



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

INGENIERÍA CIVIL

**Diseño de Mezcla para Hormigón Simple de 240 kg/cm² utilizando Fibras de
Materiales Reciclados
(Botellas de Plástico)**

INVESTIGACIÓN APLICADA

Innovación tecnológica

Diseño de materiales de construcción

Autor: Edwin Ronald Mendieta Yunga

Director: Ing. Juan Medardo Solá Quintuña

Cuenca – Ecuador

2016

DECLARACIÓN

Yo, Edwin Ronald Mendieta Yunga, con C.I. 0106025059, declaro que las ideas y criterios expuestos en el presente proyecto investigativo previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, son de responsabilidad exclusiva del autor.

Edwin R. Mendieta Y.

C.I. 0106025059

CERTIFICACIÓN

*Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edwin Ronald Mendieta Yunga,
bajo mi supervisión.*

Ing. Juan Medardo Solá Quintuña
C.I. 0102613148

DEDICATORIA

A mis padres José y Rosa, por su apoyo incondicional en mi vida personal y profesional.

A mis hermanos Mariuxi y Michael, que siempre han sido mi compañía y mi soporte en el recorrido de mi sendero.

Al Ing. Gerard Fernández, por su gran amistad y apoyo técnico en mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Extendiendo mi agradecimiento a la Escuela de Ingeniería Civil, a los catedráticos, que pusieron sus conocimientos en mis manos y supieron impartir su sabiduría, colaborando en forma decisiva en la formación personal y profesional de grandes estudiantes.

De manera especial mi reconocimiento y gratitud al Ing. Juan Medardo Solá Director de Tesis, quien puso en disposición todo el tiempo y paciencia en el desarrollo del documento; cuya colaboración constituyo el pilar fundamental en el estudio de una propuesta investigativa para la sociedad.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I	- 15 -
INTRODUCCIÓN.....	- 15 -
1.1.Antecedentes	- 15 -
1.2.Objetivo General	- 16 -
1.3.Objetivos Específicos.....	- 16 -
1.4.Justificación	- 16 -
CAPITULO II.....	- 18 -
MARCO TEÓRICO.....	- 18 -
2.1. Hormigón	- 18 -
2.1.1. Nuevas técnicas e innovaciones	- 18 -
2.1.1.1. Hormigón en masa.....	- 18 -
2.1.1.2. Hormigón armado	- 19 -
2.1.1.3. Hormigón pretensado.....	- 19 -
2.1.1.4. Hormigones avanzados	- 19 -
2.1.2. Propiedades características del hormigón simple.....	- 20 -
2.1.2.1. Diseños de hormigón simple	- 20 -
2.1.3. Método del ACI	- 21 -
2.1.3.1. Determinación de la resistencia promedio necesaria para el diseño.....	- 21 -

2.1.3.2. Elección de revenimiento según el tipo de construcción	- 22 -
2.1.3.3. Tabla de tipo de hormigón y sus pesos específicos	- 22 -
2.1.3.4. Elección del tamaño máximo del agregado	- 22 -
2.1.3.5. Determinación de la cantidad de agua.....	- 23 -
2.1.3.6. Determinación de la relación agua/cemento	- 24 -
2.1.3.7. Calculo de la cantidad de cemento para 1m ³ (C).....	- 24 -
2.1.3.8. Determinación de volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto.	- 24 -
2.1.3.9. Estimación del contenido del agregado fino.....	- 25 -
2.1.3.10. Ajuste de la mezcla por humedad y absorción de los agregados.....	- 25 -
2.2. Plásticos	- 25 -
2.2.1. Tipos de plásticos.....	- 26 -
2.2.1.1. Plástico Tereftalato de Polietileno (PET)	- 26 -
2.2.1.2. Polietileno de alta densidad (PEAD).....	- 26 -
2.2.1.3. Polietileno de baja densidad (PEBD)	- 27 -
2.2.2. Reciclaje de botellas de politereftalato de etileno (PET).....	- 27 -
2.2.3. Técnicas para la reutilización del plástico.....	- 29 -
CAPITULO III	- 30 -
MATERIALES Y METODOS.....	- 30 -
3.1. Proceso de construcción del hormigón	- 30 -
3.2. Materiales.....	- 30 -
3.3. Equipo y maquinaria.....	- 30 -
3.4. Dosificación y nuevo agregado	- 31 -
3.4.1. Determinación de la resistencia promedio de diseño fcr.....	- 32 -
3.4.2. Elección de revenimiento	- 32 -

3.4.3. Elección del tamaño máximo de agregado	- 32 -
3.4.4. Determinación de la cantidad de agua.....	- 32 -
3.4.5. Determinación de relación agua- cemento (a/c) y cálculo de la cantidad de cemento.....	- 32 -
3.4.6. Cálculo de agregado grueso.....	- 33 -
3.4.7. Determinación de agregado fino	- 34 -
3.4.8. Corrección por humedad y absorción	- 35 -
3.4.9. Determinación de pesos de fibra de plástico PET	- 36 -
3.5. Diseño de la máquina artesanal para extraer la fibra.....	- 37 -
3.6. Procesos y tipos de pruebas a realizar	- 38 -
3.6.1. Pruebas a compresión y a flexión.....	- 38 -
3.6.1.1. Datos y fórmulas para obtener la carga a compresión en Kg/cm ²	- 40 -
3.6.1.2. Datos y fórmulas para obtener la carga a flexión en kg/cm ²	- 41 -
3.6.2. Pruebas con losas.....	- 42 -
CAPITULO IV	- 45 -
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	- 45 -
4.1. Resultados y análisis a compresión	- 45 -
4.1.1. Tabulación de datos y gráficas a compresión	- 45 -
4.2. Resultados y análisis a flexión	- 49 -
4.2.1. Tabulación de datos y graficas a flexión.....	- 50 -
4.3. Resultados de las pruebas en losas.....	- 52 -
4.4. Cantidades de botellas de plástico.....	- 53 -
CAPITULO V	- 55 -
COSTOS Y BENEFICIOS	- 55 -

5.1. Costo de materiales y agregados	- 55 -
5.2. Beneficios sociales y económicos	- 56 -
5.3. Impacto ambiental.....	- 56 -
CONCLUSIONES	- 58 -
RECOMENDACIONES	- 59 -
BIBLIOGRAFÍA	- 60 -
ANEXOS	- 61 -

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.- Caso 1 para resistencia promedio del hormigón</i>	- 21 -
<i>Tabla 2.- Caso 2 para resistencia promedio del hormigón</i>	- 21 -
<i>Tabla 3.- Tipo de revenimiento según el tipo de construcción</i>	- 22 -
<i>Tabla 4.- Tipos y pesos específicos del hormigón</i>	- 22 -
<i>Tabla 5.- Cantidad de agua</i>	- 23 -
<i>Tabla 6.- Relación Agua-cemento.....</i>	- 24 -
<i>Tabla 7.- Cantidad de agregado Grueso</i>	- 24 -
<i>Tabla 8.- Datos previos para el diseño.....</i>	- 31 -
<i>Tabla 9.- Volúmenes de los agregados</i>	- 34 -
<i>Tabla 10.- Volumen de aire</i>	- 34 -
<i>Tabla 11.- Cantidades de los agregados para 1 m³</i>	- 35 -
<i>Tabla 12.- Cantidades de agregados corregidos.....</i>	- 36 -
<i>Tabla 13.- Cantidades de fibra de plástico.....</i>	- 37 -
<i>Tabla 14.- Dimensiones de fibras</i>	- 37 -
<i>Tabla 15.- Cantidades de muestras mínimas</i>	- 39 -
<i>Tabla 16.- Resultados a la compresión de hormigón simple normal</i>	- 46 -
<i>Tabla 17.- Resultados a compresión de hormigón simple experimental</i>	- 47 -
<i>Tabla 18.- Resultados a la flexión de hormigón simple normal</i>	- 50 -
<i>Tabla 19.- Resultados a la flexión de hormigón simple experimental</i>	- 51 -
<i>Tabla 20.- Datos de resistencia de carga de las losas.....</i>	- 52 -
<i>Tabla 21.- Botellas necesarias para el diseño de 1 metro cubico de hormigón</i>	- 54 -
<i>Tabla 22.- Egresos en el proyecto investigativo</i>	- 55 -
<i>Tabla 23.- Analisis de Impacto Ambiental a traves de la Matriz de Causa - Efecto</i>	- 57 -

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1.- Esquema de la maquina artesanal diseñada para obtener la fibra de plástico.....</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Ilustración 2.- Probeta cilíndrica</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Ilustración 3.- Probeta prismática</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Ilustración 4.- Punto de aplicación de carga en cilindro.....</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Ilustración 5.- Esquema de puntos de apoyo, puntos de carga y sus dimensiones.</i>	<i>- 41 -</i>
<i>Ilustración 6.- Vista en planta de losa y sus apoyos.....</i>	<i>- 42 -</i>
<i>Ilustración 7.- Espesor de losa</i>	<i>- 43 -</i>
<i>Ilustración 8.- Vista en planta de la ubicación de cargas sobre la losa para prueba de resistencia</i>	<i>- 43 -</i>
<i>Ilustración 9.- Colocación de carga para prueba de resistencia, vista vertical del lado con la luz más larga.</i>	<i>- 44 -</i>

INDICE DE GRAFICAS

<i>Gráfica 1.- Análisis gráfico de las resistencias a la compresión con fibras de plástico de 6 a 7 cm de largo</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Gráfica 2.- Análisis gráfico de las resistencias a la compresión con fibras de plástico de 9 a 11 cm de largo</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Gráfica 3.- Análisis gráfico de las resistencias a la compresión con fibras de plástico de 13 a 15 cm de largo</i>	<i>- 49 -</i>
<i>Gráfica 5.- Análisis gráfico de las resistencias a la flexión con fibras de plástico de 9 a 11 cm de largo.....</i>	<i>- 51 -</i>
<i>Gráfica 4.- Análisis gráfico de las resistencias a la flexión con fibras de plástico de 6 a 7 cm de largo.....</i>	<i>- 51 -</i>
<i>Gráfica 6.- Análisis gráfico de las resistencias a la flexión con fibras de plástico de 13 a 15 cm de largo.....</i>	<i>- 52 -</i>
<i>Gráfica 7.- Análisis gráfico del comportamiento de las losas al ser sometidas a cargas.....</i>	<i>- 53 -</i>

RESUMEN

Esta investigación propone el diseño de un nuevo tipo de hormigón simple $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$, a partir de plásticos reciclados; y según los resultados obtenidos en el proceso de estudio se ha mejorado la resistencia a compresión y la resistencia a la flexión.

Para la propuesta, se diseñó una maquina artesanal, para el corte de botellas recicladas, la misma que funciona a base de energía eléctrica y permite obtener fibra de diferentes tamaños para el hormigón; a más de ello permite la reutilización de materiales reciclables y el fomento de buenas prácticas ambientales.

A partir del diseño de las mezclas de hormigón, se utilizó una prensa para roturas de las muestras, con la cual se ha registrado todos los datos de resistencia a compresión y a flexión; también se construyó encofrados de madera, para losas de $0,07\text{m} \times 0,5\text{m} \times 1,14\text{m}$; con diferentes porcentajes de fibras a las que se aplicará carga y se determinará su comportamiento.

Para las comparaciones de los resultados se realizaron pruebas con hormigones simples normales y experimentales, con 3 tipos de tamaños de fibras y 3 tipos de porcentajes diferentes.

Los resultados registrados fueron positivos y a la vez se apreciaron comportamientos que en un hormigón simple normal no las hay. Se realizaron algunas pruebas para mejorar la resistencia a compresión y de igual manera las resistencias a la flexión, en donde los resultados estuvieron por encima del hormigón simple normal.

En el desarrollo del estudio se ha generado un glosario de términos técnicos, tablas, gráficas, ilustraciones, visitas de campo, a fin de obtener una investigación elemental y probada para la colectividad.

Después de haber concluido con las pruebas y los análisis de la investigación se puede decir que se ha cumplido con lo que se esperaba obtener; un hormigón con resistencias superiores a hormigones normales y a la vez ayuda ambientalmente en la reutilización de botellas de plástico mediante su recolección.

Palabras claves: DISEÑO DE HORMIGÓN, RECICLAJE DE BOTELLAS, FIBRAS DE PLÁSTICO, HORMIGÓN SIMPLE

ABSTRACT

This research proposes the design of a new type of single concrete $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$, based on recycled plastics; and according to the results obtained in the study process the compressive and flexural strength has been improved.

For the proposal, a craft machine was designed for cutting recycled bottles, which runs on electricity and allows to obtain different fiber sizes for concrete; also the reuse of recyclable materials and promote good environmental practices.

Based on the design of concrete mixes, a press for cracks was used for the samples, with which all compressive strength and flexural data was recorded; wood forms are also built for slabs $0.07\text{M} \times 0,5\text{m} \times 1,14\text{m}$; with different percentages of fibers to which load will be applied and determine its behavior.

Comparing the results using standard tests, experimental and simple concrete was performed, with three types of fiber sizes and 3 different types of percentages.

The results were positive and the behaviors registered in a normal plain concrete were observed. Some tests to improve the compressive strength and likewise the flexural strengths, where the results were above the normal single concrete.

During the develop of the study a glossary of technical terms, tables, graphs, illustrations, field visits has been generated, in order to obtain a basic research and tested for the community.

After having completed the testing and analysis of the research we can say that it has been done what was expected to obtain; concrete with above resistance over normal concrete and at the same time environmentally aid in the reuse of collected.

Keywords: CONCRETE DESIGN, BOTTLES RECYCLING, PLASTIC FIBERS, CONCRETE SIMPLE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En el sector de la construcción desde hace siglos se ha recorrido un gran historial en mejorar cada vez más e innovar nuevos métodos, es así que cada día se descubren nuevas bondades del hormigón. Es un material de bajo precio respecto al acero, de resistencia similar o mayor a la del ladrillo, que nos da la posibilidad de construir elementos de casi cualquier forma; también, es buen aislante acústico y resistente al fuego. La consistencia o fluidez del hormigón depende principalmente de la cantidad de agua a utilizar en la mezcla, la misma que hace la diferencia en resistencia de un hormigón con otro.

Con el establecimiento de las primeras civilizaciones conocidas durante la Edad Antigua, se descubren nuevos materiales a utilizar como conglomerantes en las construcciones realizadas durante las mismas. De esta manera, en Mesopotamia, al principio, se utilizaron las breas de petróleo hasta la época en que los egipcios descubrieron la cal. (pág. 5)

Durante el Imperio Romano el uso del hormigón como elemento constructivo tanto en grandes como en pequeñas estructuras e infraestructuras alcanzó un grado de tal satisfacción que no se volvió a lograr hasta el siglo XIX. Esto se debió posiblemente a la gran habilidad constructiva de los romanos y a la facilidad de conseguir cerca de Roma arenas volcánicas con propiedades cementicias, con las que preparaban un mortero mezclando dichas arenas con piedras naturales (habitualmente cal y guijarros). Este mortero poseía unas propiedades físicas y mecánicas prácticamente idénticas a las que posee el hormigón utilizado en las construcciones erigidas en la actualidad, y era utilizado en la construcción de estructuras enormes que han probado ser muy duraderas con el paso de los siglos. (pág. 5)

Es bien sabido que los primeros pasos en el uso, de manera consciente, de la asociación hormigón y acero dando como resultado un heterogéneo material conocido en la actualidad como hormigón armado, se dieron a partir de la década de los 50 del siglo XIX. Sin embargo, se tiene constancia de que durante la época del Imperio Romano y del Renacimiento, si bien de manera más práctica que consciente, se recurría de habitualmente a la utilización del recurso de reforzar la albañilería y el hormigón con grampas de bronce o hierro cuando la tracción era excesiva, usando particularmente en arcos y bóvedas piezas de hierro en forma de U en la cara traccionada evitando así que se abriesen las juntas de los bloques de piedra. (pág. 6)

Desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, la investigación en los diferentes ámbitos de utilización del hormigón armado, especialmente obra civil y arquitectura, ha avanzado a una velocidad realmente espectacular y vertiginosa, de hecho, se han producido importantes descubrimientos en el ámbito de la potenciación de determinadas características del material con la aparición de nuevos aditivos, y también se han conseguido con estos elementos puestas en obra del material en condiciones cada vez más extremas. (Nistal Cordero, Retana Maqueda, & Ruiz Abrio, 2012, pág. 7)

1.2.Objetivo General

Diseñar un nuevo tipo de hormigón simple $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando fibras de materiales reciclados (botellas de plástico).

1.3.Objetivos Específicos

- Diseñar un modelo de hormigón simple $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ que incluya dentro de sus componentes, el material plástico reciclado manteniendo la calidad de resistencia a compresión y mejorando en un mayor porcentaje la resistencia a la flexión.
- Determinar los impactos económicos, sociales y ambientales de la propuesta.

1.4.Justificación

Durante años se ha visto la necesidad de mejorar cada vez más la resistencia del hormigón y de obtener nuevas características según el uso que se dé, pero hay poco o casi nada de estudios o investigaciones en el hormigón que estén enfocados a la reutilización o el uso de materiales reciclados para que sean reutilizados como agregados o como algún apoyo para mejorar el diseño del mismo.

Dentro de los estudios e investigaciones sobre el comportamiento del hormigón, se tiene muy claro que es muy resistente a la compresión y muy frágil a la flexión. Es muy importante analizar los métodos y técnicas para mejorar la resistencia a la flexión que por el momento es muy baja en comparación a la compresión.

Hasta la actualidad se han visto muchas maneras de mejorar el hormigón a la compresión, pero se continúa utilizando refuerzos o armaduras de acero para mejorar la resistencia a la flexión. Para mejorar la resistencia a compresión del hormigón se han utilizado otros agregados como son fibras de vidrio o

escoria de acero; pero en esta investigación se planteara realizar estudios y analizar el hormigón a la compresión y a la flexión, enfocando en este último un mayor interés, utilizando un agregado más y el cual comprende en integrarle a la dosificación, fibras de plástico.

Actualmente un alto porcentaje de botellas plásticas terminan en rellenos sanitarios o en botaderos, sin embargo por sus características físicas, pueden ser aprovechados para la fabricación de un hormigón, con mejor resistencia que un hormigón convencional.

La investigación que se pretende realizar es de mucha importancia en dos campos, tanto en la zona de la construcción y en la parte ambiental. Este proyecto consiste en el diseño de mezcla para hormigón simple de 240 kg/cm² utilizando fibras de materiales reciclados (botellas de plástico).

Cada día se está investigando en mejorar las técnicas y determinar nuevos materiales para la construcción, teniendo en cuenta que se debe elaborar o diseñar un producto que sea viable y a la vez amigable y/o que favorezca al ambiente de manera positiva.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Hormigón

El hormigón es una piedra artificial formada al mezclar apropiadamente cuatro componentes básicos: cemento, arena, grava y agua.

Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes en la mezcla, y de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado. Para conseguir propiedades especiales del hormigón (mejor trabajabilidad, mayor resistencia, baja densidad, etc.), se pueden añadir otros componentes como: aditivos químicos, micro sílice, limallas de hierro, etc., o se pueden reemplazar sus componentes básicos por componentes con características especiales como: agregados livianos, agregados pesados, cementos de fraguado lento, etc.

El hormigón ha alcanzado importancia como material estructural debido a que puede adaptarse fácilmente a una gran variedad de moldes, adquiriendo formas arbitrarias, de dimensiones variables, gracias a su consistencia plástica en estado fresco.

Al igual que las piedras naturales no deterioradas, el hormigón es un material sumamente resistente a la compresión, pero extremadamente frágil y débil a sollicitaciones de tracción. Para aprovechar sus fortalezas y superar sus limitaciones, en estructuras se utiliza el hormigón combinado con barras de acero resistente a la tracción, lo que se conoce como hormigón armado. (Proaño, s.f.)

2.1.1. Nuevas técnicas e innovaciones

Con el paso del tiempo y con el fin de mejorar el comportamiento del hormigón, según la obra que se quiera aplicar, se han innovando en nuevas técnicas de hormigón con características especiales según el uso o el trabajo que se quiera realizar.

2.1.1.1. Hormigón en masa

Este tipo de hormigón se lo utiliza sin ningún otro componente, se lo usa de esta manera debido al comportamiento mecánico del hormigón (poca resistencia a tracción y fractura frágil), sólo se puede utilizar en elementos comprimidos. (Marín Palma , 2014)

2.1.1.2. Hormigón armado

Para la mayoría de los trabajos de estructuras donde el hormigón no solo será sometido a fuerzas de compresión, se introduce productos de acero corrugado o liso en las piezas de hormigón (armaduras o mallas). La función del acero es aumentar la resistencia a flexión de la sección y aumenta la ductilidad. (Marín Palma , 2014)

2.1.1.3. Hormigón pretensado

Este tipo de estructura armada es en el que los elementos de acero están tensados y comprimen el hormigón (armaduras activas). (Marín Palma , 2014)

2.1.1.4. Hormigones avanzados

Para obtener características especiales y según el uso, se incorporan otros componentes para mejorar sus prestaciones (resistencia, fluidez,...) como son:

- **Hormigón ligero.-** La principal característica es su baja densidad, se obtiene utilizando aireando la matriz de cemento o sustituyendo árido por materiales ligeros: - Arcilla expandida (arlita) - Pizarra expandida (vermiculita) - Polímeros espumados - Caucho, corcho, fibras, etc. (Marín Palma , 2014)
- **Hormigón de altas prestaciones.-** Se definen como aquellos que tienen una alta durabilidad debido a su baja relación agua / cemento (a/c), incorporan un aditivo reductor de agua que proporciona una alta fluidez para relaciones a/c muy bajas ($\cong 0,3$) y son materiales con muy baja porosidad (permeabilidad). (Marín Palma , 2014)
- **Hormigón de alta resistencia.-** Se considera hormigón de alta resistencia el que tiene una $f'c > 50$ MPa, para conseguirlo se necesitan materiales con elevadas propiedades mecánicas (áridos y cemento) con una granulometría que incremente la compacidad. Por encima de 70 MPa se debe incorporar adiciones de alta eficacia (humo de sílice o cenizas volantes) además, la relación a/c debe ser baja ($\approx 0,3$), por lo que hay que usar superfluidificantes, son muy compactos, poco porosos, tienen baja permeabilidad y menor resistencia al fuego. Son más rígidos que los convencionales y presentan fractura explosiva. (Marín Palma , 2014)
- **Hormigón autocompactante.-** Aumento de la velocidad de construcción, reducción de mano de obra, mejores acabados superficiales, mayor facilidad de puesta en obra, aumento de la durabilidad del material, aumento de las posibilidades de diseño, ausencia de ruido en la ejecución y aumento de la seguridad en el trabajo. (Marín Palma , 2014)

- **Hormigones con fibras.-** Incorporan fibras cortas ($\cong 40$ mm) de diámetro reducido como material de refuerzo a tracción (aumenta la ductilidad), la distribución aleatoria de las fibras produce un comportamiento mecánico isótropo (macroscópico). Hay diferentes tipos de fibras (Acero, vidrio, Plásticas), la aplicación más extendida es el GRC: Se trata de una matriz de mortero reforzada con fibra de vidrio Alkali-resistente. Su reducida sección no requiere recubrimientos importantes, consiguiéndose elementos muy delgados. (Marín Palma , 2014)
- **Hormigones reciclados.-** Fabricado con árido grueso reciclado procedente del machaqueo de residuos de hormigón, se limita el contenido de árido grueso reciclado al 20% en peso sobre el contenido total de árido grueso (propiedades igual hormigón convencional). Se puede emplear en hormigones de masa y hormigones aligerados (de resistencia < 40 MPa). No puede emplearse en hormigón pretensado. (Marín Palma , 2014)

2.1.2. Propiedades características del hormigón simple

El concreto simple es el concreto estructural sin refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado y dentro de sus propiedades se tiene:

Fresco:

- Docilidad
- Homogeneidad
- Revenimiento

Endurecido:

- Resistencia a compresión ($f'c$).
- Resistencia corte iguales a $\sqrt{f'c}$.
- Resistencia a tensión iguales a $1,5\sqrt{f'c}$.

2.1.2.1. Diseños de hormigón simple

Para el diseño de un hormigón simple existen varios métodos:

- Diagramas de dosificación
- Dosificación aproximada
- Método inglés (DICTUC y NCH170 OF. 85)
- Método ACI 318

- Método FAURY
- Método de VALETTE

2.1.3. Método del ACI

El método a utilizarse para el estudio es el ACI 318_05. Para el diseño de hormigón simple se considera nueve pasos, para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, incluyendo el ajuste por humedad de los agregados.

2.1.3.1. Determinación de la resistencia promedio necesaria para el diseño

Para determinar la resistencia promedio f'_{cr} se toma en cuenta varios aspectos como: la desviación estándar y el nivel de control según la condición. A continuación se citan los dos casos:

- Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores (Adaptado del ACI 318).

Tabla 1.- Caso 1 para resistencia promedio del hormigón

$f'c$	f'_{cr}
Menos de 210	$f'c+70$
210 – 350	$f'c+84$
>350	$f'c+98$

Fuente: ACI 318

- Teniendo en cuenta el grado de control de calidad en la obra.

Tabla 2.- Caso 2 para resistencia promedio del hormigón

Nivel de Control	f'_{cr}
Regular o Malo	1.3 a 1.5 $f'c$
Bueno	1.2 $f'c$
Excelente	1.1 $f'c$

Fuente: ACI 318

2.1.3.2. Elección de revenimiento según el tipo de construcción

Tabla 3.- Tipo de revenimiento según el tipo de construcción

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo*	Mínimo
Muro de cimentación y zapatas reforzadas	7,5	2,5
Muros de sub estructuras, cajones y zapatas sin refuerzos	7,5	2,5
Vigas y muros reforzados	10	2,5
Columnas de edificios	10	2,5
Losas y pavimentos	7,5	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5
*puede incrementarse 2,5 cm para métodos de consolidación distintos a la vibración.		

Adaptada del ACI 318

2.1.3.3. Tabla de tipo de hormigón y sus pesos específicos

Tabla 4.- Tipos y pesos específicos del hormigón

Tipos de hormigón	Masa específica relativa
Tipo GU (uso general)	3,00
Tipo HE (alta resistencia temprana)	3,00
Tipo HS (alta resistencia a los sulfatos)	3,05
Tipo MH (mediano calor de hidratación)	3,10
Tipo LH (bajo calor de hidratación)	3,10
*cementos fabricados por HOLCIM ECUADOR (2,95 a 3,10)	

Fuente: HOLCIM ECUADOR

2.1.3.4. Elección del tamaño máximo del agregado

Se debe considerar la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permita que el concreto sea colado sin cavidades o huecos. En ningún caso el tamaño máximo debe exceder de:

- 1/5 de la menor dimensión entre los costados de los moldes.
- 1/3 del espesor de las losas.

- 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas de refuerzo individuales, paquetes de varillas o torones* de pretensado.

**El torón se define como un cable conformado de un cable central de mayor diámetro y recubierto o en su perímetro por 6 cables de menor diámetro enrollados a los largo del cable central.*

2.1.3.5. Determinación de la cantidad de agua

Requerimientos aproximados para dosis de agua (kg/m³) y contenido de aire (%) para diferentes trabajabilidades y tamaños máximos nominales de áridos (Adaptado del ACI 211.1 y del ACI 318).

Tabla 5.- Cantidad de agua

Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes y tamaños máximos nominales del agregado									
Trabajabilidad	Tamaño máximo del árido (mm)								
Cm	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150	
Concreto sin aire incluido									
2,5—5	207	199	190	179	166	154	130	113	
7,5—10	228	216	205	193	181	169	145	124	
15--17,5	243	228	216	202	190	178	160	-	
Cant. De aire en un concreto sin aire	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2	
Concreto con aire incluido									
2,5—5	181	175	168	160	145	140	135	107	
7,5—10	202	193	184	175	160	155	150	119	
15--17,5	216	205	197	184	174	166	154	-	
Cant. De aire total promedio recomendado (%)									
Exposición leve	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5*	1,0*	
Exposición moderada	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5*	3,0*	
Exposición severa	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5*	4,0*	

Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 318

2.1.3.6. Determinación de la relación agua/cemento

Tabla 6.- Relación Agua-cemento

F' _{cr} (28 días)	Relación a/c de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.35
450	0.38	0.31

Adaptada del ACI 211.1

2.1.3.7. Calculo de la cantidad de cemento para 1m³ (C)

$$C = \frac{\text{Volumen de agua de mezcla}}{a/c} \quad \text{Ec. 1}$$

2.1.3.8. Determinación de volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto.

Tabla 7.- Cantidad de agregado Grueso

Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen del agregado grueso seco y del compactado por unidad de volumen del concreto para diferentes módulos de finura agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Adaptada del ACI 211.1

2.1.3.9. Estimación del contenido del agregado fino.

Vc: volumen de cemento

Va: volumen de agua

Vae: volumen de aire

Vag: volumen de agregado grueso

$$\text{Volumen de arena} = 1 \text{ m}^3 - (Vc + Va + Vae + Vag) \quad \text{Ec. 2}$$

2.1.3.10. Ajuste de la mezcla por humedad y absorción de los agregados

parena: peso arena

pha: % humedad arena

paa: % absorción arena

pg: peso grava

phg: % humedad grava

pag: % absorción grava

$$\text{Peso arena corregida} = \text{peso arena} \times \frac{100 + \% \text{ humedad arena}}{100 + \% \text{ absorcion agua}} \quad \text{Ec. 3}$$

$$\text{Peso grava corregida} = \text{peso grava} \times \frac{100 + \% \text{ humedad grava}}{100 + \% \text{ absorcion grava}} \quad \text{Ec. 4}$$

$$\text{Cant. agua corregida} = ca + \text{parena} \left(\frac{\text{pha} - \text{paa}}{100 + \text{paa}} \right) x(-1) + \text{pg} \left(\frac{\text{phg} - \text{pag}}{100 + \text{pag}} \right) x(-1) \quad \text{Ec. 5}$$

2.2. Plásticos

Los plásticos son aquellos materiales que, compuestos por resinas, proteínas y otras sustancias, son fáciles de moldear y pueden modificar su forma de manera permanente a partir de una cierta compresión y temperatura. Un elemento plástico, por lo tanto, tiene características diferentes a un objeto elástico. (Pérez Porto & Gardey, 2015)

2.2.1. Tipos de plásticos

Existen muchos tipos de plásticos y según su aplicación, sus propiedades varían, según se describe a continuación:

2.2.1.1. Plástico Tereftalato de Polietileno (PET)

Propiedades:

- Es altamente rígido, duro y muy resistente.
- Posee una superficie barnizable (especialmente adherente a pinturas o lacas, reduciendo la necesidad de realizarle un pre tratamiento de acuerdo con el tipo o la calidad del barniz que se desee utilizar).
- El calor no lo deforma considerablemente y se muestra estable cuando se deja a la intemperie.
- Resistente a los agentes químicos.
- Tiene un nivel bajo de absorción de humedad, por lo cual es muy usado para fabricar fibras.
- Resiste los dobleces.

Aplicaciones: se utiliza en la fabricación de envases de zumos, bebidas gaseosas, aceites comestibles, medicamentos y jarabes, entre otros productos. (Pérez Porto & Gardey, 2015)

2.2.1.2. Polietileno de alta densidad (PEAD)

Propiedades:

- Presenta una gran resistencia química y térmica.
- Puede ser procesado por los métodos de conformado que se utilizan para los termoplásticos, como ser la extrusión y la inyección.
- Es incoloro, translúcido y sólido.
- Posee una gran flexibilidad, incluso a bajas temperaturas, y es tenaz.
- Su rigidez supera al polietileno de baja densidad.
- No resulta fácil pegar, pintar o imprimir sobre su superficie.
- Destaca por su ligereza.
- Resiste gran parte de los disolventes ordinarios, el agua a temperatura de ebullición y los ácidos.

Aplicaciones: su uso incluye la fabricación de tuberías para el suministro de agua potable, envases de diversos productos, utensilios de cocina, juguetes, cascos, partes de prótesis y los procesos de impermeabilización de piscinas y estanques. (Pérez Porto & Gardey, 2015)

2.2.1.3. Polietileno de baja densidad (PEBD)

Propiedades:

- Ofrece una gran resistencia química y térmica, además de resistir satisfactoriamente los impactos.
- De acuerdo con el espesor que se le dé, puede alcanzar la transparencia, aunque suele presentar un aspecto blanquecino.
- Así como el polietileno de alta densidad, este tipo de plástico tiene una procesabilidad muy buena, lo que permite su sometimiento a la extrusión y la inyección.
- Supera en flexibilidad al polietileno de alta densidad.
- Dificulta la impresión, la pintura y la adhesión sobre su superficie.

Aplicaciones: este tipo de plástico suele usarse para fabricar bolsas, plásticos para invernadero, juguetes, botellas y artículos de menaje tales como platos y cubiertos. (Pérez Porto & Gardey, 2015)

2.2.2. Reciclaje de botellas de politereftalato de etileno (PET)

El reciclaje de PET, tiene una gran importancia dentro de los plásticos, por su presencia masiva. El PET es el plástico más reciclado en Europa y Estados Unidos, así como es menos perjudicial para el medio ambiente que otros tipos de plástico como el PVC.

No por ello se libra de perjudicar el medio ambiente, ya que en su elaboración se utilizan metales pesados y sustancias irritantes que se expulsan al medio ambiente. Es por ello que es necesario el reciclaje de plástico sea de PET o cualquier otro tipo.

Algunas organizaciones siguen una lucha para que el reciclaje de PET esté subvencionado. Otras organizaciones buscan limitar el uso de este material plástico en determinados envases que podrías sustituirse por otros con propiedades menos nocivas y biodegradables. (Reciclaje de PET, s.f.)

Aquí en Ecuador cada año se eleva el porcentaje de reciclaje de botellas de plástico, pero a pesar de esto, aún existe una alta cantidad de botellas plásticas que terminan en lugares inapropiados (ríos, quebradas, botaderos, áreas y campos naturales) y que no reciben ningún tipo de tratamiento o reúso adecuado. El porcentaje que no se recicla, tiene un impacto ambiental negativo; y de acuerdo a un artículo en internet que se describe a continuación, se evidencia en qué estado se encuentra el país con respecto al destino de las botellas de plástico.

La industria embotelladora colocó en el mercado ecuatoriano 1.459'266.910 botellas plásticas PET, en el 2013; sin embargo, se han recuperado para procesos de reciclaje 2.006'607.710,86 unidades, a través del Impuesto Redimible a las Botellas Plásticas no Retornables, según datos del Servicio de Rentas Internas (SRI).

El Gobierno emitió la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos, en la que se establece el impuesto redimible a las botellas plásticas no retornables. Este tributo entró en vigencia en enero de 2012.

La normativa señala que “por cada botella plástica gravada con este impuesto se aplicará la tarifa de hasta 0,2 centavos de dólar, valor que se devolverá a quien recoja, entregue y retorne las botellas, para lo cual se establecerán los respectivos mecanismos, tanto al sector privado como al público, para su recolección, conforme disponga el respectivo reglamento”.

La cantidad de botellas plásticas recuperadas supera la producción de botellas. Las autoridades presumen que las más de 500.000 botellas que fueron recogidas este año son envases que entran por las fronteras.

El Ministerio del Ambiente (MAE), a través del Programa Nacional de Desechos Sólidos, recibió la información expedida por el SRI, respecto a la cantidad de botellas PET recuperadas en años anteriores. El politereftalato de etileno (PET) se usa habitualmente para bebidas carbonatadas y botellas de agua.

En 2012 se produjeron 1.406 millones de botellas, de las cuales se lograron recuperar 511 millones de los embotelladores y 624 millones de los centros de acopio y recicladores, logrando una recolección total de 1 136 millones de PET.

Desde la instauración del Impuesto Redimible de \$0,02 (centavos) en botellas plásticas, la recolección de botellas ha crecido notablemente. En el 2011, la recolección fue del 30% y en 2012 se incrementó un 80%.

La recaudación estuvo a cargo de recicladores y de empresas encargadas de recuperar el material PET. Según datos del MAE, en 2013 se reciclaron 987.400 toneladas de residuos, de las cuales, 625.713 son inorgánicos (papel + cartón, plástico, vidrio, chatarra) y 361.700 orgánicos.

En Ecuador se generan alrededor de 11.341 toneladas diarias de residuos, es decir, un aproximado de 4'139.512 Tn/año, de los cuales 61,4% son orgánicos, 9,4% papel + cartón, 11%, plástico, 2,6%, vidrio 2,2%, chatarra y otros 13,3%. Según un último informe, solo 45 (20%) municipios

cuentan con rellenos sanitarios y los 179 (80%) restante disponen de botaderos. (PP El Verdadero, 2014)

2.2.3. Técnicas para la reutilización del plástico

El plástico se ha convertido en el material más popular de la historia. Hoy en día, casi todo está hecho de plástico. Y como la civilización occidental se ha transformado en una gran consumidora, la cantidad de plástico que se llega a consumir por semana en un hogar promedio es muy alto.

Se sabe que el plástico no es biodegradable, y que puede permanecer varios siglos en el ambiente sin degradarse.

Enkador e Intercia S.A. son algunas de las empresas “verdes” que tiene Ecuador. Las dos tienen en común: el reciclaje, importante proceso que es parte de su visión de sostenibilidad ambiental, social y económica, que además, forma parte del cambio de la matriz productiva que propone el Gobierno.

El 13 de mayo de 2013 la empresa Enkador dedicada a las fibras sintéticas y textiles, fue reconocida con un ‘diploma verde’ por parte del vicepresidente Jorge Glas y la Ministra de Ambiente, Lorena Tapia, por ser uno de los mayores ejemplos de lo que se puede lograr con “un proyecto soñador”.

Con esta acción se busca motivar -según Tapia- a que más empresas sean responsables con el medio ambiente y que puedan comprender que más que un “gasto”, este tipo de política representa una inversión, por los beneficios que conlleva.

Por ejemplo Intercia S.A. (Guayas) está dedicada exclusivamente a la actividad de recolección de cartón, papel, plásticos, vidrio y metales con el fin de abastecer a la industria nacional y extranjera con materias primas recicladas de calidad a un precio competitivo.

Algunos de los productos que se realizan con las botellas recicladas. Por ejemplo: con 10 botellas se produce un jean, con 5 una camiseta y con 25 botellas de dos litros se hace un suéter. Otros productos son: jabs de huevo, cobertor de tortas, paredes y tejas plásticas. También productos de limpieza de micro fibras de poliéster. (PP El Verdadero, 2014)

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Proceso de construcción del hormigón

El procedimiento a seguir para el diseño de este hormigón experimental serán las mismas que se utilizan para un hormigón simple, el cual consta de los pasos descritos en el capítulo anterior.

Para adjuntar el agregado que se estudiará en el experimento se ha optado en hacer referencia a la cantidad de agregado fino que se utilice.

3.2. Materiales

Los materiales a utilizar serán, agua, cemento, grava y arena como comúnmente se realiza un diseño de hormigón; para el agregado experimental que en este caso es el plástico, se lo utilizará a manera de fibras, con distintos tamaños y distintos porcentajes en relación a la cantidad de agregado fino que se utilice en el diseño. Los tamaños de fibras con los que se realizará el estudio son exclusivamente para determinar el comportamiento del nuevo hormigón.

3.3. Equipo y maquinaria

Para iniciar con el proyecto experimental se diseñó una máquina artesanal para la extracción de la fibra de botellas de plástico (PET). Esta máquina ha tenido cambios en su diseño a fin de facilitar la obtención de la fibra de una manera más eficiente y a la vez poder graduarla para la elaboración de tamaños de fibra necesarios para el estudio y el análisis del agregado experimental en el hormigón.

Para la obtención de datos necesarios previos y durante el diseño de hormigón se utilizaron los siguientes equipos:

Análisis granulométrico y característica de agregado fino y grueso

- Tamices
- Balanzas
- Picnómetro
- Matraz
- Horno
- Recipientes
- Termómetro
- Pala

Diseño de hormigón

- Balanzas
- Palas
- Recipientes
- Mezcladora
- flexómetro.
- Cono de Abrahams.
- Moldes para muestras a compresión (alto igual a 30 cm y de diámetro igual 15 cm), a flexión (largo igual 54cm, alto de 15cm y un ancho de 15cm) y encofrado de madera para construir losas simples (50cm x 114cm x 7cm).
- Prensa para realizar las roturas de las muestras de hormigones.

Obtención de la fibra

- Reciclaje de botellas PET.
- Máquina para extraer la fibra.
- Balanza

3.4. Dosificación y nuevo agregado

Antes de enunciar los pasos y la determinación de las cantidades volumétricas de los agregados, se muestra en la tabla 8, los datos y características del cemento, agregado grueso y agregado fino, los cuales fueron determinados previamente en los estudios de laboratorio (Anexo A.).

Tabla 8.- Datos previos para el diseño

DESCRIPCIÓN	CEMENTO	ARENA	GRAVA
Tamaño Max. Nominal Agregado(mm)	-	-	19,1
Peso Volumétrico Aparente (kg/m ³)	-	1560,16	1462,32
Peso específico (gr/cm ³)	3,0	2,46	2,55
Módulo de Finura	-	2,10	-
Absorción (%)	-	2,74	3,31
Humedad (%)	-	3,92	0

Fuente: Autor

Una vez obtenido todos los datos necesarios de los agregados, el siguiente paso corresponde al diseño y obtención de las cantidades para 1 m³ de hormigón.

3.4.1. Determinación de la resistencia promedio de diseño f_{cr} .

Como no se tiene un registro de resistencia para un diseño se procede a trabajar con las condiciones que presenta en la **tabla 1**.

$$f_c \text{ (Ho de diseño)} = 240 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} \text{ (Ho promedio de diseño)} = f_c + 84$$

$$f_{cr} \text{ (Ho promedio de diseño)} = \mathbf{325 \text{ kg/cm}^2}$$

3.4.2. Elección de revenimiento

De la **tabla 3**, se eligió un asentamiento para pavimentos y losas, según el tipo de construcción que nos indica un asentamiento de 2,5 cm mínimo y 7,5 cm máximo; el asentamiento utilizado fue de **8cm** para el diseño del hormigón normal.

3.4.3. Elección del tamaño máximo de agregado

Del análisis granulométrico que se realizó a la grava (**Anexo A**), se obtuvo un tamaño máximo nominal de 3/4" (19,1mm) y un tamaño máximo de 1" (25,4 mm).

3.4.4. Determinación de la cantidad de agua

Con el dato de revenimiento elegido y el tamaño máximo del agregado se obtiene de la **tabla 5**, la cantidad de agua igual a 193 kg/m³ y el porcentaje de aire atrapado correspondiente a 1,5 %.

3.4.5. Determinación de relación agua- cemento (a/c) y cálculo de la cantidad de cemento.

Para determinar el valor de la relación, se la realiza mediante la **tabla 6**, la misma que se obtiene en función de la resistencia promedio de diseño (f_{cr}) y de que si se incorpora o no aire. En el caso de la presente investigación, es sin aire incorporado y la resistencia promedio de diseño (f_{cr}) es igual a 325 kg/cm².

A continuación se procede a interpolar, para obtener la relación, debido a que en la tabla no se obtiene directamente el valor requerido.

Resistencia	a/c
300 kg/cm ²	0,55
325 kg/cm ²	? = 0,515
350 kg/cm ²	0,48

Una vez determinado el factor de la relación a/c, se procede a determinar la cantidad de cemento con la ecuación (Ec. 1).

$$\text{cemento } (C) = \frac{\text{agua}}{a/c}$$

$$\text{cemento } (C) = \frac{\text{agua}}{0,515}$$

$$\text{cemento } (C) = \frac{193}{0,515}$$

$$\text{cemento } (C) = 374,757 \text{ kg}$$

3.4.6. Cálculo de agregado grueso

Para determinar el factor de agregado grueso se lo realiza mediante la **tabla 7**, la cual está en función del módulo de finura (2,1) y del tamaño máximo nominal (19,1 mm); debido a que el módulo de finura no consta en la tabla se debe de interpolar.

Módulo de finura

2,1	2,4	2,6
?=0,69	0,66	0,64

$$\text{Volumen unitario grava } (Vug) = 0,69$$

El peso volumétrico varillado PVV= **1462,32 kg/m³**

$$\text{Cantidad grava} = PVV \times Vug$$

$$\text{Cantidad grava} = \left(\frac{1462,32 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \times (0,69)$$

$$\text{Cantidad grava} = 1009 \text{ kg/m}^3$$

3.4.7. Determinación de agregado fino

Con los datos de peso y peso específico de la grava, arena y cemento; se determina los volúmenes de cada uno de ellos, con la siguiente formula.

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Peso específico} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

Tabla 9.- Volúmenes de los agregados

VOLUMENES			
	Peso específico(gr/cm3)	Peso (kg)	Volumen(m3)
GRAVA(vag)	2,55	1009	0,395
AGUA(va)	1	193	0,193
CEMENTO(vc)	3,0	374,757	0,125

Fuente: Autor

Tabla 10.- Volumen de aire

AIRE (vair)	Porcentaje retenido	Volumen (m3)
	1,5	0,015

Fuente: Autor

Para determinar el volumen del agregado fino, se realiza la diferencia de 1m³ menos la suma de los volúmenes anteriores calculado. (Ec. 2)

$$\text{Volumen arena}(vaf) = 1 - (vag + va + vc + vair)$$

$$\text{Volumen arena}(vaf) = 1 - (0,395 + 0,193 + 0,125 + 0,015)$$

$$\text{Volumen arena}(vaf) = 0,271$$

$$\text{Peso arena (pa)} = vaf \times \text{peso específico arena} \times 1000$$

$$\text{Peso arena (pa)} = 0,271 \times 2,46 \times 1000$$

$$\text{Peso arena (pa)} = 666,66 \text{ kg}$$

Una vez realizado los cálculos y determinado las cantidades de los materiales de manera independiente, a continuación se muestran en la tabla los elementos necesarios para el diseño de un metro cubico de hormigón.

Tabla 11.- Cantidades de los agregados para 1 m³

Peso y Volumen para 1 m³ de Hormigón		
Material	Cantidad	Volumen
Grava	1009,00 kg	0,396 m ³
Arena	666,66 kg	0,271 m ³
Cemento	374,757 kg	0,125 m ³
Agua	193,00 lt	0,193 m ³

Fuente: Autor

3.4.8. Corrección por humedad y absorción

La tabla anterior corresponde a materiales totalmente secos (grava y arena), pero en la realidad estos dos agregados siempre tendrán una cantidad de humedad y la capacidad de absorber agua. Debido a estos factores se debe realizar un ajuste por humedad y absorción de las cantidades de la grava, arena y agua, utilizando las ecuaciones respectivas (Ec.3)(Ec.4) y (Ec.5).

parena: peso arena

pha: % humedad arena

paa: % absorción arena

pg: peso grava

phg: % humedad grava

pag: % absorción grava

$$\text{Peso arena corregida} = \text{peso arena} \times \frac{100 + \% \text{ humedad arena}}{100 + \% \text{ absorcion agua}}$$

$$\text{Peso arena corregida} = 666,66 \times \frac{100 + 3,92}{100 + 2,74}$$

$$\text{Peso arena corregida} = 674,317 \text{ kg}$$

$$\text{Peso grava corregida} = \text{peso grava} \times \frac{100 + \% \text{ humedad grava}}{100 + \% \text{ absorcion grava}}$$

$$\text{Peso grava corregida} = 1009 \times \frac{100 + 0}{100 + 3,31}$$

$$\text{Peso grava corregida} = 976,673 \text{ kg}$$

$$\text{Cant. agua corregida} = ca + \text{parena} \left(\frac{pha - paa}{100 + paa} \right) x(-1) + pg \left(\frac{phg - pag}{100 + pag} \right) x(-1)$$

$$\text{Cant. agua corregida} = 205 + 666,66 \left(\frac{3,92 - 2,74}{100 + 2,74} \right) x(-1) + 1009 \left(\frac{0 - 3,31}{100 + 3,31} \right) x(-1)$$

$$\text{Cant. agua corregida} = 217,671 \text{ litros}$$

Una vez realizado el ajuste o corrección por humedad y absorción se muestra a continuación una tabla con las cantidades que se deberán pesar para proceder a ejecutar en laboratorio la respectiva mezcla y elaboración de las muestras de cilindros y prismáticos para las pruebas a compresión y a flexión respectivamente.

Tabla 12.- Cantidades de agregados corregidos

Pesos para 1 m³ de Hormigón corregido		
Material	Cantidad	Unidad
Grava	976,673	kg
Arena	674,317	kg
Cemento	374,757	kg
Agua	217,671	litros

Fuente: Autor

3.4.9. Determinación de pesos de fibra de plástico PET

Para determinar los pesos de fibra, que se utilizará para las pruebas, como se explicó anteriormente, es un porcentaje con respecto a la cantidad de agregado fino (arena) que corresponda para el diseño de 1 m³ de hormigón.

En este caso los pesos necesarios para 1 m³ de hormigón, son los que se muestran a continuación:

Tabla 13.- cantidades de fibra de plástico

AGREGADO FINO	
Peso Arena para 1m3 de hormigón	674,317 kg
FIBRA DE PLASTICO	
Porcentaje	Peso de fibra para 1m3 de hormigón
0,2%	1,349 kg
0,4%	2,697 kg
0,6%	4,046 kg

Fuente: Autor

Además de tener un peso se realizó la investigación con diferentes tamaños de fibras (ancho y longitud), en donde, el espesor de la fibra será variable según el tipo de botella.

Tabla 14.- Dimensiones de fibras

DIMENSIONES DE LA FIBRA		
Ancho (mm)	Largo (cm)	Espesor (mm)
1,5 a 2	6 a 7	0,1 a 0,2
1,5 a 2	9 a 11	0,1 a 0,3
1,5 a 2	13 a 15	0,1 a 0,4

Fuente: Autor

3.5. Diseño de la máquina artesanal para extraer la fibra

El propósito de diseñar la máquina es mecanizar la manera de extraer la fibra de las botellas de plástico, para lo cual después de varios ensayos, se construyó una máquina muy sencilla, con las características necesarias para la obtención de las fibras.

En el diseño de la maquina se consideró, que sea muy fácil de utilizar y a la vez que sea amigable con el ambiente, de manera que, la mayoría de las partes con las que se construyeron la maquina son de materiales reciclados.

La máquina está compuesta de 3 fases, la primera consta de un eje vertical donde se coloca la botella y en la base de este eje , una cuchilla que se puede calibrar el ancho de la fibra deseada; la segunda fase consta de un motor que hace girar dos rodillos que en su superficie están compuestos por una lámina de caucho y que están presionados entre sí, dichos rodillos tiran del hilo que se extrae de la botella; y la última fase consta de una cuchilla calibrada para cortar la fibra con el largo que se requiera.

Todas las partes están fijadas a una base de madera. A continuación se ilustra la máquina para extraer la fibra. (Anexo B)

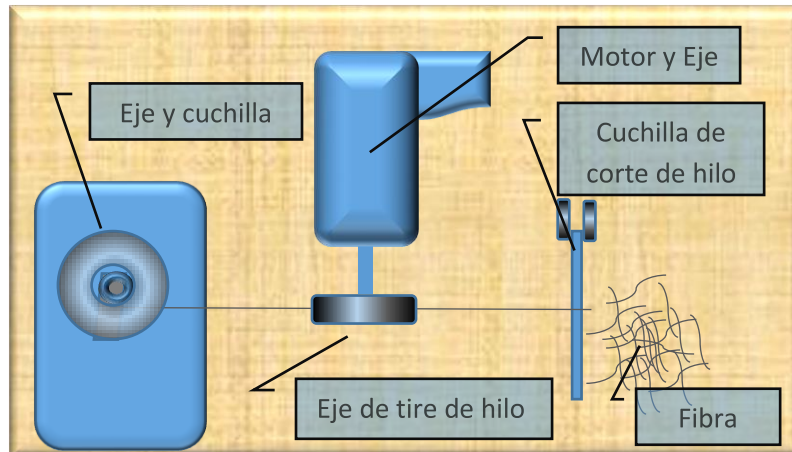


Ilustración 1.- Esquema de la maquina artesanal diseñada para obtener la fibra de plástico

Fuente: Autor

3.6. Procesos y tipos de pruebas a realizar

Para las pruebas de hormigón y determinar sus bondades se necesita realizar pruebas a flexión y a compresión, para lo cual es necesario diseñar los hormigones y moldearlos en probetas como indica la norma las cuales son cilíndricas y prismáticas. Además para evidenciar de una manera directa el comportamiento del hormigón con los diferentes porcentajes de fibras se realizaron encofrados de madera y se diseñaron losas de hormigón simple.

En el momento del diseño de hormigón se realizaron los cálculos de las cantidades de los agregados para elaborar probetas cilíndricas y prismáticas y de esa manera obtener resultados comparativos más reales.

3.6.1. Pruebas a compresión y a flexión

Para las pruebas a compresión las probetas cilíndricas tienen dimensiones de 30cm de alto por 15cm de diámetro y para las pruebas a flexión las probetas prismáticas tienen dimensiones de 15cm de ancho, 15 de alto y 54cm de largo.



Ilustración 2.- Probeta cilíndrica
(30 cm de alto y 15 cm de diámetro)

Fuente: Google



Ilustración 3.- Probeta prismática
(15 cm de ancho por 15 cm de alto y 54 cm de largo)

Fuente: Google

Para obtener resultados confiables se realizaron como mínimo dos probetas para cada prueba (compresión y flexión) de cada hormigón diseñado, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15.- Cantidades de muestras mínimas

Muestras mínimas para pruebas de resistencia a compresión y a flexión				
Hormigón	Tipo de prueba	Cant. Fibra	Numero de probetas	Diseño de Moldes
Simple normal	compresión	0,0%	2	cilíndrico
Simple normal	flexión	0,0%	2	prismático
Simple experimental	compresión	0,2%	2	cilíndrico
Simple experimental	flexión	0,2%	2	prismático
Simple experimental	compresión	0,4%	2	cilíndrico
Simple experimental	flexión	0,4%	2	prismático
Simple experimental	compresión	0,6%	2	cilíndrico
Simple experimental	flexión	0,6%	2	prismático

Fuente: Autor

La primera prueba fue con el hormigón simple normal y después con el hormigón simple experimental de 0,4% de fibra de plástico con respecto a la cantidad de fibra, seguido de 0,2% y 0,6% de fibra respectivamente.

Una vez elaborado las probetas cilíndricas, en un lapso de 24 horas se desencofraron y a las muestras se procedieron a realizar un curado en tinas llenas de agua durante 28 días, para posteriormente realizar las pruebas a compresión y a flexión en la prensa.

La prensa con la que se realizó las pruebas a compresión y a flexión nos dan de manera digital los valores con unidades en Kilo Newton (KN) y la cual se debe convertir a Kilogramo (Kg), como se muestra a continuación.

Carga en KN >> *a* >> *Carga en kg*

$$Carga(kg) = \frac{1000 \times Carga \text{ en KN}}{9,807 \frac{m}{s^2}} \quad (Ec. 6)$$

3.6.1.1. Datos y fórmulas para obtener la carga a compresión en Kg/cm²

Para obtener las capacidades de carga a compresión se realizó previamente la toma de diámetros a las muestras cilíndricas; para los cálculos se utilizó las siguientes fórmulas.

Datos:

d: diámetro de cilindro en centímetros

P: carga de rotura en kilogramos

A: área de la base del cilindro en centímetros cuadrados

R: resistencia a compresión en kilogramos sobre centímetro cuadrado

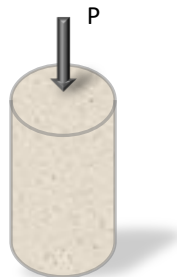


Ilustración 4.- Punto de aplicación de carga en cilindro
Fuente: Autor

$$Area = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (Ec. 7)$$

$$R = \frac{P}{A} \quad (Ec. 8)$$

3.6.1.2. Datos y fórmulas para obtener la carga a flexión en kg/cm²

De la misma manera para obtener las capacidades de carga a flexión se realizó previamente la toma de anchos, alturas y la luz de las muestras prismáticas que para las pruebas son de 45 cm, además se debe compartir la luz en 3 partes para colocar los puntos de aplicación de fuerza.

El procedimiento y las fórmulas para esta prueba están según la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2554:2011 (NORMALIZACION, 2011)

Datos:

R: resistencia a flexión (kg/cm²)

b: ancho (cm)

h: altura (cm)

L: luz entre apoyos (45cm)

x: 15cm

P: carga (kg)

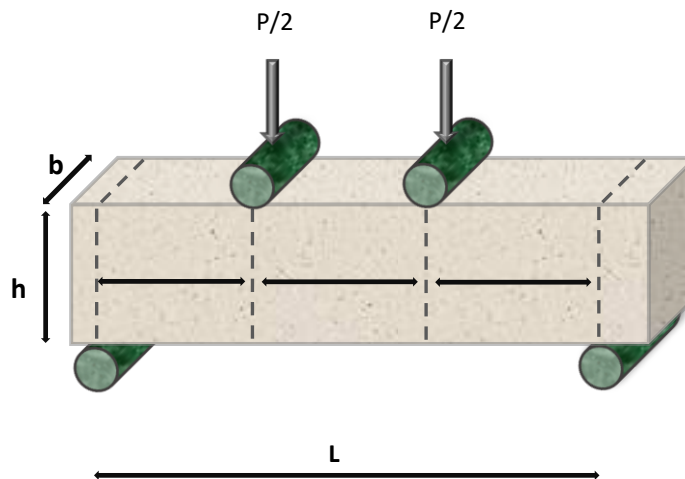


Ilustración 5.- esquema de puntos de apoyo, puntos de carga y sus dimensiones.

Fuente: Autor

$$R = \frac{P \times L}{h^2 \times b} \quad (\text{Ec. 9})$$

3.6.2. Pruebas con losas

En las pruebas de losa las dimensiones de los encofrados son de 0,50 m de ancho y de 1,14 m largo. Al momento de realizar las pruebas, cada losa elaborada se apoyará sobre 4 probetas de hormigón de 15 cm de diámetro, colocadas en cada una de sus extremos y de tal manera que las luces entre los apoyos desde el eje serán de 35cm para la luz corta y de 99cm para la luz larga, como se indica en la siguiente gráfica.

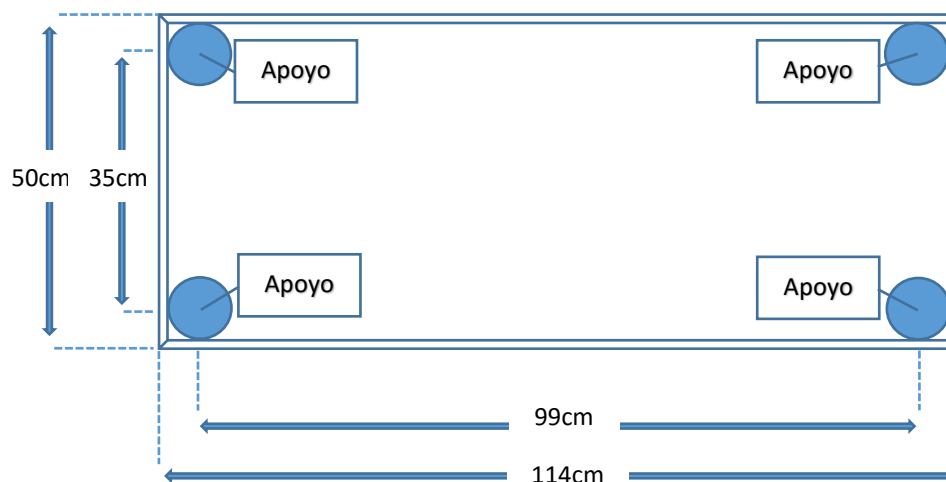


Ilustración 6.- vista en planta de losa y sus apoyos

Fuente: Autor

Para determinar si la losa es unidireccional o bidireccional se aplica la fórmula siguiente.

$$\gamma = \frac{\text{luz larga}}{\text{luz corta}} \geq 2 = \text{Losa unidireccional} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$\gamma = \frac{\text{luz larga}}{\text{luz corta}} < 2 = \text{Losa bidireccional} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$\gamma = \frac{99\text{cm}}{35\text{cm}} = 2,829$$

Debido a que la losa que se elaboró es unidireccional, para determinar el espesor de la losa, la tabla 9.5(a) pág. 130. ACI 318, indica que para vigas o losas nervadas en una dirección, el espesor mínimo (h) y simplemente apoyado se determina por la siguiente fórmula.

$$h = \frac{l}{16}$$

$$h = \frac{99\text{cm}}{16} = 6,19\text{cm} \approx 7\text{cm}$$

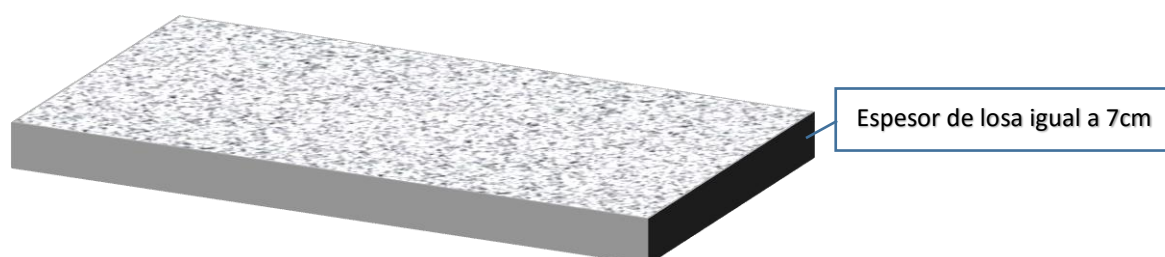


Ilustración 7.- Espesor de losa
Fuente: Autor

A los 28 días de su elaboración el método utilizado para realizar las pruebas y determinar las resistencias de cada una de las 4 losas con su diseño respectivo, se las colocaron sobre 4 cilindros de hormigón ubicadas en los extremos como se indica en la **ilustración 6**, luego se marcó el centro de la losa. Los cilindros de hormigón previamente pesados se colocaron simétricamente en un orden de 3 x 3 y por las capas que soporten hasta que fracase la losa. El procedimiento se indica gráficamente en las siguientes **ilustraciones 8 y 9**.

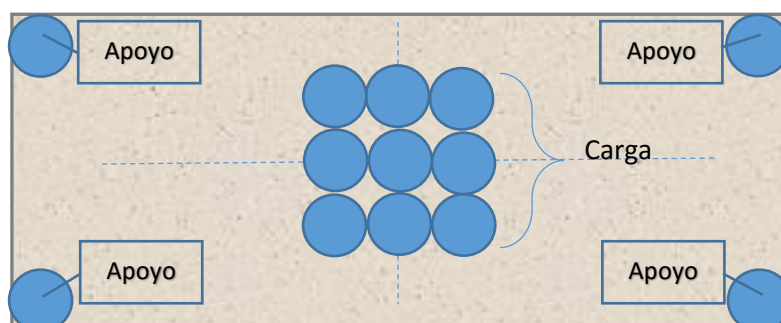


Ilustración 8.- Vista en planta de la ubicación de cargas sobre la losa para prueba de resistencia.

Fuente: Autor

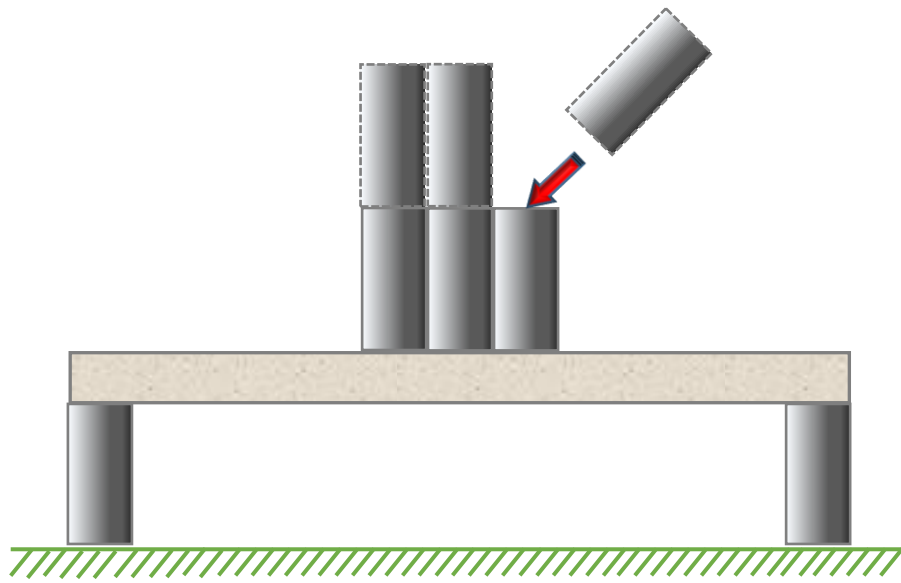


Ilustración 9.- Colocación de carga para prueba de resistencia, vista vertical del lado con la luz más larga.

Fuente: Autor

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la investigación se fue descubriendo muchas reacciones y beneficios adicionales a los previstos. Al obtener los resultados de las prácticas en laboratorio se consideraron ciertas observaciones como el material utilizado y muchos parámetros que no estaban dentro de las exigencias impuestas en la norma ACI 318, que hicieron a que la resistencia obtenida sea inferior a la del diseño.

El material que no cumplía la norma ACI 318 es la del agregado fino (arena), que una vez realizados los análisis en laboratorio, el módulo de finura obtenido fue de 2,1 y dentro de la norma el rango varía entre 2,4 y 3,0.

Otra de los aspectos que influyeron en la resistencia baja, fue que el agregado grueso con el que se trabajó contenía impurezas adheridas (material fino) y dichas partículas impiden una perfecta adherencia del agregado al momento de realizar la combinación de todos los componentes para diseñar la mezcla, además el agregado grueso contenía otro tipo de materiales (trozos de ladrillos).

Una vez analizadas las particularidades de los agregados y debido a que todos los hormigones serían contruidos con el mismo stock de material, ya sea el agregado grueso y el agregado fino, se continuó con el diseño y que más adelante en este capítulo se podrá evidenciar los resultados obtenidos.

4.1. Resultados y análisis a compresión

Para el diseño de hormigón simple, con la cual nos basamos para realizar los análisis comparativos a compresión con el resto de muestras que son experimentales, se elaboraron 3 cilindros, los cuales fueron curados y realizadas las pruebas de rotura a compresión a los 28 días.

Los 6 cilindros experimentales con fibras de plástico de 6 a 7 cm y los 6 cilindros de 9 a 11cm, tuvieron su curado respectivo antes de las 24 horas de su elaboración y durante los 28 días, mientras que los 6 cilindros experimentales con fibra de 13 a 15 cm. No se logró realizar el respectivo curado inmediatamente, de manera que las muestras fueron colocados en las tinas con agua a los 3 días de haber sido elaboradas. Por este motivo la diferencia es poco significativa en los resultados de resistencia a compresión.

4.1.1. Tabulación de datos y gráficas a compresión

Previamente a las pruebas en la prensa, se tomó el diámetro exacto de cada cilindro y una vez realizado las roturas los valores registrados digitalmente por la prensa.

Los resultados a compresión de los cilindros de hormigón simple normal, se presentan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 16.- Resultados a la compresión de hormigón simple normal

PRUEBA DE HORMIGON SIMPLE A COMPRESION									
Cod.	Fecha de diseño	f'c (kg/cm2)	Días de curado	Fecha de rotura	Diámetro cilindro (cm)	Carga aplicada (KN)	Carga obtenida (Kg/cm2)	% de carga	% promedio carga (Kg/cm2)
N1	02/03/2016	240	28	30/03/2016	15,2	278,31	156,40	65%	154,63
N2	02/03/2016	240	28	30/03/2016	15,1	246,29	140,24	58%	
N4	17/03/2016	240	28	14/04/2016	15,2	297,64	167,26	70%	

Fuente: Autor

Una vez elaborados los cilindros de hormigón simple normal, se diseñaron los 18 cilindros experimentales, los cuales se lo realizaron en 3 partes, la primera fue un combo de 6 muestras, de 9 a 11 cm de largo y con 0,2%, 0,4% y 0,6% de fibras de plástico.

Luego se procedió a las dos partes siguientes, los cuales comprendían en el diseño de hormigones experimentales con los mismos porcentajes de fibras, pero de 6 a 7cm y de 13 a 15 cm de largo respectivamente.

Los resultados a la compresión que se tabularon de las muestras cilíndricas experimentales se muestran a continuación en la siguiente tabla.

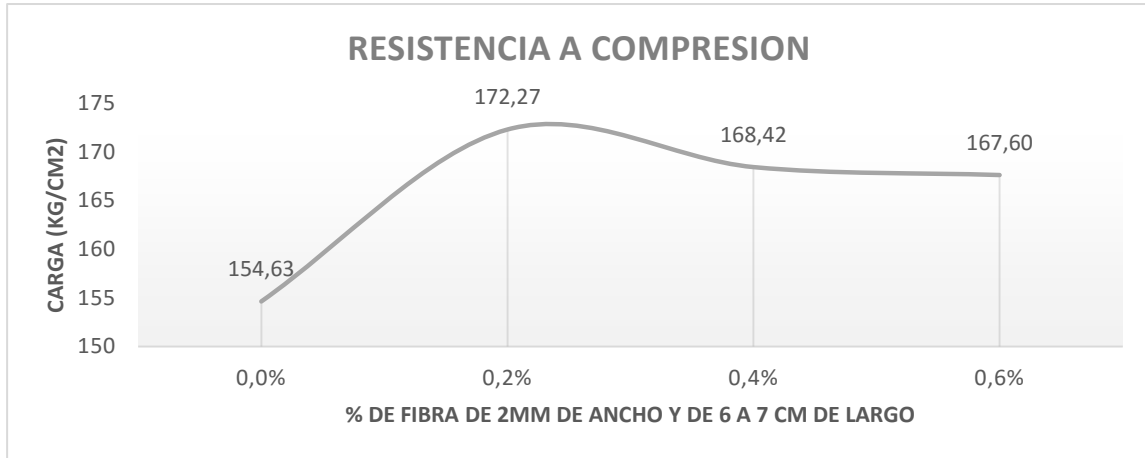
Tabla 17.- Resultados a compresión de hormigón simple experimental

PRUEBA DE HORMIGÓN EXPERIMENTAL A COMPRESIÓN													
Cod.	Fecha de diseño	f'c (kg/cm ²)	Fibra			Días de curado	Fecha de rotura	Diámetro (cm)	Carga aplicada (KN)	Carga obtenida (Kg/cm ²)	% de carga	Carga prom. (Kg/cm ²)	Dif. Carga (Kg/cm ²)
			Ancho (mm)	Largo (cm)	%								
E1	09/03/2016	240	2,5	9_11	0,2%	28	06/04/2016	15	283,32	163,49	68%	157,13	2,50
E2	09/03/2016	240	2,5	9_11	0,2%	28	06/04/2016	15	261,29	150,78	63%		
E1	09/03/2016	240	2,5	9_11	0,4%	28	06/04/2016	15	282,9	163,25	68%	165,35	10,72
E2	09/03/2016	240	2,5	9_11	0,4%	28	06/04/2016	15	290,21	167,46	70%		
E1	10/03/2016	240	2,5	9_11	0,6%	28	07/04/2016	15,2	337,43	189,62	79%	194,43	39,79
E2	10/03/2016	240	2,5	9_11	0,6%	28	07/04/2016	15,1	349,89	199,24	83%		
E1	13/03/2016	240	2,5	6_7	0,2%	28	10/04/2016	15,2	305,36	171,60	71%	172,27	17,64
E2	13/03/2016	240	2,5	6_7	0,2%	28	10/04/2016	15,1	303,72	172,95	72%		
E1	13/03/2016	240	2,5	6_7	0,4%	28	10/04/2016	15	276,63	159,63	67%	168,42	13,78
E2	13/03/2016	240	2,5	6_7	0,4%	28	10/04/2016	15	307,1	177,21	74%		
E1	13/03/2016	240	2,5	6_7	0,6%	28	10/04/2016	15,1	293,22	166,97	70%	167,60	12,97
E2	13/03/2016	240	2,5	6_7	0,6%	28	10/04/2016	15	291,56	168,24	70%		
E1	13/04/2016	240	2,5	13_15	0,2%	25	11/05/2016	15,2	268,51	150,89	63%	154,86	0,22
E2	13/04/2016	240	2,5	13_15	0,2%	25	11/05/2016	15,2	282,63	158,83	66%		
E1	13/04/2016	240	2,5	13_15	0,4%	25	11/05/2016	15,1	272,63	155,24	65%	155,22	0,59
E2	13/04/2016	240	2,5	13_15	0,4%	25	11/05/2016	15	268,97	155,21	65%		
E1	13/04/2016	240	2,5	13_15	0,6%	25	11/05/2016	15,2	289,72	162,81	68%	161,23	6,59
E2	13/04/2016	240	2,5	13_15	0,6%	25	11/05/2016	15,2	284,08	159,64	67%		

Fuente: Autor

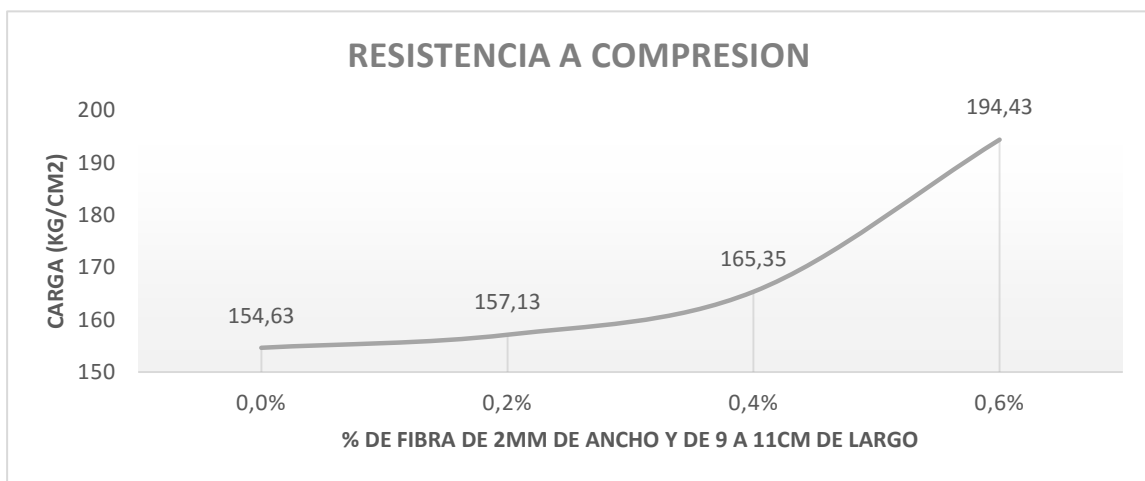
De los datos tabulados en las **tablas 16 y 17**, a continuación podemos apreciar gráficamente los resultados y ver el comportamiento del hormigón sometido a la compresión. Comparando los hormigones que contienen fibra de plástico con los hormigones simples, nos dan una mayor capacidad de resistencia.

Grafica 1.- Análisis gráfico de las resistencias a la compresión con fibras de plástico de 6 a 7 cm de largo



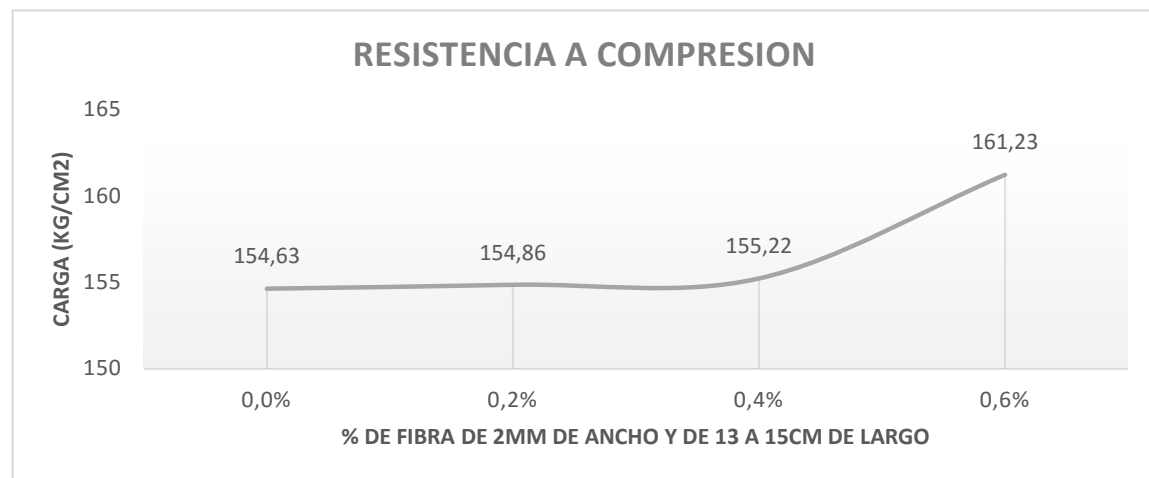
Fuente: Autor

Grafica 2.- Análisis gráfico de las resistencias a la compresión con fibras de plástico de 9 a 11 cm de largo



Fuente: Autor

Grafica 3.- Análisis gráfico de las resistencias a la compresión con fibras de plástico de 13 a 15 cm de largo



Fuente: Autor

4.2. Resultados y análisis a flexión

Para el diseño de hormigón simple, con el cual nos basamos para realizar los análisis comparativos a flexión con el resto de muestras que son experimentales. De la misma manera se realizaron las pruebas a la compresión, para lo cual se elaboraron 3 prismáticos, que fueron curados y sometidos a pruebas de rotura a compresión a los 28 días.

Los 6 prismáticos experimentales con fibras de plástico de 6 a 7 cm y los 6 cilindros de 9 a 11cm, tuvieron su curado respectivo antes de las 24 horas de su elaboración y durante los 28 días, mientras que los 6 prismáticos experimentales con fibra de 13 a 15 cm, las cuales fueron diseñados el mismo día que los cilindros para las pruebas a compresión, no se logró realizar el respectivo curado inmediatamente. Las muestras fueron colocadas en las tinas con agua, a los 3 días de haber sido elaborado, de tal manera que los resultados en las tablas son inferiores a los prismáticos de hormigón simple normal.

4.2.1. Tabulación de datos y graficas a flexión

Previamente a las pruebas en la prensa, se tomaron dimensiones exactas de cada prismática, las cuales son el ancho, el alto y la luz. Para poder ubicar en el punto exacto los apoyos y los puntos de aplicación de fuerza, se realizó a cada viga el procedimiento indicado en el capítulo anterior.

Los resultados a la flexión de los prismáticos de hormigón simple normal, se presentan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 18.- Resultados a la flexión de hormigón simple normal

PRUEBA DE HORMIGON SIMPLE A FLEXION										
Cod.	Fecha de diseño	Días de curado	Fecha de rotura	Luz (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Carga aplicada (KN)	Carga (Kg/cm ²)	Carga prom. (Kg/cm ²)	% f'c
N1	02/03/2016	28	30/03/2016	45	15,4	15,5	19,12	23,87	25,22	16 %
N2	02/03/2016	28	30/03/2016	45	15,3	15,5	20,90	26,43		
N4	17/03/2016	28	14/04/2016	45	15,3	15,4	19,92	25,36		

Fuente: Autor

Una vez diseñado los prismáticos de hormigón simple normal, se diseñaron los 18 prismáticos experimentales los cuales se lo realizaron en 3 partes; la primera parte fue un combo de 6 muestras, de 9 a 11 cm de largo y con 0,2%, 0,4% y 0,6% de fibras de plástico.

Luego se procedió a las dos partes siguientes, los cuales comprendían en el diseño de hormigones experimentales los mismos porcentajes de fibras, pero de 6 a 7cm y de 13 a 15 cm de largo respectivamente.

Los resultados a la flexión que se tabularon de las muestras prismáticas experimentales se muestran a continuación en la siguiente tabla.

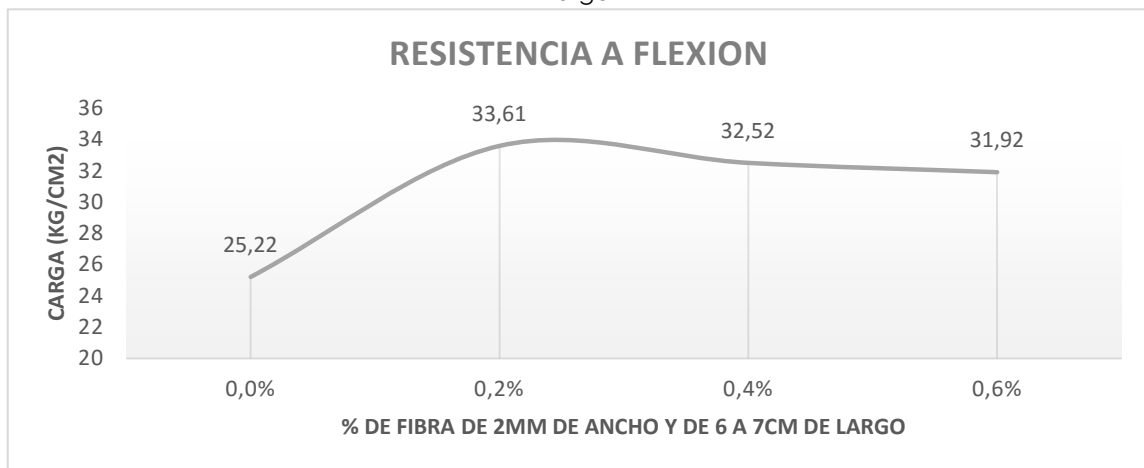
Tabla 19.- Resultados a la flexión de hormigón simple experimental

PRUEBA DE HORMIGON EXPERIMENTAL A FLEXION														
Cod.	Fecha de diseño	Fibra			Dias de curado	Fecha de rotura	Luz (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Carga aplicada (KN)	Carga (Kg/cm ²)	Carga prom. (Kg/cm ²)	% f'c	Dif. % f'c
		Ancho (mm)	Largo (cm)	% de fibra										
E1	09/03/2016	2,5	9_11	0,2%	28	06/04/2016	45	15,5	15,5	30,22	37,24	34,32	22%	6%
E2	09/03/2016	2,5	9_11	0,2%	28	06/04/2016	45	15,4	15,4	26,66	33,50			
E3	09/03/2016	2,5	9_11	0,2%	28	06/04/2016	45	15,5	15,5	26,14	32,21			
E1	09/03/2016	2,5	9_11	0,4%	28	06/04/2016	45	15,4	15,4	26,48	33,27	33,77	20%	4%
E2	09/03/2016	2,5	9_11	0,4%	28	06/04/2016	45	15,5	15,4	26,59	32,98			
E3	09/03/2016	2,5	9_11	0,4%	28	06/04/2016	45	15,4	15,3	27,73	35,07			
E1	10/03/2016	2,5	9_11	0,6%	28	07/04/2016	45	15,2	15,3	26,42	34,30	34,86	18%	2%
E2	10/03/2016	2,5	9_11	0,6%	28	07/04/2016	45	15,1	15,2	26,75	35,42			
E1	13/03/2016	2,5	6_7	0,2%	28	10/04/2016	45	15,3	15,5	27,1	34,27	33,61	20%	3%
E2	13/03/2016	2,5	6_7	0,2%	28	10/04/2016	45	15,5	15,5	26,73	32,94			
E1	13/03/2016	2,5	6_7	0,4%	28	10/04/2016	45	15,5	15,5	26,96	33,22	32,52	19%	3%
E2	13/03/2016	2,5	6_7	0,4%	28	10/04/2016	45	15,5	15,4	25,65	31,81			
E1	13/03/2016	2,5	6_7	0,6%	28	10/04/2016	45	15,4	15,5	26,12	32,61	31,92	19%	3%
E2	13/03/2016	2,5	6_7	0,6%	28	10/04/2016	45	15,5	15,5	25,35	31,24			
E1	13/04/2016	2,5	13_15	0,2%	28	11/05/2016	45	15,4	15,6	14,41	17,87	15,09	10%	-7%
E2	13/04/2016	2,5	13_15	0,2%	28	11/05/2016	45	15,4	15,4	9,79	12,30			
E1	13/04/2016	2,5	13_15	0,4%	28	11/05/2016	45	15,5	15,5	11,36	14,00	13,88	9%	-7%
E2	13/04/2016	2,5	13_15	0,4%	28	11/05/2016	45	15,5	15,4	11,09	13,75			
E1	13/04/2016	2,5	13_15	0,6%	28	11/05/2016	45	15,5	15,5	10,29	12,68	12,06	7%	-9%
E2	13/04/2016	2,5	13_15	0,6%	28	11/05/2016	45	15,5	15,4	9,23	11,45			

Fuente: Autor

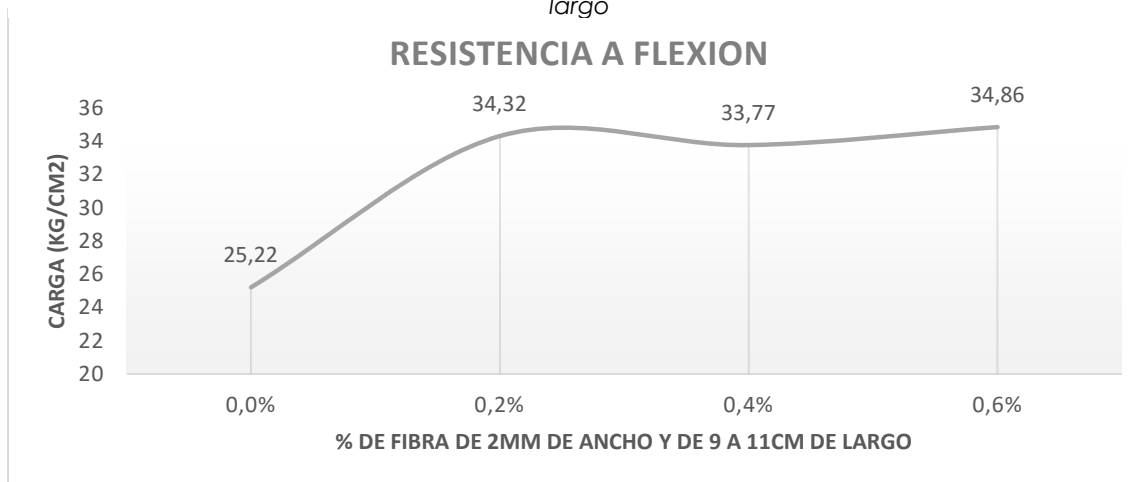
De los datos tabulados en las **tablas 18 y 19**, a continuación se puede apreciar gráficamente los resultados y ver el comportamiento del hormigón sometido a la flexión. Comparando los hormigones que contienen fibra de plástico con los hormigones simples, nos dan una mayor capacidad de resistencia e indicándonos de esta forma que las fibras si realizan un trabajo extra.

Grafica 4.- Análisis gráfico de las resistencias a la flexión con fibras de plástico de 6 a 7 cm de largo



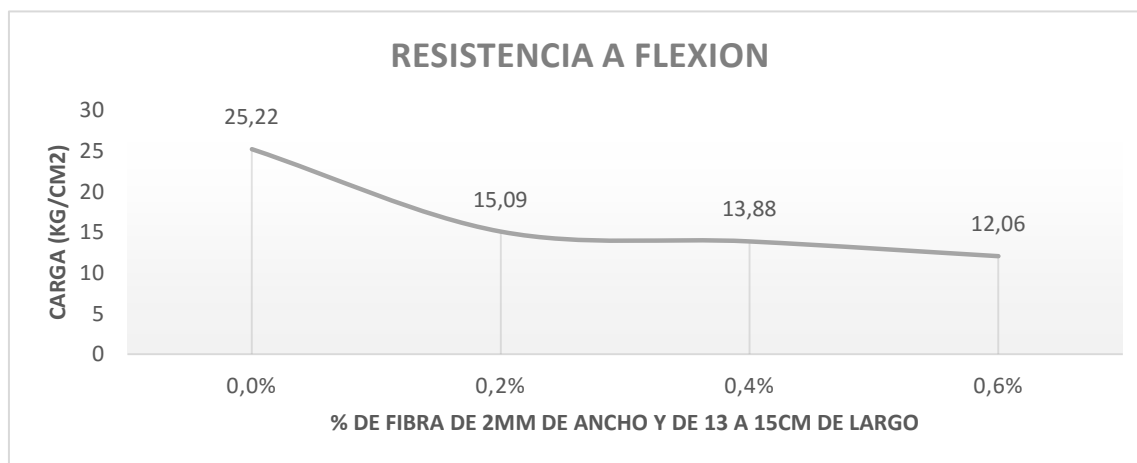
Fuente: Autor

Grafica 5.- Análisis gráfico de las resistencias a la flexión con fibras de plástico de 9 a 11 cm de largo



Fuente: Autor

Grafica 6.- Análisis gráfico de las resistencias a la flexión con fibras de plástico de 13 a 15 cm de largo



Fuente: Autor

4.3. Resultados de las pruebas en losas

Las pruebas en las losas fueron de igual manera positivas, luego de 28 días de curado se realizó las pruebas con el procedimiento indicado en el capítulo anterior.

La losa con hormigón simple normal presentó fisuras en su superficie, a lo contrario de las losas que fueron elaboradas con diferentes cantidades de fibras de plástico.

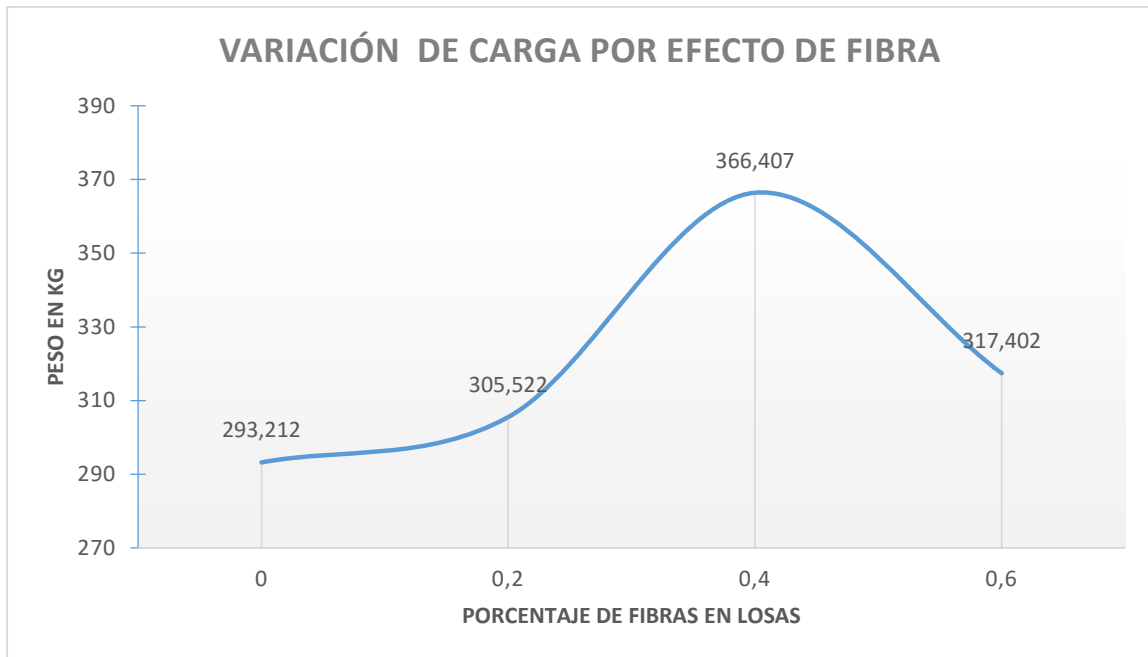
Para esta prueba las dimensiones de las fibras eran de 13 a 15 de largo y de 1,5 a 2mm de ancho y con los porcentajes de 0,2%, 0,4% y 0,6%. A continuación se muestra la tabla con los datos registrados y las cargas que soportaron cada una de las losas.

Tabla 20.- Datos de resistencia de carga de las losas

LOSA										
Cod.	Dimensiones					Fibra				Peso (kg)
	Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Luz Larga (cm)	Luz corta (cm)	Ancho (mm)	Largo (cm)	Espesor (mm)	%	
N	50	114	7	99	35	-	-	-	0	293,212
E1	50	114	7	99	35	3 a 2,5	13 a 15	0,3 a 0,6	0,2	305,522
E2	50	114	7	99	35	4 a 2,5	13 a 15	0,3 a 0,7	0,4	366,407
E3	50	114	7	99	35	5 a 2,5	13 a 15	0,3 a 0,8	0,6	317,402

Fuente: Autor

Grafica 7.- Análisis gráfico del comportamiento de las losas al ser sometidas a cargas



Fuente: Autor

La secuencia de cómo se elaboró el encofrado, las mezclas y las pruebas de las losas se pueden observar en el **Anexo D**.

4.4. Cantidades de botellas de plástico

Dentro de los datos estadísticos, se determinó el rendimiento de una botella y la cantidad necesaria para el diseño de 1 metro cúbico de hormigón. Se registró los detalles de cada botella por volumen de capacidad a la que ha sido fabricada y además se hizo una relación con la cantidad de fibra que se obtiene de cada una de ellas. En la siguiente tabla se puede observar este análisis.

Tabla 21.- Botellas necesarias para el diseño de 1 metro cubico de hormigón.

Detalles de botellas		Cantidad de fibra por botella			Botellas necesarias para 1 m ³		
Tipo de envase	Cont. Neto ml	Cantidad	Unidad	Peso(gr)	% de fibra	Peso necesario (gr)	Numero de botellas
Gaseosa	400	1	botella	8,6	0,2%	1254	146
					0,4%	2508	292
					0,6%	3762	437
	1350	1	botella	22	0,2%	1260	57
					0,4%	2520	115
					0,6%	3780	172
	2000	1	botella	25	0,2%	1260	50
					0,4%	2520	101
					0,6%	3780	151
	3000	1	botella	29	0,2%	1260	43
					0,4%	2520	87
					0,6%	3780	130
3785	1	botella	30	0,2%	1260	42	
				0,4%	2520	84	
				0,6%	3780	126	
Jugos	600	1	botella	7	0,2%	1260	180
					0,4%	2520	360
					0,6%	3780	540
	1300	1	botella	20	0,2%	1260	63
					0,4%	2520	126
					0,6%	3780	189
2000	1	botella	24	0,2%	1260	53	
				0,4%	2520	105	
				0,6%	3780	158	
Agua	500	1	botella	7,5	0,2%	1260	168
					0,4%	2520	336
					0,6%	3780	504
	600	1	botella	9	0,2%	1260	140
					0,4%	2520	280
					0,6%	3780	420
1500	1	botella	18	0,2%	1260	70	
				0,4%	2520	140	
				0,6%	3780	210	

Fuente: Autor

CAPITULO V

COSTOS Y BENEFICIOS

5.1. Costo de materiales y agregados

Para todos los diseños de hormigón, fabricación de la maquina artesanal, recolección de botellas y de la mano de obra, se realizó un análisis de gastos que una vez contabilizado se llegó a un total aproximado, según la siguiente tabla.

Tabla 22.- Egresos en el proyecto investigativo

Para diseño de hormigón					
Materiales	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Costo Total	
grava	medio saco	1,5	21	31,5	dólares
arena	medio saco	1,5	15	22,5	dólares
cemento	sacos(50kg)	8	6	48	dólares
fibra	botellas	0,2	100	20	dólares
Agua	litros	0,02	500	10	dólares
transporte	viaje	4	9	36	dólares
Para diseñar maquina					
Materiales	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Costo Total	
rodillos metálicos	u	40	1	40	dólares
madera	cm	0,5	300	150	dólares
taladro	u	150	1	150	dólares
tubo	cm	reciclado	1	0	dólares
cuchillas	u	0,5	4	2	dólares
clavos	libra	0,8	2	1,6	dólares
pernos	u	0,05	30	1,5	dólares
playo	u	5	2	10	dólares
desarmador	u	3	2	6	dólares
Mano de obra					
personal	Cantidad	Costo/hora	Horas	Costo	
ayudante	2	3	24	144	dólares
Total gasto				673,1	dólares

Fuente: Autor

5.2. Beneficios sociales y económicos

Durante la investigación se ha realizado el análisis del comportamiento del nuevo hormigón, ya sea enfocado a los beneficios que se pueden obtener en el área de la construcción, como en el aspecto ambiental.

Como beneficios sociales se pueden considerar los siguientes:

- Se impulsaría una fuente de trabajo con respecto a la recolección de botellas plásticas.
- Se apoyaría a la reducción de la contaminación de espacios verdes y efluentes.
- Se evitaría que un porcentaje de plástico tengan como destino los rellenos sanitarios y a la vez disminuyen la vida útil del mismo.

Dentro de lo económico:

- Al producir este tipo de hormigón, aumentaría el costo por recolección, pero en lo que se refiere a las características, el nuevo diseño sería mucho más rentable a futuro, debido a que este concreto tiene mejores resistencias a la flexión y a la compresión.

Cabe recalcar que por tener incluidas fibras, esta no presenta fisuras y que si existiera una rotura esta no se disgregaría como lo hace un hormigón habitual.

5.3. Impacto ambiental

Un enfoque primordial de esta investigación es el de innovar, reutilizar materiales, mejorar u obtener nuevas características que beneficien en el área de la construcción. Dentro de la parte ambiental se estaría ayudando en la disminución de la cantidad de desperdicio plástico que tengan como disposición final los rellenos sanitarios, quemas, zona verdes o en fuentes de ríos.

Para tener una mejor visión de qué tipo de impacto ambiental se refleja con esta investigación, se ha optado a realizar un análisis a través de la **matriz de causa – efecto**.

Las matrices de causa-efecto consisten en un listado de acciones humanas y otro de indicadores de impacto ambiental, que se relacionan en un diagrama matricial. Para la calificación del impacto se utilizaron los siguientes términos, B: Bueno, A: Aceptable, C: Critico y M: Malo.

Tabla 23.- Análisis de Impacto Ambiental a través de la Matriz de Causa – Efecto

Acciones del Proyecto		Impacto Ambiental	Diseño de máquina para extraer fibra	Recolección de botellas	Diseño de nuevo hormigón
Agua	Calidad		B	B	A
Suelo	Conservación		A	B	A
Flora	Conservación		A	B	A
Fauna	Conservación		A	B	A
Población	Trabajo		A	B	B
	Cultura		B	B	B

Se obtiene que el 56% pertenece a un impacto bueno y el 44% pertenece a un impacto apreciable. Con estos resultados se corrobora que con este proyecto se logra un impacto ambiental positivo

CONCLUSIONES

A través del estudio, se ha confirmado que se puede contribuir a la reducción del impacto ambiental negativo en la fabricación de hormigones con la utilización de las fibras de botellas plásticas, pero enfocado a la vez en mejorar y obtener nuevas características del hormigón y su aplicación en la construcción.

Los ensayos fueron realizados en un laboratorio privado, propiedad del Ing. Gerard Fernández, quién me facilitó, los medios y herramientas necesarias para la aplicación práctica del estudio. No se realizó en el laboratorio de la Unidad Académica por los siguientes motivos: el tiempo que se me facilitaba era de apenas 3 horas máximas, el número de probetas mínimas que se tenía que utilizar era 6 cilíndricas y 6 prismáticas, entorpeciendo trabajos de los estudiantes que también desearían realizar los mismos ensayos y otros estudios.

Como dato de comparación para los resultados se tenía un diseño hormigón simple de 240 kg/cm², pero debido a que el agregado grueso estaba sucio, el módulo de finura en el agregado fino era inferior a lo que indica la norma y todas las mezclas o unión de los agregados para obtener los hormigones a diseñar fueron realizados a mano, no se logró llegar a la resistencia requerida, obteniendo una resistencia en el laboratorio de 154,63 kg/cm³ a la compresión.

Realizando una comparación de los resultados de las pruebas a compresión y a flexión con las probetas, se logró aumentar una resistencia de 39,79 kg/cm², con 0,6% de fibras de 9 a 11 cm de largo y de 2mm de ancho, lo que nos indica porcentualmente un 25,73% más de la resistencia normal y un 2% más con respecto a la carga sometida a la flexión respectivamente.

Se realizaron las pruebas con losas (50cm x 114cm x 7cm), una vez realizada las pruebas se tuvo como conclusión, que con las fibras de 13 a 15mm, 2mm de ancho y con 0,4% de fibra se obtuvo la mayor capacidad de carga, dando una diferencia con respecto a la losa normal de 73,195 kilogramos más.

Cuando se construyeron las losas y una vez realizado el curado, se observó, que las losas que contenían fibra no presentaban fisuras superficiales.

Al momento que se determinaron los asentamientos con el cono de Abrahams, no se pudo obtener un comportamiento normal debido a que las fibras lo hacían más homogéneo que un hormigón normal.

Finalmente se pude indicar que esta investigación generó resultados satisfactorios, provocando a la vez un campo muy amplio de investigación.

RECOMENDACIONES

Para la aplicación de la nueva propuesta de hormigón se recomienda observar aspectos como, los pasos para la mezcla de los agregados (arena, cemento, fibra, grava y agua), a fin de garantizar un hormigón con las técnicas y análisis descritos en el estudio.

Con respecto a las botellas de plástico, se recomienda retirar las etiquetas, debido a que en la máquina, se obstruye en la zona donde está colocado la cuchilla. Además las botellas no deben ser aplastadas ya que se aprovecha su forma normal para facilitar la extracción de la fibra.

Realizar pruebas de hormigones con los agregados limpios, y que estén dentro de la norma su granulometría, y con un método mecánico de mezclado que ayudaría a que todos los agregados se fusionen correctamente y evitar resistencias bajo el diseño requerido.

BIBLIOGRAFÍA

- Pérez Porto , J., & Gardey, A. (2015). *Defincion de plastico*. Obtenido de Defincion de: <http://definicion.de/plastico/#ixzz435uJuERZ>
- Espinoza, G. (2001). *Matriz de Causa - Efecto*. Obtenido de FUNDAMENTOS DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/fundamentos.pdf>
- Marín Palma , A. (2014). *Materiales I*. Obtenido de Universidad de Alcalá: https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_profesores/prof121896/docencia/Tema%209%20Materiales%20I%20GCTE.pdf
- NILSON, A. H. (2001). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO*. COLOMBIA: Emma Ariza H.
- Nistal Cordero, Á. F., Retana Maqueda, M. J., & Ruiz Abrio , T. (s.d. de s.m. de 2012). *EL HORMIGÓN: HISTORIA, ANTECEDENTES EN OBRAS Y FACTORES*. Obtenido de UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO: <http://www.uax.es/publicacion/el-hormigon-historia-antecedentes-en-obras-y-factores-identificativos.pdf>
- NORMALIZACION, I. E. (2011). *HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A FLEXION DEL HORMIGON (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS)*. Quito-Ecuador.
- PP El Verdadero. (16 de mayo de 2014). *El reciclaje de botellas plásticas crece en el país*. Obtenido de ppdigital: <http://www.ppdigital.com.ec/noticias/pp-noticia-general/1/el-reciclaje-de-botellas-plasticas-crece-en-el-pais>
- Proaño, M. R. (s.f.). *Temas de Hormigon Armado*. Obtenido de Escuela Politecnica del Ejercito - Ecuador: <http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon01.pdf>
- *Reciclaje de PET*. (s.f.). Obtenido de inforeciclaje: <http://www.inforeciclaje.com/reciclaje-pet.php>
- *Reglamento ACI 318*. (s.f.).

ANEXOS

ANEXO A: Análisis de laboratorio de los agregados gruesos y finos



Toma y peso de muestra para granulometría de arena



Toma y peso de muestra para granulometría de grava



Prueba para de arena para determinar el estado de superficialmente saturado



Prueba para determinar peso volumétrico



Tamices para las pruebas de granulometría



Prueba para determinar peso específico, absorción de la arena



Prueba para determinar el peso específico y absorción de la grava

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION**DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD**

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)

MUESTRA: ARENA

FECHA: 23/01/2016

DATOS	ENSAYOS		
	1	2	3
Peso humedo (gr)	343	350	367
Peso seco(gr)	330	337	353
% Humedad	3,94%	3,86%	3,97%

Porcentaje de Humedad Promedio = 3,92%



ING. CIVIL GERARDO FERNANDEZ
JEFE DEL LABORATORIO

EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION
DETERMINACION DEL PESO UNITARIO ARENA (Varillado)

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)

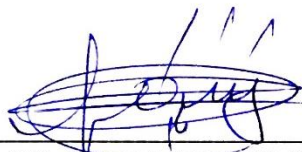
MUESTRA: ARENA

FECHA: 23/01/2016

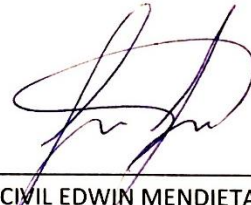
DATOS	ENSAYOS		
	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	9646	9646	9646
Volumen del recipiente (cm3)	2933,46	2933,46	2933,46
Peso recipiente + Material (gr)	14222	14221	14225
Peso del Material (gr)	4576	4575	4579
Peso Volumetrico (gr/cm3)	1,560	1,560	1,561

Peso Volumetrico Promedio = 1,56 gr/cm³

Peso Volumetrico Promedio = 1560,16 Kg/m³



ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
JEFE DEL LABORATORIO



EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

DETERMINACION DEL PESO UNITARIO GRAVA (Varillado)

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)

MUESTRA: GRAVA

FECHA: 23/01/2016

DATOS	ENSAYOS		
	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	9646	9646	9646
Volumen del recipiente (cm ³)	2933,46	2933,46	2933,46
Peso recipiente + Material (gr)	13935	13937	13935
Peso del Material (gr)	4289	4291	4289
Peso Volumetrico (gr/cm ³)	1,462	1,463	1,462

Peso Volumetrico Promedio = 1,46 gr/cm³

Peso Volumetrico Promedio = 1462,32 Kg/m³



ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
JEFE DEL LABORATORIO



EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION
DETERMINACION DEL PESO UNITARIO ARENA

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)

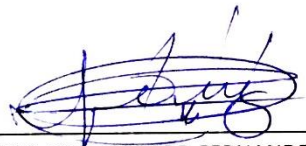
MUESTRA: ARENA

FECHA: 23/01/2016

DATOS	ENSAYOS		
	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	9646	9646	9646
Volumen del recipiente (cm ³)	2933,46	2933,46	2933,46
Peso recipiente + Material (gr)	13789	13788	13790
Peso del Material (gr)	4143	4142	4144
Peso Volumetrico (gr/cm ³)	1,412	1,412	1,413

Peso Volumetrico Promedio = 1,41 gr/cm³

Peso Volumetrico Promedio = 1412,33 Kg/m³



ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
JEFE DEL LABORATORIO



EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION
DETERMINACION DEL PESO UNITARIO GRAVA

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)

MUESTRA: GRAVA

FECHA: 23/01/2016

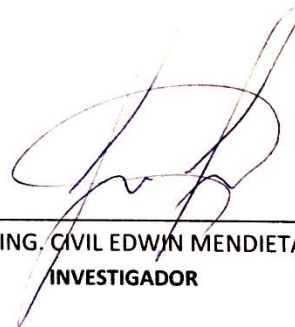
DATOS	ENSAYOS		
	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	9646	9646	9646
Volumen del recipiente (cm ³)	2933,46	2933,46	2933,46
Peso recipiente + Material (gr)	13499	13498	13496
Peso del Material (gr)	3853	3852	3850
Peso Volumetrico (gr/cm ³)	1,313	1,313	1,312

Peso Volumetrico Promedio = 1,31 gr/cm³

Peso Volumetrico Promedio = 1313,01 Kg/m³



ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
JEFE DEL LABORATORIO



EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)

MUESTRA: GRAVA

FECHA: 23/01/2016

A=	500 gr	(Peso del material superficialmente seco y saturado)
B=	1306 gr	(Peso del picnometro + agua + material)
C=	1002 gr	(Peso del picnometro + agua)
D=	484 gr	(Peso del material seco)

$$\text{Peso Especifico Seco} = \frac{D}{A-(B-C)} = \frac{292}{300-(825-647)} = 2,47 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso Especifico S. S. y S.} = \frac{A}{A-(B-C)} = \frac{300}{300-(825-647)} = 2,55 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso Especifico Aparente} = \frac{D}{D-(B-C)} = \frac{292}{292-(825-647)} = 2,69 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ Absorcion} = \frac{100(A-D)}{D} = \frac{100(300-292)}{292} = 3,31\%$$



ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
JEFE DEL LABORATORIO



EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION
DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)
MUESTRA: ARENA
FECHA: 23/01/2016

A=	300 gr	(Peso del material superficialmente seco y saturado)
B=	825 gr	(Peso del pignometro + agua + material)
C=	647 gr	(Peso del picnometro + agua)
D=	292 gr	(Peso del material seco)

$$\text{Peso Especifico Seco} = \frac{D}{A-(B-C)} = \frac{292}{300-(825-647)} = 2,39 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso Especifico S. S. y S.} = \frac{A}{A-(B-C)} = \frac{300}{300-(825-647)} = 2,46 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso Especifico Aparente} = \frac{D}{D-(B-C)} = \frac{292}{292-(825-647)} = 2,56 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ Absorcion} = \frac{100(A-D)}{D} = \frac{100(300-292)}{292} = 2,74\%$$



ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
 JEFE DEL LABORATORIO



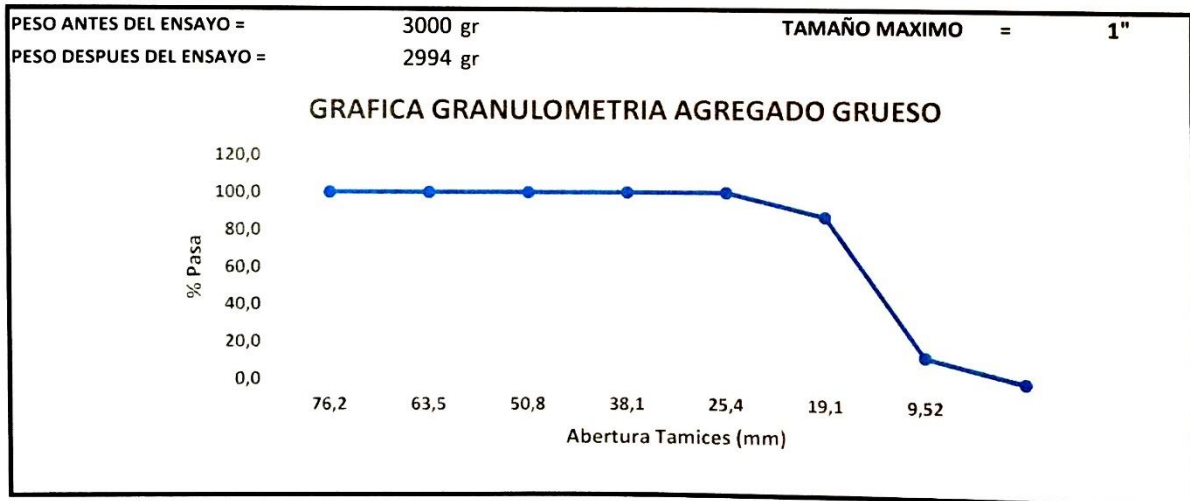
EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
 INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)
 MUESTRA: GRAVA
 FECHA: 23/01/2016

TAMIZ N°	Abertura	Peso Ret.	Ret. Acum.	%	%	ERROR
	mm	gr	gr	Retenido	Pasa	
3"	76,2	0	0	0,0	100,0	0,2%
2 1/2"	63,5	0	0	0,0	100,0	
2"	50,8	0	0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,1	0	0	0,0	100,0	
1"	25,4	0	0	0,0	100,0	
3/4"	19,1	384	384	12,8	87,2	
3/8"	9,52	2222	2606	87,0	13,0	
N°4	4,76					
PASA N°4						
N°8	2,38					
N°16	1,19					
N°30	0,58					
N°50	0,3					
N°100	0,15					
FONDO		388	2994	100,0	0,0	
TOTAL		2994				





 ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
 JEFE DEL LABORATORIO



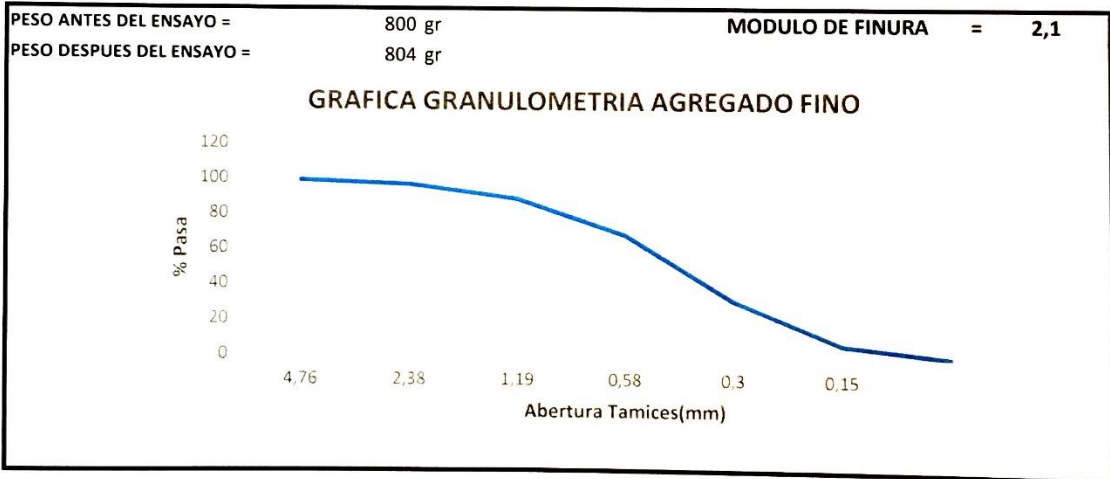
 EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
 INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO


PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)
MUESTRA: ARENA
FECHA: 23/01/2016

TAMIZ N°	Abertura	Peso Ret.	Ret. Acum.	%	%	ERROR
	mm	gr	gr	Retenido	Pasa	
3"	76,2					
2 1/2"	63,5					
2"	50,8					
1 1/2"	38,1					
1"	25,4					
3/4"	19,1					
1/2"	12,7					
3/8"	9,52					
N°4	4,76	8	8	1	99	-0,5%
PASA N°4					100	
N°8	2,38	18	26	3,23	96,77	
N°16	1,19	64	90	11,19	88,81	
N°30	0,58	166	256	31,84	68,16	
N°50	0,3	299	555	69,03	30,97	
N°100	0,15	198	753	93,66	6,34	
FONDO		51	804	100	0	
TOTAL		804				





 ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
 JEFE DEL LABORATORIO



 EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
 INVESTIGADOR

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION
DETERMINACION DEL PESO UNITARIO ARENA

PROYECTO: Diseño de Mezclas para Hormigón Simple utilizando Fibras de Materiales Reciclados (Botellas de Plástico)

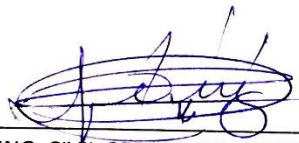
MUESTRA: ARENA

FECHA: 23/01/2016

DATOS	ENSAYOS		
	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	9646	9646	9646
Volumen del recipiente (cm ³)	2933,46	2933,46	2933,46
Peso recipiente + Material (gr)	13789	13788	13790
Peso del Material (gr)	4143	4142	4144
Peso Volumetrico (gr/cm ³)	1,412	1,412	1,413

Peso Volumetrico Promedio = 1,41 gr/cm³

Peso Volumetrico Promedio = 1412,33 Kg/m³



ING. CIVIL GERARD FERNANDEZ
JEFE DEL LABORATORIO



EGR. ING. CIVIL EDWIN MENDIETA
INVESTIGADOR

ANEXO B: diseño de máquina de para extraer fibra de botellas plásticas.

Máquina



Máquina para extraer fibra (extrae la fibra y el corte de largo deseado se realiza a mano)



Máquina para extraer fibra (regular ancho y corte a longitud deseada)

Fibras de botellas de plástico

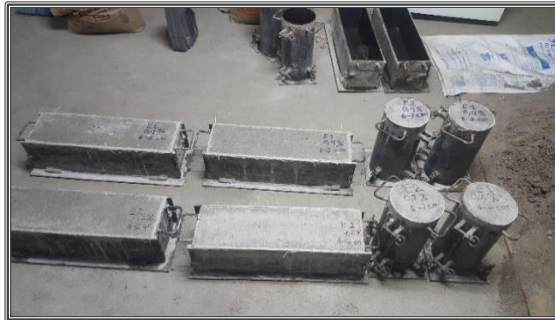


ANEXO C: Memoria fotográfica de diseño y rotura de probetas de hormigón

Peso de los agregados y mezcla

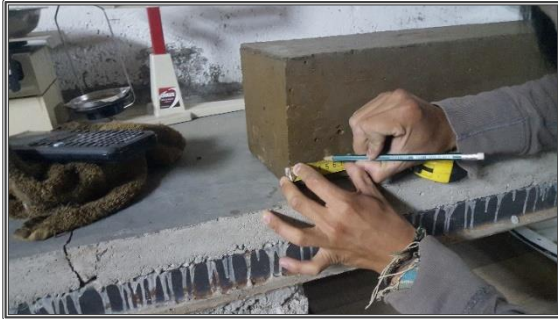


Desenfofrado y curado



Rotura de probetas





ANEXO D: Memoria Fotográfica del diseño de losas

Elaboración de encofrados para losas



Diseño de las mezclas de los hormigones



Elaboración de las losas de hormigón



Elaboración de la primera losa



Fundición de las cuatro losas con distintas dosificaciones de fibras acabadas

Desencofrado y pruebas de carga a las losas



Desencofrado de losas para las pruebas



Ubicación preparación de cargas para las pruebas en cada losa



Prueba de losa con 0% de fibra de plástico



Prueba de losa con 0,2% de fibra de plástico



Prueba de losa con 0,4% de fibra de plástico



Prueba de losa con 0,6% de fibra de plástico