Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCTOS RECICLADOS DE POLIPROPILENO (TAPAS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO) TRITURADAS, COMO COMPLEMENTO DEL AGREGADO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO LIVIANO

César Sulpicio Vásquez Gómez
Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, agosto de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCTOS RECICLADOS DE POLIPROPILENO (TAPAS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO) TRITURADAS, COMO COMPLEMENTO DEL AGREGADO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO LIVIANO

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CÉSAR SULPICIO VÁSQUEZ GÓMEZ
ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

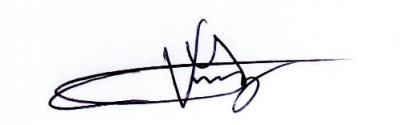
DECANO	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramón Ordóñez Hernández
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCTOS RECICLADOS DE POLIPROPILENO (TAPAS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO) TRITURADAS, COMO COMPLEMENTO DEL AGREGADO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO LIVIANO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de abril de 2013.



César Sulpicio Vásquez Gómez

Guatemala, 1 de abril de 2016

Ingeniero
José Gabriel Ordoñez Morales
Área de Materiales y Construcciones Civiles
COORDINADOR

Ingeniero Ordoñez

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación: **IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCTOS RECICLADOS DE POLIPROPILENO (TAPAS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO) TRITURADAS, COMO COMPLEMENTO DEL AGREGADO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO LIVIANO,** elaborado con el estudiante universitario César Sulpicio Vásquez Gómez, quien contó con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Vásquez Gómez, satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"

Inga. Civil Dilma Yanet Mejicanos Jol
Col. 5947
ASESORA

Dilma Y. Mejicanos Jol
Ingeniera Civil
Col. 5947

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

http;//civil.ingenieria.usac.edu.gt

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,
25 de abril de 2016

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCTOS RECICLADOS DE POLIPROPILENO (TAPAS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO) TRITURADAS, COMO COMPLEMENTO DEL AGREGADO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO LIVIANO, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil César Sulpicio Vásquez Gómez quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Civil José Gabriel Ordóñez Morales
Asesor y Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles

ESCUELA INGENIERIA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Contínua

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL ACREDITADO POR Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
ACAAI
PERIODO 2013 – 2019

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles Ing. José Gabriel Ordóñez Morales, al trabajo de graduación del estudiante César Sulpicio Vásquez Gómez , titulado **IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCTOS RECICLADOS DE POLIPROPILENO (TAPAS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO) TRITURADAS, COMO COMPLEMENTO DEL AGREGADO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO LIVIANO,** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, agosto 2016
/mrrm.

ACAAI
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL ACREDITADO POR Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
PERIODO 2013 – 2019

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.D.358.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCTOS RECICLADOS DE POLIPROPILENO (TAPAS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO) TRITURADAS, COMO COMPLEMENTO DEL AGREGADO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO LIVIANO,** presentado por el estudiante universitario: **Cesar Sulpicio Vásquez Gómez,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, agosto de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	El Creador del universo, por ser mi inspiración en la vida y por regalarme el título de ingeniero civil.
Mis padres	Mazaría Gómez Lastro y a mi difunto padre Cipriano Vásquez Lázaro, por apoyarme y aconsejarme en mi formación profesional y alcanzar la meta.
Hermanos	Sergio Antonio y Walfredo Lázaro, Hilda del Carmen, German Pastor, José Carlos, Luis Armando, Irma Raquel y Helí Saúl Vásquez Gómez, por apoyarme en mi formación de estudios y sus consejos.
Mis amigos	A todos mis compañeros de futbol y de trabajo, que siempre han estado en las buenas y en las malas situaciones de la vida.
Mi jefa de Sección de Agregados, Concretos y Morteros	Dilma Yanet Mejicanos Jol, por ser una persona ejemplar en el trabajo y por contar con su amistad.

Mis compañeros de trabajo	Iván Cano, Elder Ramos, Luis Lucero, Sucelly Vela, Wilmer López, Marlon Chajón, Eduardo Machuca, Darío Lucas, por su apoyo y amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una casa de estudio ejemplar y con una buena enseñanza para todos los estudiantes e ingenieros que tuvimos el honor de estudiar en ella.
Facultad de Ingeniería	Por ser la casa de estudios que me brindó su enseñanza y en los edificios S-10, T-3 y T-1, que tuve el honor de recibir mis cursos y recorrer sus pasillos durante mis años de estudios.
Mis amigos de la Facultad	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol, Iván Cano, Elder Ramos, Luis Lucero, Sucelly Vela, Wilmer López, Darío Lucas, Julio Álvarez, Miguel Muños, por compartir sus conocimientos y alegrías con mi persona.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
LISTA DE SÍMBOLOS IX
GLOSARIO XI
RESUMEN XIII
OBJETIVOS XV
INTRODUCCIÓN XVII

1. MANEJO DE RESIDUOS EN GUATEMALA 1
1.1. Descripción general del material 1
1.1.1. Clasificación 2
1.1.1.1. Vegetales 3
1.1.1.2. Animales 4
1.1.2. Los principales derivados de los hidrocarburos 5
1.1.2.1. Petróleo 5
1.1.2.2. Gas natural 6
1.1.2.3. Carbón 6
1.2. Impacto ambiental a nivel nacional 7
1.2.1. Contaminación ambiental 7
1.2.2. Contaminación visual 7
1.2.3. Contaminación del suelo 8
1.2.4. Contaminación del aire 8
1.3. Manejo actual de residuos a nivel nacional 8
1.3.1. Volumen de residuos de plástico domiciliares 9
1.3.2. Volumen de residuos de plástico a nivel nacional 10

2. APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES RESIDUOS DE POLIPROPILENO 13
2.1. Aprovechamiento de las tapas trituradas de plástico como agregado 13
2.2. Implementación de residuos de plástico triturado en el concreto 13
2.2.1. Agregados de plásticos gruesos y finos 14
2.2.1.1. Características físicas 15
2.2.1.2. Características mecánicas 22

3. PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO 23
3.1. Materiales plásticos triturados 23
3.1.1. Agregados gruesos y finos (plástico) 23
3.2. Materiales de origen mineral 24
3.2.1. Agregados gruesos y finos (mineral) 24
3.3. Análisis completo de los agregados 25
3.3.1. Agregados plásticos y pétreos 25
3.3.1.1. Características físicas de las tapas trituradas 25
3.3.1.2. Características físicas del agregado fino 26
3.3.1.3. Características físicas del agregado grueso 27
3.3.2. Graduación y angularidades 29
3.3.3. Granulometría 29
3.3.4. Peso volumétrico 29
3.3.5. Gravedad específica y absorción 30

4. DISEÑO DE MEZCLA CON MATERIALES RECICLADOS (POLIPROPILENO) 31
4.1. Implementación del polipropileno (tapas de plástico triturado) 31
4.2. Diseño teórico 31
4.2.1. Diseño de mezcla de concreto normal 32
4.2.2. Mezcla patrón 33
4.2.3. Diseño de mezcla de concreto normal con 5 % de plástico 33
4.2.4. Diseño de mezcla de concreto normal con 10 % de plástico 34
4.2.5. Diseño de mezcla de concreto normal con 15 % de plástico 35
4.2.6. Diseño de mezcla de concreto normal con 20 % de plástico 35
4.2.7. Diseño de mezcla de concreto normal con 25 % de plástico 36
4.2.8. Diseño de mezcla de concreto normal con 30 % de plástico 37
4.3. Diseño práctico 37
4.3.1. Consideraciones del concreto liviano 41
4.3.2. Usos del concreto liviano 41
4.3.2.1. Mampostería estructural 41
4.3.2.2. Cajas de registros 42
4.3.2.3. Banquetas de concreto 43
4.3.2.4. Pavimentos de jardín 43

5. ENSAYOS DE LABORATORIO AL CONCRETO LIVIANO 45
5.1. Muestreo de concreto fresco 45

5.2. Esfuerzo a compresión en cilindros de concreto 45
5.3. Permeabilidad 53
5.4. Ensayo a flexión en viga 54

6. RESULTADOS DEL CONCRETO LIVIANO Y EL CONCRETO NORMAL 57
6.1. Análisis comparativo 57
6.1.1. Físico 57
6.1.2. Mecánico 57
6.1.3. Económico 62
6.1.3.1. Costos de los materiales a utilizar 63

CONCLUSIONES 71
RECOMENDACIONES 73
BIBLIOGRAFÍA 75
APÉNDICES 79
ANEXOS 83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Tapa rosca D-28 con *liner* 16
2. Tapa rosca D-28 con *linerless* 17
3. Tapa rosca D-28 *lockless*-alta 18
4. Tapa rosca D-28 *lockless* 19
5. Tapa roscas D-48 con *liner* de eva 20
6. Tapa rosca D-48 con *liner* p.e....21
7. Tapa rosca D-48 stándard con labio 22
8. Asentamiento 38
9. Temperatura....39
10. Mampostería estructural....42
11. Cajas de registro 42
12. Banquetas de concreto....43
13. Pavimentos de jardín....44
14. Permeabilidad 54
15. Vista diagramática del ensayo en viga....55
16. Ensayo a flexión en viga....55
17. Análisis comparativo (mecánico) 59
18. Costos total con adición de plástico triturado en porcentajes en la mezcla de concreto (Q) 69

TABLAS

I. Residuos domiciliares 9
II. Proyecciones de población 11
III. Características físicas tapa D-28 con *liner* 16
IV. Características físicas tapa D-28 con *linerless* 17
V. Características físicas tapa D-28 *lockless*-alta- 18
VI. Características físicas tapa D-28 *lockless* 19
VII. Características físicas tapa D-48 con *liner* de eva 20
VIII. Características físicas tapa D-48 con *liner* p.e. 21
IX. Características físicas tapa D-48 stándard con labio 22
X. Características físicas de las tapas trituradas 26
XI. Características físicas del agregado fino 27
XII. Características físicas del agregado grueso 28
XIII. Datos de laboratorio 32
XIV. Mezcla patrón 33
XV. Diseño de mezcla de concreto normal con 5 % de plástico 34
XVI. Diseño de mezcla de concreto normal con 10 % de plástico 34
XVII. Diseño de mezcla de concreto normal con 15 % de plástico 35
XVIII. Diseño de mezcla de concreto normal con 20 % de plástico 36
XIX. Diseño de mezcla de concreto normal con 25 % de plástico 36
XX. Diseño de mezcla de concreto normal con 30 % de plástico 37
XXI. Esfuerzo en mezcla patrón 46
XXII. Esfuerzo en mezcla con 5 % de plástico 47
XXIII. Esfuerzo en mezcla con 10 % de plástico 48
XXIV. Esfuerzo en mezcla con 15 % de plástico 49
XXV. Esfuerzo en mezcla con 20 % de plástico 50
XXVI. Esfuerzo en mezcla con 25 % de plástico 51
XXVII. Esfuerzo en mezcla con 30 % de plástico 52

XXVIII. Tasa de infiltración.....53
XXIX. Ensayo a flexión en viga.....56
XXX. Análisis comparativo (mecánico).....58
XXXI. Análisis comparativo (mecánico y físico).....59
XXXII. Análisis comparativo (mecánico y físico).....60
XXXIII. Análisis comparativo (mecánico y físico).....60
XXXIV. Análisis comparativo (mecánico y físico).....61
XXXV. Análisis comparativo (mecánico y físico).....61
XXXVI. Análisis comparativo (mecánico y físico).....62
XXXVII. Precio unitario de materiales a utilizar.....63
XXXVIII. Cantidad de material para un metro cúbico de concreto 63
XXXIX. Costo de mezcla patrón 64
XL. Costo a utilizar en mezcla 5 % de plástico triturado 64
XLI. Costo a utilizar en mezcla 10 % de plástico triturado 65
XLII. Costo a utilizar en mezcla 15 % de plástico triturado 65
XLIII. Costo a utilizar en mezcla 20 % de plástico triturado 66
XLIV. Costo a utilizar en mezcla 25 % de plástico triturado 66
XLV. Costo a utilizar en mezcla 30 % de plástico triturado 67
XLVI. Incremento de costo respecto a la mezcla patrón al adicionar plástico en porcentajes (Q).....68

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
cmo	Contenido de materia orgánica
f´c	Esfuerzo máximo de compresión en el concreto
f´s	Factor de seguridad del esfuerzo en concreto
g	Gramo
kg	Kilogramo
kg/cm^2	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/m^3	Kilogramo por centímetro cúbico
l	Litro
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
mm	Milímetros
mf	Módulo de finura
nm	Nanómetro
%	Porcentaje
“	Pulgadas
pe	Peso específico
puc	Peso unitario compactado
pus	Peso unitario suelto
p. abs	Porcentaje de absorción
p.vs	Porcentaje de vacíos
p.t.200	Pasa tamiz # 200

pp	Polipropileno
r.t.6.35	Retenido tamiz 6,35
v	Volumen

GLOSARIO

Agregado fino Material de origen volcánico, natural o triturado y es representado por la arena.

Agregado fino plástico Material obtenido de la trituración de plástico.

Agregado grueso Material de origen volcánico, natural o triturado y es representado por el piedrín.

Angularidades Agregado triturado o de canto rodado con distintas caras planas en su superficie, apto para la mezcla de concreto.

ASTM Association for Testing Materials.

Coguanor Comisión Guatemalteca de Normas.

Estrías Líneas sinuosas localizadas en las tapas de plástico, para mayor agarre.

Flexión Fuerzas actuantes en elementos horizontales curvándose por la gravedad de su mismo peso y ligeramente visible y dentro de su estructura interna actúan las fuerzas de compresión y tracción, dividiéndose por la línea neutra.

Graduación	Ordenamiento por tamaño de los distintos tipos de agregados, en diferentes tamices.
NTG	Norma Técnica Guatemalteca.
Mezcla con porcentaje de plástico	Diseño de concreto con implementación de agregado de plástico en porcentaje.
Mezcla patrón	Diseño de concreto con agregados de origen pétreo.
Permeabilidad	Propiedad del concreto endurecido de permitir un flujo a través de su estructura, sin alterar sus propiedades mecánicas.
Trabajabilidad	Propiedad de la mezcla de concreto de ser moldeada, colocada y acabada en obra.

.

RESUMEN

En Guatemala es necesario realizar un estudio científico de formas de reciclar el plástico que se observa en los basureros legales y clandestinos del país, una es la implementación de plástico triturado en el concreto para la fabricación de un concreto que se pueda utilizar en diseños de mampostería con cargas menores.

El costo elevado en la construcción actualmente, tanto de mano de obra como de materiales, han hecho que se busquen nuevas alternativas para la construcción de viviendas a bajo costo y corto tiempo, por esta razón nace la necesidad del estudio de un sistema de concreto con adición de plástico, para solventar los principales problemas que existen en el diseño de casas, edificaciones y otros tipos de estructuras de alto peso, con concreto convencional, y para ello es necesario implementar un concreto más liviano en sustitución de la utilización de mampostería y la creación de casas de bajo costo con elementos de fácil colocación y construcción, pavimentos de jardín, utilizando agregados livianos, reciclados, e implementarlos en la fabricación de concreto con productos reciclados triturados, que pueda mejorar las condiciones ambientales del país.

El estudio busca la forma de mitigar el impacto negativo de uno de los problemas ambientales del país, los residuos plásticos, y una manera de reciclar este material es implementarlo en la fabricación de un concreto de bajo costo y con las mismas características mecánicas, o similares a la del concreto convencional, que pueda ser utilizada en cualquiera de las construcciones del país.

OBJETIVOS

General

Implementar el uso de materiales reciclados por ejemplo, tapas de botellas plásticas trituradas, como complemento del agregado fino para concreto liviano.

Específicos

1. Determinar el porcentaje de plástico reciclado a implementar, para mantener la resistencia del concreto mayor a 3 000 psi.

2. Estudiar las propiedades del concreto liviano, utilizando agregados triturados y reciclados, empleando el diseño de mezcla del CII.

3. Determinar el porcentaje máximo de plástico triturado a implementar en el concreto, sin alterar sus propiedades mecánicas y características físicas, que sea fácil de transportar, colocar y muy trabajable.

4. Determinar el porcentaje óptimo de plástico triturado a sustituir en el agregado fino por peso, para diseñar un concreto con adición de plástico con características permeables.

5. Diseñar una mezcla de concreto con un cemento 5 800 psi grado estructural ARI y estudiar sus características físicas y propiedades mecánicas del concreto con adición de plástico.

6. Determinar el costo del material plástico triturado a implementar en concreto con adición de plástico, triturando artesanalmente y comprando en una empresa recicladora, para que pueda ser utilizada en la construcción de viviendas y mejorar el medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

Para los estudios ambientales en Guatemala se considera la cantidad de habitantes del país, si se toman en cuenta los porcentajes de volúmenes de basura y un crecimiento poblacional de 16 548 168 habitantes en el 2016 y se estima un volumen de residuos sólidos de 2 978 670 toneladas y de estos 238 294 son plásticos, las cuales contaminan el medio ambiente, por tal razón es necesario darles un nuevo uso.

El presente documento propone cómo reciclar los productos de polipropileno (tapas de botellas de plástico) triturados, para introducirlo y adaptarlo en la fabricación de concreto con adición de plástico, para ello se realizarán estudios previos, en los cuales se verificará que las tapas de botellas trituradas se adhieren al concreto, debido a su forma corrugada y angularidades. Por su poco peso pueden hacer un concreto más liviano y con buena adherencia.

El material triturado, se usará como agregado para el concreto, en sustitución, por peso, del agregado fino y se verificará sus propiedades mecánicas, tanto a compresión como a flexo tracción. El estudio sirve para lograr hacer livianos los pesos en los diseños estructurales en puntos donde se diseña para soportar cargas menores.

1. MANEJO DE RESIDUOS EN GUATEMALA

1.1. Descripción general del material

Plástico es un producto no renovable y se obtiene principalmente del petróleo, gas natural, carbón y sal común, en Guatemala, el 95 % de la producción nacional de petróleo, es exportada a los EUA y únicamente se usa el 5 % en la producción de plásticos y para la fabricación de asfalto, los recursos naturales no son recuperables y por tal razón, las grandes industrias se dedican a reciclar los distintos productos derivados del petróleo. Para la fabricación de plásticos, las industrias proveen la materia prima, derivados del petróleo, en forma de polvos, gránulos, líquidos y soluciones.

Con un proceso de calor y presión se producen las distintas clases de productos de plástico. La calidad del petróleo a nivel nacional, es de 96 % muy pesado y alto contenido de azufre, por tal razón no es económicamente apto para la fabricación de gasolina, diésel y *fuel oil.*

Los residuos son todos los materiales desechados por los seres humanos y se dividen en orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles). Los desechos orgánicos se obtienen de la comida, papel, cartón, plásticos, textiles, maderas, cueros, gomas y residuos de jardín; y los desechos inorgánicos se obtienen de productos minerales como vidrios, latas, metales férreos, cerámicas, aluminios y otros tipos de metales. Los desechos de las ciudades, se les conoce como residuos sólidos urbanos. Los residuos orgánicos pueden descomponerse rápidamente si se cuenta con un ambiente húmedo y se le conoce como residuos de putrefacción.

Los plásticos se hallan en estado natural en algunas sustancias vegetales y animales, pero en la actualidad se encuentran compuestos preparados sintéticos.

1.1.1. Clasificación

Para la obtención de plásticos se necesitan sustancias químicas básicas y compuestos para su fabricación y estos se pueden obtener en la naturaleza, en materiales orgánicos como las plantas y animales, materiales recuperables o sintéticos compuestos inorgánicos derivados del petróleo, materiales no recuperables.

- Por su naturaleza
    - Naturales
        - Vegetales
        - Animales
    - Sintéticos
        - Hidrocarburos
        - Petróleo
        - Gas natural
        - Carbón

1.1.1.1. Vegetales

Son productos orgánicos naturales que se obtienen de las plantas o árboles, que producen sustancias químicas en frutos, hojas o tallos, para la fabricación de plástico y son materias primas recuperables.

- Celulosa

Nombre común proveniente del latín *cellula,* del hidrato de carbono que es el componente principal de las sustancias de todas las células vegetales, las que puede ser leñosas, grasas o gomosas. La celulosa es insoluble y se separa fácilmente de los demás componentes de las plantas.

El ácido sulfúrico actúa sobre la celulosa y produce glucosa, almidón soluble o amiloide; que es una forma de almidón para fabricar papeles de lujo. Cuando la celulosa se trata con un álcali y se expone a continuación a los vapores de sulfuro de carbono se obtiene una solución que puede estirarse en películas e hilarse; y con una mezcla de ácido nítrico y sulfúrico se forma una serie de compuestos inflamables y explosivos (nitrato de celulosa o nitrocelulosa).

- Látex

Fluidos lechosos localizados en ciertas células llamados lactíferos de muchas plantas superiores. El látex es un polímero disperso en agua que consiste en una emulsión compleja formada por proporciones de gomas, resinas, taninos, alcaloides, proteínas, almidones, azúcares y aceites, suele ser de color blanco, pero en algunas plantas pueden ser de color amarillo, anaranjado o rojo. Todas las especies de las familias asclepiadáceas,

apocináceas, sapotáceos, euforbiáceas, moráceas, papaveráceas y compuestos químicos.

1.1.1.2. Animales

Son todos los seres vivos que poseen movimiento, se alimenta de sustancias orgánicas y cumplen el ciclo vital de nacer, crecer, reproducirse y morir.

- Caseína

Grupo de proteínas que se producen por precipitación cuando la leche se acidifica. La caseína se encuentra en un 80 % en las proteínas presentes en la leche de vaca. Se utiliza como un complemento nutritivo y como pegamento; forma parte de la composición de las pinturas acuosas y se utiliza en las fases de acabado en la fabricación de papel y de textiles. La paracaseína es una variedad de la caseína que se utiliza para obtener un plástico para la fabricación de botones y se obtiene añadiendo la enzima renina a la leche, para formar una sustancia distinta de la precipitación de la leche con ácidos.

- Sintéticos

El material sintético se obtiene de la mezcla de varias sustancias químicas producidas para un fin, internamente su estructura molecular es similar a los materiales de origen vegetal y pueden ser utilizados en la producción de objetos plásticos.

- Hidrocarburos

Se componen, principalmente, de carbono e hidrógeno, y se puede decir, que son materias primas para la derivación de los demás compuestos orgánicos.

1.1.2. Los principales derivados de los hidrocarburos

Es la transformación de desechos orgánicos en descomposición de animales y plantas durante miles de años en las profundidades del planeta, contienen combinación de carbono e hidrógeno, y son las principales fuentes de energía para las industrias que proveen energía a los hogares.

1.1.2.1. Petróleo

Conocido como oro negro, se extrae en las profundidades de la tierra, sustancia líquida oleoso bituminoso de origen natural de la descomposición de organismos marinos durante miles de años, con temperatura y la presión adecuada, que simplemente se le da el nombre de petróleo o crudo y se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie de ciertos lugares y es el combustible que mueve todos las máquinas del mundo.

Los derivados del petróleo se utilizan para la fabricación de medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, materiales de construcción, objetos de plásticos, pinturas y textiles, y es un recurso que se utiliza para la generación de electricidad en todos los hogares del mundo.

El petróleo se clasifica en tres grandes categorías: parafínico, asfáltico y base mixta. El parafínico se compone de átomos de hidrógeno y carbono, en la

cual los átomos de hidrógenos son siempre mayor en dos, al doble de átomos de carbono. El petróleo asfáltico se compone de las moléculas de naftenos, que contienen exactamente el doble de átomos de hidrógeno que de carbono. El petróleo mixto se caracteriza por tener sustancias hidrocarburos de hidrógeno y carbono.

1.1.2.2. Gas natural

Se obtiene de la descomposición de sustancias naturales en el medio ambiente y se le conoce como metano y es uno de los factores importantes del vivir diario en los hogares e industrias y de estos se obtiene la fabricación de los plásticos, productos farmacéuticos, tintes y en la industria petroquímica en la obtención de amoniaco, metanol, etileno, butadieno y propano.

En la composición del gas natural, el metano se encuentra en un porcentaje del 75 a 95 % del volumen total de la sustancia y también se obtiene de los derivados, etano, propano, butano, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, helio y argón.

1.1.2.3. Carbón

Es una roca sedimentaria y es un combustible que tiene su origen a partir de los procesos físico de la naturaleza de origen vegetal durante miles de años, y con alto contenido de carbono fijo, el cual se puede mencionar algunos elementos que tienen un alto contenido de carbono mayor, y tiene un alto grado de poder calorífico como; la turba, el lignito, el bituminoso, la antracita.

Si a los diferentes tipos de carbón se les aplica una presión alta y calor suficiente, se transforman en grafito o carbono puro.

1.2. Impacto ambiental a nivel nacional

En el vivir diario y al recorrer las ciudades, lo primero que se observa en calles y botaderos de desechos sólidos, son los distintos tipos de desechos plásticos y envoltorios innecesarios que se han desechado, sin medir el impacto ambiental que provoca.

Es por eso que los plásticos se encuentran en un porcentaje de volumen mayor y es necesario conocer los tipos de contaminación que caracteriza al impacto ambiental.

1.2.1. Contaminación ambiental

Es provocada en parte, por todos los desechos provenientes de los distintos lugares de las ciudades; domicilios, comercios e industrias.

De los domicilios, proviene la mayor cantidad de desechos plásticos, después de utilizar los envases, se desechan y se abandonan en lugares no adecuados y pueden contener sustancias nocivas o líquidos que provocan la proliferación de bacterias provocando así que se reproduzcan enfermedades.

1.2.2. Contaminación visual

Los desechos sólidos dispuestos en lugares no adecuados provocan imágenes antiestéticas causando la llamada contaminación visual.

1.2.3. Contaminación del suelo

Los distintos tipos de plásticos que se acumulan, en los rellenos sanitarios y vertederos en grandes volúmenes, provocan que los terrenos sean contaminados, especialmente con productos desechables plásticos que provienen de distintos lugares, como las grandes industrias farmacéuticas y empresas de bebidas y lo más inconveniente de esos desechos es que no son degradables y provocan que el suelo no funcione de manera satisfactoria, provocando una desestabilización del suelo por la saturación.

1.2.4. Contaminación del aire

Los distintos tipos de plásticos acumulados en los rellenos sanitarios y en los terrenos baldíos, al producirse un incendio emanan sustancias nocivas que afectan a los pobladores, vulnerables expuestos por lo que es necesario que se le dé mayor atención a estos tipos de plásticos y se adecuen lugares donde se pueda desechar los plásticos con mayor vigilancia, para prevenir este tipo de contaminación.

1.3. Manejo actual de residuos a nivel nacional

Las mayores cantidades y distintas clases de residuos plásticos provienen de las empresas industriales del país, y los productos más comunes son: tubería PVC, productos rotomoldiados planchas de fibrocemento, sillas, mesas, canastas, botellas de policarbonato, cajas, tapas, botellas de polietileno, vasos y platos, envases impresos , envases especializados, bolsas de protección bananera, sogas de anclaje, sogas tomateras y películas de invernadero.

Los volúmenes de materiales plásticos producidos a nivel nacional y materias primas, de esos materiales importados en los últimos años ascienden a más de 400 000 kg/año, por la magnitud de esa cantidad se debe poner mayor interés en la reutilización de estos tipos de productos desechables.

Los residuos plásticos proporcionan más de 20 % en volumen y un 8 % en peso de los todos los residuos sólidos urbanos.

Es necesario reciclar la mayor cantidad posible de productos plásticos desechados a nivel nacional.

1.3.1. Volumen de residuos de plástico domiciliares

Del volumen de plásticos que diariamente provienen de domicilios de la ciudad de Guatemala, se estima que los pobladores de bajos recursos desechan un 8,1 % y los ciudadanos con economía alta el 12,1 %.

Tabla I. **Residuos domiciliares**

Residuos domiciliares de la Nación y estrato socioeconómico en porcentaje				
Estrato socioeconómico	BAJO	MEDIO BAJO	ALTO	SUPER ALTO
Plásticos	8,1	8,6	11,5	12,1

Fuente: AGEXPORT, 2004.

1.3.2. Volumen de residuos de plástico a nivel nacional

La generación de basura proveniente de los hogares: según los estudios ambientales se estima que cada habitante de Guatemala produce una dotación 0,25 a 0,75 kg/hab/día, si se toma un promedio de dotación de 0,5 kilogramos por habitante al día y una población de 16 548 168 habitantes, se estima una producción de basura de 8 274 084 kilogramos al día * 360 días, se tiene 2 978 670 240 kilogramos de basura anual o unas 2 978 670 toneladas de basura anual y de estos 238 294 toneladas son plásticos.

El problema principal de la nación es la capacidad de reciclaje, ya que existen pequeños recolectores de desechos controlados y los que se dejan en los vertederos clandestinos, estos contribuyen para el procesamiento en las fábricas de plásticos.

En cuanto al área comercial se producen 9,1 % de plásticos, 4,2 % en los mercados, 9,8 % en la construcción y un 20,7 % en el sector de supermercados, los porcentajes van variando con los años debido a la creciente demanda de productos derivados del plástico y 15,9 % en los tiraderos clandestinos, con estos datos se estiman los residuos plásticos en la República de Guatemala.

Tabla II. **Proyecciones de población**

PROYECCIONES DE POBLACIÓN		
AÑO	PROYECCIONES DE POBLACIÓN TOTAL	TASA DE CRECIMIENTO
2010	14 361 666	2,5
2011	14 713 763	2,5
2012	15 073 375	2,4
2013	15 438 384	2,4
2014	15 806 675	2,4
2015	16 176 133	2,3
2016	16 548 168	2,3

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE), 2016.

Según los estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), en los últimos 5 años, la generación de residuos sólidos en el 2011 registró 2 017 481 toneladas, con un incremento de 2,4 % al 2012, se registró 2 065 413 toneladas y con un crecimiento poblacional de 2,44 % entre 2011 y 2012, la población era de 15 073 375 habitantes.

Se toma en cuenta los porcentajes de volúmenes de basura y de la población, con un porcentaje de basura de 11,8 % proporcional al número de habitantes y un crecimiento poblacional de 16 548 168 habitantes en 2016 y se estima un incremento de residuos sólidos de 2 309 132 toneladas y de estos 184 731 toneladas son plásticos.

2. APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES RESIDUOS DE POLIPROPILENO

2.1. Aprovechamiento de las tapas trituradas de plástico como agregado

Las tapas de botes de plásticos o taparroscas son productos que se elaboran para las industrias de bebidas o productos de todo tipo de sustancias líquidas. Se encuentran en distintas formas y colores, y contaminan el medio ambiente, por lo que se necesita darles un buen uso, ya que las taparroscas provienen de las industrias con ciertas características de fábrica como; una estructura rugosa y distintas formas de diseños, que trituradas son productos reciclados que pueden ser aprovechados en ciertas áreas de la construcción, ya que las tapas trituradas de cierto tamaño, tienen angularidades, corrugas y superficie impermeable, que hace que constituyan un material reusable.

2.2. Implementación de residuos de plástico triturado en el concreto

Debido a que de las tapas trituradas se obtiene un material con angularidades y con ciertas características como corrugas, que se convierten en subproductos reusables, que perfectamente se pueden considerar en la fabricación del concreto normal y como un agregado que lo puede hacer liviano, sin que pierda sus características físicas y propiedades mecánicas como; su color grisáceo o blanco, resistencia a la compresión y flexión, y su trabajabilidad.

Las tapas de plásticos que se van a reciclar se deben triturar de ciertas formas y tamaños, para que pueda ser utilizado en el concreto y diseñar en qué partes de las estructuras se pude utilizar el concreto liviano con incorporación de tapas trituradas, sin poner en riesgo el diseño estructural.

En el diseño de mezcla de concreto se utiliza cemento, agregados gruesos y finos de distintas tipos de rocas; de canto rodado o triturado y agua dulce, sin embargo, se pueden agregar ciertos tipos de materiales, siempre y cuando se adapte al concreto, pero sin perder su propiedad mecánica.

En Guatemala es necesario buscar qué tipos de materiales se pueden reciclar, para mejorar el medio ambiente de los alrededores y darles un buen uso nuevamente, como en la incorporación del concreto que puede ser utilizado en la construcción de ciertas partes en la estructura donde no se necesita una resistencia alta. Se hizo un diseño de mezcla de concreto normal y luego se incorporó en la misma mezcla las tapas trituradas en cierta cantidad de volumen, cantidad que se varió para evaluar el comportamiento del concreto.

2.2.1. Agregados de plásticos gruesos y finos

Al momento de ser trituradas las tapas de botellas de plásticos, es necesario verificar que se obtiene un material con ciertas características físicas, como el tamaño, ya que si se obtiene un material demasiado grande no se puede utilizar en la fabricación de ciertas estructuras y si obtiene un material triturado demasiado pequeño, puede ocasionar que el concreto no fragüe correctamente, ya que el plástico muy fino evita que el oxígeno se distribuya correctamente dentro del concreto.

2.2.1.1. Características físicas

Los materiales, obtenidos de las taparroscas desechadas y que pueden ser recicladas nuevamente, se deben triturar con cierta característica físicas, para que no alteren las propiedades mecánicas del concreto liviano, y que el material reciclado, se obtenga con ángulos perfectos y corrugas visibles, para que puedan ser fácilmente incorporados a la mezcla, y que cumpla con la condición de adherencia.

De las tapas de plásticos trituradas se utilizó solo los tamaños, que cumplan con características físicas descritas anteriormente, para que se adaptaran y acomodaran dentro del concreto, al igual que los agregados normales de rocas cuentan con características físicas y propiedades mecánicas que los hace aptos para la elaboración del concreto, el material reciclado triturado debe tener características físicas y propiedades mecánicas, que lo hagan un material aprovechable en el diseño de ciertas áreas de la construcción.

- Especificación técnica de tapas trituradas

    - Tapa D-28 con *liner*

Se utiliza para bebidas, con un sistema de sello *liner* de compuesto de EVA, asegurando la estanqueidad para productos carbonatados, y manteniendo así el líquido envasado en perfecto estado de conservación.

Tabla III. **Características físicas tapa D-28 con *liner***

DENOMINACIÓN	TAPA D-28 CON *LINER*
MATERIA PRIMA TAPA	COPOLÍMERO DE PP
MATERIA PRIMA LINER	EVA (Aprob. por FDA - atóxico)
CANTIDAD DE ESTRÍAS	120
PESO TOTAL	2,75 grs
APLICACIÓN	PICO PCO 1810

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

Figura 1. **Tapa rosca D-28 con *liner***

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

- Tapa D-28 con *linerless*

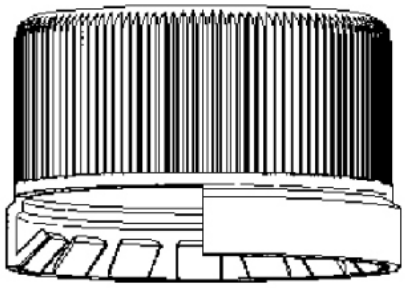
Se utiliza para bebidas, este emplea un sistema de dos labios, asegurando en perfecto estado de conservación el CO_2 en productos carbonatados, y tiene un sistema de lengüetas asegurando el corte a 360°, y abriendo la tapa del mismo.

Tabla IV. **Características físicas tapa D-28 con *linerless***

DENOMINACIÓN	p
MATERIA PRIMA TAPA	COPOLÍMERO DE PP
CANTIDAD DE ESTRÍAS	120
PESO TOTAL	2,55 grs
APLICACIÓN	PICO PCO 1810

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

Figura 2. **Tapa rosca D-28 con *linerless***



Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

- Tapa D-28 *lockless* - alta –

Para bebidas no carbonatadas utiliza un sistema labio interior logrando un óptimo cierre del envase, logrando la conservación del producto en perfecto estado, y no requieren inviolabilidad del mismo en el tapado, por ejemplo productos de limpieza, desodorantes de ambientes, entre otros.

Tabla V. **Características físicas tapa D-28 *lockless*-alta-**

DENOMINACIÓN	TAPA D-28 *LOCKLESS*-ALTA-
MATERIA PRIMA TAPA	HOMOPOLÍMERO DE PP
CANTIDAD DE ESTRÍAS	60
PESO TOTAL	1,7 grs
APLICACIÓN	PICO PCO 1810 (estándar 28 mm)

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

Figura 3. **Tapa rosca D-28 *lockless*-alta**

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

- Tapa D-28 *lockless*

Para bebidas no carbonatadas, con un sistema de labio inferior, manteniendo la calidad del producto en conservación, y puede ser violable, ideal para productos no bebibles.

Tabla VI. **Características físicas tapa D-28 *lockless***

DENOMINACIÓN	TAPA D-28 *LOCKLESS*
MATERIA PRIMA TAPA	HOMOPOLÍMERO DE PP
CANTIDAD DE ESTRÍAS	60
PESO TOTAL	1,60 grs
APLICACIÓN	PICO PCO 1810 (28 mm)
PERSONALIZACIÓN	TAMPOGRAFÍA A 1 COLOR

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

Figura 4. **Tapa rosca D-28 *lockless***

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

- Tapa D-48 con *liner* de eva

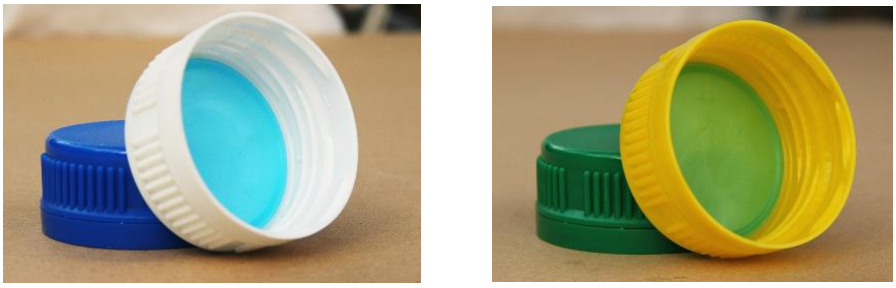
Para bebidas con un sistema de *liner* de compuesto de EVA, con un sello de seguridad con traba del precinto, que permite la conservación de los líquidos en perfecto estado, y asegurando el destape y corte a 360°.

Tabla VII. **Características físicas tapa D-48 con *liner* de eva**

DENOMINACIÓN	TAPA D-48 CON *LINER* DE EVA
MATERIA PRIMA TAPA	PEHD
MATERIA PRIMA LINER	COMPUESTO DE EVA (Aprob. -atoxico)
CANTIDAD DE ESTRÍAS	60
PESO TOTAL	6,30 grs
APLICACIÓN	PICO 48/40 -alto- (stándard PET 48 mm)

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

Figura 5. **Tapa roscas D-48 con *liner* de eva**



Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

- Tapa D-48 con *liner* p.e. exp.

Para bebidas no carbonatados, con un sello de seguridad de *liner* de PE exp., con un perfecto cierre del envase, y se adapta a las imperfecciones o diferencia de tamaño en la boca del envase, cuenta con un sistema de trabas angulares, asegurando el destape y el corte del mismo a 360°, ideal para envases de 5 a 10 litros de agua mineral, jugos, aceites, productos de limpieza, etre otros.

Tabla VIII. **Características físicas tapa D-48 con *liner* p.e.**

DENOMINACIÓN	TAPA D-48 CON *LINER* P.E.
MATERIA PRIMA TAPA	PEHD
MATERIA PRIMA LINER	PE EXPANDIDO (Aprob. -atóxico)
CANTIDAD DE ESTRÍAS	60
PESO TOTAL	6,30 grs
APLICACIÓN	PICO 48/40 -alto- (stándard 48 mm PET)

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

Figura 6. **Tapa rosca D-48 con *liner* p.e.**

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

- Tapa D-48 stándard con labio

Con el modelo de un labio en la parte inferior del envase, este sistema de sello asegura un perfecto estado de conservación, manteniendo la calidad del líquido, mediante trabas angulares ofreciendo un alto nivel de traba del precinto, asegurando el destape, y corte de la misma a 360°.

Tabla IX. **Características físicas tapa D-48 stándard con labio**

DENOMINACIÓN	TAPA D-48 STÁNDARD CON LABIO
MATERIA PRIMA TAPA	PEHD
CANTIDAD DE ESTRÍAS	60
PESO TOTAL	5,7 grs (+/- 2%)
APLICACIÓN	PICO 48/40 –alto- (stándard PET 45 mm)

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

Figura 7. **Tapa rosca D-48 stándard con labio**

Fuente: BONTAPS S.R.L. www.bontapsplasticos.com. Consulta: 1 de junio de 2016.

2.2.1.2. Propiedades mecánicas

Al incluir las tapas trituradas dentro del concreto lo hace un poco más liviano, se verificaron las propiedades mecánicas del material reciclado como su función en la compresión dentro del concreto, y como se adhiere a la mezcla y que no falle al momento de someter el concreto a esfuerzos. Los ángulos son esenciales, ya que se deben utilizar solo partículas del material triturado que tengan ángulos pronunciados y que no sean tan planas ni alargadas, para que dentro del concreto los distintos ángulos trabajen con la misma compresión y que se pueda adaptar correctamente dentro del concreto liviano.

3. PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO

3.1. Materiales plásticos triturados

De los materiales plásticos triturados se deben separar los agregados gruesos y los finos, debido a que de los plásticos triturados no se obtienen partículas de una forma redondeada y sin absorción, por tal razón la adherencia es mínima y las partículas obtenidas son planas y con formas angulosas, el material principal se obtiene con los distintos tipos y colores de las tapas de botes.

Para que el material reciclado sea idóneo y satisfactorio en la implementación al concreto, se debe triturar de la mejor manera y que se obtenga un producto con características similares al agregado pétreo, es por ello que se clasificó para la separación de partículas por tamaño.

3.1.1. Agregados gruesos y finos (plástico)

Del material plástico triturado se hicieron los ensayos necesarios para separar el material fino y grueso, analizando físicamente y visualmente se llegó a la conclusión, que en la trituración se obtuvo únicamente agregado fino y, que solamente se puede reemplazar el agregado fino en el diseño de mezcla de concreto.

3.2. Materiales de origen mineral

Los materiales de origen mineral se obtienen y se han estado procesado desde el mismo inicio del planeta, en la cual se obtiene por la expulsión de magma o roca derretida de los volcanes, el proceso de expulsión se produce con las presiones entre las distintas capas o mantos del planeta.

Los tipos de rocas que se obtiene en ese proceso pueden ser: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

- Rocas ígneas se obtienen por enfriamiento y solidificación del magma o roca fundida, que es expulsada por los volcanes.

- Las rocas sedimentarias son fragmentos de rocas antiguas; erosionadas y fracturadas en los distintos períodos de climas, por el agua, el viento y el hielo glaciar. Por un período largo, se trasforman en rocas de distintas capas por la adherencia de partículas de rocas depositados por el viento y el principal material de roca de este tipo es la piedra caliza.

- La roca metamórfica es el producto de la presión y temperatura, de las rocas ígneas y sedimentarias, en la cual se produce en los distintos extractos o capas de la tierra y los principales materiales que se obtienen son: el mármol y la pizarra.

3.2.1. Agregados gruesos y finos (mineral)

Los agregados de origen mineral, ya sea de canto rodado o triturado, son los materiales estándares en la construcción de todo tipo de estructuras, y se

pueden identificar separando el material con el tamiz número 4, todo lo que pasa es agregado fino y todo lo que retiene es agregado grueso.

3.3. Análisis completo de los agregados

El análisis del agregado fino, determina como este cumple con los ensayos requeridos y especificados por la Norma Coguanor NTG 41007 (ASTM C-33), se verificó la calidad del agregado para su utilización en la construcción y se informan en un formato técnico.

3.3.1. Agregados plásticos y pétreos

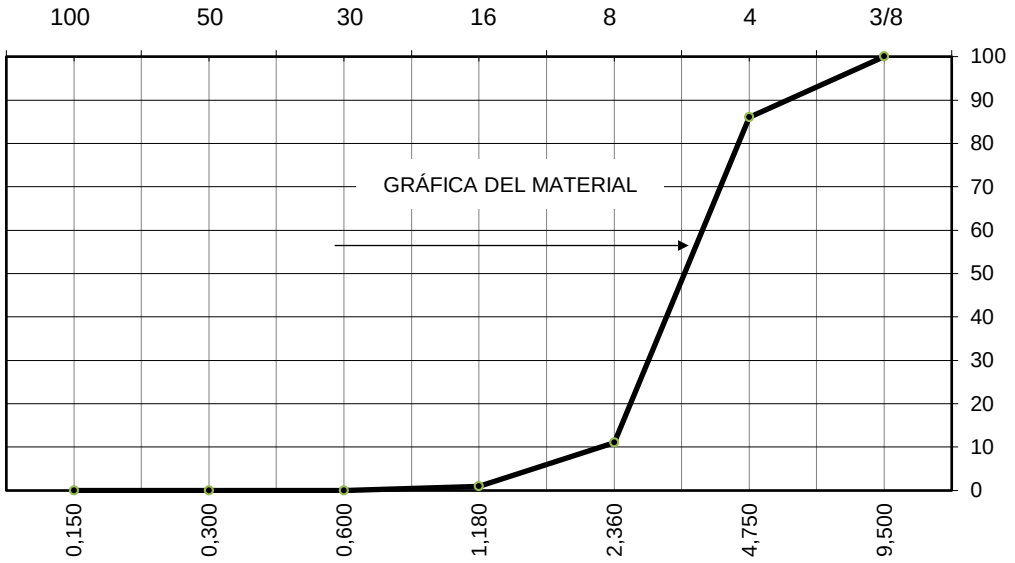
El agregado de origen plástico empleado en las mezclas investigadas para este trabajo de graduación proviene de la trituración de las tapas de botes de plástico desechados, y el de origen pétreo se obtiene de bancos de canto rodado y triturado.

3.3.1.1. Características físicas de las tapas trituradas

En el siguiente formato se pueden observar las características físicas que dieron como resultado los ensayos realizados, al material o agregado fino plástico y se tomó como base la norma que se utiliza para los ensayos del agregado fino pétreo.

Tabla X. **Características físicas de las tapas trituradas**

Peso específico	0,87	Porcentaje de vacíos (%)	52,00
Peso unitario compactado (kg/m^3)	420,00	Módulo de finura	5,02
Peso unitario suelto(kg/m^3)	370,00		



Tamiz No.	3/8	4	8	16	30	50	100	FONDO
Porcentaje que pasa	100,0	86,0	11,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0

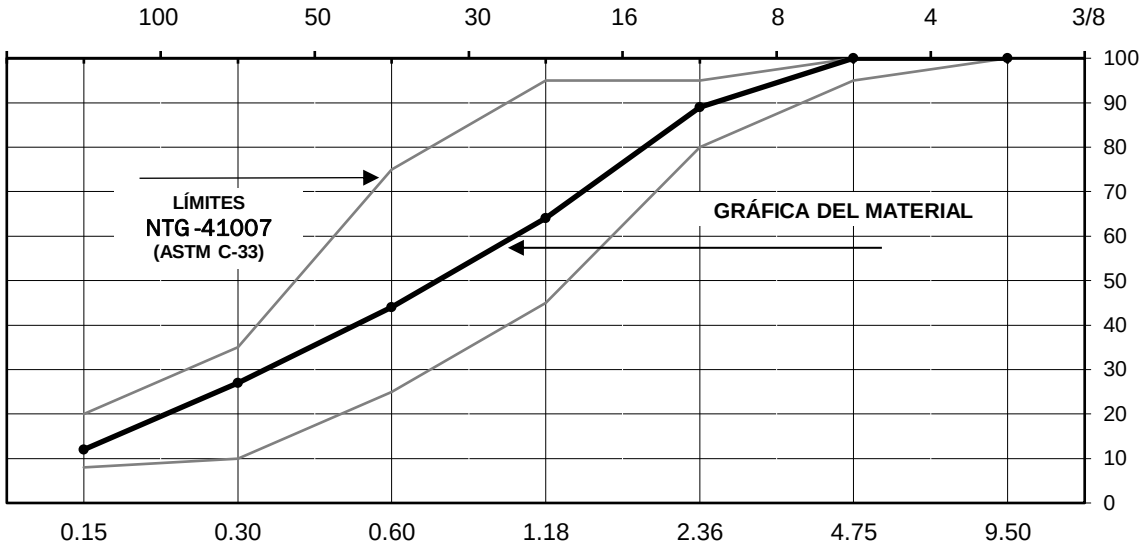
Fuente: elaboración propia.

3.3.1.2. Características físicas del agregado fino

Al agregado fino se le analizaron sus características físicas en los ensayos realizados para conocer si cumple con lo especificado por la Norma Coguanor NTG 41007 (ASTM C-33) y se llevó un control de calidad para conocer las propiedades mecánicas del concreto.

Tabla XI. **Características físicas del agregado fino**

Peso específico	2,64	Contenido de materia orgánica	1
Peso unitario compactado (kg/m^3)	1790,00	Pasa tamiz # 200 (%)	3,10
Peso unitario suelto(kg/m^3)	1670,00	Retenido tamiz 6,35 (%)	0,00
Porcentaje de vacíos (%)	32,00	Módulo de finura	2,64
Porcentaje de absorción (%)	0,70		



Tamaño en milímetros

Tamiz No.	9,50	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
Porcentaje que pasa	100,00	100,00	89,00	64,00	44,00	27,00	12,00

Fuente: elaboración propia.

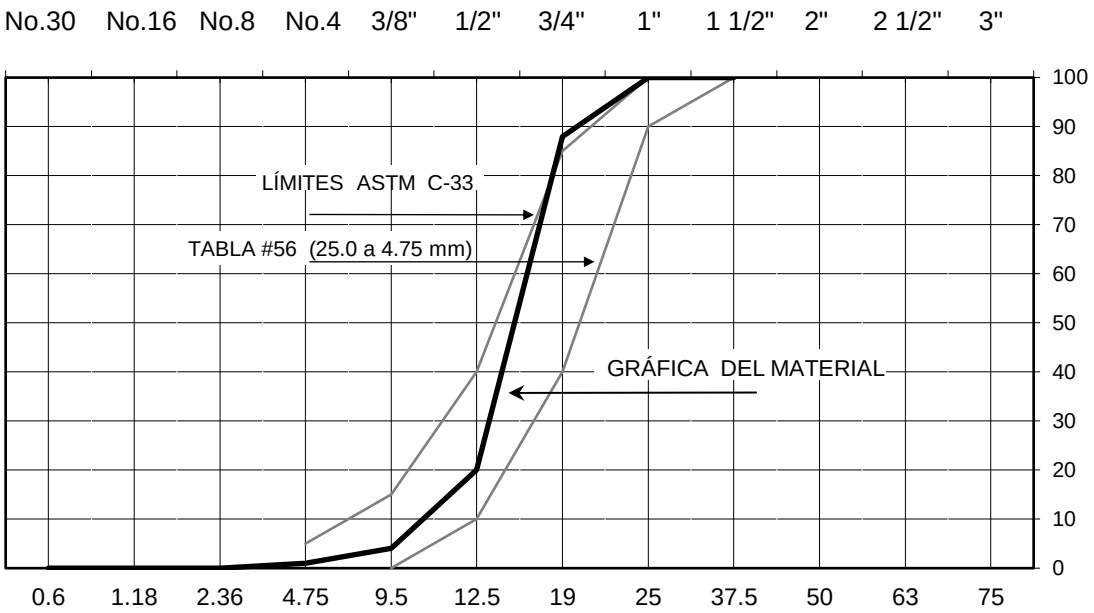
3.3.1.3. Características físicas del agregado grueso

Las propiedades mecánicas y características físicas del agregado grueso se analizaron para verificar la calidad del material, ya que es parte fundamental

para la fabricación del concreto, y verificar si cumple con las especificaciones de Norma Coguanor NTG 41007 (ASTM C-33).

Tabla XII. **Características físicas del agregado grueso**

Peso específico	2,69	Pasa tamiz # 200 (%)	0,30
Peso unitario compactado (kg/m^3)	1 540,00	Porcentaje de vacíos (%)	43,00
Peso unitario suelto (kg/m^3)	1 430,00	Módulo de finura	7,07
Porcentaje de absorción	0,50		



Tamiz No.	11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16
Porcentaje que pasa	00,0	100,00	88,00	20,00	4,00	1,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Graduación y angularidades

Al analizar el material plástico triturado se obtuvo una graduación normal con módulo de finura de 5,02, esto significa que el material es más grueso al agregado fino pétreo, no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1, pues se utilizaron los parámetros de análisis de agregado fino, debido a que las tapas trituradas tienen corrugas y al triturarlos se obtuvo un material con caras triangulares, que puede fácilmente adherirse al concreto normal y se forma un concreto liviano.

3.3.3. Granulometría

En la granulometría de los agregados fino y grueso se obtuvo una graduación dentro de los parámetros establecidos por las Norma Coguanor NTG 41010 h1 (ASTM C-136), por tal razón las muestra se utilizaron de forma adecuada, sin embargo, con el análisis del material plástico triturado se tomaron parámetros del análisis del agrado fino, pero el módulo de finura es mayor a los límites permisibles, no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1, según la Norma Coguanor NTG 41007 (ASTM C-33), pero el material se puede sustituir en porcentajes respecto al agregado fino, por las características y formas del material alternativo obtenido.

3.3.4. Peso volumétrico

El peso volumétrico de los materiales analizados fino y grueso, está dentro de los parámetros establecidos en la norma, por lo que pueden ser utilizados de forma adecuada, como era de esperarse el material plástico triturado dio como resultado un material liviano, que puede utilizarse sustituyendo al material fino en porcentajes, y siguiendo las especificaciones de Norma Coguanor NTG

41010h2 (ASTM C-29) y aproximando el resultado a los 10 kg/m³ (1lb/pie³), más cercano.

3.3.5. Gravedad específica y absorción

El peso específico de los agregados dio un resultado satisfactorio, obteniendo datos dentro del parámetro establecido que se encuentra dentro del rango de 2,2 a 2,9, tanto el agregado grueso como el fino y para el material plástico fino triturado, se utilizaron las especificaciones de las normas para el agregado fino y dio un resultado menor a 2,2, lo esperado para el plástico triturado (liviano) y el porcentaje de absorción de los agregados está dentro de los rangos establecidos para agregados pétreos triturados y para el material alternativo de reciclaje, siendo un material plástico triturado, no tiene absorción, y siguiendo las especificaciones de las Norma Coguanor NTG 41010 h8 (ASTM C-127) y NTG 41010 h9 (ASTM C-128), se aproxima la densidad relativa al 0,01 más cercano y absorción de agua al más cercano 0,1 %.

4. DISEÑO DE MEZCLA CON MATERIALES RECICLADOS (POLIPROPILENO)

4.1. Implementación del polipropileno (tapas de plástico triturado)

Conociendo las características físicas del agregado plástico, se procede a implementarlo en el concreto con proporciones en porcentaje de peso, en sustitución del agregado fino a razón de 5 % en adelante, pero menos del 30 %, para no alterar la trabajabilidad del concreto fresco y la resistencia del concreto endurecido.

En el diseño de mezcla, la proporción de agregado fino se le resta el 5 % y se sustituye por agregado fino triturado, se colocó en peso para no alterar las características mecánicas del concreto, al sustituir el peso del agregado fino triturado de plástico es el mismo, pero su volumen es mayor, por tal razón aumenta el volumen del concreto dependiendo del porcentaje de plástico a considerar, y al aumentar el volumen hará que baje su peso unitario, logrando así que sea liviano.

4.2. Diseño teórico

El diseño teórico se realiza con los resultados obtenidos en el laboratorio del análisis de los agregados pétreos y plástico, realizados en el CII/USAC; el diseño de mezcla está propuesto para agregados en condición seco-saturados; debido a las condiciones de obra se deberá corregir por humedad y llevar un sistema de control de calidad según lo establece el Código ACI 211.

4.2.1. Diseño de mezcla de concreto normal

El diseño de concreto normal se realiza con agregados triturados pétreos y cemento UGC 4060 psi Tipo I (PM), la cual fue diseñada por el método del CII/USAC, corrigiendo el diseño por la humedad de los agregados.

Tabla XIII. **Datos de laboratorio**

Peso específico arena		2,64
Peso específico piedrín		2,69
Peso unitario suelto arena (kg/m^3)		1 670,00
Peso unitario suelto piedrín (kg/m^3)		1 430,00
f´c		281,00
f´s		35,00
Asentamiento		8a10 cm(3"a4")
Tamaño nominal máximo agregado grueso		3/4"
Cantidad de agua lts/m^3	Asentamiento	200,00
	Tamaño agregado	
Relación w/c		0,50
Porcentaje arena total (tamaño agregado)		0,44
Módulo de finura arena		2,64
Peso unitario concreto (kg/m^3)		2 400,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Mezcla patrón

Para los datos de la mezcla patrón se toman parámetros establecidos por el diseño mezcla del CII/USAC, y para el control de calidad de las muestras de cilindros se utiliza lo establecido por el Código ACI 211, con agregados pétreos triturados, son los siguientes:

Tabla XIV. **Mezcla patrón**

CONCRETO NORMAL $f'_c = 281\ kg/cm^2$			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m^3)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,98	50,40	792,00
PIEDRÍN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Diseño de mezcla de concreto normal con 5 % de plástico

Los datos del diseño de mezcla con implementación de 5 % de plástico triturado, en sustitución por peso del agregado fino, utilizando parámetros establecidos por el CII/USAC, con las recomendaciones del Código ACI 211, para la toma de muestras de especímenes en comparación de la mezcla de patrón, son los siguientes.

Tabla XV. **Diseño de mezcla de concreto normal con 5 % de plástico**

CONCRETO NORMAL f'_C = 281 kg/cm²			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m³)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,88	47,80	752,40
PLÁSTICO TRITURADO	0.10	2,60	39,60
PIEDRÍN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Diseño de mezcla de concreto normal con 10 % de plástico

Los datos del diseño de mezcla con implementación de 10 % de plástico triturado, en sustitución en peso del agregado fino pétreo, en comparación de la mezcla patrón, bajo el control de calidad del CII/USAC, con las recomendaciones del Código ACI 211, para la toma de especímenes, son los siguientes.

Tabla XVI. **Diseño de mezcla de concreto normal con 10 % de plástico**

CONCRETO NORMAL f'_C = 281 kg/cm²			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m³)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,78	45,30	712,80
PLÁSTICO TRITURADO	0.20	5,10	79,20
PIEDRÍN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.5. Diseño de mezcla de concreto normal con 15 % de plástico

Para los datos de la mezcla con implementación de 15 % de plástico triturado, en sustitución del agregado fino triturado, llevando un control de calidad según el CII/USAC, con las recomendaciones del Código ACI 211, con parámetros en comparación de la mezcla patrón, son los siguientes.

Tabla XVII. **Diseño de mezcla de concreto normal con 15 % de plástico**

CONCRETO NORMAL f'_c = 281 kg/cm²			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m³)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,68	42,80	673,20
PLÁSTICO TRITURADO	0.30	7,60	118,80
PIEDRÍN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.6. Diseño de mezcla de concreto normal con 20 % de plástico

Los datos del diseño con implementación de 20 % de plástico triturado, en sustitución del agregado triturado pétreo, utilizando parámetros de control de calidad del CII/USAC, con las recomendaciones del Código ACI 211, para verificar la calidad de la mezcla en comparación de la mezcla patrón, son los siguientes.

Tabla XVIII. **Diseño de mezcla de concreto normal con 20 % de plástico**

CONCRETO NORMAL f'_C = 281 kg/cm²			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m³)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,58	40,20	633,60
PLÁSTICO TRITURADO	0.40	10,20	158,40
PIEDRÍN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.7. Diseño de mezcla de concreto normal con 25 % de plástico

Los datos del diseño teórico de mezcla con implementación de 25 % de plástico triturado, en sustitución de agregado triturado pétreo fino, con parámetros de establecidos del CII/USAC, siguiendo las recomendaciones del Código ACI 211, para verificar la calidad de la mezcla, son los siguientes.

Tabla XIX. **Diseño de mezcla de concreto normal con 25 % de plástico**

CONCRETO NORMAL f'_C = 281 kg/cm²			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m³)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,48	37,70	594,00
PLÁSTICO TRITURADO	0.50	12,70	198,00
PIEDRÍN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.8. Diseño de mezcla de concreto normal con 30% de plástico

Los datos del diseño de mezcla de concreto con implementación de 30 % de plástico triturado, en sustitución del agregado fino pétreo triturado, utilizando los parámetros establecidos por el CII/USAC, siguiendo las recomendaciones del Código ACI 211, y en comparación del diseño, para su control de calidad, son los siguientes:

Tabla XX. **Diseño de mezcla de concreto normal con 30 % de plástico**

CONCRETO NORMAL f'_C = 281 kg/cm²			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m³)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,39	35,40	554,40
PLÁSTICO TRITURADO	0.59	15,00	237,60
PIEDRÍN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

Fuente: elaboración propia.

4.3. Diseño práctico

De acuerdo con los datos obtenidos de los diseños teóricos, se realizó el diseño práctico, en el cual se obtuvieron 6 especímenes de cilindros de concreto para su respectivo ensayo a compresión a 3, 7 y 28 días como indica la Norma Coguanor NTG 41060 (ASTM C–192). También se realizaron vigas de concreto para ensayarlos a flexión según Norma Coguanor NTG 41017 h2 (ASTM C-78), y muestra de losa de concreto para el ensayo de permeabilidad según Norma ASTM C-1701.

Se realizó la muestra de concreto fresco con los parámetros obtenidos en el diseño teórico, en la muestra se realizaron los siguientes ensayos:

- Asentamiento

Se realiza para verificar que la mezcla tenga la cantidad de agua necesaria y una consistencia ideal según el diseño teórico, las pruebas se realizaron con el cono de Abrams y siguiendo las especificaciones según la Norma Coguanor NTG 41052 (ASTM C 143).

Figura 8. **Asentamiento**

Foto: Laboratorio del nuevo Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

- Temperatura

La temperatura es esencial, se verifica que el concreto esté a una temperatura ideal, si esta es baja daña la trabajabilidad del concreto, y si es alta, el concreto pasa de un estado plástico a sólido en un corto tiempo y el ensayo no es válido, la temperatura según los estudios puede ser de 24 grados Celsius (75 °F) y con una aproximación de 0,5 grados Celsius (1 °F) y siguiendo los parámetros de la Norma Coguanor NTG 41053 (ASTM C 1064).

Figura 9. **Temperatura**

Foto: Laboratorio del nuevo Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

- Peso unitario del concreto

Es la masa del concreto colocado en un volumen conocido, se verifica que el peso unitario del concreto en el diseño sea igual al diseño práctico en obra, la densidad aparente (masa unitaria) del concreto se aproxima al 1,0 kilogramos por metro cúbico (0,1 lb/pie^3) y el recipiente de medición estándar debe ser de 7 l (0,25 pie^3) y siguiendo los parámetros de la Norma Coguanor NTG 41017h5 (ASTM C 138.)

- Porcentaje de aire

El ensayo se hace para conocer el porcentaje de aire dentro del concreto, asimismo para verificar que dentro del concreto no se acumule aire que puede afectar su resistencia, el contenido de aire no debe exceder de 7 %, y aproximar al más cercano 0,1 %, siguiendo los parámetros de la Norma Coguanor NTG 41017 h7 (ASTM C 231).

- Muestras de especímenes de cilindros

La elaboración y curado de especímenes cilíndricos de concreto en laboratorio, según Norma Coguanor NTG 41060 (ASTM C-192) y tomando las recomendaciones del Código ACI 211, se elaboraron 6 especímenes en moldes especiales normados, estos pueden ser de acero o de plástico con dimensiones: 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura, se toman las muestras necesarias para su ensayo respectivo a compresión, las muestras deben estar sumergidas en agua a 73,5 ± 3,5 °F (23,0 ±2,0 °C) y los resultados se aproximan al 0,1 MPa (10 lb/pulg^2) más cercanos y siguiendo parámetros de la Norma Coguanor NTG 41017h1 (ASTM C-39).

- Vigas de concreto

Las muestras se toman con moldes normados que tienen una dimensión de 6 * 6 * 21 pulgadas y se ensayan a 28 días cuando el concreto alcanza su resistencia máxima, las muestras se ensayan a flexión y se calcula el módulo de ruptura aproximado al más cercano 0,05 MPa (5 psi), según las especificaciones de la Norma Coguanor NTG 41017 h2 (ASTM C 78-09).

- Losas de concreto para permeabilidad

Las losas de concreto tienen una dimensión de 40 x 8 x 60 centímetros, en los ensayos se incluyeron residuos de plásticos triturados en porcentajes de 5, 10, 15, 20, 25, y 30 % de plástico, se llegó a la conclusión de colocar un máximo de 30 % pues mayor a este porcentaje afecta la trabajabilidad del concreto y para este ensayo se utiliza las especificaciones de la Norma ASTM C 1701.

4.3.1. Consideraciones del concreto liviano

La implementación del plástico dentro del concreto en sustitución del agregado fino, hace que las características: físicas, químicas y propiedades mecánicas del concreto, cambien de una manera que aumenten su volumen, sea menos contaminante al medio ambiente y baja la resistencia del concreto, formando así un concreto más liviano dependiendo de la cantidad de plástico a utilizar en el concreto.

4.3.2. Usos del concreto liviano

El concreto liviano se puede aplicar en distintas estructuras donde no lleva mucho esfuerzo; el concreto posee cierto porcentaje de plástico, por lo que su resistencia es menor, su aplicación está concentrada en estructuras como pavimentos de jardín, cajas de fusibles, paredes de casas económicas, pisos de pasillos, entre otros.

4.3.2.1. Mampostería estructural

Estructura conformada por losa y muro, diseñada para soportar su propio peso, así como cargas horizontales y verticales, es simplemente la elaboración de estructuras de casas como la fabricación de *block*, cajas de registro, paredes de casas construidas en una fábrica y que pueden ser colocados en una construcción del país.

La mampostería es fácil de hacer económicamente y colocarlos en una estructura, ya que se ahorra dinero y tiempo.

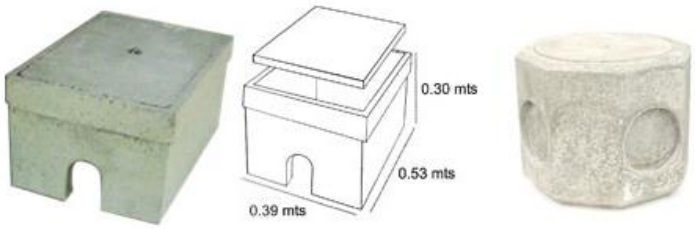
Figura 10. **Mampostería estructural**

Fuente: Google*. Mampostería estructural en concreto liviano*. Consulta: 14 de octubre de 2015.

4.3.2.2. Cajas de registro

Las cajas de registro de concreto se pueden fabricar de distintas formas y tamaños, son útiles en toda construcción y son colocadas en un punto diseñado para una estructura como: registro de fusibles, tubería y cajas para almacenamiento de piezas de repuestos y no trabajan a esfuerzo máximo.

Figura 11. **Cajas de registro**



Fuente: Google. *Cajas de registro de concreto*. Consulta: 14 de octubre de 2015.

4.3.2.3. Banquetas de concreto

Las banquetas de concreto con adición de plástico son económicamente viables, ya que el volumen de concreto aumenta en porcentaje y esto hace que se pueda reciclar la mayor cantidad de plástico triturado y la resistencia del concreto cumple con un promedio de 3 000 a 4 000 psi, con el 10 % de plástico incluido y no trabajan con carga máxima.

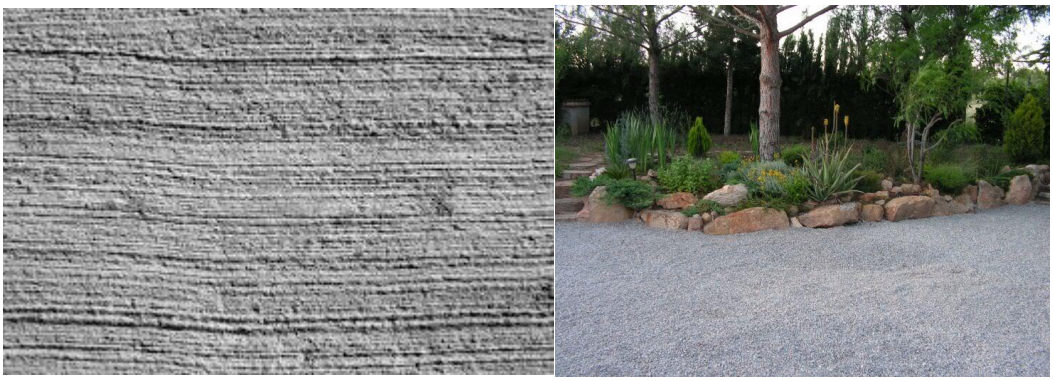
Figura 12. **Banquetas de concreto**

Fuente: Google. *Banquetas de concreto*. Consulta: 14 de octubre de 2015

4.3.2.4. Pavimentos de jardín

Los pavimentos de jardín no trabajan con carga máxima, son ideales para colocarlos en los lugares donde se estacionan vehículos o para vías peatonales, es por eso que los pavimentos de concreto con porcentajes de plásticos triturados son ideales, ya que soportan cargas menores, y a la vez se recicla el plástico triturado para ayudar al medio ambiente.

Figura 13. **Pavimentos de jardín**



Fuente: Google. *Pavimento de jardín*. Consulta: 14 de octubre de 2015.

5. ENSAYOS DE LABORATORIO AL CONCRETO LIVIANO

5.1. Muestreo de concreto fresco

Las especificaciones del Código ACI recomiendan la obtención de los ensayos del concreto fresco, siguiendo los parámetros de la Norma Coguanor NTG 41057 (ASTM C-172), que especifican claramente la forma correcta del muestreo de concreto fresco.

- Temperatura: la Norma Coguanor NTG 41053 (ASTM C-1064) especifica claramente la forma correcta de realizar el ensayo, se debe de tomar en un tiempo mínimo de dos minutos, pero no más de cinco, y registrar la temperatura, con una aproximación de 0,5 °C (1 °F), del concreto recién mezclado.

5.2. Esfuerzo a compresión en cilindros de concreto

Los especímenes para la prueba de esfuerzo a compresión en cilindros de concreto fueron ensayados en la máquina de compresión RIEHLE Testing Machine división con capacidad de 300 000 libras y se verificó la falta de precisión de la máquina para obtener resultados exactos, y siguiendo las especificaciones de la Norma Coguanor NTG 41017h1 (ASTM C-39), con una aproximación de 0,1 MPa (10 lb/pulg^2) más cercanos.

- Mezcla patrón

La mezcla patrón utiliza parámetros de diseño con agregados pétreos, que tiene una resistencia de alta calidad y es utilizada como base para comparar la resistencia a compresión en los ensayos de cilindros con materiales reciclados a implementar, y los datos son los siguientes.

Tabla XXI. **Esfuerzo en mezcla patrón**

Núm. CILINDRO OBRA	Núm. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/pig²	TIPO DE FRACTURA
1	111-06	15/06/2015	18/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	13,235	15,160	30,500	53 000	13,10	1 900	B
2	112-06	15/06/2015	18/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	13,225	15,190	30,520	58 000	14,20	2 060	B
3	113-06	15/06/2015	22/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	13,160	15,170	30,507	72 000	17,70	2 570	C
4	114-06	15/06/2015	22/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	13,160	15,190	30,493	78 000	19,10	2 770	C
5	168-07	15/06/2015	13/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	13,145	15,120	30,240	115 000	28,50	4 140	D
6	169-07	15/06/2015	13/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	13,215	15,250	30,493	110 000	26,80	3 890	D

CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO FRESCO	
ENSAYO	RESULTADO
Asentamiento	7,5 cm
Peso unitario	2 400,0 Kg/m³
Contenido de aire	1,20%
Temperatura	23,4 °C.
Proporción	1 : 1,98 : 2,52 : 0,48

Fuente: elaboración propia.

- Mezcla con 5 % de plástico

La mezcla de concreto con implementación de plástico triturado con un porcentaje de 5 %, se realizaron los ensayos para verificar la resistencia de los especímenes de cilindros de concreto liviano y analizar su funcionalidad mecánica, y los datos son los siguientes.

Tabla XXII. **Esfuerzo en mezcla con 5 % de plástico**

Núm. CILINDRO OBRA	Núm. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	176-07	14/07/2015	17/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	12,705	15,180	30,693	35 000	8,60	1 250	B
2	177-07	14/07/2015	17/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	12,680	15,200	30,660	37 000	9,10	1 320	B
3	178-07	14/07/2015	21/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,630	15,235	30,520	50 000	12,20	1 770	B
4	179-07	14/07/2015	21/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,665	15,220	30,387	52 000	12,70	1 840	B
5	73-08	14/07/2015	11/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,720	15,185	30,457	93 000	22,80	3 310	C
6	74-08	14/07/2015	11/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,670	15,225	30,297	95 000	23,20	3 370	C

CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO FRESCO (5 % plástico)	
ENSAYO	RESULTADO
Asentamiento	6,00 cm
Peso unitario	2 310,0 Kg/m³
Contenido de aire	1,30%
Temperatura	22,90 °C.
proporción	1 : 1,88 : 0,10 : 2,52: 0,50

El 5 % de agregado fino se sustituyó por plástico triturado.

Fuente: elaboración propia.

- Mezcla con 10 % de plástico

La mezcla con implementación de un porcentaje del 10 % de plástico triturado, proporciona datos de su funcionalidad como concreto liviano y se analiza su resistencia mecánica en obras de ingeniería civil, y los datos son los siguientes.

Tabla XXIII. **Esfuerzo en mezcla con 10 % de plástico**

Núm. CILINDRO OBRA	Núm. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	115-06	19/06/2015	22/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	12,150	15,150	30,393	45 000	11,10	1 610	B
2	116-06	19/06/2015	22/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	12,115	15,250	30,180	43 000	10,50	1 520	B
3	117-06	19/06/2015	26/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,295	15,200	30,547	57 500	14,10	2 050	B
4	118-06	19/06/2015	26/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,310	15,190	30,540	53 000	13,00	1 890	B
5	170-07	19/06/2015	17/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,405	15,200	30,493	85 000	20,80	3 020	C
6	171-07	19/06/2015	17/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,490	15,225	30,513	86 000	21,00	3 050	C

CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO FRESCO (10 % plástico)	
ENSAYO	RESULTADO
Asentamiento	2,50 cm
Peso unitario	2 250,0 Kg/m³
Contenido de aire	1,30%
Temperatura	23,40 °C.
Proporción	1 : 1,78 : 0,20 : 2,52 : 0,45

El 10 % de agregado fino se sustituyó por plástico triturado.

Fuente: elaboración propia.

- Mezcla con 15 % de plástico

La mezcla con implementación de 15 % de plástico triturado, se hizo comparación con la mezcla patrón, para verificar la calidad de resistencia de los especímenes de concreto liviano y su utilización del concreto en obras de ingeniería civil con alto grado de impacto ambiental, y los datos son los siguientes.

Tabla XXIV. **Esfuerzo en mezcla con 15 % de plástico**

Núm. CILINDRO OBRA	Núm. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	180-07	17/07/2015	20/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	11,895	15,210	30,767	34 000	8,30	1 200	B
2	181-07	17/07/2015	20/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	11,875	15,240	30,770	35 000	8,50	1 230	B
3	182-07	17/07/2015	24/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	11,850	15,200	30,377	43 000	10,50	1 520	B
4	183-07	17/07/2015	24/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,030	15,135	30,630	45 000	11,10	1 610	B
5	75-08	17/07/2015	14/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	11,910	15,055	30,657	66 000	16,50	2 390	C
6	76-08	17/07/2015	14/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,030	15,080	30,780	68 000	16,90	2 450	C

CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO FRESCO (15 % plástico)	
ENSAYO	RESULTADO
Asentamiento	1,00 cm
Peso unitario	2 180,0 Kg/m³
Contenido de aire	1,60%
Temperatura	22,40 °C.
Proporción	1 : 1,68 : 0,30 : 2,52 : 0,50

El 15 % de agregado fino se sustituyó por plástico triturado.

Fuente: elaboración propia.

- Mezcla con 20 % de plástico

Las mezclas con implementación en porcentajes del 20 % de plástico triturado, en sustitución por peso del agregado fino y en comparación con las resistencias de los especímenes de la mezcla patrón, se verificó la eficacia del concreto liviano y se analizaron las propiedades mecánicas del concreto con material reciclado, para la utilización en obras civiles, y los datos son los siguientes.

Tabla XXV. **Esfuerzo en mezcla con 20 % de plástico**

Núm. CILINDRO OBRA	Núm. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/pig²	TIPO DE FRACTURA
1	117-06	19/06/2015	22/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	11,560	15,200	30,420	38 000	9,30	1 350	B
2	118-06	19/06/2015	22/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	11,600	15,230	30,600	38 000	9,30	1 350	B
3	119-06	19/06/2015	26/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	11,655	15,210	30,513	47 000	11,50	1 670	B
4	120-06	19/06/2015	26/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	11,700	15,190	30,513	47 000	11,50	1 670	B
5	172-07	19/06/2015	17/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	11,610	15,240	30,593	66 000	16,10	2 340	C
6	173-07	19/06/2015	17/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	11,710	15,170	30,540	63 000	15,50	2 250	C

CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO FRESCO (20 % plástico)	
ENSAYO	RESULTADO
Asentamiento	1,00 cm
Peso unitario	2 160,0 Kg/m³
Contenido de aire	1,20%
Temperatura	22,90 °C.
proporción	1 : 1,58 : 0,40 : 2,52 : 0,44

El 20 % de agregado fino se sustituyó por plástico triturado.

Fuente: elaboración propia.

- Mezcla con 25 % de plástico

La mezcla con implementación en porcentajes del 25 % de plástico triturado, en sustitución en peso del agregado fino, se obtienen parámetros de resistencia en comparación con la mezcla patrón y se identifica su resistencia mecánica del concreto liviano con agregado triturado, y los datos son los siguientes.

Tabla XXVI. **Esfuerzo en mezcla con 25 % de plástico**

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	184-07	17/07/2015	20/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	10,505	15,190	30,720	23 000	5,60	810	B
2	185-07	17/07/2015	20/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	10,410	15,175	30,620	25 000	6,20	900	B
3	186-07	17/07/2015	24/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	10,635	15,115	30,520	30 000	7,40	1 070	B
4	187-07	17/07/2015	24/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	10,705	15,195	30,723	30 000	7,40	1 070	B
5	77-08	17/07/2015	14/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	10,635	15,065	30,357	40 000	10,00	1 450	C
6	78-08	17/07/2015	14/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	10,585	15,040	30,623	41 500	10,40	1 510	C

CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO FRESCO (25 % plástico)	
ENSAYO	RESULTADO
Asentamiento	0,50 cm
Peso unitario	1 970,0 Kg/m³
Contenido de aire	7,00%
Temperatura	23,40 °C.
proporción	1 : 1,48 : 0,50 : 2,52 : 0,45

El 25 % de agregado fino se sustituyó por plástico triturado.

Fuente: elaboración propia.

- Mezcla con 30 % de plástico

El porcentaje de plástico triturado incluido de 30 % en la mezcla de concreto proporciona un concreto liviano y con un alto índice de reciclado para mejoras del impacto ambiental en el país, sabiendo que su resistencia mecánica es baja en comparación con la resistencia de la mezcla patrón y los datos son los siguientes.

Tabla XXVII. **Esfuerzo en mezcla con 30 % de plástico**

Núm. CILINDRO OBRA	Núm. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	121-06	23/06/2015	26/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	10,570	15,190	30,600	22 000	5,40	780	B
2	122-06	23/06/2015	26/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	10,370	15,180	30,587	20 000	4,90	710	B
3	123-06	23/06/2015	30/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	10,285	15,090	30,513	29 000	7,20	1 050	B
4	124-06	23/06/2015	30/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	10,095	15,080	30,453	29 500	7,40	1 070	B
5	174-07	23/06/2015	21/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	10,400	15,195	30,657	38 500	9,40	1 360	C
6	175-07	23/06/2015	21/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	10,405	15,225	30,613	37 500	9,20	1 340	C

CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO FRESCO (30 % plástico)	
ENSAYO	RESULTADO
Asentamiento	0,50 cm
Peso unitario	1 810,0 Kg/m³
Contenido de aire	6,50%
Temperatura	22,40 °C.
Proporción	1 : 1,39 : 0,59 : 2,52 : 0,46

El 30 % de agregado fino se sustituyó por plástico triturado.

Fuente: elaboración propia.

5.3. Permeabilidad

La permeabilidad en el concreto con adición de plástico, es un ensayo hecho para verificar la tasa de infiltración en pulgadas por hora, que se realiza en varias muestras de concreto. A simple vista el concreto permeable tiene características físicas visibles de porosidad, ya que al implementar en porcentaje el plástico triturado en sustitución en peso del agregado fino en mayor cantidad, los materiales plásticos triturados hacen que los componentes dentro del concreto no puedan mezclarse y dejan vacíos dentro del concreto, por tal razón en concreto tiene un aspecto de porosidad que permite la infiltración de agua.

Los resultados obtenidos se toman de varias muestras de concreto para el ensayo de permeabilidad, implementando distintos porcentajes de plástico triturado en sustitución de la arena en peso, y siguiendo las especificaciones de la Norma ASTM C-1701, se llegó a los resultados siguientes.

Tabla XXVIII. **Tasa de infiltración**

	TASA DE INFILTRACIÓN (pulgadas/hora)
Mezcla patrón	0,00
Mezcla con 5 % plástico	0,00
Mezcla con 10 % plástico	0,00
Mezcla con 15 % plástico	0,00
Mezcla con 20 % plástico	0,00
Mezcla con 25 % plástico	217,40
Mezcla con 30 % plástico	292,20

Fuente: elaboración propia.

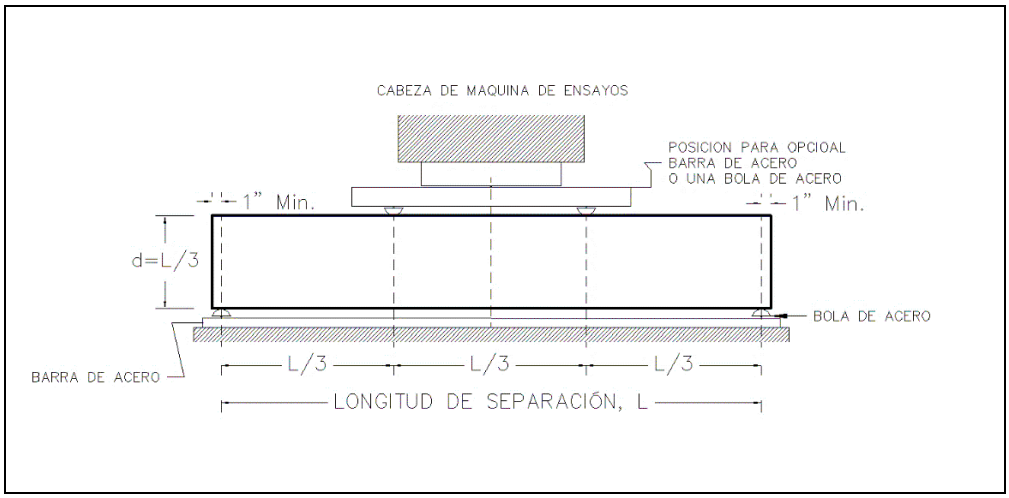
Figura 14. **Permeabilidad**

Fuente: Laboratorio del nuevo Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

5.4. Ensayo a flexión en viga

En la prueba de flexión se manifiesta el efecto de las fuerzas actuantes de compresión y tensión en una viga simplemente soportada en los tercios de la luz del espécimen de ensayo; es un ensayo que se hace para verificar la resistencia máxima que soporta una viga de concreto con adición de plástico, en donde se hace fallar la viga a una edad máxima de 28 días, cuando el concreto alcanza su resistencia máxima y se puede calcular su resistencia con cierto porcentaje de plástico triturado dentro del concreto que lo hace liviano, y se tomaron varios especímenes para su respectivo ensayo a flexión, y siguiendo las especificaciones Norma Coguanor NTG 41017 h2 (ASTM C-78), se llegó a los resultados siguientes.

Figura 15. **Vista diagramática del ensayo en viga**



Fuente: vista diagramática de la Norma ASTM C-78. P. 7/10.

Figura 16. **Ensayo a flexión en viga**

Fuente: Laboratorio del nuevo Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

$R = PL / bd^2$

Donde:

R = módulo de ruptura, MPa o psi.

P = carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo, N o lbf.

L = longitud de la separación de apoyos, mm o pulg.

b = ancho promedio del espécimen, en la fractura, mm o pulg.

d = espesor promedio del espécimen, en la fractura, mm o pulg.

Tabla XXIX. **Ensayo a flexión en viga**

MUESTRA	FECHA DE HECHURA	FECHA DE RUPTURA	EDAD (días)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (mm)	LUZ ENTRE APOYOS (mm)	CARGA RUPTURA (N)	ESFUERZO A FLEXIÓN (Mpa)	ESFUERZO A FLEXIÓN (PSI)
Viga patrón	15/06/2015	13/07/2015	28	152,33	155,00	535,00	457,00	42 259	5,30	770,00
Viga con 5 % plástico	14/07/2015	11/08/2015	28	155,13	152,00	535,00	457,00	38 255	4,90	710,00
Viga con 10 % plástico	19/06/2015	17/07/2015	28	155,00	151,83	533,00	457,00	31 138	4,00	580,00
Viga con 15 % plástico	17/07/2015	14/08/2015	28	154,87	152,93	536,33	457,00	30 248	3,80	550,00
Viga con 20 % plástico	19/06/2015	17/07/2015	28	152,27	154,33	535,33	457,00	26 690	3,40	490,00
Viga con 25 % plástico	17/07/2015	14/08/2015	28	152,07	151,77	535,33	457,00	18 683	2,40	350,00
Viga con 30 % plástico	23/06/2015	21/07/2015	28	154,53	152,53	534,53	457,00	17 793	2,30	330,00

Fuente: elaboración propia.

6. RESULTADOS DEL CONCRETO LIVIANO Y EL CONCRETO NORMAL

6.1. Análisis comparativo

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos, tanto para el concreto normal o patrón, como para los de concreto con adición de plástico al agregado fino, se observa que al implementar en porcentajes al concreto normal la resistencia se va reduciendo, sin embargo, es necesario saber en qué tipo de estructura se va colocar el concreto con adición de plástico.

6.1.1. Físico

El concreto con adición de plástico, en comparación con el concreto patrón, se obtienen cambios físicos con altos grados de permeabilidad, debido a la implementación del concreto con porcentajes de plástico. Si se implementa un porcentaje mayor de 20 % de plástico triturado, se obtiene un concreto permeable.

6.1.2. Mecánico

Los resultados obtenidos de las muestras de ensayo en comparación a su resistencia mecánica, cuando el concreto alcanza su resistencia máxima a la edad de 28 días y corresponden a las distintas muestras o espécimen con un porcentaje de plástico triturado en sustitución del agregado fino en peso, se obtuvieron los datos que se describen en la tabla XXX.

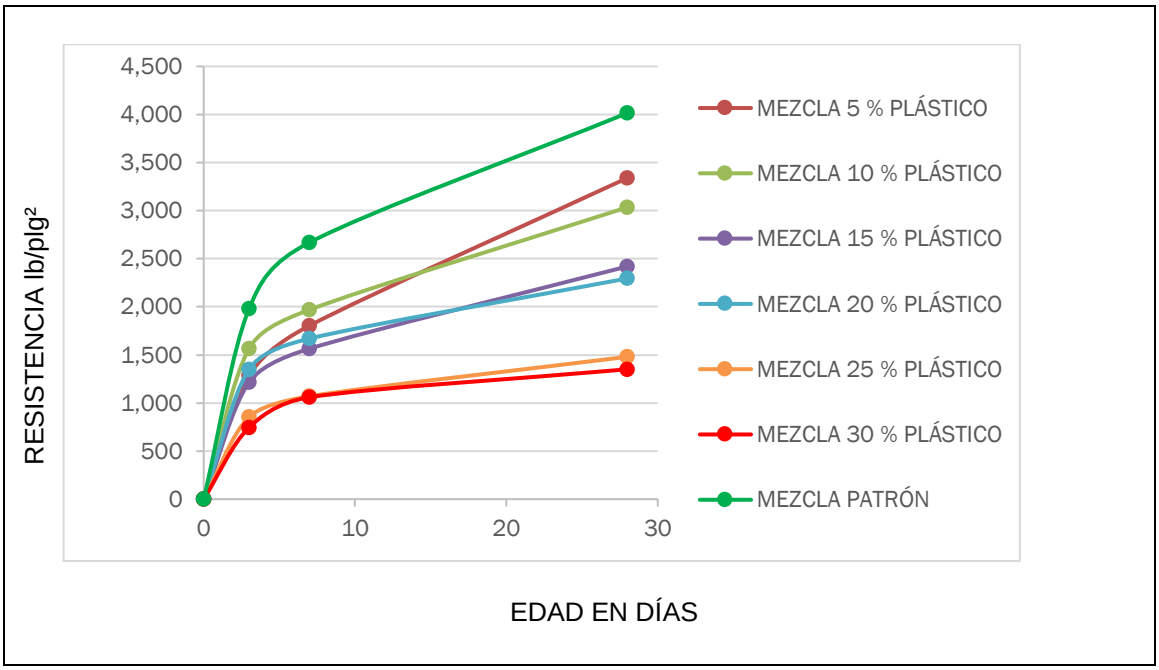
Tabla XXX. **Análisis comparativo (mecánico)**

DISEÑO DE MEZCLAS REALIZADOS	EDAD en días	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²
MEZCLA PATRÓN	28	28,50	4 140,00
	28	26,80	3 890,00
MEZCLA CON 5 % DE PLÁSTICO	28	22,80	3 310,00
	28	23,20	3 370,00
MEZCLA CON 10 % DE PLÁSTICO	28	20,80	3 020,00
	28	21,00	3 050,00
MEZCLA CON 15 % DE PLÁSTICO	28	16,50	2 390,00
	28	16,90	2 450,00
MEZCLA CON 20 % DE PLÁSTICO	28	16,10	2 340,00
	28	15,50	2 250,00
MEZCLA CON 25 % DE PLÁSTICO	28	10,00	1 450,00
	28	10,40	1 510,00
MEZCLA CON 30 % DE PLÁSTICO	28	9,40	1 360,00
	28	9,20	1 340,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXX, se mostraron las resistencias con los distintos porcentajes de plástico triturado, implementado en sustitución por peso del agregado fino y su análisis de resistencia mecánica para la utilización en obras de ingeniería civil.

Figura 17. **Análisis comparativo (mecánico)**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Análisis comparativo (mecánico y físico)**

MEZCLA PATRÓN		5 % PLÁSTICO	VARIACIÓN	
			ABSOLUTAS	RELATIVAS
f'c (lb/plg²)	4 015,00	3 340,00	-675,00	-16,80 %
PESO UNITARIO (Kg/m³)	2 400,00	2 310,00	-90,00	-3,80 %
PORCENTAJE ABSORCIÓN (%)	0,00	0,00	-0,00	-0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Análisis comparativo (mecánico y físico)**

MEZCLA PATRÓN		10 % PLÁSTICO	VARIACIÓN	
			ABSOLUTAS	RELATIVAS
f'c (lb/plg²)	4 015,00	3 035,00	-980,00	-24,40 %
PESO UNITARIO (Kg/m³)	2 400,00	2 250,00	-150,00	-6,30 %
PORCENTAJE ABSORCIÓN (%)	0,00	0,00	-0,00	-0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Análisis comparativo (mecánico y físico)**

MEZCLA PATRÓN		15 % PLÁSTICO	VARIACIÓN	
			ABSOLUTAS	RELATIVAS
f'c (lb/plg²)	4 015,00	2 420,00	-1 595,00	-39,70 %
PESO UNITARIO (Kg/m³)	2 400,00	2 180,00	-220,00	-9,20 %
PORCENTAJE ABSORCIÓN (%)	0,00	0,00	-0,00	-0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Análisis comparativo (mecánico y físico)**

MEZCLA PATRÓN		20 % PLÁSTICO	VARIACIÓN	
			ABSOLUTAS	RELATIVAS
f'c (lb/plg²)	4 015,00	2 295,00	-1 720,00	-42,80 %
PESO UNITARIO (Kg/m³)	2 400,00	2 160,00	-240,00	-10 %
PORCENTAJE ABSORCIÓN (%)	0,00	0,00	-0,00	-0,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Análisis comparativo (mecánico y físico)**

MEZCLA PATRÓN		25 % PLÁSTICO	VARIACIÓN	
			ABSOLUTAS	RELATIVAS
f'c (lb/plg²)	4 015,00	1 480,00	-2 535,00	-63,10 %
PESO UNITARIO (Kg/m³)	2 400,00	1 970,00	-430,00	-17,90 %
PORCENTAJE ABSORCIÓN (%)	0,00	100,00	-100,00	-100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Análisis comparativo (mecánico y físico)**

MEZCLA PATRÓN		30 % PLÁSTICO	VARIACIÓN	
			ABSOLUTAS	RELATIVAS
f'c (lb/plg²)	4 015,00	1 350,00	-2 665,00	-66,40 %
PESO UNITARIO (Kg/m³)	2 400,00	1 810,00	-590,00	-24,60 %
PORCENTAJE ABSORCIÓN (%)	0,00	100,00	-100,00	-100,00 %

Fuente: elaboración propia.

6.1.3. Económico

De acuerdo a los estudios realizados en cada ensayo y a los costos unitarios de los materiales de construcción, se puede estimar el precio total para la fabricación de un metro cúbico de concreto normal, en comparación al concreto liviano con adición en porcentajes de plásticos triturados en peso, en comparación del concreto normal o patrón, el precio va aumentando, pero el volumen de concreto también aumenta en porcentajes, es por eso que el concreto liviano es económico y ayuda al medio ambiente al reciclar plásticos triturados.

6.1.3.1. Costos de los materiales a utilizar

Los datos de costos de los materiales a utilizar en la fabricación de un concreto convencional y con adición de plástico, son verídicos y proporcionan costos exactos para la fabricación de un concreto con productos reciclados, para beneficio del medio ambiente.

Tabla XXXVII. **Precio unitario de materiales a utilizar**

PRECIO UNITARIO DE MATERIALES A UTILIZAR	
Materiales	precio unitario
Cemento	74 Q/u
Arena	126,63 Q/m³
Piedrín	121,64 Q/m³
Agua	10 Q/tonel
Plástico triturado	2 Q/kg

Fuente: elaboración propia.

Un metro cúbico de concreto, según el diseño de mezcla de 4 000 psi, son los datos que se describen en la tabla XXXVII.

Tabla XXXVIII. **Cantidad de material para un metro cúbico de concreto**

CEMENTO	400,00
ARENA	792,00
GRAVA	1 008,00
AGUA	200,00

Fuente: elaboración propia.

Un saco de cemento pesa 42,5 kg y 9,5 sacos hacen un metro cúbico de concreto de 4 000 psi.

Tabla XXXIX. **Costo a utilizar en mezcla patrón**

PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO (f´c 4 000 PSI)					
MATERIALES	1M³ CONCRETO (kg/m³)	PRECIO UNITARIO	PESO UNITARIO MATERIAL k/m³	CANTIDAD M³	COSTO (Q)
Cemento	400,00	74 Q/u	3 150,0	9,42 SACOS	697,10
Arena	792,00	126,63 Q/m³	1 790,00	0,45	57,00
Piedrín	1 008,00	121,64 Q/m³	1 540,00	0,66	80,30
Agua	200,00	10 Q/tonel	1 000,00	0,2	2,000
				COSTO TOTAL (Q)	836,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Costo a utilizar en mezcla 5 % de plástico triturado**

PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO (f´c 4 000 psi)					
MATERIALES	1M³ CONCRETO (kg/m³)	PRECIO UNITARIO	PESO UNITARIO MATERIAL k/m³	CANTIDAD M³	COSTO (Q)
Cemento	400,00	74 Q/u	3 150,00	9,42 SACOS	697,10
Arena	792,00	126,63 Q/m³	1 790,00	0,4275	54,13
Piedrín	1008,00	121,64Q/m³	1 540,00	0,66	80,3
Agua	200,00	10 Q/tonel	1 000,00	0,2	2
plástico triturado	9,45	2 Q/Kg	420,00	0,0225	18,9
				COSTO TOTAL (Q)	852,43

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Costo a utilizar en mezcla 10 % de plástico triturado**

PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO (f´c 4 000 psi)					
MATERIALES	1M³ CONCRETO (kg/m³)	PRECIO UNITARIO	PESO UNITARIO MATERIAL k/m³	CANTIDAD M³	COSTO (Q)
Cemento	400,00	74 Q/u	3 150,00	9,42 SACOS	697,10
Arena	792,00	126,63 Q/m³	1 790,00	0,405	51,30
Piedrín	1008,00	121,64 Q/m³	1 540,00	0,66	80,30
Agua	200,00	10 Q/tonel	1 000,00	0,2	2,00
plástico triturado	18,9	2 Q/Kg	420,00	0,045	37,80
				COSTO TOTAL (Q)	868,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Costo a utilizar en mezcla 15 % de plástico triturado**

PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO (f´c 4 000)					
MATERIALES	1M³ CONCRETO (kg/m³)	PRECIO UNITARIO	PESO UNITARIO MATERIAL k/m³	CANTIDAD M³	COSTO (Q)
Cemento	400,00	74 Q/u	3 150,00	9,42 SACOS	697,10
Arena	792,00	126,63 Q/m³	1 790,00	0,3825	48,44
Piedrín	1008,00	121,64 Q/m³	1 540,00	0,66	80,30
Agua	200,00	10 Q/tonel	1 000,00	0,2	2,00
plástico triturado	28,35	2 Q/Kg	420,00	0,0675	56,70
				COSTO TOTAL (Q)	884,54

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Costo a utilizar en mezcla 20 % de plástico triturado**

PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO (f´c 4 000 psi)					
MATERIALES	1M³ CONCRETO (kg/m³)	PRECIO UNITARIO	PESO UNITARIO MATERIAL k/m³	CANTIDAD M³	COSTO (Q)
Cemento	400,00	74 Q/u	3 150,00	9,42SACOS	697,10
Arena	792,00	126,63 Q/m³	1 790,00	0,36	45,60
Piedrín	1008,00	121,64 Q/m³	1 540,00	0,66	80,30
Agua	200,00	10 Q/tonel	1 000,00	0,2	2,00
plástico triturado	37,8	2 Q/Kg	420,00	0,09	75,60
				COSTO TOTAL (Q)	900,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Costo a utilizar en mezcla 25 % de plástico triturado**

PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO (f´c 4 000 psi)					
MATERIALES	1M³ CONCRETO (kg/m³)	PRECIO UNITARIO	PESO UNITARIO MATERIAL k/m³	CANTIDAD M³	COSTO (Q)
Cemento	400,00	74 Q/u	3 150,00	9,42 SACOS	697,10
Arena	792,00	126,63 Q/m³	1 790,00	0,3375	42,74
Piedrín	1008,00	121,64 Q/m³	1 540,00	0,66	80,30
Agua	200,00	10 Q/tonel	1 000,00	0,2	2,00
plástico triturado	47,25	2 Q/Kg	420,00	0,1125	94,50
				COSTO TOTAL (Q)	916,64

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Costo a utilizar en mezcla 30 % de plástico triturado**

PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO (f´c 4 000)					
MATERIALES	1M³ CONCRETO (kg/m³)	PRECIO UNITARIO	PESO UNITARIO MATERIAL k/m³	CANTIDAD M³	COSTO (Q)
Cemento	400,00	74 Q/u	3 150,00	9,42 SACOS	697,1
Arena	792,00	126,63 Q/m³	1 790,00	0,315	39,9
Piedrín	1008,00	121,64 Q/m³	1 540,00	0,66	80,3
Agua	200,00	10 Q/tonel	1 000,00	0,2	2
Plástico triturado	56,7	2 Q/Kg	420,00	0,135	113,4
				COSTO TOTAL (Q)	932,70

Fuente: elaboración propia.

Si se comparan los precios del concreto liviano con el concreto normal, este va en aumento mínimo, debido al costo de la trituración del plástico triturado, pero el volumen de concreto con adición de plástico también va en aumento, dependiendo de la adición en porcentajes del plástico triturado; la razón es que el volumen de la arena a sustituir no es igual al material sustituido (plástico triturado), la sustitución fue por peso, y en conclusión el costo se mantiene, pero el principal objetivo es la de reciclar el plástico y contribuir con el ambiente.

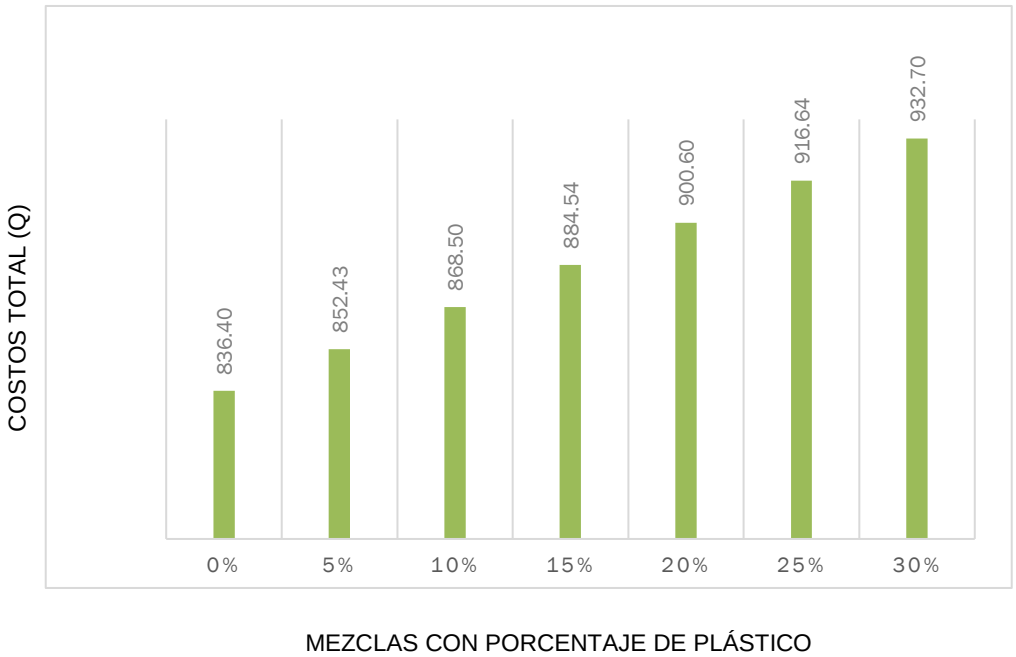
Tabla XLVI. **Incremento de costo respecto a la mezcla patrón al adicionar plástico en porcentajes (Q)**

MEZCLA DE CONCRETO	COSTO TOTAL CON ADICIÓN DE PLÁSTICO TRITURADO EN PORCENTAJES (Q)	INCREMENTO DE COSTO RESPECTO A LA MEZCLA PATRÓN AL ADICIONAR PLÁSTICO EN PORCENTAJES (Q)
MEZCLA PATRÓN	836,40	0,00
MEZCLA 5 % PLÁSTICO	852,43	16,03
MEZCLA 10 % PLÁSTICO	868,50	32,10
MEZCLA 15 % PLÁSTICO	884,54	48,14
MEZCLA 20 % PLÁSTICO	900,60	64,20
MEZCLA 25 % PLÁSTICO	916,64	80,24
MEZCLA 30 % PLÁSTICO	932,70	96,30

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XLV, se muestra el incremento de costo respecto a la mezcla patrón al adicionar plástico en porcentajes si el material plástico triturado es comprado, pero si se tritura artesanalmente el costo se mantiene igual a la mezcla patrón. Con la adición de plástico formamos un concreto liviano ambiental, que mejora las propiedades mecánicas y económicas del concreto y a un costo similar al del concreto convencional, pero con un incremento en el volumen al adicionar plástico en la mezcla.

Figura 18. **Costos total con adición de plástico triturado en porcentajes en la mezcla de concreto (Q)**



Fuente: elaboración propia.

La figura 18, representa los costos total con adición de plástico triturado en porcentajes en la mezcla de concreto si compramos el material, si reciclamos artesanalmente y se tritura sin costo, entonces el costo de la fabricación de concreto se mantiene, pero el volumen incrementa dependiendo de la cantidad de plástico a implementar y lo más importante es reciclar y mejorar el medio ambiente.

CONCLUSIONES

1. Sí es posible utilizar tapas de botellas de plástico triturado como complemento del agregado fino en mezclas de concreto liviano.

2. Para una resistencia mayor a 3 000 psi en el concreto liviano el porcentaje de plástico reciclado no debe ser mayor del 10 %.

3. El porcentaje máximo de plástico triturado que se implementa en el concreto liviano, sin alterar sus propiedades mecánicas y características físicas no debe ser mayor de 10 %.

4. El porcentaje óptimo de plástico triturado que sustituye al agregado fino, en peso, y para que el concreto liviano tenga características permeables debe ser de 20 % hasta el 30 % como máximo.

5. La adición de 5 % de plástico en la mezcla de concreto muestra una variación negativa del 16,80 % en f´c y de 3,80 % en el peso unitario.

6. La adición de 10 % de plástico en la mezcla de concreto muestra una variación negativa del 24,40 % en f´c y de 6,30 % en el peso unitario.

7. La adición de 15 % plástico en la mezcla de concreto muestra una variación negativa del 39,70 % en f´c y de 9,20 % en el peso unitario.

8. La adición de 20 % plástico en la mezcla de concreto muestra una variación negativa del 42,80 % en f´c y de 10,00 % en el peso unitario.

9. La adición de 25 % plástico en la mezcla de concreto muestra una variación negativa del 63,10 % en f´c y de 17,90 % en el peso unitario.

10. La adición de 30 % plástico en la mezcla de concreto muestra una variación negativa del 66,40 % en f´c y de 24,60 % en el peso unitario.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el plástico triturado como sustitución del agregado fino en mezclas de concreto liviano.

2. Para obtener resistencias no menores a 3 000 psi, es necesario que no se exceda el 10 % de plástico triturado en mezclas de concreto liviano.

3. Para lograr concretos livianos permeables hay que considerar porcentajes que varíen del 20 % hasta el 30 % de plástico triturado en sustitución del agregado fino.

4. Evaluar el comportamiento del concreto liviano utilizando adiciones de plástico reciclado en mezclas con cemento de alta resistencia inicial y estudiando sus características físicas y propiedades mecánicas.

5. Utilizar concretos livianos con adición de plástico triturado en elementos resistentes expuestos a la aplicación de cargas menores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala*. Guatemala: Agexport, 2004. 31 p.

2. CERVANTES ABARCA, Alejandro. *Nuevas tecnologías en concretos, concreto celular, concreto reforzado con fibra, y concreto ligero estructural. Memorias del segundo congreso de administración y tecnología para arquitectura, diseño e ingeniería*. México: Ponencia, 2008. 10 p.

3. Comisión Guatemalteca de Normas. *Norma Coguanor NTG. 41007 (ASTM C-33).* Guatemala: Coguanor, 2008. 24 p.

4. _____. *Norma Coguanor NTG 41010 h2 (ASTM C-29).* Guatemala: Coguanor, 2005. 12 p.

5. _____. *Norma Coguanor NTG 41017 h2 (ASTM C-78)*. Guatemala: Coguanor, 2009. 10 p.

6. _____. *Norma Coguanor NTG. 41010 h1 (ASTM C-136).* Guatemala: Coguanor, 2006. 15 p.

7. _____. *Norma Coguanor NTG. 41010 h3 (ASTM C-117).* Guatemala: Coguanor, 2004. 11 p.

8. _____. *Norma Coguanor NTG. 41010 h4 (ASTM C-40).* Guatemala: Coguanor, 2005. 8 p.

9. _____. *Norma Coguanor NTG. 41010 h8 (ASTM C-127).* Guatemala: Coguanor, 2005. 17 p.

10. _____. *Norma Coguanor NTG. 41010 h9 (ASTM C-128).* Guatemala: Coguanor, 2005. 18 p.

11. _____. *Norma Coguanor NTG. 41017 h1 (ASTM C-39).* Guatemala: Coguanor, 2005. 15 p.

12. _____. *Norma Coguanor NTG. 41017 h34 (ASTM C-1701).* Guatemala: Coguanor, 2009. 10 p.

13. CÓRDOBA, Carlos et. al. *Aprovechamiento de polipropileno y poliestireno de alta densidad reciclados, reforzados con fibra vegetal, tetera.* Colombia: Centro de Investigaciones en Materiales, ciudadela universitaria Torobajo, Universidad Nariño, Pasto, 2010. Artículo, 11 p.

14. GARZÓN CABALLERO, Juan Pablo. et. al. *Planta de reciclaje de plástico*. Colombia: Procesos virtuales, 2015. 28 p.

15. Instituto Nacional de Estadística. *Estimaciones de la Población total por municipio*. Guatemala: INE. 6 p.

16. IZA MANOBANDA, Darwin Iván. *Hormigón liviano con agregado de origen volcánico y aditivo incorporado de aire*. Trabajo de graduación de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Ingeniería Civil. Guayaquil, Ecuador, 2009. 80 p.

17. Subsecretaría de normatividad, fomento ambiental, urbano y turístico. *Programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos*. México: Servicios y publicaciones grande, S.A., 2009-2012. 170 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Análisis de ensayo de plástico triturado (peso unitario ASTM C-29)**

Balanza

Plástico triturado, recipiente, cucharon y varilla apisonador

Fuente: ensayos, laboratorio del nuevo Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 2. **Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, Norma Coguanor NTG 41017h1 (ASTM C-39)**

Máquina de compresión

Muestras de cilindros ensayados

Fuente: ensayos, laboratorio del nuevo Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 3. **Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión del concreto (utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz), Norma Coguanor NTG 41017 h2 (ASTM C-78)**

Ensayos de vigas a flexión

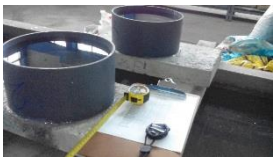
Muestras ensayadas

Fuente: ensayos, laboratorio del nuevo Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 4. **Determinación de la tasa de infiltración del concreto permeable colocado Norma Coguanor NTG 41017 h34 (ASTM C-1701)**

Muestras de ensayo a permeabilidad

Continuación del apéndice 4.

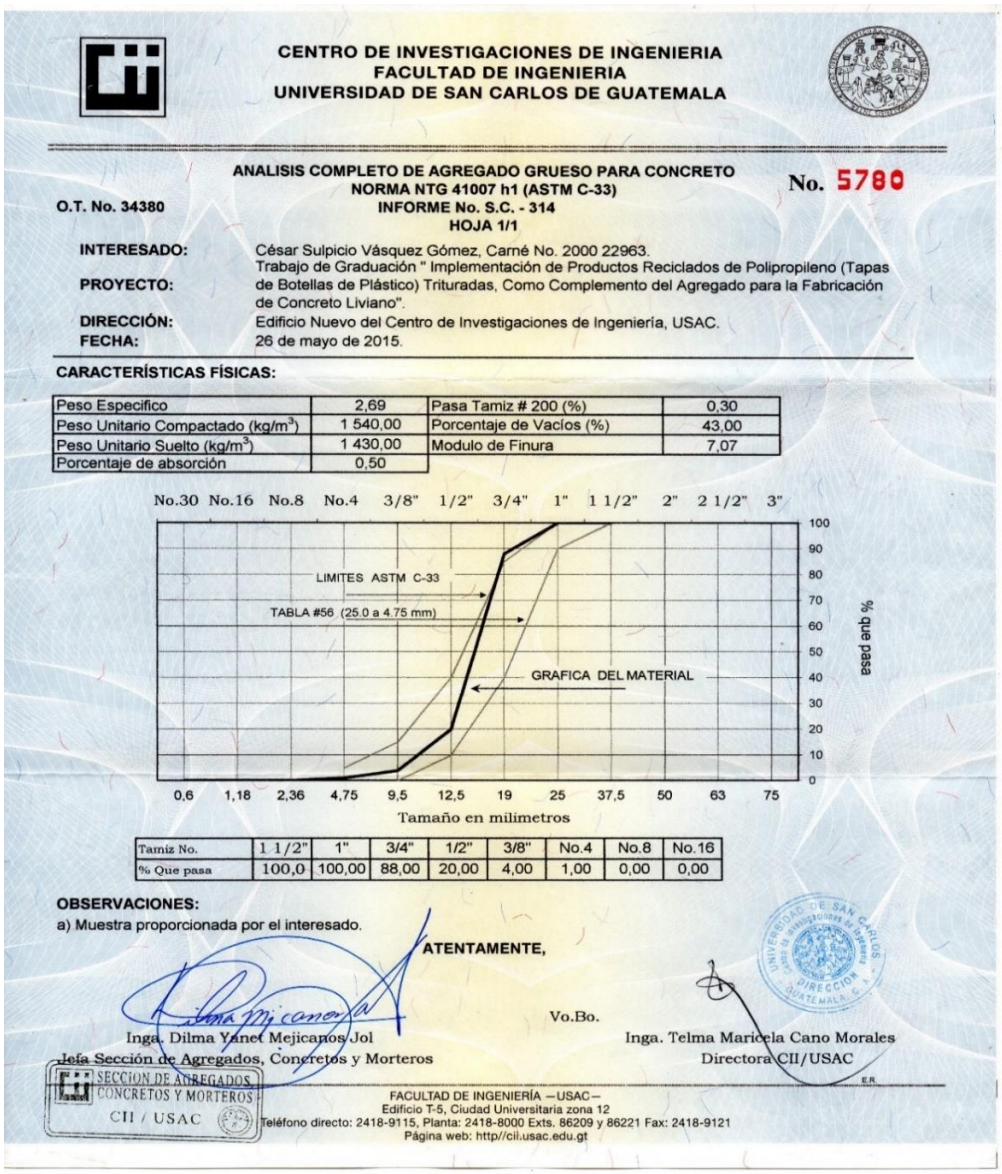


Ensayos e instrumentos utilizados

Fuente: ensayos, laboratorio del nuevo Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

ANEXOS

Anexo 1. **Informe análisis completo de agregado grueso para concreto Norma Coguanor NTG 41007 h1 (ASTM C-33)**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ANALISIS COMPLETO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)
INFORME No. S.C. - 314
HOJA 1/1

No. 5780

O.T. No. 34380

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación " Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, Como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano".
DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 26 de mayo de 2015.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Peso Especifico	2,69	Pasa Tamiz # 200 (%)	0,30
Peso Unitario Compactado (kg/m^3)	1 540,00	Porcentaje de Vacíos (%)	43,00
Peso Unitario Suelto (kg/m^3)	1 430,00	Modulo de Finura	7,07
Porcentaje de absorción	0,50		

Tamiz No.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16
% Que pasa	100,0	100,00	88,00	20,00	4,00	1,00	0,00	0,00

OBSERVACIONES:
a) Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

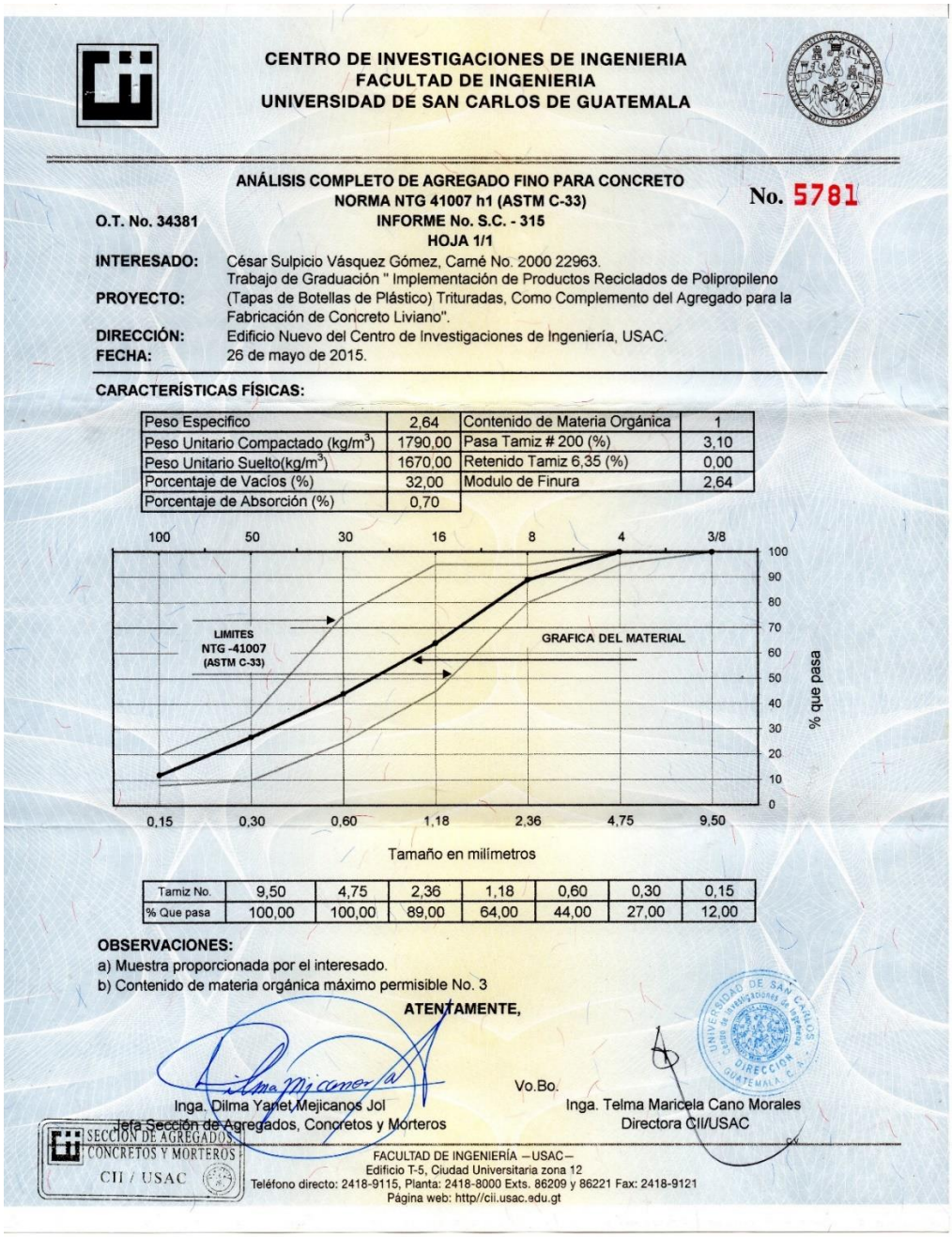
Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS CONCRETOS Y MORTEROS CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 2. **Informe análisis completo de agregado fino para concreto Norma Coguanor NTG 41007 h1 (ASTM C-33)**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)
No. 5781

O.T. No. 34381
INFORME No. S.C. - 315
HOJA 1/1

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación " Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, Como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano".
DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 26 de mayo de 2015.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Peso Especifico	2,64	Contenido de Materia Orgánica	1
Peso Unitario Compactado (kg/m^3)	1790,00	Pasa Tamiz # 200 (%)	3,10
Peso Unitario Suelto(kg/m^3)	1670,00	Retenido Tamiz 6,35 (%)	0,00
Porcentaje de Vacíos (%)	32,00	Modulo de Finura	2,64
Porcentaje de Absorción (%)	0,70		

Tamiz No.	9,50	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
% Que pasa	100,00	100,00	89,00	64,00	44,00	27,00	12,00

OBSERVACIONES:
a) Muestra proporcionada por el interesado.
b) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCIÓN DE AGREGADOS CONCRETOS Y MORTEROS CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 3. **Informe análisis completo de agregado fino de plastico parámetros Norma Coguanor NTG 41007 h1 (ASTM C-33)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO FINO DE PLÁSTICO

No. 5782

O.T. No. 34382

INFORME S.C. - 316
HOJA 1/1

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación " Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, Como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano".

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

FECHA: 26 de mayo de 2015.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Peso Especifico	0,87	Porcentaje de Vacíos (%)	52,00
Peso Unitario Compactado (kg/m^3)	420,00	Modulo de Finura	5,02
Peso Unitario Suelto(kg/m^3)	370,00		

Tamiz No.	3/8	4	8	16	30	50	100	FONDO
% Que pasa	100,0	86,0	11,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0

OBSERVACIONES:
a) Muestra proporcionada por el interesado.
b) Muestra de material: Plástico Triturado (Tapas de botellas)
c) Parámetro utlizado, según NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa de Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 4. **Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39) **No. 6227**

O.T. No. 34388 **S.C. - 520**
HOJA 1/7

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

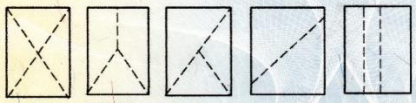
FECHA: 28 de agosto de 2015

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIAMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	111-06	15/06/2015	18/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	13,235	15,160	30,500	53 000	13,10	1 900	B
2	112-06	15/06/2015	18/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	13,225	15,190	30,520	58 000	14,20	2 060	B
3	113-06	15/06/2015	22/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	13,160	15,170	30,507	72 000	17,70	2 570	C
4	114-06	15/06/2015	22/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	13,160	15,190	30,493	78 000	19,10	2 770	C
5	168-07	15/06/2015	13/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	13,145	15,120	30,240	115 000	28,50	4 140	D
6	169-07	15/06/2015	13/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	13,215	15,250	30,493	110 000	26,80	3 890	D

OBSERVACIONES :

a) Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
c) Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
d) Cilindros cabeceados según norma ASTM C-1231.
e) Asentamiento de mezcla: 7,5 cm.
f) Peso unitario: 2 400,0 Kg/m³.
g) Contenido de aire: 1,2 %.
h) Temperatura: 23,4 °C.
i) Se utilizo la proporción: **1 : 1,98 : 2,52 : 0,48.**

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 5. **Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO **No. 6228**
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)

O.T. No. 34388 **S.C. - 520**
HOJA 2/7

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.
DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 28 de agosto de 2015

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	176-07	14/07/2015	17/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	12,705	15,180	30,693	35 000	8,60	1 250	B
2	177-07	14/07/2015	17/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	12,680	15,200	30,660	37 000	9,10	1 320	B
3	178-07	14/07/2015	21/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,630	15,235	30,520	50 000	12,20	1 770	B
4	179-07	14/07/2015	21/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,665	15,220	30,387	52 000	12,70	1 840	B
5	73-08	14/07/2015	11/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,720	15,185	30,457	93 000	22,80	3 310	C
6	74-08	14/07/2015	11/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,670	15,225	30,297	95 000	23,20	3 370	C

OBSERVACIONES :
a) Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
c) Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
d) Cilindros cabeceados según norma ASTM C-1231.
e) Asentamiento de mezcla: 6,0 cm.
f) Peso unitario: 2 310,0 Kg/m³.
g) Contenido de aire: 1,3 %.
h) Temperatura: 22,9 °C.
i) Se utilizo la proporción: **1 : 1,88 : 0,10 : 2,52: 0,50.**
j) El 5% de agregado fino, se sustituyo por plastico triturado.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA

A. CONO | B. CONO Y CLIVAJE | C. CONO Y RUPTURA | D. CORTE | E. COLUMNAR

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 6. **Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39) **No. 6229**

O.T. No. 34388 **S.C. - 520**
HOJA 3/7

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

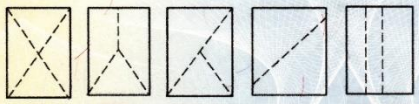
FECHA: 28 de agosto de 2015

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	115-06	19/06/2015	22/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	12,150	15,150	30,393	45 000	11,10	1 610	B
2	116-06	19/06/2015	22/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	12,115	15,250	30,180	43 000	10,50	1 520	B
3	117-06	19/06/2015	26/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,295	15,200	30,547	57 500	14,10	2 050	B
4	118-06	19/06/2015	26/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,310	15,190	30,540	53 000	13,00	1 890	B
5	170-07	19/06/2015	17/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,405	15,200	30,493	85 000	20,80	3 020	C
6	171-07	19/06/2015	17/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,490	15,225	30,513	86 000	21,00	3 050	C

OBSERVACIONES :

a) Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
c) Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
d) Cilindros cabeceados según norma ASTM C-1231.
e) Asentamiento de mezcla: 2,50 cm.
f) Peso unitario: 2 250,0 Kg/m³.
g) Contenido de aire: 1,3 %.
h) Temperatura: 23,4 °C.
i) Se utilizo la proporción: **1 : 1,78 : 0,20 : 2,52 : 0,45.**
j) El 10% de agregado fino, se sustituyo por plastico triturado.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC –
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 7. **Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39) No. 6230

O.T. No. 34388 S.C. - 520
HOJA 4/7

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

FECHA: 28 de agosto de 2015

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIAMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	180-07	17/07/2015	20/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	11,895	15,210	30,767	34 000	8,30	1 200	B
2	181-07	17/07/2015	20/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	11,875	15,240	30,770	35 000	8,50	1 230	B
3	182-07	17/07/2015	24/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	11,850	15,200	30,377	43 000	10,50	1 520	B
4	183-07	17/07/2015	24/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	12,030	15,135	30,630	45 000	11,10	1 610	B
5	75-08	17/07/2015	14/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	11,910	15,055	30,657	66 000	16,50	2 390	C
6	76-08	17/07/2015	14/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	12,030	15,080	30,780	68 000	16,90	2 450	C

OBSERVACIONES :

a) Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
c) Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
d) Cilindros cabeceados según norma ASTM C-1231.
e) Asentamiento de mezcla: 1,0 cm.
f) Peso unitario: 2 180,0 Kg/m³.
g) Contenido de aire: 1,6 %.
h) Temperatura: 22,4 °C.
i) Se utilizo la proporción: **1 : 1,68 : 0,30 : 2,52 : 0,50.**
j) El 15% de agregado fino, se sustituyo por plastico triturado.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA

A. CONO B. CONO Y CLIVAJE C. CONO Y RUPTURA D. CORTE E. COLUMNAR

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 8. **Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39) **No. 6231**

O.T. No. 34388 **S.C. - 520** **HOJA 5/7**

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

FECHA: 28 de agosto de 2015

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/pg²	TIPO DE FRACTURA
1	117-06	19/06/2015	22/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	11,560	15,200	30,420	38 000	9,30	1 350	B
2	118-06	19/06/2015	22/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	11,600	15,230	30,600	38 000	9,30	1 350	B
3	119-06	19/06/2015	26/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	11,655	15,210	30,513	47 000	11,50	1 670	B
4	120-06	19/06/2015	26/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	11,700	15,190	30,513	47 000	11,50	1 670	B
5	172-07	19/06/2015	17/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	11,610	15,240	30,593	66 000	16,10	2 340	C
6	173-07	19/06/2015	17/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	11,710	15,170	30,540	63 000	15,50	2 250	C

OBSERVACIONES :

a) Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
c) Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
d) Cilindros cabeceados según norma ASTM C-1231.
e) Asentamiento de mezcla: 1,0 cm.
f) Peso unitario: 2 160,0 Kg/m³.
g) Contenido de aire: 1,20%.
h) Temperatura: 22,9 °C.
i) Se utilizo la proporción: **1 : 1,58 : 0,40 : 2,52 : 0,44.**
j) El 20% de agregado fino, se sustituyo por plastico triturado.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA

A. CONO | B. CONO Y CLIVAJE | C. CONO Y RUPTURA | D. CORTE | E. COLUMNAR

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 9. **Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39) **No. 6232**

O.T. No. 34388 **S.C. - 520** **HOJA 6/7**

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

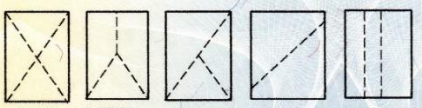
FECHA: 28 de agosto de 2015

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	184-07	17/07/2015	20/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	10,505	15,190	30,720	23 000	5,60	810	B
2	185-07	17/07/2015	20/07/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	10,410	15,175	30,620	25 000	6,20	900	B
3	186-07	17/07/2015	24/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	10,635	15,115	30,520	30 000	7,40	1 070	B
4	187-07	17/07/2015	24/07/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	10,705	15,195	30,723	30 000	7,40	1 070	B
5	77-08	17/07/2015	14/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	10,635	15,065	30,357	40 000	10,00	1 450	C
6	78-08	17/07/2015	14/08/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	10,585	15,040	30,623	41 500	10,40	1 510	C

OBSERVACIONES :

a) Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
c) Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
d) Cilindros cabeceados según norma ASTM C-1231.
e) Asentamiento de mezcla: 0,5 cm.
f) Peso unitario: 1 970,0 Kg/m³.
g) Contenido de aire: 7,0 %.
h) Temperatura: 23,4 °C.
i) Se utilizo la proporción: **1 : 1,48 : 0,50 : 2,52 : 0,45.**
j) El 25% de agregado fino, se sustituyo por plastico triturado.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

C.V.

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 10. **Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39) **No. 6233**

O.T. No. 34388 **S.C. - 520**
HOJA 7/7

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

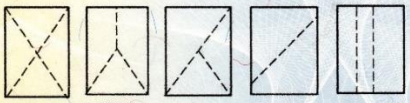
FECHA: 28 de agosto de 2015

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FUNDICION	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg²	TIPO DE FRACTURA
1	121-06	23/06/2015	26/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	10,570	15,190	30,600	22 000	5,40	780	B
2	122-06	23/06/2015	26/06/2015	3	Diseño de mezcla de concreto	10,370	15,180	30,587	20 000	4,90	710	B
3	123-06	23/06/2015	30/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	10,285	15,090	30,513	29 000	7,20	1 050	B
4	124-06	23/06/2015	30/06/2015	7	Diseño de mezcla de concreto	10,095	15,080	30,453	29 500	7,40	1 070	B
5	174-07	23/06/2015	21/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	10,400	15,195	30,657	38 500	9,40	1 360	C
6	175-07	23/06/2015	21/07/2015	28	Diseño de mezcla de concreto	10,405	15,225	30,613	37 500	9,20	1 340	C

OBSERVACIONES :

a) Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
c) Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
d) Cilindros cabeceados según norma ASTM C-1231.
e) Asentamiento de mezcla: 0,50 cm.
f) Peso unitario: 1 810,0 Kg/m³.
g) Contenido de aire: 6,5 %.
h) Temperatura: 22,4 °C.
i) Se utilizo la proporción: **1 : 1,39 : 0,59 : 2,52 : 0,46.**
j) El 30% de agregado fino, se sustituyo por plastico triturado.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



ATENTAMENTE,

p

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

c.v

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 11. **Informe diseño teórico de mezcla de concreto**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO
INFORME No. S.C.487
HOJA 1/7

No. 5983

O.T. No. 34389

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 200022963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plásticos) Trituradas, como Complemento del Agregado Para la Fabricación de Concreto Liviano.
DIRECCIÓN: Edificio nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 17 de agosto de 2015.

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (281 kg/cm^2), con Cemento UGC 4 060 Psi.

2. CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 Análisis granulométrico de agregado fino. INFORME No. S.C. - 315
2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. - 314

3. DISEÑO DE MEZCLA

3.1 Resistencia Nominal 316 kg/cm^2
3.2 Resistencia Promedio Requerida 281 kg/cm^2
3.3 Relación Agua/Cemento 0,50
3.4 Asentamiento: 8 - 10 cm (3"- 4")
3.5 Datos de la Mezcla:

CONCRETO NORMAL f'_c = 281 kg/cm^2			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m^3)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,98	50,40	792,00
PIEDRIN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

4. RECOMENDACIONES

4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director a.i. CII/USAC

c.v.

SECCION DE AGREGADOS CONCRETOS Y MORTEROS CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 12. **Informe diseño teórico de mezcla de concreto**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO
INFORME No. S.C.487
HOJA 2/7

No. 5984

O.T. No. 34389

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 200022963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plásticos) Trituradas, como Complemento del Agregado Para la Fabricación de Concreto Liviano.
DIRECCIÓN: Edificio nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 17 de agosto de 2015.

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (281 kg/cm^2), con Cemento UGC 4 060 Psi.

2. CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 Análisis granulométrico de agregado fino. INFORME No. S.C. - 315
2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 314
2.3 Análisis granulométrico de plástico triturado. INFORME No. S.C. – 316
2.4 El 5% de agregado fino, se sustituyó por plástico triturado.

3. DISEÑO DE MEZCLA

3.1 Resistencia Nominal 316 kg/cm^2
3.2 Resistencia Promedio Requerida 281 kg/cm^2
3.3 Relación Agua/Cemento 0,50
3.4 Asentamiento: 8 - 10 cm (3"- 4")
3.5 Datos de la Mezcla:

CONCRETO NORMAL f'_c = 281 kg/cm^2			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m^3)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,88	47,80	752,40
PLÁSTICO TRITURADO	0.10	2,60	39,60
PIEDRIN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

4. RECOMENDACIONES

4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director a.i. CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

c.v.

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 13. **Informe diseño teórico de mezcla de concreto**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO
INFORME No. S.C.487
HOJA 3/7

No. 5985

O.T. No. 34389

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 200022963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plásticos) Trituradas, como Complemento del Agregado Para la Fabricación de Concreto Liviano.
DIRECCIÓN: Edificio nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 17 de agosto de 2015.

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (281 kg/cm^2), con Cemento UGC 4 060 Psi.

2. CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 Análisis granulométrico de agregado fino. INFORME No. S.C. - 315
2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 314
2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 316
2.3 El 10% de agregado fino, se sustituyó por plástico triturado.

3. DISEÑO DE MEZCLA

3.1 Resistencia Nominal 316 kg/cm^2
3.2 Resistencia Promedio Requerida 281 kg/cm^2
3.3 Relación Agua/Cemento 0,50
3.4 Asentamiento: 8 - 10 cm (3"- 4")
3.5 Datos de la Mezcla:

CONCRETO NORMAL f'_c = 281 kg/cm^2			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m^3)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,78	45,30	712,80
PLÁSTICO TRITURADO	0.20	5,10	79,20
PIEDRIN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

4. RECOMENDACIONES

4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director a.i. CII/USAC

SECCIÓN DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 14. **Informe diseño teórico de mezcla de concreto**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO
INFORME No. S.C.487
HOJA 4/7

No. 5986

O.T. No. 34389

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 200022963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plásticos) Trituradas, como Complemento del Agregado Para la Fabricación de Concreto Liviano.
DIRECCIÓN: Edificio nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 17 de agosto de 2015.

1. **GENERALIDADES**
   1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (281 kg/cm^2), con Cemento UGC 4 060 Psi.
2. **CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS**
   2.1 Análisis granulométrico de agregado fino. INFORME No. S.C. - 315
   2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 314
   2.3 Análisis granulométrico de plástico triturado. INFORME No. S.C. – 316
   2.4 El 15% de agregado fino, se sustituyó por plástico triturado.
3. **DISEÑO DE MEZCLA**
   3.1 Resistencia Nominal 316 kg/cm^2
   3.2 Resistencia Promedio Requerida 281 kg/cm^2
   3.3 Relación Agua/Cemento 0,50
   3.4 Asentamiento: 8 - 10 cm (3"- 4")
   3.5 Datos de la Mezcla:

CONCRETO NORMAL f'_c = 281 kg/cm^2			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m^3)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,68	42,80	673,20
PLÁSTICO TRITURADO	0.30	7,60	118,80
PIEDRIN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

4. **RECOMENDACIONES**
   4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
   4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
   4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
   4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

Vo.Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director a.i. CII/USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS · Centro de Investigaciones de Ingeniería · DIRECCION · GUATEMALA, C. A.

c.v.

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 15. **Informe diseño teórico de mezcla de concreto**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO
INFORME No. S.C.487
HOJA 5/7

No. 5987

O.T. No. 34389

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 200022963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plásticos) Trituradas, como Complemento del Agregado Para la Fabricación de Concreto Liviano.
DIRECCIÓN: Edificio nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 17 de agosto de 2015.

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (281 kg/cm^2), con Cemento UGC 4 060 Psi.

2. CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 Análisis granulométrico de agregado fino. INFORME No. S.C. - 315
2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 314
2.3 Análisis granulométrico de plástico triturado. INFORME No. S.C. – 316
2.4 El 20% de agregado fino, se sustituyó por plástico triturado.

3. DISEÑO DE MEZCLA

3.1 Resistencia Nominal 316 kg/cm^2
3.2 Resistencia Promedio Requerida 281 kg/cm^2
3.3 Relación Agua/Cemento 0,50
3.4 Asentamiento: 8 - 10 cm (3"- 4")
3.5 Datos de la Mezcla:

CONCRETO NORMAL f'_c = 281 kg/cm^2			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m^3)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,58	40,20	633,60
PLÁSTICO TRITURADO	0.40	10,20	158,40
PIEDRIN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

4. RECOMENDACIONES

4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,

Ing. Dilma Yanet Méjicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

SECCION DE AGREGADOS CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

Vo.Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director a.i. CII/USAC

c.v.

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC –
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 16. **Informe diseño teórico de mezcla de concreto**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO
INFORME No. S.C.487
HOJA 6/7

O.T. No. 34389 **No. 5988**

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 200022963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plásticos) Trituradas, como Complemento del Agregado Para la Fabricación de Concreto Liviano.
DIRECCIÓN: Edificio nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 17 de agosto de 2015.

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (281 kg/cm^2), con Cemento UGC 4 060 Psi.

2. CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 Análisis granulométrico de agregado fino. INFORME No. S.C. - 315
2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 314
2.3 Análisis granulométrico de plástico triturado. INFORME No. S.C. – 316
2.4 El 25% de agregado fino, se sustituyó por plástico triturado.

3. DISEÑO DE MEZCLA

3.1 Resistencia Nominal 316 kg/cm^2
3.2 Resistencia Promedio Requerida 281 kg/cm^2
3.3 Relación Agua/Cemento 0,50
3.4 Asentamiento: 8 - 10 cm (3"- 4")
3.5 Datos de la Mezcla:

CONCRETO NORMAL f'_c = 281 kg/cm^2			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m^3)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,48	37,70	594,00
PLÁSTICO TRITURADO	0.50	12,70	198,00
PIEDRIN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

4. RECOMENDACIONES

4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director a.i. CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS CONCRETOS Y MORTEROS CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERIA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 17. **Informe diseño teórico de mezcla de concreto**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO
INFORME No. S.C.487
HOJA 7/7

No. 5989

O.T. No. 34389

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 200022963.
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plásticos) Trituradas, como Complemento del Agregado Para la Fabricación de Concreto Liviano.
DIRECCIÓN: Edificio nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.
FECHA: 17 de agosto de 2015.

1. **GENERALIDADES**
   1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (281 kg/cm^2), con Cemento UGC 4 060 Psi.
2. **CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS**
   2.1 Análisis granulométrico de agregado fino. INFORME No. S.C. - 315
   2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 314
   2.3 Análisis granulométrico de plástico triturado. INFORME No. S.C. – 316
   2.4 El 30% de agregado fino, se sustituyó por plástico triturado.
3. **DISEÑO DE MEZCLA**
   3.1 Resistencia Nominal 316 kg/cm^2
   3.2 Resistencia Promedio Requerida 281 kg/cm^2
   3.3 Relación Agua/Cemento 0,50
   3.4 Asentamiento: 8 - 10 cm (3"- 4")
   3.5 Datos de la Mezcla:

CONCRETO NORMAL f'_c = 281 kg/cm^2			
MATERIALES	**PROPORCIÓN EN PESO**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS)**	**PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m^3)**
CEMENTO	1	1 SACO	400,00
ARENA	1,39	35,40	554,40
PLÁSTICO TRITURADO	0.59	15,00	237,60
PIEDRIN / GRAVA	2,52	74,90	1 008,00
AGUA LIBRE	0,50	21,30	200,00

4. **RECOMENDACIONES**
   4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
   4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
   4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
   4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director a.i. CII/USAC

SECCIÓN DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

c.v.

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 18. **Informe de ensayo de permeabilidad en concreto Norma ASTM C-1701**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN CONCRETO
NORMA ASTM C-1701

No. 6259

O.T. No.34390

S.C. No.- 545

HOJA 1/1

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

FECHA: 4 de septiembre de 2015

RESULTADOS:

	TASA DE INFILTRACIÓN (pulgadas/hora)
Mezcla patrón	0,00
Mezcla con 5% plástico	0,00
Mezcla con 10% plástico	0,00
Mezcla con 15% plástico	0,00
Mezcla con 20% plástico	0,00
Mezcla con 25% plástico	217,40
Mezcla con 30% plástico	292,20

OBSERVACIONES:

a) Mezclas realizadas bajo condiciones de laboratorio.
b) Ensayos realizados en laboratorio.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados , Concretos y Morteros

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 19. **Informe de ensayo a flexión de vigas de concreto Norma NTG 41017 h2 (ASTM C-78)**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME DE ENSAYO A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO **No. 6260**
NORMA NTG 41017 h2 (ASTM C-78)
S.C. No - 546
O.T. No. 34391 **HOJA 1/1**

INTERESADO: César Sulpicio Vásquez Gómez, Carné No. 2000 22963.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Implementación de Productos Reciclados de Polipropileno (Tapas de Botellas de Plástico) Trituradas, como Complemento del Agregado para la Fabricación de Concreto Liviano.

DIRECCIÓN: Edificio Nuevo del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

FECHA: 04 de septiembre de 2015.

RESULTADOS:

MUESTRA	FECHA DE HECHURA	FECHA DE RUPTURA	EDAD (días)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (mm)	LUZ ENTRE APOYOS (mm)	CARGA RUPTURA (N)	ESFUERZO A FLEXIÓN (Mpa)	ESFUERZO A FLEXIÓN (PSI)
Viga patrón	15/06/2015	13/07/2015	28	152,33	155,00	535,00	457,00	42 259	5,30	770,00
Viga con 5% plástico	14/07/2015	11/08/2015	28	155,13	152,00	535,00	457,00	38 255	4,90	710,00
Viga con 10% plástico	19/06/2015	17/07/2015	28	155,00	151,83	533,00	457,00	31 138	4,00	580,00
Viga con 15% plástico	17/07/2015	14/08/2015	28	154,87	152,93	536,33	457,00	30 248	3,80	550,00
Viga con 20% plástico	19/06/2015	17/07/2015	28	152,27	154,33	535,33	457,00	26 690	3,40	490,00
Viga con 25% plástico	17/07/2015	14/08/2015	28	152,07	151,77	535,33	457,00	18 683	2,40	350,00
Viga con 30% plástico	23/06/2015	21/07/2015	28	154,53	152,53	534,53	457,00	17 793	2,30	330,00

OBSERVACIONES:

a) Muestra fundida y moldeada en laboratorio.
b) La falla ocurrió en la superficie de tensión dentro del tercio medio de la luz entre apoyos de la viga .

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http//cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.