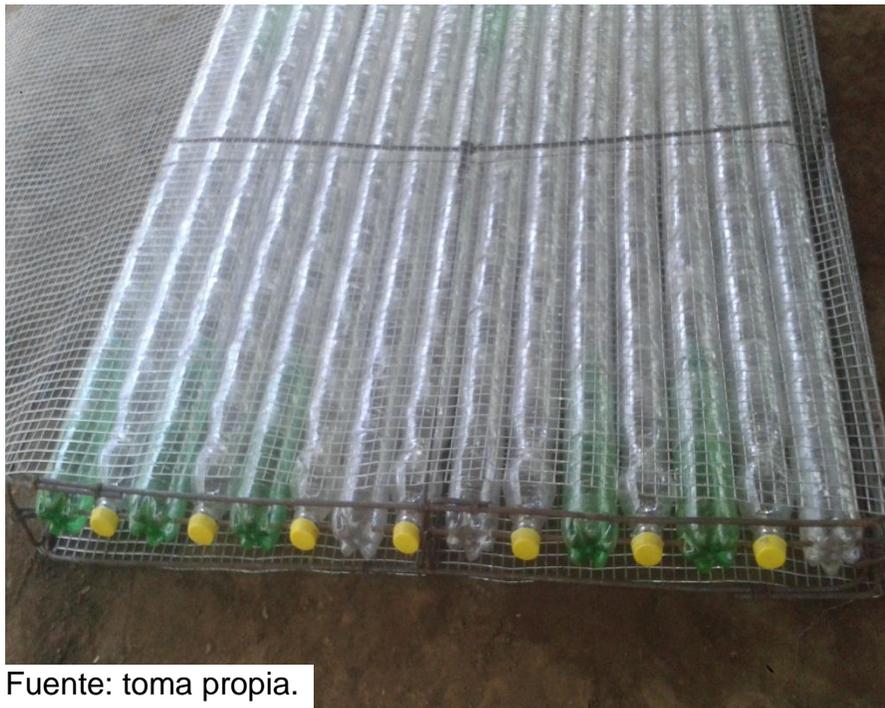
Gran parte de este proyecto se basa en la elaboración de un prototipo de panel revocado con mortero de proporción 1: 3, En donde podemos describir el proceso de elaboración del panel, para convertir las botellas plásticas recicladas como elementos para la construcción de muros en viviendas y de esta manera presentar las posibles ventajas y limitaciones al utilizar estos tipos de panel.

En este proyecto investigativo presenta el desarrollo de conceptos fundamentales, el procedimiento en donde se detalla la elaboración del panel. También se toma en cuenta los ensayos de laboratorios realizados, se debe de quedar en claro que en estas pruebas son las más comunes que se realizan en estos tipos de laboratorios.

Al final de todo este proyecto se presenta los resultados obtenido de cada uno de los ensayos. Para luego dar unas debidas recomendaciones que sean de gran utilidad para investigaciones futuras.



FIGURA 1 modo de reciclar las botellas PET





II. ANTECEDENTES

Las construcciones con eco-ladrillos o botellas recicladas PET, ha nacido con el objetivo de disminuir el problema de basura en lugares de mayor concentración de personas, un ejemplo presente es Managua capital de Nicaragua y las demás ciudades de esta región pero con un índice de porcentaje de basura inferior, la necesidad de reciclar junto con personas innovadores como arquitectos e ingenieros buscan la alternativa de aportar al descenso de la contaminación. Es de esta manera que nace las construcciones con botellas PET, reciclando de esta manera, ya que no se pueden reutilizar estos recipiente para hacer usado nuevamente de la misma manera por motivo de higiene.

El Tereftalado de polietileno (PET) que es la materia prima utilizada para la realización de botellas; nace en el año 1941, y desde entonces año con año se consumen millones de toneladas; lo que representa un problema para el medio ambiente, pues solo se recicla un 20%. Los plásticos utilizados en la industria y la vida cotidiana son productos con una limitada capacidad de autodestrucción, quedando como residuos por muchos años; donde el plástico y sus derivados tardan hasta 500 años en degradarse.

En nuestro país los desechos sólidos se han incrementado en la medida que la población y la industria aumenta por lo que ante la problemática; se han planteado algunas soluciones; una de las más adoptadas es el reciclaje de materiales.



III. PROBLEMA DE PROYECTO

Debido a que el proyecto consiste en la elaboración de un panel en donde pretendíamos realizar algunas pruebas de laboratorio, la cual se no será un poco difícil ya que la universidad, en el laboratorio no cuentan con los equipos necesarios para realizar todo un estudio detallado del panel, dando de esa manera un resultado prolongado y seguro de este tipo de sistema constructivo, de esta manera se nos limita el desarrollo de nuestra investigación.

También encontramos otros problemas pero que con tiempo y concientizando a las personas se recicla la basura y de esta manera aportamos a disminuir la contaminación ambiental en nuestro país, también en futuro no muy lejano se puedan dar talleres prácticos a diferentes lugares con problemas de basura, dando las alternativas adecuadas del uso de la misma. Y de esta manera poder proporcionarles a las familias de escasos recursos a tener su casa propia beneficiándose de estos elementos constructivos que tienen a su alcance, como es el caso de las botellas PET.



IV. JUSTIFICACIÓN

Para realizar este trabajo investigativo se tuvo que observar los problemas más comunes en Nicaragua, y de esta manera llegamos a identificar dos problemáticas del nicaragüense que son la falta de vivienda y la acumulación de los residuos sólidos y basura que al final trae como consecuencia problemas ambientales. Dentro de estos residuos sólidos están los plásticos como las botellas, es por eso el propósito del aporte que se dará con esta investigación para afrontar ambos problemas y de esta manera proponer una alternativa de reciclaje donde la mayoría de los nicaragüenses y el medio ambiente se miren beneficiados.

Con esta investigación se pretende ayudar no solo a las comunidades, también a las ciudades a delirar y a saber qué hacer con la basura, y de esta manera se desea crear la alternativa de construcción que beneficiaran familias de escasos recursos económicos en Nicaragua, a poder obtener sus viviendas o puntos de negocios a bajo costo económico y de esta manera convertirse en un portador al descenso de la contaminación en nuestro país y del mundo.

Este tipo de alternativa constructiva aportará también nuevas fuentes de trabajo para los nicaragüenses, como investigadores pretendemos dar un prototipo de fácil manipulación, viable, seguro, de bajo costo económico y accesible para la sociedad.



V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

- Diseñar un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de viviendas

5.2 Objetivos específicos

- ✓ Elaborar un prototipo de panel revocado con mortero de proporción 1: 3 en donde se pueda apreciar la estructuración interna y externa del panel.
- ✓ Describir el proceso de elaboración del panel, para convertir las botellas plásticas recicladas como elementos para la construcción de muros en viviendas.
- ✓ Presentar las posibles ventajas y limitaciones al utilizar panel de botellas plásticas reciclada en construcciones de viviendas mínimas.



VI. DESARROLLO

6.1 Breve reseña reciclable.

La relación del hombre con el medio ambiente ha puesto sin duda alguna la atención de muchos especialistas en esta área como los arquitectos e ingenieros, tratan de realizar una perspectiva diferente y ecológica, estas personas son capaces de programar, proyectar, utilizar, demoler, reciclar y construir edificios sostenibles.

En la parte de la arquitectura reciclable se tiene en cuenta diversos principios básicos como es valorar la necesidad, proyectar la obra de acuerdo al clima local, el ahorro de energía, construir con mejor calidad, evitar riesgo para la salud, utilizar materiales reciclables y disminuir el consumo de agua.

El proceso del reciclaje es que utiliza ciertos materiales, por lo general no biodegradables, considerado materiales sólidos “basura”, como: papel, cartón, plástico, metales, residuo orgánico y otros, con el objetivo de reintegrarlo al ciclo económico, y de esta manera reutilizándolo como materia principal para nuevos productos, con estos propósitos podemos obtener diversos beneficios económicos, ecológicos y sociales:

De forma general, el proceso del reciclaje contribuye al descenso de la contaminación ambiental, crea fuente de trabajo, obtenemos materia prima secundaria a bajo costo y por lo consiguiente disminuye la cantidad de desecho. De esta manera la arquitectura reciclable es sustentable ya que busca la optimización de recursos, disminuyendo el impacto ambiental. Desde el punto de vista económico se puede reducir los gastos, enfrentando el material de desecho habitual para la construcción de nuevos materiales que están resultando del reciclaje.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Las principales fuentes de generación de materiales sólidos son:

- Los hogares
- El comercio (mercados, centros comerciales...)
- Instituciones, establecimientos educativos, oficinas y compañías.
- Las industrias productoras.

6.2 Elementos reciclables y aplicables al campo de la construcción.

Símbolo del polietileno Tereftalado



Fuente: <http://www.quiminet.com/pr2/botellas%2Bpet.htm>

Sin duda alguna todo material de desecho sólido es reciclable, pero necesita ser un estudio minuciosamente para saber si son aplicables en el campo de la construcción o simplemente para otros fines, y cuál es su tratamiento.

A continuación daremos a conocer la definición del plástico como tal: según la enciclopedia, el plástico es un conjunto de materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado.

Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

En gran parte encontramos que las botellas plásticas se pueden reciclar y ser reutilizadas en el campo de la construcción ya que en sus características



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

presentan una relación resistencia/densidad alta, lo cual nos proporciona una viabilidad ya que posee unas propiedades excelente para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes.

Existen 3 métodos para el reciclaje de plásticos y su recuperación: **reciclaje mecánico:** es realizado por medio de presión y calor. **Reciclaje químico:** es la descomposición de los plásticos usados clasificados en sus componentes más sencillos, aquí se utilizan procesos como: la pirolisis, la hidrogenación, la gasificación o el tratamiento con disolvente. **Depuración de energía:** se realiza debido a que los plásticos se producen a base de petróleo y tienen un valor calorífico elevado, a veces más elevado que el del carbón o del fuelóleo.

En nuestra tesis daremos a conocer el uso de las botellas plásticas (PET) reciclada como elemento de construcción, cuando hablamos de botellas, ya sean de gaseosas desechables u otros tipos de recipientes plásticos, lo cual en nuestro trabajo investigativo estamos proponiendo un panel de botellas de 1/2 litro de big cola, en donde se nos presente la experiencia de elaborar por nuestras manos el panel a base de botellas, que es un plástico de alta calidad que requiere un proceso sumamente complicado para ser recuperado. Con la tecnología convencional no es posible utilizar el PET para fabricar otras botellas de bebidas por motivos de higiene.

6.3 Ventajas y desventajas del plástico como material de construcción.

De acuerdo con las experiencias que se han obtenidos en los diferentes países que se ha construido con PET aplicado en forma de espuma sirve para aislar paredes y techos, en diversas ocasiones se experimentado construir plástico marcos para puertas, ventanas y techos.

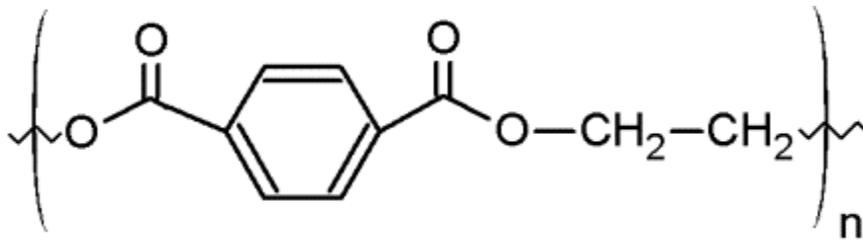
Según la escuela técnica superior de ingenieros industriales, universidad de Valladolid, del departamento de química orgánica, nos dan a presentar las propiedades y características físicas del PET, y las razones por las que este



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

material ha alcanzado una relevante producción de diversidades de envases, y otros tipos de fibras y láminas.

Formula química del polietileno Tereftalado



Fuente: <http://www.quiminet.com/pr2/botellas%2Bpet.htm>

Propiedades principales:

- Cristalinidad y transparencia, aunque admite carga de colorantes.
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanente.
- Alta resistencia al desgaste.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química.
- Buenas propiedades térmicas.
- Buena barrera a CO₂, y acepta barrera o₂ y humedad.
- Totalmente reciclable.
- Alta rigidez y dureza.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Baja adsorción de humedad.



Ventajas:

- Al construir con botellas, este no requiere de constante mantenimiento.
- Es muy duradero, ya las investigaciones se ha confirmado que el plástico requiere al menos 500 años para su desintegración.
- Fácil accesibilidad de los recipientes (Polietileno Tereftalado)
- De acuerdo a sus propiedades presenta buena aislamiento térmico y acústico.

Desventajas:

- Las botellas no mantienen buenas propiedades cuando se le somete a temperatura elevada a los 70 °c.
- Por una de su propiedad principales que posee un buen coeficiente de deslizamiento, lo que provoca poca adherencia del mortero con la botella. (se utiliza cemento de rápido fraguado)

VII. CONCEPTOS GENERALES

Con la finalidad de comprender algunos términos que son utilizados en el desarrollo de esta investigación, se presenta la definición de los siguientes conceptos; los cuales permitirán una mejor comprensión del proyecto a desarrollar.

BOTELLAS DE PLÁSTICO: Es un envase ligero muy utilizado en la comercialización de líquidos en productos como de lácteos, bebidas o limpia hogares. Sus ventajas respecto al vidrio son básicamente su menor precio y su gran versatilidad de formas.

RECICLAJE: Proceso de recuperación de elementos físicos o químicos aún útiles, provenientes de materiales que han servido para un propósito específico y que pueden volver a ser usados para el mismo u otro propósito.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

PLÁSTICO RECICLADO: Consiste básicamente en recolectar, limpiar, seleccionar por tipo de material y fundirlos de nuevo para usarlo como materia prima adicional, alternativa o sustituta para el moldeo de otros productos.

PET: Politereftalato de Etileno; es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático; usado en envases de bebidas y textiles.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: Es una materia prima o con más frecuencia un producto manufacturado, empleado en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil. Los materiales naturales sin procesar (arcilla, arena, mármol) se suelen denominar materias primas, mientras que los productos elaborados a partir de ellas (ladrillo, vidrio, baldosa) se denominan materiales de construcción.

CLINKER: Material que se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que oscila entre 1350 y 1450 °C. Se muele para fabricar el cemento portland.

POLÍMERO: Macromoléculas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.

RESINAS: Sustancias que sufren un proceso de polimerización o secado dando lugar a productos sólidos siendo en primer lugar líquidas.

CONCRETO: El concreto es un material pétreo, durable y resistente; pero, dado que se trabaja en su forma líquida, puede adquirir prácticamente cualquier forma. Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción tan popular, empleado para todo tipo de construcciones.

AGREGADO FINO: El agregado fino, más comúnmente llamado arena, constituye la mayor parte del porcentaje en peso del concreto. Este porcentaje puede llegar a superar el 60% del peso del concreto fraguado y endurecido. La adecuación de un



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

árido para la fabricación de concreto debe cumplir un conjunto de requisitos usualmente recopilados en normas como, las de la ASTM o las normas ASCE/SEI, etc.

En general, el agregado fino o arena deberá cumplir con los requisitos establecidos en la norma ASTM C-33, es decir, no deberá contener cantidades dañinas de arcilla, limo, álcalis, mica, materiales orgánicos y otras sustancias perjudiciales.

Tabla I: Porcentajes máximos de sustancias dañinas permitidas en el agregado fino

| Sustancia | Norma | Límite máximo (%) |
|---|--|-------------------|
| Material que pasa el tamiz # 200. | ASTM C 117 | 3% |
| Material ligeros | ASTM C 123 | 1% |
| Grumos de arcillas | ASTM C 142 | 1% |
| Total de otras sustancias dañinas (álcalis, mica, limo) | --- | 2% |
| Perdida por meteorización. | ASTM C 88, método Na_2SO_4 | 10% |

Fuente: estudio realizado por: Billy Jose alberto Hernández Hernández

PANEL: Elemento o pieza que han sido anteriormente fabricados con concreto hidráulico, es el material resultante de la mezcla de cemento (u otro conglomerante) con áridos (piedra grava, gravilla y arena) y agua. El concreto hidráulico permite rellenar un molde o encofrado con una forma previamente establecida. Este material de construcción tiene dimensiones estándares en centímetros de 5 x 122 x 244cm.



VIII. ORIGEN DEL PLÁSTICO

La palabra "plástico" no se asocia únicamente a un material, tal y como sucede con el metal, que designa otros materiales además del hierro y del aluminio. La palabra plástico debe entenderse como un término genérico que describe una gran variedad de sustancias, las cuales se distinguen entre sí por su estructura, propiedades y composición.

Los plásticos hacen parte de un grupo de compuestos orgánicos denominados polímeros, los cuales están conformados por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno. Principalmente se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural.

El plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860 en Estados Unidos, para encontrar el sustituto del marfil para la fabricación de bolas de billar; de ese concurso nace un tipo de plástico llamado celuloide. Con dicho material se comenzaron a fabricar productos de plástico como collares, mangos de cuchillos, cajas, armazones de lentes y películas cinematográficas. En 1909, se descubrió una nueva materia prima, el alquitrán, del que se fabricó otro plástico, la baquelita; usada como aislante eléctrico debido a que es altamente resistente al calor, al agua y a los ácidos.

Por otra parte los químicos a principio del siglo XX comenzaron a conocer mejor las reacciones químicas, esto aceleró la búsqueda de nuevos materiales y así, en el año 1930 comenzó la fabricación de plásticos a partir de derivados del petróleo. Como por ejemplo el nylon y el PVC, que comenzaron su fabricación industrial en la década de los años 30, siendo en la década de los 40 cuando se incorporaron otros como el polietileno, los poliésteres, los poliuretanos y las resinas epóxicas.



IX. PANEL DE BOTELLAS PET, PROTOTIPO

9.1 PET. ¿Por qué?

El consumo de PET (Polietileno Tereftalado) se ha incrementado notablemente en los últimos años a nivel mundial, debido a la proliferación de envases de PET en la industria alimentaria.

El Polietileno Tereftalado se inventó en 1941 en forma de fibra de poliéster y su destino fue la industria textil. En 1952 empieza a ser utilizado ya en la industria alimenticia, en forma de film. Pero fue en el año 1976 en el que empezaron a fabricarse los primeros envases rígidos de PET.

X. CERRAMIENTO A BASE DE BOTELLAS PET

Se trata de un sistema constructivo que utiliza paneles, prefabricados o in situ, realizados a base de botellas plásticas recicladas unidas o confinadas en rígidos soportes de madera aserrada o acero.

Dichos paneles se fijan a los elementos estructurales de la edificación y son revocados con mortero para su utilización como cerramiento exterior o interior. Es una nueva alternativa para la construcción de edificaciones como: viviendas, escuelas, iglesia, baños ecológicos de bajo costo económico, especialmente esta alternativa se encuentra indicada en lugares donde se generen grandes cantidades de residuos plásticos, como es el caso de botellas y donde el coste de la construcción tradicional no sea accesible a la mayoría de la población.



XI. HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PANEL

Materiales a utilizar.

- a. Botellas ½ litro big cola.

Recipiente de plástico reciclado (Polietileno Tereftalado)

- b. Varilla lisa de acero 5/8”.
- c. Alambre de amarre #18.
- d. Malla de cedazo de ½”
- e. Cemento y arena para mortero de proporción 1: 4.

Herramientas:

- a. Sierra
- b. Cinta métrica o flexómetro
- c. escuadras
- d. Nivel de mano
- e. Matillo
- f. Regla de madera para nivelación del recubrimiento.
- g. Tenazas
- h. Cutter
- i. Cubeta
- j. Cuchara de albañilería
- k. Esponja

Todas estas herramientas y materiales que se utilizó para la elaboración del panel se estarán detallando más adelante del documento, su utilidad que se le dio a cada uno de ellos.

En el panel que se ejecutó se hizo uso acero en varilla lisa para la realización, si bien la disponibilidad y coste de la misma puede desaconsejar su utilización a favor de un material alternativo. El panel puede suprimirse en los casos de



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

rehabilitación o ampliación de las edificaciones siempre y cuando haya elementos existentes como vigas, columnas ya sea de concreto o madera pero con las condiciones necesarias en los cuales se puedan fijar las botellas.

Se recomienda que el acero utilizado en la realización del panel siempre que vaya a permanecer en contacto con el exterior, sea tratado con algún producto, preferiblemente químico que no altere las características principales de las botellas, que la proteja de la intemperie y de los diferentes tipos de insectos.

Para un mismo tramo de cerramiento o panel, es necesario utilizar botellas de dimensiones similares, es por eso el motivo de la utilización de las botella de big cola ½ litro ya que son de igual dimensiones, asegurando así que la superficie conformada por las mismas sea lo más regular posible, y de esta manera no tener la menor dificultad al momento del recubrimiento de mortero en el panel.

XII. DIFERENTES FABRICAS PROVEEDORAS DE BOTELLAS.

Hoy en día encontramos fabricaciones de PET en sur y Norteamérica, Europa, los cuales son los más destacados, en la zona del Norteamérica se encuentra en el estado de México diferentes fábricas como:

- grupo univerplast México
- star plastic
- multiempack
- grupo deel
- grupo agua
- oro sucio
- esco will
- inyectora internacional de PET
- envases plásticos Ecatepec
- KHS México



12.1 Algunas aplicaciones que tiene el PET

- ✓ **Se utiliza para envases de:**
 1. Bebidas carbónicas
 2. Aguas minerales
 3. Aceite
 4. Jugos
 5. Infusiones
 6. Vinos y bebidas alcohólicas
 7. Detergentes y productos de limpieza
 8. Productos cosméticos
 9. Salsas y otros alimentos
 10. Productos químicos y lubricantes
 11. Productos para tratamientos agrícolas
- ✓ **Películas:**
 1. Contenedores alimentarios
 2. Cintas de audio/video
 3. Fotografía
 4. Aplicaciones eléctricas
 5. Electrónicas
 6. Embalajes especiales
 7. De Rayos X
- ✓ **Otros usos:**
 1. Tubos
 2. Perfiles
 3. Marcos
 4. Paredes
 5. Construcción
 6. Piezas inyectadas
 7. Fibras Textiles



XIII. ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PANEL

13.1 Recaudación de botellas



Fuente: elaboración propia

Sin duda alguna en los diferentes lugares en donde se recolecto estas botellas, presentan gran problemática con la basura y esencialmente desechos sólidos como plásticos (botellas desechables de todo tipo de envase), otros materiales en gran cantidad como el vidrio, tela, zapatos viejos, entre ellos un sin números de desechos, lo cual atrae como consecuencia a los mismos pobladores, enfermedades a causa de criaderos de mosquitos en causes y entre otros sitios que esté presente la basuras.

Los diferentes lugares que visitamos para la recaudación de botellas, en Managua: mercado oriental, fue unos de los lugares con mayor descontrol de desecho sólido, lo cual se nos facilitó la recaudación de este tipo de botellas, puestos que se encontraba este tipo de material fue en las paradas de rutas, lugares de mayores concentraciones de personas como los bares, comiderias, puestos de venta de gaseosa y agua.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Otro lugar que fuimos a recaudar estos recipientes de big cola, fue el cauce de villa Venezuela, Managua. Cause localizado en el distrito XII de Managua, gran parte de este cause se ve afectado por basura proveniente de personas sin conciencia, que se convierten en los principales provocadores de la contaminación ambiental y que provocan el desarrollo de virus que luego se ven afectados los mismos pobladores.



13.2 Lavado de las botellas

En el lavado se realiza con el propósito de desechar cualquier tipo de basura adherida al material de las botellas, estos desechos puede ser: lodo, el cual está presente, debido a que los recipientes se encuentran en contacto directo con la superficie del suelo, por lo general se tiene que remover el lodo ya que es un material no útil en nuestro panel.

Dentro de la etapa del lavado de las botellas, incluimos la limpieza total de las botellas, este paso consiste en quitar las etiquetas de las botellas ya que es un plástico de menor resistencia, y por su características su degradación es de poco tiempo, es motivo que nos conlleva a realizar este procedimiento, también quitamos el sello con el tapón, con el objetivo de evitar la acumulación de peso en el panel.



El lavado se realiza mediante cubetas con agua limpia y otra con agua y detergente. Las botellas son introducidas en las cubetas con detergente, sin tapón y sin etiqueta, una a una se lava bien para desaparecer otras basura presente en el recipiente, quedando limpia a como se muestra en las imágenes.



Fuente: elaboración propia.

13.3 Secado de las botellas

Para el secado de las botellas no utilizamos ningún método relevante, simplemente después de haberse lavado se trata de que no queden agua en la parte interior del recipiente y se deja secar con la parte superior hacia abajo a temperatura ambiente y bajo sombra, para no alterar la calidad o la estructura de la botella no le implementamos calor, ya que anteriormente se había mencionado, que este tipo de material comienza a cambiar su estructura a los 70 °C constante. El PET tiene una temperatura de transición vítrea baja (temperatura a la cual un polímero amorfo se ablanda). Esto ocasiona que los productos fabricados con dicho material no puedan calentarse por encima de dicha temperatura (por ejemplo, las botellas fabricadas con PET no pueden calentarse para su esterilización y posterior reutilización).



13.4 corte y empotramiento de las botellas en los listones

En esta etapa de elaboración del panel se dará a conocer como están integrado los listones de botellas y el por qué la manera de empotramiento de la misma. Con anterioridad de la elaboración del panel, se había experimentado la mejor manera de empotrar las botellas con las demás, y cuál era la mejor alternativa en donde se ocuparía menos botellas y se ocupara mejor el espacio.

Ya se había probado la manera de ensamblado de las botellas con las demás. En donde proponíamos cortar el diámetro del tapón en la parte inferior de la otra botella y de esta manera que se empotrara el pico de una en el espacio cortado, a como se muestra en la imagen.



Fuente: elaboración propia



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Este tipo de empotrado presentaba sus ventajas: se ocupaba menos botellas, cubría más espacio; pero también presentaba sus desventajas: se observaba inestabilidad con ellas mismas y al momento de colocarse en la estructura de acero se ocuparía lo suficiente refuerzo de alambre de amare para estabilizar los listones de botellas en el panel, no era la opción óptima para elaborar el panel, por esa manera se decidió buscar otras alternativa.

Se buscó la manera en que los listones de botellas quedaran estables entre ellos mismos, sin tener que reforzarlo lo suficiente. En la siguiente experimentación nos dimos cuenta que las botellas presentaba una excelente estabilidad, cortando la parte inferior de la misma (1 cm) y metiendo la parte superior de la otra botella en la cortada, así sucesivamente, esta manera fue la mejor de las dos que experimentamos, sin duda alguna presentaba mejor rigidez, estabilidad entre las botellas y no se tiene que reforzar lo suficiente como la anterior, pero esta como consecuencia tiene sus desventajas: se utiliza más botellas, y cubre menos espacio en el panel, esta forma de listones empotrado se presenta en la siguiente imagen.



Fuente: elaboración propia.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Cada listón contiene 9 botellas cortada en la parte inferior y una botella sin cortar en la parte inferior del listón, para un total de 10 botellas de big cola $\frac{1}{2}$ litro. El panel en sí, está compuesto por 15 listones, para lograr un ancho y largo de 0.95m.

13.5 Elaboración del confinamiento de acero para el panel.

Cuando hablamos del tema del acero para el confinamiento del panel no es más que la varilla lisa $\frac{3}{8}$ " # 2. En definición del diccionario de arquitectura y construcción se define varilla lisa a "una pieza larga y maciza de acero, de superficie lisa y sección circular que se emplea como armadura en reforzamiento del hormigón. También llamada barra de acero ordinario".

La fábrica INDENICSA produce varilla redonda lisa en 6, 9 y 12 metros de longitud. Las varillas lisas del número 3 al 8, en propiedades dimensionales, se fabrican de acuerdo con la norma ISO 1035/4 y en propiedades mecánicas de la norma ASTM A-615, mientras que la número 2 se fabrica de acuerdo con las normas ASTM A-82.

Este tipo de varilla se aplica en diseños estructurales como aros en muros o columnas de mampostería y viviendas de concreto; además en la industria de herramientas y maquinarias.

El acero, según Wikipedia, es una mezcla de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,03% y el 2,14% en masa de su composición y dependiendo del grado. Nunca se debe confundir el acero con el hierro, que es un metal duro y relativamente dúctil, con diámetro atómico (dA) de 2,48 Å, con temperatura de fusión de 1535 °C y punto de ebullición de 2740°C.

Tratamiento del acero:

Debido a la facilidad que tiene el acero para oxidarse cuando entra en contacto con la atmósfera o con el agua, es necesario proteger la superficie de los componentes de acero para protegerle de la oxidación y corrosión. Los tratamientos superficiales más usados son los siguientes:



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

1. Cincado: antioxidante por proceso electrolítico o mecánico.
2. Cromado: protege la oxidación y embellecer.
3. Galvanizado: tratamiento superficial.
4. Niquelado: bañado de níquel, protege la oxidación.
5. Pavonado.
6. Pintura.

Existen otros tratamientos como:

1. Tratamiento térmico.
2. Tratamiento termoquímico.

Aplicaciones del acero (varilla lisa):

1. Refuerzos para juntas de pavimento de concreto.
2. Aros para concreto estructural.
3. Herramientas y artesanías en metal
4. Industria y maquinaria.

Tabla de dimensiones física de la varilla lisa según MEPSA

| Dimensiones físicas | | | | | | |
|----------------------------|--|-----------------|---------|------------------------|--------------------|---------|
| calibre | Secciones Transversal (mm ²) | Tolerancia (mm) | | Corte nominal (±100mm) | Peso normal (kg/m) | |
| | | diámetro | ovalado | | min | nominal |
| 10.5mm | 86.59 | ±0.4 | 0.5 | 6m | 0.639 | 0.680 |
| 12mm | 113 | ±0.4 | 0.5 | 6m | 0.835 | 0.888 |
| ½" | 127 | ±0.5 | 0.5 | 6m | 0.935 | 0.995 |
| 15mm | 176.71 | ±0.5 | 0.5 | 6m | 0.913 | 1.387 |
| 5/8" | 198 | ±0.5 | 0.5 | 6m | 1.461 | 1.554 |
| ¾" | 285 | ±0.6 | 0.5 | 6m | 2.105 | 2.239 |

NTC-161 – barras y (Rollos) Lisos y corrugado de acero al carbón.

Fuente: Tabla de metales y proceso del oriente S.A, MEPSA.



| Composición química | |
|---|-------------|
| ELEMENTOS | %MAX |
| Carbono(C) | 0.26 |
| Manganeso (Mn) | -- |
| Fosforo(P) | 0.04 |
| Azufre (S) | 0.05 |
| Silicio (Sc) | 0.4 |
| NTC-1920 – ASTM A-36 / A-36M (acero estructural al carbón) | |

En esta ocasión la varilla de acero se aplicara como el confinamiento del panel. En pocas palabras se convertirá en un marco para dar estabilidad a los listones de botellas que lo contengan.

Detalles de marco de varilla de acero.



Fuente: elaboración propia.

En la ilustración podemos observar el marco del panel en donde cada esquina se dispone de refuerzos del mismo acero de 10 cm^2 en forma de cangrejos los cuales van sujetos al marco de las varillas principales, con alambre de amarre # 18,



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

con 2 sujeción en cada extremo, de aproximadamente 7cm de alambre de amarre a una distancia de 7cm en ambos lado.

El objetivo de este refuerzo de acero en forma de cangrejo es para estabilizar las dos varillas principales en ambas cara, las cuales en la parte del centro del panel lleva dos varillas en forma de bastoncillo, para evitar las máximas deformaciones a lo largo y ancho del panel y un mejor estiramiento de la malla cedazo en la colocación en el marco.



Fuente: elaboración propia.

13.6 Alambre de amarre utilizado.

Según la fábrica de productos de acero para la construcción de Guatemala ASSA, el alambre de amarre es acero con bajo contenido de carbono y reconocido en el horno de alta tecnología, empacado en rollos para facilitar su uso y manejo. Por ejemplo, es utilizado como medio de sujeción de los distintos elementos de acero que conformen las estructuras de refuerzo de concreto.



Fuente: elaboración propia

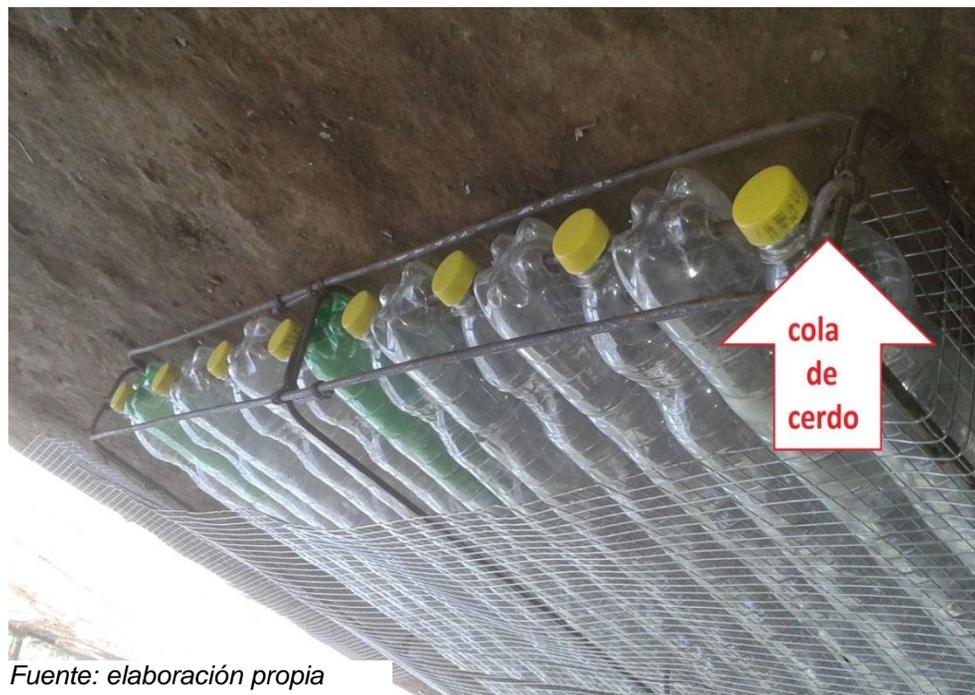


El uso del alambre de amarre se concentra en la industria de la construcción pero por sus propiedades de resistencias y maleabilidad se puede utilizar para diversos propósitos en la industria en general.

En la elaboración del panel se utiliza el alambre de amarre para sujetar los refuerzos en forma de cangrejos y para estabilizar los listones dentro del marco de varilla de acero, lo que permitirá realizar un mejor recubrimiento del mortero sin que los listones se desplomen o desnivelen.

13.7 Fijación de los listones de botellas en el marco de acero.

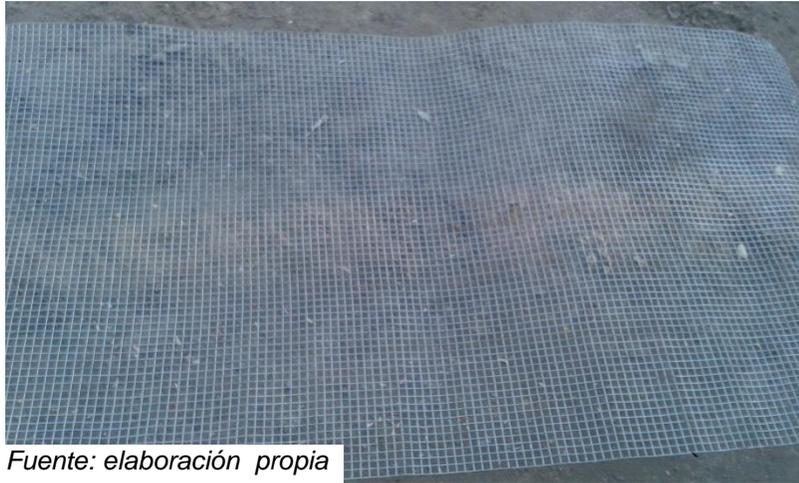
Para la fijación de los listones de botella se hizo necesario el empotramiento de una misma varilla liza en la parte superior e inferior del pliegue de listones, de manera que cada listón de botellas se colocara en sentido inverso, luego, con la herramienta llamada grifa, cada varilla del extremo se dobla hacia el interior del panel, en sentido que le hacemos llamar cola de cerdo, como se muestra en la ilustración.



Fuente: elaboración propia



13.8 Malla cedazo utilizada en el panel.



Fuente: elaboración propia

Es llamado malla de cedazo al utensilio que se emplea para separar material de diferente grosor. Según Aceros Campollanos de la mancha, ACERCAM, es una malla electrosoldada cuadrada, fabricada con alambres de pequeño diámetro y fabricada en rollos. Este tipo de malla es utilizada en la construcción, para separar materia orgánica o partícula de diferente diámetro de la arena, este proceso en los laboratorio de suelo suele llamarse cribar el material, (arena o grava).

Según la compañía de empaque de ciudad de puerto san José, Guatemala, nos da a conocer las diferentes funciones que este tipo de malla tiene, en primer lugar es originalmente para tamizar productos, se puede utilizar en otras aplicaciones como: cerramientos temporales, secado de grano, protección contra moscas y abejas, funciona directamente como cerco de patios y jardines y en la construcción de jaulas flotantes.

Algunas empresas proveedoras de malla electrosoldada.

- ❖ Empresa mexicana MATEX: Se dedica a la fabricación de malla de alambre o cedazo.
- ❖ CAPISA MEXICO: proveedores de filtros metálicos
- ❖ WATER SOLUTIONS ECUADOR: proveedores.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Diferente huso de la malla según sus cualidades.

- ✓ Malla gallinero
- ✓ Malla anti-insectos
- ✓ Malla soporte planta
- ✓ Malla anti-granizo

Beneficios:

1. Fácil instalación.
2. No se oxida
3. Reciclable
4. Versátil.

Dimensiones de la malla:

| MATERIAL GALVANIZADO | | | |
|----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Tipo de malla (mm) | Diámetro de alambre (mm) | Altura de malla (mm) | Longitud de rollo en metros |
| 13x13 | 1,00 | 1000 | 30 |
| | 1,40 | 1000-1500 | |
| 19x19 | 1,00 | 1000 | |
| | 1,40 | 1000-1500 | |
| 23x25 | 1,40 | 1000 | |
| 25x25 | 1,60 | 1000 | |
| | 2,00 | 1000-1500 | |
| 51x25 | 2,00 | 1000-1500 | |
| | 3,00 | 1000-1500-2000 | |
| 51x51 | 2,00 | 1000-1500 | |
| | 3,00 | 1000-1500-2000 | |
| 102x51 | 2,70 | 1000-1500-2000 | |

Fuente: tabla elaborada por aceros campollanos de la mancha, ACERCAM



La malla cedazo, o malla electrosoldada cuadrada juega un papel muy importante, ya que hace la función de cubrir el panel en sí y que al momento de implementar el recubrimiento de mortero, este se adhiera mejor a la plataforma del panel.

La colocación de la malla se realiza de manera satisfactoria debida a que es de fácil manipulación. La fijación de la misma, se realiza con alambre que anteriormente se dio las características, se realiza el amarre de la malla con los refuerzos de los listones de botella a una distancia aproximada de 20 cm entre cada amarre.

XIV. Mortero de recubrimiento en el panel

Definiciones según Wikipedia.org:

Cemento: es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinada y posteriormente molidas, que tiene las propiedades de endurecerse al contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamada Clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega yeso para que adquiera la propiedad de fraguar y posteriormente endurecerse.

Arena: es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. Comúnmente en términos de geología se denomina arena al material compuesto de partícula cuyo tamaño varía entre 0.063 y 2 mm, un grano individual dentro de este rango es llamado “grano de arena”.

La arena para el mortero de recubrimiento puede ser natural o triturada. Debe estar libre de materiales contaminantes como impurezas orgánicas o arcillas; además debe de estar bien gradada ya que de esto depende que el mortero sea trabajable y adherente, si la arena es muy fina se obtienen morteros frágiles y permeables; si es muy gruesa se disminuye la trabajabilidad.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Mortero: es una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino, arena), agua y en algunas ocasiones aditivos. Atendiendo a su endurecimiento se pueden distinguir los tipos de morteros: los aéreos que son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación, y los morteros hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo agua, debido a que su composición química les permite resistencias iniciales relativamente altas.

En el mortero de recubrimiento del panel está comprendido por arena y cemento portland. Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variable de acuerdo a las proporciones a las proporciones de arena y cemento usados.

Según el manual de construcción de los colombianos, el mortero, se pueden clasificar como mortero de pega, mortero de relleno y mortero de recubrimiento, los cuales presentan algunas características y condiciones, según las proporciones que se utiliza. Los morteros 1: 1 a 1: 3 son de gran resistencias y deben hacerse con arena limpia, los del 1: 4 a 1: 6 se deben hacer con arena limpia o semilavada y para los morteros 1: 7 a 1: 9 se puede usar arena sucia, pues estos morteros tiene muy poca resistencias.

De acuerdo con la sociedad mexicana de ingeniería estructural, A.C – SMIE, establece el mortero mezclado manual y el mortero realizado por medio mecánico. También establece el mortero de larga duración, premezclado o estabilizado los cuales contienen aditivos retardantes, lo que genera en su fraguado un retraso hasta por 24 horas, normalmente esta sociedad mexicana afirma que se están manejando morteros a 6, 8, 12, y 24 horas de retraso en su fraguado.

Para la elección de la proporción usada en el mortero de recubrimiento del panel se tomó de referencia la nueva cartilla de la construcción, en donde el mortero utilizado para recubrimiento de paneles prefabricados es de 3 a 4 partes de arena y 1 de cemento. Por lo cual se tomó la proporción 1: 4 para realizar la mezcla y como objetivo obtener una resistencia mínima a la compresión de 140 kg/cm^2 ó



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

2000 lbs/in², pudiéndose aplicar el mortero con maquina o a mano con cuchara de albañilería.

Principios básicos para elaborar un buen mortero, según la nueva cartilla de la construcción:

1. Usar cemento CANAL tipo GU (para todo tipo de uso).
2. Seleccionar adecuadamente los agregados sanos con su granulometría adecuada.
3. Utilizar agua limpia, sin contaminación orgánica.
4. Proporcionamiento correcto de los agregados, cemento y agua para obtener las resistencias adecuadas.
5. Revolver perfectamente la mezcla, evitando segregaciones.
6. Colocar las mezclas, vibrar adecuadamente y efectuar el acabado.
7. La cimbra deberá dejarse en su sitio, el tiempo adecuado, en dependencia de la resistencia que se busca en la mezcla.

Aditivos:

Para que el mortero de recubrimiento del panel tenga un mejor desempeño se recomienda el uso de retenedores de humedad, dependiendo del lugar y el fin que se le dará a estos tipos de paneles. Aunque no es frecuente la utilización de aditivos, en este sistema constructivo se ve conveniente y que debe cumplir con la NTC 1 289, tal tipo de aditivo como los retenedores de humedad deben cumplir su función sin alterar ninguna de las otras características y propiedades del mortero ni afectar otros elementos del sistema como el refuerzo (causarle corrosión).

Desde el punto de vista del manual de construcción de mampostería de concreto del instituto colombiano de productores de cemento, la mampostería puede ser: estructural, cuando los muros que conforman deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y verticales lo que comúnmente llamamos cargas muertas, también la mampostería puede ser; no estructural, cuando los muros deben soportar tan solo su propio peso y servir como división liviana entre dos espacios.



XV. Consideraciones del sistema constructivo

Ventajas:

1. Bajo las condiciones adecuadas de diseño y construcción, el sistema de panel a base de botellas PET, presenta grandes ventajas de orden económico y operativo.
2. Dada la modulación y la estricta fabricación de las unidades, se disminuye los desperdicios de material de muros y de acabado.
3. Dado que los refuerzos que se emplean en el sistema, se elimina la formaletería.
4. Si se emplea mano de obra especializada y unidades modulares, se tiene una gran velocidad y eficiencia en la construcción de los muros, por lo general con este tipo de sistema se reduce los costos por menos actividad equipos y manos de obra.
5. Como sistema estructural de muros portante se puede emplear desde viviendas de bajo costo de uno o dos pisos, siempre y cuando estén presentes vigas y columnas (madera o concreto).
6. Este sistema presenta características estructurales y arquitectónicas, obteniendo estructuras duraderas, de muy bajo costo de mantenimiento y de gran apreciación.
7. Esta alternativa de panel de PET, no solo se puede emplear como un sistema constructivo sino con el fin de brindar y reflejar una imagen innovación, seguridad y solidez, según la utilización que se haga de su diseño arquitectónico y estructural.

Desventajas:

1. Requiere de un control de calidad riguroso y sistemático.
2. Requiere de un diseño arquitectónico con una rigurosa modulación de muros, tanto vertical como horizontal.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

3. Dado que los muros, en principios, son portantes, no se puede modificar indiscriminadamente los espacios interiores.

Inspección:

Una buena obra, construida con el sistema constructivo de panel PET, se debe diseñar y construir bien. Para esto es necesario tener un alto grado de inspección, para garantizar la calidad de los aspectos más importantes de los parámetros y los procesos constructivos, con el fin de evitar que se presenten problemas durante la ejecución de etapas del proyecto.

Entre los parámetros y proceso que se destacan son los siguientes:

- ✓ Recepción, almacenamiento, manejo y calidad de las unidades de panel.
- ✓ Calidez de los materiales para la elaboración y colocación del mortero de recubrimiento o de inyección.
- ✓ Veracidad en el alineamiento, verticalidad y regularidad de los paneles. Y por lo consiguiente calidad de la mano de obra en la ejecución.

XVI. Pruebas de laboratorio realizadas al mortero de recubrimiento del panel

16.1. Equipos y herramientas utilizadas en el ensaye granulométrico de la arena.

1. Mallas estándar (tamices)
2. Balanza de 1gr de precisión
3. Horno de secado ($105 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
4. Cepillo para mallas
5. Partidor de muestras
6. Cucharón metálico
7. Pala de punta cuadrada
8. Tamizador mecánico



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

En otros aspectos fundamentales:

- El análisis granulométrico de la arena determinar las cantidades en que están presentes las partículas de ciertos tamaños en el material.
- La distribución de los tamaños de las partículas se realiza mediante el empleo de mallas de aberturas cuadradas, de los tamaños siguientes: 3/8", Números 4, 10, 16, 30, 50 y 100 respectivamente.



Tamices en orden descendente

- La prueba consiste en hacer pasar la muestra a través de dichas mallas y se determina el porcentaje de material que se retiene en cada una.



Peso retenido en cada malla



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

- Los resultados de la prueba se grafican junto con los límites que especifican los porcentajes aceptables para cada tamaño, a fin de verificar si la distribución de tamaños es adecuada.
- En la norma de la ASTM C 33 se estipulan los requisitos que permiten una relativa amplitud de variación en la granulometría del agregado fino.
- En mezclas pobres o cuando se usan agregados gruesos de tamaño pequeño, es conveniente una granulometría que se aproxime al porcentaje máximo recomendado que pasa por cada criba, para lograr un aumento de manejabilidad.

16.2. Muestra para el ensaye:

Según el “Tec. William R. Castillo P”. en la guía de granulometría de la arena, La muestra para agregado fino cuyo análisis se va a efectuar, deberá ser mezclada completamente y reducida a una cantidad apropiada para la prueba, utilizando el método del cuarteo.

El agregado deberá humedecerse antes de la reducción para minimizar la segregación y la pérdida de partículas finas.

La muestra para la prueba deberá ser aproximadamente del peso deseado cuando este seca y será el resultado final del método de reducción.

La muestra de agregado deberá pesar después del secado, las cantidades siguientes, aproximadamente: 100 gramos, si al menos el 95% del agregado pasa la malla número 8.

500 gramos, si al menos el 85% pasa la malla número 4 y más del 5% se retiene en la malla número 8.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Procedimiento:

- ✓ Secar la muestra a peso constante a una temperatura de 105 ± 5 grados centígrados.
- ✓ Pesar la cantidad necesaria de muestra
- ✓ Acoplar los tamices en forma manual y descendente.
- ✓ Utilizar el tamizador mecánico
- ✓ Realizar el peso del material retenidos en los tamices
- ✓ Efectuar cálculos y gráficas.
- ✓ Comparar resultados con las especificaciones.

El orden de las mallas para el cribado de la arena es de forma descendente, a continuación se presenta su diámetro:

| Malla | Abertura (mm) |
|-------|---------------|
| 3/8" | 9.52 |
| 1/4" | 6.35 |
| # 4 | 4.76 |
| # 10 | 2 |
| # 16 | 1.18 |
| # 30 | 0.600 |
| # 50 | 0.300 |
| # 100 | 0.149 |
| # 200 | 0.075 |



16.3. Memoria de cálculo de granulometría.

PESO RETENIDO EN 493.4 gr DE ARENA SECA:

| Malla | PR |
|-----------|--------|
| 3/8" | 0 |
| # 4 | 0.38 |
| # 10 | 97.01 |
| # 16 | 118.83 |
| # 30 | 129.89 |
| # 50 | 79.87 |
| # 100 | 38.77 |
| # 200 | 16.56 |
| Pasa, 200 | 12.08 |
| Suma | 493.4 |

FORMULAS:

$$\%PR = \frac{PR}{\sum \text{total de la muestra}} \times 100$$

%RA = Se calcula acumulando el %PR de cada malla

$$\%QP = 100 - \%RA$$

CALCULOS DE (%PR)

$$\%PR = \frac{0.39}{493.4} \times 100 = 0.08$$

$$\%PR = \frac{97.01}{493.4} \times 100 = 19.66$$



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

$$\%PR = \frac{118.83}{493.4} \times 100 = 24.08$$

$$\%PR = \frac{129.89}{493.4} \times 100 = 26.32$$

$$\%PR = \frac{79.87}{493.4} \times 100 = 16.18$$

$$\%PR = \frac{38.77}{493.4} \times 100 = 7.85$$

$$\%PR = \frac{16.56}{493.4} \times 100 = 3.35$$

$$\%PR = \frac{12.08}{493.4} \times 100 = 2.44$$

CALCULO DE (%RA)

$$\%RA \ 3/8" = 0$$

$$\%RA \ #4 = 0 + 1 = 1$$

$$\%RA \ #10 = 1 + 20 = 21$$

$$\%RA\#16 = 21 + 24 = 45$$

$$\%RA\#30 = 45 + 26 = 71$$

$$\%RA\#50 = 71 + 16 = 87$$

$$\%RA\#100 = 87 + 8 = 95$$

$$\%RA\#200 = 95 + 3 = 98$$

$$\%RA, \text{pasa } \#200 = 98 + 2 = 100$$



CALCULO DE (%QP)

$$\%QP \ 3/8" = 100 - 0 = 100$$

$$\%QP \ #4 = 100 - 1 = 100$$

$$\%QP \ #10 = 100 - 21 = 79$$

$$\%QP \ #16 = 100 - 45 = 55$$

$$\%QP \ #30 = 100 - 71 = 29$$

$$\%QP \ #50 = 100 - 87 = 13$$

$$\%QP \ #100 = 100 - 95 = 5$$

$$\%QP \ #200 = 100 - 98 = 2$$

Según las normativas ASTM C 33 – 90 los resultados obtenidos de la muestra de 493.4 gr de arena, deberán estar dentro de los límites siguiente:

| Malla | ESP: |
|-------|----------|
| 3/8" | 100 |
| # 4 | 95 – 100 |
| # 10 | 80 – 100 |
| # 16 | 50 – 85 |
| # 30 | 25 – 60 |
| # 50 | 10 – 30 |
| # 100 | 2 – 10 |
| # 200 | 0 – 2 |



Tabla de resultados:

| Malla | PR | %PR | %RA | %QP | ESP. |
|-----------|--------|-----|-----|--------------|----------|
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| # 4 | 0.38 | 1 | 1 | 99 | 95 – 100 |
| # 10 | 97.01 | 20 | 21 | 79 | 80 – 100 |
| # 16 | 118.83 | 24 | 45 | 55 | 50 – 85 |
| # 30 | 129.89 | 26 | 71 | 29 | 25 – 60 |
| # 50 | 79.87 | 16 | 87 | 13 | 10 – 30 |
| # 100 | 38.77 | 8 | 95 | 5 | 2 – 10 |
| # 200 | 16.56 | 3 | 98 | 2 | 0 – 2 |
| Pasa, 200 | 12.08 | 2 | 100 | No hay malla | |
| Suma | 493.4 | 100 | | | |

16.4. Módulo de finura

El proceso granulométrico tiene también como objetivo fundamental, determinar el módulo de finura, para la arena estudiada. El módulo de finura es un índice de tamaños medios de las partículas que componen la muestra del árido (agregado fino). Entonces el módulo de finura se calcula mediante la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum PR_A \left[\frac{3}{8} - N^\circ 100 \right]}{100}$$

De forma ordinaria se conoce que la arena para la elaboración del mortero, el módulo de finura estará dentro del intervalo 2.3 a 3.1. Valores menores a 2.3 se determinarán que la arena es muy fina, lo cual repercute que requiere mayor cantidad de pasta de cemento, provocando cambios volumétricos y aumentando el costo del mortero, en cambio las arenas con modulo mayor a 3.1, resultan



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

demasiado gruesas, lo que produce mezclas de morteros muy ásperas, muy propensa a segregarse y por consiguiente perder la lechada.

16.5 Módulo de finura

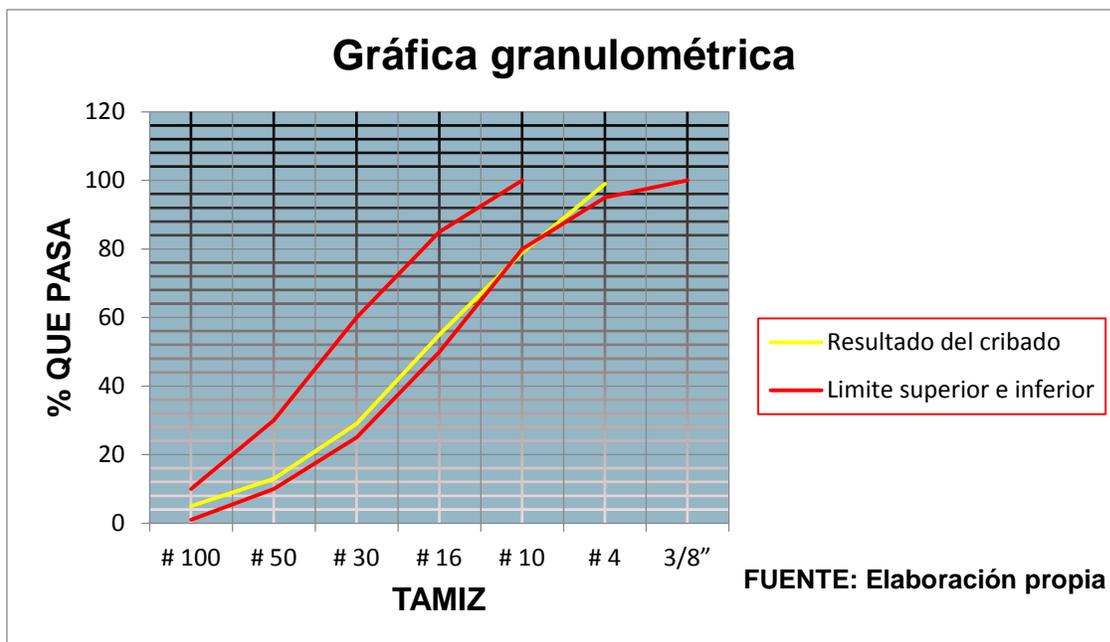
Cálculo:

$$MF = \frac{1 + 21 + 45 + 71 + 87 + 95}{100}$$

$$MF = 3.2$$

El rango del módulo de finura de la arena es de 2.3 a 3.1

Si el módulo de finura de la arena es de 2.3 se trata de una arena fina; y si el modulo se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una arena mediana. Y si el modulo es mayor de 3.1 se trata de una arena gruesa. Con respecto a los resultados obtenidos se calculó el módulo de finura y se llegó a concluir que: para la elaboración del mortero de recubrimiento del panel, se trabajara con arena de granos gruesos según lo comparado con los intervalos establecidos del módulo de finura.





Las líneas rojas indican el límite superior e inferior y la línea amarilla son los resultados obtenidos del cribado.

16.6 porcentaje de humedad de la arena.

Para la realización de este ensaye se utilizó una muestra representativa de arena en donde se determinó la granulometría y por consiguiente se obtuvo el porcentaje de humedad presente en la arena.

La humedad:

El contenido de humedad de la arena, se define como la cantidad de agua presente en la arena al momento de efectuar el ensaye, relacionado con el peso de su fase sólida, se representa por la siguiente expresión:

$$w = \frac{\text{peso del agua contenida}}{\text{peso seco}} = \frac{w_h - w_s}{w_s}$$

Dónde: W : Humedad

w_h : Peso de la muestra húmeda

w_s : Peso de la muestra seca

Nota: *la expresión anterior se puede representar en porcentaje.*



Calculo de porcentaje de humedad en la muestra de arena:

El porcentaje de humedad para una muestra representativa de 58.23 g, de la muestra de arena húmeda, se obtuvo un peso seco de 53.59 g.

$$w = \frac{58.23 \text{ g} - 53.59 \text{ g}}{53.59 \text{ g}} = 0.08$$

Expresado en porcentaje:

$$0.08 \times 100 = 8\%$$

16.7 Prueba de revenimiento en el mortero



Fuente: elaboración propia.

En las obras se aceptan las pruebas de revenimiento:

| Adsorción de la pieza % | Revenimiento para mortero de pega (mm) | Revenimiento para mortero de relleno (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Menor a 10 | 160 | 150 |
| 10 a 15 | 160 | 175 |
| 15 a 23 | 160 | 200 |

Tolerancia de ± 30 mm



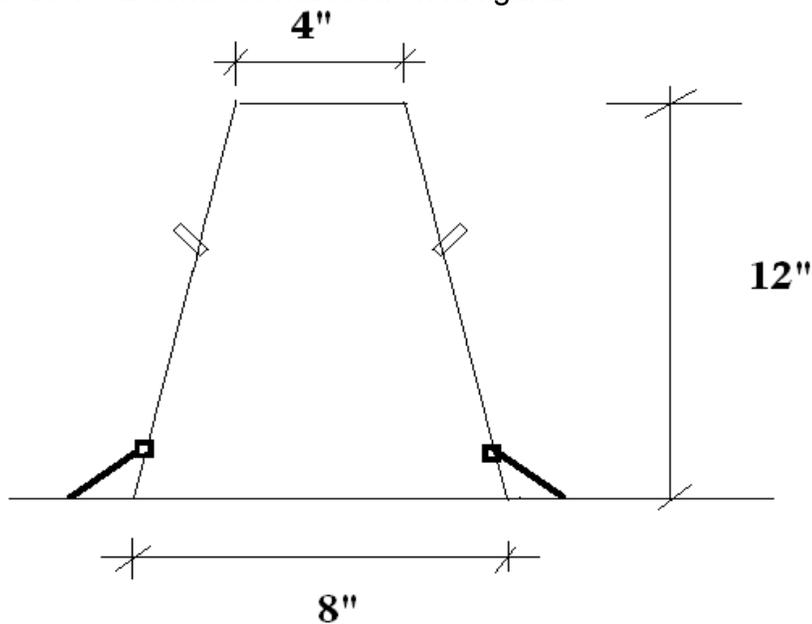
Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

La prueba de revenimiento en el mortero está asociada con las normas ASTM C 143-00, que es el método estándar para la prueba de revenimiento en concreto o mortero. El objetivo de esta prueba es para comprender los términos de trabajabilidad, consistencias y revenimiento del mortero.

Un mortero de calidad uniforme y satisfactoria requiere se mezclen totalmente hasta que tenga una apariencia uniforme. El mortero debe de tener una trabajabilidad apropiada para su fácil aplicación, una vez endurecido el mortero tendrá que cumplir con el requisito de resistencia para soportar las distintas solicitaciones a las que estará expuesto además de poseer una adecuada durabilidad.

La trabajabilidad depende de las proporciones y de las características físicas de los materiales, también del método de mezclado y colocación del mortero.

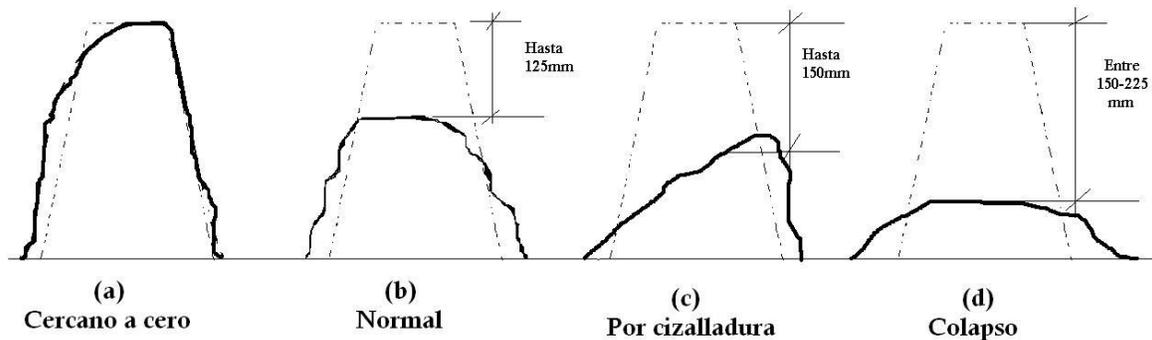
Para la realización de la prueba de revenimiento, se utiliza un molde en forma de cono truncado de 12" de altura con diámetro inferior de 8" y en la parte superior un diámetro de 4" tal como se muestra en la figura.



Molde para prueba de revenimiento



La forma que adopta el cono de la mezcla de mortero en la prueba de revenimiento:



Fuente: laboratorio de materiales de construcción, universidad centroamericana

a. Revenimiento cercano a cero:

Puede ser el resultado del mortero que tiene todos los requisitos de trabajabilidad pero con poco contenido de agua, o se trata de un concreto hecho con agregados grueso que permiten que el agua drene fuera de la mezcla de mortero sin que se produzca algún cambio de volumen.

b. Revenimiento normal:

Se trata del mortero con buena o excelente trabajabilidad. El revenimiento usado para mortero estructural se sitúa entre 2 y 7 pulgadas.

c. Revenimiento por cizalladura o cortante:

Indica que el mortero carece de plasticidad y cohesión. Un resultado satisfactorio de esta prueba es cuestionable.

d. Colapso en el revenimiento:

Indica un mortero obtenido pobres, hecho con agregado grueso en exceso o mezclas extremadamente húmedas. En este tipo de mortero, la lechada tiende a



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

salir del concreto, quedando el material grueso en el centro del cono. Hay segregación.

Debido a los múltiples factores que afectan la trabajabilidad (contenido de agua de la mezcla, tamaño máximo de los agregados, granulometría, forma y textura, etc) la prueba de revenimiento, si bien proporciona una indicación de la consistencia y en ciertas mezclas también de la trabajabilidad, no es capaz de distinguir entre mezclas de características distintas, pero es muy útil para detectar las variaciones de uniformidad y humedad de la mezcla.

Nota: Si el revenimiento es menor de $\frac{1}{4}$ "; es decir, no tiene revenimiento (revenimiento "cero"), este mortero puede ser ensayado por varios medios que son descritos en ACI 211.3.

Material y equipo utilizado en la prueba

- a. Molde con forma de cono truncado, con base de diámetro igual a 8" (203mm), diámetro superior de 4" (102 mm), y una altura de 12" (305 mm). Este molde debe estar provisto de abrazaderas y su base debe ser de metal.
- b. Un cucharón
- c. Varillador: varilla lisa con punta redonda de $\frac{5}{8}$ " de diámetro y una longitud aproximada de 24".
- d. Cronometro
- e. Mezcla de mortero uniforme fresco con agregado fino no mayor de 2.36 mm
- f. Cinta métrica (con una precisión de al menos $\frac{1}{4}$ ")



PROCEDIMIENTO

- a. Uniformice la mezcla con el cucharón o pala



Fuente: elaboración propia

- b. Humedecer el molde troncocónico y colocar sobre una superficie plana, húmeda, no absorbente y rígida. La sección de diámetro inferior debe estar en la parte superior.
- c. Sujetar bien el molde; para ello presione con los pies las abrazaderas o pedales fijados en la base del molde.

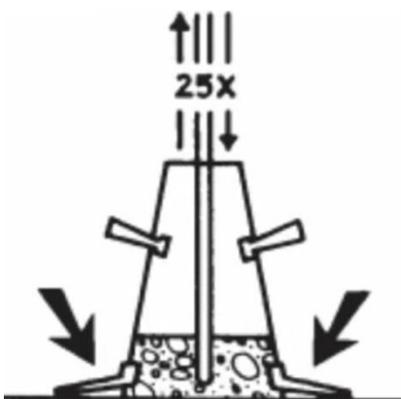


Fuente: laboratorio de materiales de construcción (UCA)



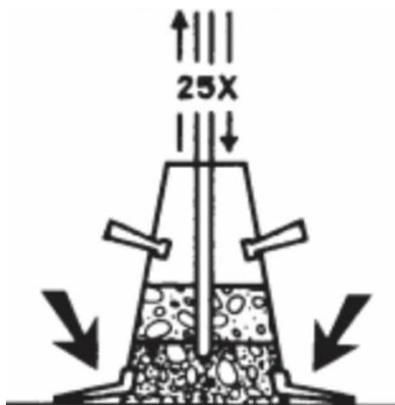
Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

- d. Se vierte la mezcla de mortero hasta llenar aproximadamente $\frac{1}{3}$ del volumen del molde (un tercio del volumen del molde de revenimiento se obtiene llenándolo a una profundidad de $2\frac{5}{8}$ " (70 mm)).
- e. Se varille la primera capa con 25 golpes. Utilice una varilla de acero estándar de diámetro $\frac{5}{8}$ " con punta redondeada (punta de bala). Para esta capa se debe inclinar levemente el compactador y hacer aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro, y el resto aplicarlos en forma de espiral hacia el centro del molde.



Colocación de la primera capa de mortero

- f. Se vierta mortero nuevamente hasta llenar $\frac{2}{3}$ del volumen del cono (aproximadamente $6\frac{1}{8}$ " (160 mm) y varille de nuevo con 25 golpes a través de esta capa, de tal forma que los golpes apenas penetren en la capa anterior.



Colocación de la segunda capa de mortero



- g. Se llena y se varilla la capa superior con 25 golpes; para esta última capa, amontone el mortero sobre el molde antes de empezar a varillar. Si la operación de varillado provoca que el mortero de los bordes superiores del molde se caiga, agregue mortero adicional a fin de mantener todo el tiempo un exceso de mortero sobre la superficie del molde.



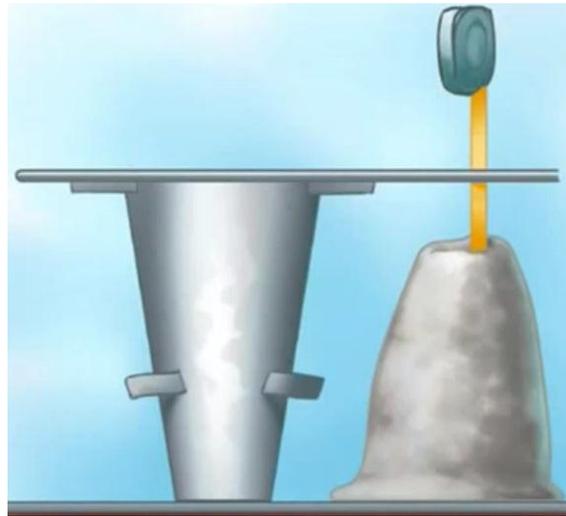
Fuente: elaboración propia

- h. Después de que la capa superior ha sido varillada, enrase la superficie del molde por medio de un movimiento simultáneo de aserrado y rodado con la varilla compactadora. Limpie el área de la base de cualquier escurrimiento de mortero que haya caído durante el enrasamiento.
- i. Se retira el molde del mortero, levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Eleve el molde una distancia de 30 cm en 5 ± 2 segundos, firmemente y evitando cualquier movimiento lateral o de torsión.
- j. Inmediatamente se mide el revenimiento, determinando la diferencia vertical entre la altura de la parte superior del molde y el centro del desplazamiento en la superficie del cono de mortero revenido. Se Utiliza una escala



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

graduada (cinta métrica). El tiempo transcurrido desde que se llena el molde hasta su levantamiento no deberá ser mayor de 2 ½ minutos.



Medición de revenimiento del mortero

NOTA: Si buena parte del mortero se desmorona o se produce revenimiento por cortante, deseche la prueba y haga una nueva con otra porción de mezcla. Si persiste el revenimiento por cortante (la mitad del cono se desliza en un plano inclinado), es un indicio de falta de cohesión y plasticidad en la mezcla.

CALCULO:

En el revenimiento del mortero de prueba se obtuvo el siguiente resultado en pulgadas, con aproximación de ¼" (5mm).

REVENIMIENTO = 2 pulg.

Según los parámetros establecidos de la excelente trabajabilidad del mortero se logró ubicar dentro del revenimiento normal situado entre 2 y 7" de desplazamiento vertical de la mezcla con respecto a la altura del cono truncado.



16.8 prueba del esclerómetro



Fuente: elaboración propia

La evaluación de las estructuras de concreto o mortero en sitio, además de los métodos de extracción de testigos y pruebas de carga, se pueden realizar mediante ensayos no destructivos, que tienen la ventaja de permitir el control de todas la estructura y sin afectarla en forma rápida.

Dentro de los métodos no destructivos, los de dureza superficial son los más generalizados, por su economía y facilidad de ejecución, entre ellos el método del esclerómetro es empleado por el mayor número de piases.

Según “esclerómetro, comercial de ingeniería dagas S.L., 2011.” Que el esclerómetro fue diseñado por el Ing. Suizo Ernest Schmidh en 1948, pero introducido por Proceq a principio del año 1950, constituyendo una versión tecnológicamente más desarrollada que los iniciales métodos de dureza superficial generados en la década del veinte.

Existen tres métodos no destructivos para determinar resistencia del concreto o mortero. La medición con sonda Windsor, consiste en medir la resistencia del concreto o mortero con el método de penetración no destructiva de una sonda de



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

acero; el ultrasonido, esta prueba se realiza por medio de las emisiones de pulsos ultrasónicos pudiéndose detectar fisuras, ratoneras, deformidades en la densidad del mortero o concreto a si lo confirma “ultrasonidos, comercial de ingeniería dagas S.L, 2011.

El ultimo método no destructivo, tenemos al esclerómetro o martillo suizo “medidor de dureza”, su valor de rebote “R” permite medir la dureza del material. Los esclerómetros se han convertido en el procedimiento más utilizado, a nivel mundial para el control no destructivo del concreto o mortero.

Según otra fuente citada, comercial ALFHER sucre – Bolivia, define al esclerómetro “como un aparato que produce pequeños impactos sobre la superficie de concreto o mortero y estima el valor de la resistencia a la compresión a través de la resistencia superficial y el módulo de elasticidad del concreto o mortero. Con el esclerómetro se pueden obtener valores de comparación que permiten a través de un ensayo no destructivo verificar los resultados que se hubieran obtenido mediante rupturas de cuerpos de pruebas”

Aplicación

Originalmente, fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Sin embargo, por los diferentes factores que afectan los resultados y la dispersión que se encuentra, en la actualidad se le emplea en el campo de la construcción para:

- Evaluar la uniformidad del concreto o mortero en una obra.
- Delimitar zonas de baja resistencia en las estructuras.
- Informar sobre la oportunidad para desencofrar elementos de concreto.
- Apreciar, cuando se cuenta con antecedentes, la evolución de la resistencia de estructuras.
- Determinar niveles de calidad resistentes, cuando no se cuenta con información al respecto.

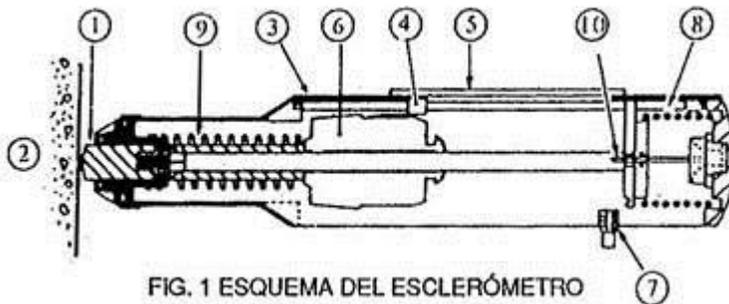


Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

- Contribuir, conjuntamente con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.

16.8.1 Descripción del aparato y del método

Un esquema del aparato está dado en la figura, según la información del fabricante, en el que se singulariza los siguientes elementos:



1. *Percutor*
2. *Concreto*
3. *Cuerpo exterior*
4. *Aguja*
5. *Escala*
6. *Martillo*
7. *Botón de fijación de lectura*
8. *Resorte*
9. *Resorte*
10. *Seguro.*

El ensayo se efectúa apretando el percutor contra la superficie examinar, hasta que el martillo, impulsado por un resorte, se descargue sobre el percutor. Después del golpe, el martillo rebota un acierta distancia, la cual se indica por una aguja en una escala graduada. La lectura de la posición de la aguja representa la medida del retroceso en porcentaje del avance del martillo.

Básicamente el proceso está constituido por una masa móvil, con una cierta energía inicial, que impacta la superficie de una masa de concreto, produciendo una redistribución de la energía cinética inicial. Parte de la energía es absorbida



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

como fricción mecánica en el instrumento y otra parte como energía de formación plástica del concreto. La parte restante es restituida a la masa móvil en proporción a la energía disponible. Para tal distribución de energía es condición básica que la masa de concreto sea prácticamente infinita con relación a la masa del percutor del aparato, lo que se da en la mayoría de las estructuras. En consecuencia, el rebote del esclerómetro es un indicador de las propiedades del concreto, con relación a su resistencia y grado de rigidez.

Para efectuar el ensayo se apoya firmemente el instrumento, con el émbolo perpendicular a la superficie, incrementando gradualmente la presión hasta que el martillo impacte y se tome la lectura. Los impactos deben efectuarse a por lo menos 2.5 pulg de distancia. Se tomaran 10 lecturas para obtener el promedio. En el caso que una o dos lecturas difieran en más de 7 unidades del promedio, serán descartadas. Si fueran más las que difieren se anulará la prueba, o de otra forma se toma en cuenta una cuadrilla con 16 lecturas las cuales se eliminan las 3 lecturas más altas y las 3 lecturas más bajas, luego se suman las 10 lecturas restantes y se promedia.



Fuente: elaboración propia



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Los resultados de ensayo deberán ser registrados y ser sujetos a análisis estadístico, cuando fuera el caso, incluyéndose en el informe lo siguiente:

1. Identificación de la estructura.
2. Localización, ejemplo: cara este o norte
3. Descripción del área de ensayo; ejemplo superficie seca, esmerilada, con textura del encofrado de madera.
4. Descripción del mortero
5. Composición, si se conoce, agregados, contenido de cemento a/c, aditivo usado, etc.
6. Resistencia del diseño
7. Edad
8. Condiciones de curado o condiciones inusuales relativas al área de ensayo.
9. Tipo de encofrado
10. Promedio de rebote de cada área de ensayo
11. Valores y localizaciones de rebotes descartados
12. Tipo y número de serie del martillo.

16.8.2 Factores que inciden en la prueba

Además de los factores intrínsecos, los resultados de los ensayos reciben la influencia de los siguientes parámetros:

- ✓ Textura superficial del concreto
- ✓ Medida, forma y rigidez del elemento constructivo
- ✓ Edad del mortero
- ✓ Condiciones de humedad interna
- ✓ Tipo de agregado
- ✓ Tipo de cemento
- ✓ Tipo de encofrado
- ✓ Grado de carbonatación de la superficie



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

- ✓ Acabado
- ✓ Temperatura superficial del mortero y la temperatura del instrumento.

16.8.3 Procedimiento del ensayo

Para obtener resultados válidos y reproducibles conviene tener en cuenta las siguientes disposiciones:

- ✓ Los especímenes más pequeños deberán ser sujetados rígidamente. En el caso de probetas, se aconseja fijarlas entre los cabezales de la máquina de comprensión.
- ✓ El área en la cual se podrá efectuar una determinación, por el promedio de una serie de pruebas comprenderá aproximadamente una circunferencia de 150 mm de diámetro.
- ✓ Deberá efectuarse el pulido superficial en la zona de prueba de los especímenes, hasta una profundidad de 5mm.
- ✓ A efecto se utilizará una piedra abrasiva de carburos de silicio o material equivalente, con textura de grano medio. Aditamento que forma parte del equipo provisto por el fabricante.
- ✓ La posición del aparato, en casos de 4 ensayos comparativos, deberá tener la misma dirección. La posición normal del aparato es horizontal.
- ✓ De actuar verticalmente incide la acción de la gravedad, dando resultados de rebotes más altos actuando hacia abajo y más bajos hacia arriba.
- ✓ El accionar angular dará resultados intermedios.



16.8.4 Resultados

Para realizar la prueba del esclerómetro al espécimen de mortero se realizó un debido corte del mismo, en ambos lados, para el momento de realizar la prueba la superficie no esté en presencia de rugosidad.

| | 7 días de edad | 28 días de edad |
|-------------|--------------------|--------------------|
| # de golpes | kg/cm ² | kg/cm ² |
| 1 | 107 | 231 |
| 2 | 95 | 174 |
| 3 | 107 | 174 |
| 4 | 120 | 160 |
| 5 | 105 | 231 |
| 6 | 188 | 308 |
| 7 | 188 | 277 |
| 8 | 160 | 261 |
| 9 | 188 | 292 |
| 10 | 174 | 292 |
| suma | 1432 | 2400 |
| promedio | 143 | 240 |



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Prueba del esclerómetro realizada en el panel



| | 7 días de edad | 28 días de edad |
|-------------|--------------------|--------------------|
| # de golpes | kg/cm ² | kg/cm ² |
| 1 | 160 | 174 |
| 2 | 174 | 133 |
| 3 | 174 | 95 |
| 4 | 120 | 120 |
| 5 | 120 | 120 |
| 6 | 147 | 174 |
| 7 | 160 | --- |
| 8 | 188 | 217 |
| 9 | 131 | 202 |
| 10 | 95 | 147 |
| 11 | 202 | 188 |
| 12 | 188 | --- |
| 13 | 147 | 188 |
| 14 | 107 | --- |
| Suma | 2113 | 1758 |
| promedio | 151 | 160 |



16.9 Pruebas de resistencia a la compresión del mortero.



Fuente: elaboración propia.

Según la NTG, normativa técnica de Guatemala, el método de Ensayo cubre la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, utilizando especímenes cilíndricos de 6 por 12 pulg (150mm x 300mm).

NOTA El Método de Ensayo ASTM C349 provee un procedimiento alternativo para esta determinación (no es para ser utilizado en ensayos de aceptación).

Este Método de ensayo trata la aplicación del ensayo usando unidades SI o unidades pulgadas-libras. Los valores indicados en cualquier sistema deben ser considerados separadamente como el estándar. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por lo tanto, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de los valores de los dos sistemas puede resultar en la no conformidad con la norma.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de mortero suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, $f'c$, del proyecto.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, o valoración del mortero, para estimar la resistencia del mortero en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción y para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

Método de Ensayo

El mortero usado consiste en 1 parte de cemento y 3 partes de arena dosificados en masa (volumen). Los cementos portland son mezclados con relaciones especificadas de agua-cemento. El contenido de agua para otros cementos es el suficiente para obtener una fluencia de 110 ± 5 en 25 golpes de la mesa de ensayo de flujo. Los cilindros utilizados en este ensayo se compactan por apisonamiento en tres capas. Los cuales se curan un día en los moldes y luego se desmoldan y se sumergen en agua hasta ser ensayados.

Este método de ensayo provee un medio para la determinación de la resistencia a la compresión del mortero de cemento hidráulico y otros morteros y los resultados se pueden usar para determinar el cumplimiento con las especificaciones. Además este método de ensayo es citado por numerosas otras especificaciones y métodos de ensayo. Se debe tener cuidado en la utilización de los resultados de este método de ensayo para predecir la resistencia de concretos.

Especímenes de ensayo

Se hacen dos o tres especímenes de una mezclada de mortero para cada período de ensayo o edad de ensayo. Estos ensayos se realizan por lo general a una edad de 7, 13, 21 y 28 días.



Preparación de moldes de especímenes

Se aplica un recubrimiento delgado de un desencofrante a las caras interiores del molde y placas de base no absorbentes. Se aplican aceites o grasas utilizando un paño impregnado u otro medio adecuado. Se secan las caras del molde y la placa de base con un paño si es necesario para quitarles cualquier exceso del desencofrante y para alcanzar un recubrimiento aún más delgado en las superficies interiores.

Se completa la consolidación del mortero en los moldes por un apisonado manual o por un método alternativo calificado. Se Comienza a moldear los especímenes dentro de un tiempo total no mayor de 2 min y 30 s después de completar la mezcla inicial de la amasada del mortero.

Se coloca el mortero en 3 capas, la primera capa a 1/3 del volumen del cilindro. Se apisona el mortero en cada compartimiento del cilindro con 25 golpes en su alrededor y el centro, esto se hace para asegurar el llenado uniforme de los molde, luego se realiza el mismo procedimiento en la segunda y tercer capa, luego se enrasa el cilindro hasta dejarlo lo más horizontalmente posible.



Fuente: Elaboración propia



Ensaye a compresión

El ensaye a la compresión de los especímenes, se realizaron en 7 y 28 días de edad y luego es comparado con el valor mínimo correspondiente a cada edad.

- ✓ Se retira el espécimen del recipiente de curado, secando, emparejando los extremos del cilindro y removiendo cualquier grano de arena suelta que tengan las caras que estarán en contacto con las placas de carga de la maquina compresora. El espécimen es retirado de la pileta de curado 24 horas antes de realizar el ensayo a compresión.



Fuente: elaboración propia.

- ✓ Se comprueba que las caras del espécimen estén ortogonales.
- ✓ Se coloca el espécimen en la máquina de compresión.



Fuente: elaboración propia.



Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.

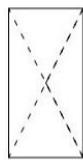
- ✓ Se aplica lentamente la carga sobre el espécimen a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en un periodo no menor de 20 segundos, ni mayor de 80 segundos, hasta obtener la carga.



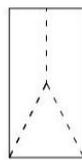
Fuente: elaboración propia.

Tipos de fractura.

TIPOS DE FRACTURA



CONO
(a)



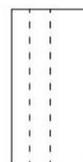
CONO Y SEPARACION
(b)



CONO Y CORTE
(c)



CORTE
(d)



COLUMNAR
(e)



- ✓ se registra la carga máxima y calcule el esfuerzo a la compresión de la siguiente manera:

$$\text{resistencia a la compresión} = \frac{\text{carga máxima}}{\text{área del espécimen}}$$

Cálculo de 360 kN a kg/cm^2 a los 7 días de edad.

$$1\text{lb} = 4.4482 \text{ N}$$

$$1\text{Kn} = 1000 \text{ N}$$

$$360\text{kN} \times \frac{1000\text{N}}{1\text{KN}} \times \frac{1\text{Lb}}{4.4482\text{N}} = 80,931.61 \text{ Lb}$$

$$\text{área del espécimen} = \pi R^2$$

Dimensiones del cilindro:

$$6.5 \times 12 \text{ pulg.}$$

$$R = \frac{6.5}{2} = 3.25 \text{ pulg}$$

$$\text{área del espécimen} = 3.1416 \times (3.25 \text{ pulg})^2 = 33.18 \text{ pulg}^2$$

$$RC = \frac{80,931.61 \text{ Lb}}{33.18 \text{ pulg}^2} = 2,439.17 \text{ Lb/pulg}^2$$

Convirtiendo Lb/pulg^2 a kg/cm^2

$$2,439.17 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2} \times 0.07 = 171 \text{ kg/cm}^2$$



Cálculo de 668 KN a kg/cm^2 a los 28 días de edad.

$$1\text{lb} = 4.4482 \text{ N}$$

$$1\text{Kn} = 1000 \text{ N}$$

$$668\text{kN} \times \frac{1000\text{N}}{1\text{KN}} \times \frac{1\text{Lb}}{4.4482\text{N}} = 150,173.10 \text{ Lb}$$

$$RC = \frac{150,173.10 \text{ Lb}}{33.18 \text{ pulg}^2} = 4,526 \text{ Lb/pulg}^2$$

Convirtiendo Lb/pulg^2 a kg/cm^2

$$4,526 \text{ Lb/pulg}^2 \times 0.07 = 317 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla de resultados:

| Edad (días) | Kg/cm^2 |
|-------------|------------------|
| 7 | 171 |
| 28 | 317 |

Nota: solo se pudo realizar dos ensayos debido a las vacaciones del personal de los laboratorios de geotecnia del instituto de geología y geofísica, IGG-CIGEO, quedando sin hacer el ensayo de los días correspondiente al los 21 días de edad de los espécimen.



16.10 Aislamiento térmico y acústico del panel

Según el manual colombiano de construcciones de mampostería de concreto, determina que “después de chocar con un muro las ondas de sonido, son parcialmente reflejadas, adsorbidas y transmitida en cantidades variables y dependiendo de la clase de superficie y composición del muro”.

Estos tipos de estudios sonoros son de gran importancia en el diseño de un proyecto de viviendas, habitaciones silenciosas en hoteles, hospitales, escuelas y oficinas; donde los ruidos son inaceptables.

Debido a que el panel presenta listones de botellas empotrada lo que proporciona cámara de aire aislante al sonido proveniente del exterior de la obra. Los listones con espacios vacíos hacen que gran porcentaje de sonido quede atrapado, haciendo función como la espuma de poliestireno o fibra de vidrio; que son grandes aislantes acústicos.

El aislamiento térmico es otro parámetro importante a evaluar, siendo unas de las características que ofrece el panel PET. El aislamiento térmico es inversamente proporcional a la densidad del mortero, adicionalmente los listones de botellas funcionan como bolsas de aire aislante, pues el aire es menos conductor térmico que el concreto.



16.11 Normas sismos resistentes para viviendas de una y dos plantas.

La finalidad de que una vivienda sea sismo resistente es la de proteger vidas y los bienes de las personas. Una edificación que no presenta esta característica es vulnerable, es decir susceptible a sufrir daños o posiblemente llegar a colapsar en caso de algún movimiento sísmico.

Una edificación es sismo resistente cuando se diseña y construye con elementos de dimensiones apropiadas y un material con una proporción y resistencia suficiente para soportar las acciones de fuerzas causadas por sismos.

Según la asociación colombiana de ingeniería sísmica se puede aplicar algunos principios considerados para la construcción de uno o dos pisos. Estos principios son:

1. Forma regular

En una forma geométrica irregular en los muros de las viviendas, la torsión puede afectar a la estructura. También la concentración de fuerzas en las esquinas son difícil de resistir.

2. Bajo peso

Entre más liviana sea la edificación menor será la fuerza que tendrá que soportar cuando ocurre un sismo.

3. Rigidez

Ante la acción de un sismo se requiere que la estructura sufra poca deformación, ya que una estructura poco sólida es propensa a varios daños en la deformación

4. Estabilidad

Las edificaciones deben de ser firme y conservar el equilibrio cuando son sometidas a las vibraciones de un sismo. Estructuras pocas sólidas e inestables se pueden volcar o deslizar en caso de una cimentación deficiente.



XVII. CONCLUSIONES

Por lo general los sistemas constructivos que se utiliza en el campo de la construcción, se les realiza un previo estudios de viabilidad, para determinar sus características y de esta manera poderle dar una función a un determinado sistema.

El sistema experimentado “panel de botellas PET” de acuerdo a las elaboración del mismo, nos podemos dar cuenta que presenta características que se acoplan con un sistema constructivo fácil de obtener y que no se requiere de una mano de obra calificada, siempre teniendo en cuenta las recomendaciones brindadas.

Sin duda alguna el sistema de panel a base de botellas, presenta excelentes características para las construcciones de muros en viviendas. En gran parte favorece al desarrollo de este nuevo sistema, según los resultados obtenidos del ensaye del esclerómetro en el panel, nos facilita datos satisfactorios, como es el caso del mortero de recubrimiento, con este tipo de prueba no destructiva nos damos cuenta que al tener la característica que presenta en el plástico de una textura poco adherible con el mortero; pero lo cual sucede todo lo contrario, si se logra apreciar que la mezcla perfectamente se adhiere al panel sin problema.

Es bastante satisfactorio obtener resultados de resistencias del panel que están asociadas con la resistencia de una mampostería de bloque, piedra cantera o de una simple mampostería de ladrillo cuarterón.



XVIII. RECOMENDACIONES

El panel de botellas PET, funcionaría como un sistema constructivo de muros en viviendas, por lo consiguiente se procede a realizar algunas recomendaciones de acuerdo a la experimentación, observando el comportamiento del sistema al momento de ser recubierto con el mortero

1. Se debe utilizar arena que cumplan con la ASTM en su designación C-778, la cual es la siguiente:

| Tamiz N° | Retenido parcial (%) |
|-------------|----------------------------|
| 100 | 98 ± 2 |
| 50 | 72 ± 5 |
| 30 | 2 ± 2 |
| 16 | 0 |

2. El diámetro de la malla del panel debe de ser el doble de grosor, mínimo (1pulg.)
3. Según el tipo de botella, entonces se ajustara la malla a una distancia no mayor a 1cm de la botella en ambos lados del panel. (con esta recomendación se ahorra el exceso de mortero para el recubrimiento)
4. La malla se deberá tensar con mejor rigidez.
5. Los refuerzos de varilla lisa de 3/8", se colocaran a 0.30 m de separación.
6. El recubrimiento no se debe exceder a más de 1 pulg.
7. Utilizar un fijador de 3/8", en ambos sentidos de los listones de botella, esto evitara el desplazamiento de las mismas al momento del recubrimiento.
8. Los amarres de la malla se realizan a una distancia mínima de 0.20 m ó 0.30m como máximo.
9. Se recomienda utilizar cemento de rápido fraguado.
10. En caso de utilizar aditivos en el mortero, se debe dosificar correctamente, para no alterar las propiedades del cemento o la relación agua-cemento.



IXX. BIBLIOGRAFÍA

- Nueva cartilla de la construcción
- Zavala Arteaga, Guillermo José, "Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado".
- Pérez M. F. (2003). Nuevos materiales de Ingeniería.
- Guía de Tec. William R. Castillo P. "ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO".
- Wikipedia.org "tipos de agregados"
- ASTM DESIGNATION: C 136 – 84^a STANDARD METHOD FOR SIEVE ANALYSIS OF FINE AND COARSE AGGREGATES.
- Guía de laboratorios de materiales de construcción, (UNAN-MANAGUA)



XX. ANEXOS



Elaboración de listones de botellas



Formación del panel con los listones y su malla.





Diseño y desarrollo experimental de un panel a base de botellas PET, para ser utilizado en construcciones de muros en viviendas.



Adherencia del mortero al panel



Panel recubierto

