

**PROTOTIPO DE CONCRETO CON DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**PAULA CATHERINE RODRÍGUEZ
REYES**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D. C.
PERÍODO II, AÑO 2017**

**PROTOTIPO DE CONCRETO CON DESECHOS SOLIDOS GENERADOS EN LA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**PAULA CATHERINE RODRÍGUEZ
REYES**

Trabajo de grado para optar al título de ingeniera civil

DIRECTORA:

**PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ
Ingeniera civil**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D. C.
PERÍODO II, AÑO 2017**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de aceptación:

Ing. Paula Andrea Villegas González
Directora de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 26 de octubre de 2017

DEDICATORIA

A Dios, quien es mi guía y mi fuerza.

A mi mamá, quien con su cariño y amor siempre me dio palabras de aliento.

A mi papá, por su apoyo durante toda mi carrera.

A mi hermano, quien me hace soñar y pensar en grande.

A Luis, quien me enseñó a jamás decir "No puedo".

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien siempre guía mis pasos y me premia con todos y cada uno de los ángeles que han llegado a mi vida y han hecho de mí una mejor persona.

A mi familia, ya que sin su apoyo, amor y palabras de aliento no hubiera sido posible el estar en este momento culminando mi carrera

A Luis que con su ejemplo me ha dado lecciones de vida y de fuerza, su amor y forma de pensar, hacen que crezca emocional y mentalmente.

A mi directora de grado Paula Villegas, quien me tuvo la suficiente paciencia para llevar a cabo este proyecto, sus consejos y su conocimiento hicieron que esta tesis fuera posible.

A mi asesor el profesor Camilo Higuera quien me ayudo y apporto bastante conocimiento a mi carrera y tesis, sin su colaboración y apoyo este proyecto no hubiese sido el mismo.

A la empresa Reciclados Industriales quienes facilitaron mi proceso de trituración de material, fueron una parte importante para el desarrollo de mis objetivos, de igual forma agradezco al laboratorista Hugo Rondón quien me asesoro en el proceso de elaboración del concreto.

A mis amigas Alejandra y Katherine, quienes me apoyaron constantemente en todas y cada una de las fases por las que pase durante el desarrollo de mi carrera, y con las cuales me llevo los mejores recuerdos de esta etapa de mi vida.

A Martha Caldon quien siempre me colaboro con los permisos y ausencias en mi trabajo y puso como prioridad mi carrera y mi futuro.

A mis familiares, demás amigos, compañeros y profesores que se preocuparon de forma indirecta por mi tesis y el desarrollo de mi carrera.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	18
INTRODUCCIÓN.....	19
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	20
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
3. OBJETIVOS	24
3.1. OBJETIVO GENERAL	24
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. DELIMITACIÓN.....	25
4.1. ALCANCE	25
4.2. LIMITACIONES.....	25
5. METODOLOGÍA.....	26
6. MARCO TEÓRICO.....	27
6.1. DE RESIDUOS ORGÁNICOS A CONCRETO	27
6.2. ESTUDIO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA CON EL FIN DE DELINEAR UN BORRADOR DE PROPUESTA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.....	28
6.3. PROGRAMA COMUNITARIO PARA EL MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS	29
6.4. OPTIMIZING MIX PROPORTION AND PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE INCORPORATED PHASE CHANGE MATERIAL PARAFFIN/RECYCLED CONCRETE BLOCK COMPOSITE	30
7. TÉCNICAS DE USO DE MATERIALES RECICLADOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCION.....	31

7.1. LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCION.	31
7.2. PANELES DE CASCARAS DE MANÍ.....	33
7.3. TEJAS DE CAUCHO.....	34
7.4. EKOENTAPES UN ENCHAPE A BASE DE MATERIALES RECICLADOS PARA EL REVESTIMIENTO DE MUROS EN EL ÁREA DE ACABADOS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.	34
7.5. CONSTRUCCIÓN CON MATERIAL RECICLABLE	35
7.5.1. Muros a base de neumáticos y tierra.	36
7.5.2. Bombillo natural con botellas.	37
8. DIAGNÓSTICO DE LA COMPOSICIÓN Y EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.....	38
8.1. TIPOS DE CANECAS EN LA SEDE EL CLAUSTRO.....	39
8.2. COMPOSICIÓN DE RESIDUOS	42
8.2.1. Obtención de los desechos.....	42
8.2.2. Determinación de la masa	43
8.2.3. Método del cuarteo	44
9.1. SELECCIÓN DE RESIDUOS EN LA SEDE EL CLAUSTRO, PRIMER PISO 47	
9.2. TRITURACIÓN DEL MATERIAL.....	48
9.3. MATERIALES.....	49
9.6. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA	50
9.7. DISEÑO DEL CONCRETO (AGUA, CEMENTO Y AGREGADOS) ..	51
9.8. RELACIÓN AGUA-CEMENTO	51
9.9. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS CILINDROS.....	51

9.9.1. Mezcla	52
9.9.2. Vaciado del concreto y elaboración de cilindros	53
9.9.3. Fraguado	53
9.9.4. Curado.....	54
9.9.5. Falla de cilindros a los 7 días.....	55
9.9.6. Falla de cilindros a los 14 días.....	55
9.9.7. Falla de cilindros a los 21 días.....	56
10. RESULTADOS	58
10.1. CÁLCULOS RESIDUOS OBTENIDOS DURANTE UNA SEMANA EN LA SEDE EL CLAUSTRO	58
10.2. CÁLCULOS DEL MÉTODO DE DIFERENCIA DE PESOS Y CUARTEO 59	
10.3. CALCULOS DISEÑO DE CONCRETO	59
10.3.1. Determinar el volumen del cilindro junto con el volumen total de concreto para la elaboración de cilindros.....	59
10.3.2. Hallar el volumen total del concreto a utilizar para la elaboración de los cilindros.	60
10.3.3. Cantidad de Material cementante, Agua, Grava y arena.....	60
10.4. CALCULOS DE RESISTENCIA.....	62
10.4.1. Ensayo a los 7 Días	62
10.4.2. Ensayo a los 14 días	64
10.4.3. Ensayo a los 21 Días.....	66
11. ANALISIS DE RESULTADOS.....	67
11.1. CILINDROS CONVENCIONALES	67

11.2.	CILINDROS MODIFICADOS 50%	69
11.3.	CILINDROS MODIFICADOS 100%	69
11.4.	EVOLUCION DE EDAD Vs $f'c$	70
11.5.	EVOLUCION DE LA RESISTENCIA CON RESPECTO A EL PORCENTAJE DE MODIFICACION	72
11.6.	DENSIDAD.....	74
11.7.	DENSIDAD CON RESPECTO A LA EDAD.....	75
12.	CONCLUSIONES	76
13.	RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFIA		¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS.....		83
ANEXO A – NORMAS Y FICHAS TECNICAS		83
ANEXO B – FOTOS PROCESO CONSTRUCTIVO		93

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ladrillos a base de residuos	32
Ilustración 2. Techo con cascaras de Maní.....	33
Ilustración 3. Teja de caucho	34
Ilustración 4. Vista frontal apilado de las llantas	36
Ilustración 5. Aspecto final obra	37
Ilustración 6. Botella iluminación natural.....	38
Ilustración 7. Sede Claustro	39
Ilustración 8. Caneca metálica	40
Ilustración 9. Caneca plástica	40
Ilustración 10. Canecas ecológicas.....	41
Ilustración 11. Canecas de Reciclaje un solo color.....	42
Ilustración 12. Desechos.....	43
Ilustración 13. Peso de los Residuos Diarios.....	43
Ilustración 14. Método de cuarteo.....	45
Ilustración 15. Residuos PET.....	48
Ilustración 16. Desechos en proceso de Trituración.	48
Ilustración 17. Peso de los materiales.	52
Ilustración 18. Mezcla del concreto.....	52
Ilustración 19. Elaboración de cilindros.	53
Ilustración 20. Fraguado de cilindros	54

Ilustración 21. Curado de Cilindros	54
Ilustración 22. Falla de cilindros a los 7 días	55
Ilustración 23. Falla de cilindros a los 14 días.....	56
Ilustración 24. Falla cilindros a los 21 días	56
Ilustración 25. Cono de Abrams.....	57
Ilustración 26. Desechos Día lunes.....	93
Ilustración 27. Desechos Día Martes.	93
Ilustración 28. Desechos Día Miércoles	94
Ilustración 29. Desechos Día Jueves	94
Ilustración 30. Desechos Día Viernes	95
Ilustración 31. Método de Cuarteo	95
Ilustración 32. Primera capa de concreto Cono de Abrams	97
Ilustración 33. Segunda capa de concreto Cono de Abrams	97
Ilustración 34. Tercera capa de concreto Cono de Abrams	97
Ilustración 35 Ultima capa Cono de Abrams	98
Ilustración 36. Enrase y desencofrado Cono de Abrams	98
Ilustración 37. Longitud de asentamiento del concreto	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Unidades.....	47
Tabla 2. Peso de los residuos.....	58
Tabla 3. Método de Diferencia de Pesos	59
Tabla 4. Volumen del cilindro.....	59
Tabla 5. Volumen total del concreto.....	60
Tabla 6. Cantidad Material Cementante en Kg	60
Tabla 7. Cantidad de Agua	61
Tabla 8. Cantidad de Grava	61
Tabla 9. Cantidad de Arena	61
Tabla 10. Ensayo a los 7 días convencionales.	62
Tabla 11. Ensayo a los 7 días modificados 50%.....	63
Tabla 12. Ensayo a los 7 días modificado 100%	63
Tabla 13. Ensayo a los 14 días, convencionales.	64
Tabla 14. Ensayo a los 14 días, Modificado 50%	65
Tabla 15. Ensayo a los 14 días, Modificado 100%	65
Tabla 16. Ensayo a los 21 días, Convencionales.	66
Tabla 17. Ensayo a los 21 días. Modificado 50%	66
Tabla 18. Ensayo a los 21 días. Modificado 100%	67
Tabla 19. Cilindros convencionales.	68
Tabla 20. Concreto Modificado 50% arena - 50% Desechos.....	69
Tabla 21. Concreto modificado 0% arena – 100% Desechos.....	70

Tabla 22. Evolución de f_c Vs % de modificación73

TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Diferencia de pesos.....	44
Ecuación 2. Porcentaje para cada tipo de residuo.....	45
Ecuación 3. Relación Agua-Cemento	51

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Peso de los residuos	58
Grafica 2. Evolución de $f'c$ Vs Edad Diagrama puntos	71
Grafica 3. Resistencia a la Compresión Vs Edad Diagrama de Barras	72
Grafica 4. Evolución de $f'c$ Vs % de modificación.....	73
Grafica 5. Densidad con respecto a cada tipo de concreto.....	74
Grafica 6. Densidad Vs Edad.....	75

GLOSARIO

- **Arena:** Material formado de partículas diminutas disgregadas de las rocas (THE FREE DICTIONARY, 2012).
- **Bacterias:** Son organismos que pueden vivir en todo tipo de condiciones y generan enfermedades, son importantes en la producción de antibióticos (profesor en línea, 2015)
- **Concreto:** Es la mezcla homogénea de cemento, grava, agua y arena. Esta masa es maleable y genera alta resistencia a la compresión en su estado sólido (Argos, 2017).
- **Contaminación:** Deterioro del ambiente por la presencia de sustancias que causan el desequilibrio y son perjudiciales para el medio (profesor en línea, 2015).
- **Descomposición:** Proceso mediante el cual un objeto se convierte en un estado de materia más pequeña, debido a la ruptura de moléculas dando forma a otras más pequeñas o átomos (Perez porto, 2010).
- **Esterilización ultravioleta:** Es el proceso de destrucción de toda bacteria y/o Virus mediante una luz ultravioleta o luz UV (Equipos y laboratorio de Colombia, 2015).
- **Grava:** Conjunto de material (roca) grueso utilizado para la mezcla del concreto u otros materiales de construcción (THE FREE DICTIONARY, 2012).
- **Patógenos:** Es un elemento capaz de producir enfermedades a los seres vivos (Definicion ABC, 2007)
- **Reciclaje:** Es el proceso por el cual se adquiere un producto mediante la reutilización de residuos sólidos, beneficiando el medio ambiente y prolongando la vida útil de materiales (inforeciclaje, 2017).
- **Residuos sólidos:** Son todos los materiales utilizados para bienes de consumo, estos son desechados después de haber cumplido un tiempo de vida útil (inforeciclaje, 2017).
- **Virus:** Elemento biológico con capacidad de autorreplicarse y provocar enfermedades (Perez porto, 2010).

RESUMEN

El trabajo de investigación presenta un prototipo de concreto con desechos sólidos inorgánicos generados en la Universidad Católica de Colombia. Como primera medida se hizo una indagación sobre las técnicas de uso de material reciclado. Con el propósito de analizar sobre las diferentes formas de utilización en la construcción asumiéndolo en otros países y en la ciudad de Bogotá.

A continuación, se realizó un diagnóstico en la Universidad Católica de Colombia puntualmente en la sede el claustro donde involucró a todo el personal de la comunidad. Esto tuvo como objetivo la información acerca del proceso de manejo de residuos sólidos. Con el fin de establecer la metodología para depositar y posteriormente recoger los desechos de la Universidad se investigó las diferentes unidades de canecas. Luego se implementó la recolección selectiva a partir del método del cuarteo así poder escoger el material a utilizar en los cilindros para el laboratorio.

Finalmente se realizó un prototipo con el material obtenido de la recolección de los desechos sólidos de la Universidad, donde se sometió a falla de compresión dando como resultado un material con buena resistencia y baja densidad, lo que favorece el sector de la construcción.

La reutilización de este material ayuda a nivel ecológico en Colombia y promueve la actividad de aprovechar agregados en los métodos de construcción amigables para el planeta

Palabras Claves: Concreto, Desechos, resistencia a la compresión, aprovechamiento de residuos, metodología, residuos sólidos.

INTRODUCCIÓN

La indagación de este proyecto inicio debido a las problemáticas identificadas en el manejo de los desechos sólidos inorgánicos que deterioran el medio ambiente. Es por ello, que en el semillero de investigación EcoCivil surgió la idea de implementar una solución a la afectación que hoy en día está generando inconvenientes a la sociedad. Este problema está relacionado con el manejo inadecuado de los desechos sólidos inorgánicos. Su falta de clasificación y reciclaje producen la proliferación de enfermedades y afecta las poblaciones más cercanas a los basureros, lo que implica una gestión adecuada y el conocimiento básico para generar un recurso óptimo en su utilización y así un menor impacto en el entorno (Internacional & Xxi, 2017).

Actualmente, en Bogotá se generan alrededor de “6.500 toneladas” de residuos al día. Alrededor del 70 % de basura es reciclable y en Bogotá se reutiliza el 10%. De tal manera se puede concluir que su aprovechamiento es casi nulo, ya que los habitantes no tienen una conciencia de reciclaje y reutilización del material (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogota, 2011).

Por tales motivos, se generó una propuesta para la utilización de desechos sólidos inorgánicos en la ingeniería civil, mediante su aplicación en la elaboración de concreto, el cual es uno de los materiales más utilizados a nivel mundial en la construcción. Adicionalmente, se contó con la ayuda de múltiples factores que permitieron la recolección de residuos sólidos e indicaron acerca del proceso de manufactura para la realización de los cilindros de concreto. Finalmente, con ayuda de los laboratorios de ensayo de materiales ubicados en la Universidad de Católica se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y Cono de Abrams sobre las muestras del material desarrollado.

De acuerdo a lo anterior, se desarrolló una muestra patrón con unos valores definidos de agua, cemento y agregados. Posteriormente, el concreto fue modificado de su forma original, haciendo un remplazo con residuos sólidos a la arena en porcentajes de 50% y 100%.

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La investigación surgió debido al inadecuado aprovechamiento de las basuras en Bogotá, específicamente en la Universidad Católica, dándole un mejor uso a esta materia bruta. De tal manera que se pudiera lograr un menor impacto en el medio ambiente. Para esto se realizó una indagación exhaustiva acerca de las formas de reciclaje, sus usos más comunes, y las causas y consecuencias que generan los residuos sólidos en el concreto.

El objetivo de este proyecto fue generar un material con base en residuos sólidos inorgánicos y pueda ser utilizado en la construcción, para de esta forma ayudar a la gestión del medio ambiente y a la disminución de contaminación en la ciudad y así aportar a la sociedad y a la ingeniería un diseño del prototipo con material reciclado

El enfoque ecológico que se le dio a este proyecto es vital debido a que en la actualidad se generan toneladas de desechos que llegan a un depósito cuya problemática está generando inconvenientes al medio ambiente. Actualmente hay diferentes proyectos sobre el manejo del concreto desde el punto de vista ambiental. Entre los proyectos de mayor relevancia se encuentra en la ciudad de México D.F., cuyos resultados fueron favorables para la construcción, ya que este concreto cumple con las resistencias mínimas establecidas por las normas de este país.

En la universidad católica de Colombia se han desarrollado proyectos de similares características entre los que se encuentra la “Utilización del desecho plástico como agregado grueso del concreto no estructural” realizado en dos fases la primera en el año 2004, donde se elaboró un diseño de mezcla reemplazando el agregado grueso en proporciones de 10, 30 y 50%; la segunda fase ejecutada en el año 2005 consistió en identificar las características de un material polimérico con el fin de mejorar el comportamiento del concreto (Correa Torres, Nelson Aureliano; Rondón Quintana, Hugo Alexander, 2005).

Posteriormente se llevó a cabo una tesis que consistía en el reciclaje del hormigón como agregado grueso en el concreto, esta se dividió en tres fases; en la primera fase se analizó el comportamiento del hormigón con agregados como el concreto y el ladrillo obteniendo resultados favorables, en la segunda fase se realizó un estudio ambiental y económico definiendo los factores del concreto en el sector de la construcción, por último en la fase tres se implementó en el montaje tecnologías utilizadas en otros países generando mejoras ambientales (Barrios Avila, Gabriel Alberto; Nemocón Ruiz Marisol 2006).

Por último, en el año 2015 se realizó un trabajo de grado el cual se basaba en la mezcla para concreto reciclado usando neumáticos triturados como remplazo del 10% y 30% de agregado fino con fin de uso estructural, se ejecutaron ensayos de

compresión donde se evaluó la resistencia y la viabilidad del caucho como agregado fino, dando como resultado una resistencia baja frente a él concreto convencional (Peñaloza Garzon, 2015).

Según investigaciones realizadas en el semillero, específicamente las relacionadas con el Plan de Manejo Ambiental de la Universidad Católica, aún no se han explorado formas de aprovechamiento con los residuos sólidos de la Sede el Claustro. De tal manera, que este tipo de investigaciones resulto fundamental no solo para iniciar la investigación de nuevas tecnologías en Ingeniería Civil, sino también para aportar al desarrollo sostenible de este tipo de instituciones.

2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El daño que se ha causado por el mal uso de los desechos sólidos está generando una contaminación que afecta mundialmente los ecosistemas. Los botaderos actualmente ya no tienen capacidad para depositar más desechos sólidos y las enfermedades que se generan en los sitios cercanos a estos depósitos de basura están afectando grandes comunidades (Carrillo, 2008).

El manejo de residuos sólidos es una problemática generada por la cantidad de desechos que botan los ciudadanos, la demografía, concentración de población, desarrollo ineficiente de las industrias, el consumo y las mejoras de nivel de vida son algunas de las consecuencias de dicho problema.

Es por ello que es necesario clasificar los desechos por etapas, como la generación de los desechos, el almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final, siendo las últimas dos utilizadas por América latina, para mejorar esta problemática se requiere en primera medida una voluntad por parte de los gobiernos, inversión e implementar educación en cada uno de los ciudadanos.

Dado que muy poco se implementan las etapas nombradas anteriormente, la mala manipulación de los residuos afecta la salud de los individuos transmitiendo enfermedades por medio de bacterias y parásitos, adicionalmente deja lesiones e infecciones debido a la contaminación que deja la quema de residuos afectando puntualmente el sistema respiratorio de los ciudadanos que viven cerca a los botaderos.

El medio ambiente también resulta perjudicado debido a la contaminación en la tierra, agua y aire los gases en la descomposición ocasionando riesgos a nivel mundial, es por eso que se busca estrategias y acciones con la única necesidad de mejorar y aumentar la calidad de vida de los ciudadanos.

En América Latina se implementaron etapas para mitigar la basura; la primera de ellas es la generación de residuos sólidos, propagando conciencia sobre la cantidad generada de residuos sólidos y diseñando un sistema de recolección eficiente tanto para industrias como poblaciones, la segunda hace referencia a la separación de residuos, poniendo como primera medida los alimentos, luego combustibles y por último material para reciclaje, esta metodología no es utilizada por las deficientes políticas de los gobiernos, estrategias de implementación en el aseo y la falta de conciencia.

En la cumbre de la tierra realizada por la ONU en 1992 se formularon cuatro áreas
1. Reducción de residuos. 2. Aumento de reutilización y reciclaje ecológico, 3.

Promoción de eliminación y tratamiento de desechos y por último la ampliación del alcance de servicios de los desechos; estas cuatro áreas promueven el desarrollo sostenible y ecológico de un país, según el último estudio de la ONU en el 2002 los países de Latinoamérica han cumplido con esta implementación, cabe aclarar que cada país ha propuesto planes de gestión.

La tercera etapa de este sistema es la recolección y transporte, en Colombia esta etapa se realiza casa por casa con distintos vehículos, este proceso produce altos costos y no hay filtro del desecho, por último, el tratamiento y disposición final de residuos donde deben ser procesados y tratados, separando cada desecho según el tamaño y material, una práctica muy común es la transformación de esta basura en compostaje o abono orgánico y la incineración.

Colombia tiene la tasa más alta de reciclaje de papel y cartón de América latina, por cada 100 Toneladas de producción, 57 son recicladas según el estudio de la Universidad de Zulia en el año 2010 (Zulia, Urdaneta, Joheni, & Zulia, 2014).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un prototipo de concreto con los desechos sólidos que se generan en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Hacer un análisis sobre las técnicas de uso de materiales reciclados para construcción que son utilizadas a nivel mundial y en la ciudad de Bogotá.
- Desarrollar un diagnóstico de la composición y el manejo de desechos sólidos en la Universidad Católica de Colombia.
- Realizar un prototipo para la elaboración de concreto que use los desechos sólidos recogidos en la Universidad y determinar sus usos.

4. DELIMITACIÓN

En este proyecto, se realizará un modelo de concreto con materiales reciclados. Se espera que este tipo de proyectos generen concientización sobre el reciclaje en la Universidad Católica de Colombia.

4.1. ALCANCE

- Realizar un prototipo de concreto con el material reciclado en las instalaciones de la Universidad.
- Analizar las implicaciones ambientales, sociales y económicas que conlleva el introducir desechos sólidos en un material tan importante para la construcción como lo es el concreto.
- Aportar investigaciones del sector de las construcciones verdes

4.2. LIMITACIONES

- Aprender a reciclar adecuadamente para así saber que materiales son óptimos y cuales son inadecuados en el concreto.
- El tiempo estimado para la realización de los laboratorios pertinentes al concreto es muy corto.
- Acceso a diversas empresas que facilitan el proceso de trituración de los residuos generados en la Universidad.

5. METODOLOGÍA

FASE I: Se buscaron estudios e investigaciones realizadas sobre tecnologías con respecto al manejo de residuos sólidos, estos se implementaron y ajustaron a los desechos que produjo en este periodo la Universidad Católica de Colombia, utilizando la sede del Claustro como referencia.

Así mismo, se indago casos donde se utilizaron materiales reciclados en el sector de la construcción a nivel mundial.

FASE II: Se analizaron los planes de manejo ambiental desarrollados en la Universidad Católica y se caracterizaron los residuos sólidos generados mediante técnicas de cuarteo.

FASE III: Se construyeron varios tipos de concreto con distintas cantidades de desechos, teniendo en cuenta la mezcla original y la proporción 1:2:3, luego se realizaron los ensayos de laboratorio pertinentes según la Norma Técnica Colombiana con el fin de determinar si el concreto realizado tuvo utilidad y si sus propiedades son aptas para la construcción. Al final se seleccionó el prototipo que contaba con las mejores especificaciones para la construcción.

6. MARCO TEÓRICO

Se mostrarán diversas investigaciones realizadas acerca del reciclaje y los usos más comunes que se les han dado a los residuos sólidos, mediante metodologías y procesos adecuados.

6.1. DE RESIDUOS ORGÁNICOS A CONCRETO

La presente noticia fue publicada el 22 de julio del año 2016 por medio de un ensayo, dedicada a la conciencia ambiental, allí se resume de forma puntual una propuesta para generar concreto y diversos materiales de forma ecológica con residuos orgánicos. Adicional a esto se explica de forma clara y concisa el procedimiento.

El ingeniero José Luis Loaiza Yáñez propuso un método para el aprovechamiento de la basura, brindando una nueva idea a la sociedad sobre la reutilización de desechos y el beneficio que este material trae no solo en la parte ambiental, sino también en la construcción.

La metodología que el Sr. Loaiza utiliza es procesar los desechos con rayos ultravioleta y aire caliente, generando un material sin patógenos, maleable y libre de virus, pensando en la sociedad y en el proceso constructivo; su idea se generó por técnicas utilizadas en diversos lugares del mundo donde se ha buscado promover proyectos con basura reciclable (ABILIA CONCIENCIA SUSTENTABLE, 2015).

El proceso realizado por el ingeniero es recoger los residuos sólidos y secarlos para convertirlos en una especie de arena, luego se mezcla con cemento, grava y arena para obtener como resultado un concreto con calidad; es este proceso no se conoce que cantidad ni que peso es utilizado.

Esta noticia genera la importancia del reciclaje y las múltiples maneras en las que la basura puede ser utilizada creando un bien para la sociedad y en este caso una manera de adecuar el medio ambiente con la construcción. Adicional a esto, establece una idea más clara sobre el proceso de utilización de este material al mezclarlo con la basura.

6.2. ESTUDIO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA CON EL FIN DE DELINEAR UN BORRADOR DE PROPUESTA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Esta investigación se realizó el semestre I del año 2015, elaborado por Diego Felipe Anzola Parra. Allí se presenta una propuesta sobre la utilización de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Doña Juana, ubicado en la ciudad de Bogotá, generando un diagnóstico, solución y analizando los problemas económicos, ambientales y sociales de este lugar.

Inicialmente realizan una propuesta para el tratamiento y gestión de los residuos sólidos junto a los antecedentes y el manejo que históricamente se le daba a la basura en la ciudad de Bogotá, además se observa una descripción sobre el sistema de gestión de residuos y el proceso que se le da, posteriormente se genera una propuesta para mejorar el manejo de residuos junto con sus beneficios sociales, económicos, y ambientales.

La idea general de esta Tesis fue implantar un modelo básico y eficiente sobre el aprovechamiento y el reciclaje de los residuos sólidos en la ciudad de Bogotá teniendo en cuenta cuatro planes; el primero es la minimización de residuos, el segundo es la maximización del reuso y el reciclaje, como tercera medida es la promoción y tratamiento de la basura de una forma adecuada y por último la expansión de cobertura del servicio. Cabe aclarar que esta idea se generó en las Naciones Unidas en el año de 1992.

El sistema de manejo de los años anteriores en Bogotá ha evidenciado un deterioro y una mala utilización a este material que puede ofrecer muchos beneficios a la sociedad no solo económicos sino ambientales. Adicionalmente es necesario determinar un buen sistema que genere una reutilización y un reciclaje efectivo.

Una de las múltiples maneras de empezar a realizar un aporte a la sociedad es desde la casa, creando conciencia sobre la importancia del reciclaje, es necesario que el gobierno estipule políticas que desarrollen un plan de manejo adecuado para mitigar el abuso que se le está dando al relleno de Doña Juana quien infortunadamente lo único que produce es enfermedades, virus y bacterias.

Existen procesos desde el momento en el que se generan los residuos hasta el destino final en el relleno de Doña Juana, para mitigar la cantidad de basura desechada se debe empezar por la prevención, donde se busca aminorar la producción de desechos, luego la reducción, que consiste en disminuir el consumo de materiales aumentando la vida útil, en tercer lugar se encuentra la reutilización aprovechando al máximo los materiales o productos adquiridos, posteriormente, se recicla formando una nueva utilidad a los desechos, por último se lleva al relleno

donde se debe tratar la basura de una forma adecuada con el fin de prevenir la contaminación.(Anzola, 2015)

En el proceso de reutilización y reciclaje se toman los desechos de la Universidad generando vida útil en el sector de la construcción, donde se llevará a cabo el prototipo de Concreto.

6.3. PROGRAMA COMUNITARIO PARA EL MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS

El presente artículo hace parte de una guía para fomentar el manejo adecuado de la basura y la salud ambiental. Allí se evidencia lo importante que es saber manejar la basura y las múltiples formas de hacerlo, adicionalmente da un ejemplo de uno de los métodos más conocidos del reciclaje como lo es el compostaje.

Existen diversos tipos de medidas que ayudan a resolver los problemas actuales de desechos y reducen con el tiempo la cantidad de basura que se emite en una comunidad, el fin de este proceso es satisfacer las necesidades y fomentar nuevos recursos que faciliten la vida de las personas.

El manejo de la basura se compone por varios tips que proporcionan resultados favorables; reducir la cantidad de desechos, reutilizar materiales como llantas, latas, metal y papel, reciclar mediante programas comunitarios, y separar los desechos. Estos procesos generan una disminución de la contaminación, espacio, dinero, enfermedades y uso de recursos, favoreciendo la economía.

Los desechos se clasifican en tres tipos; orgánicos quienes se descomponen por luz solar, agua y/o son consumidos por organismos vivos como los insectos. Otro tipo de basura es la húmeda la cual se componen por restos de comida y plantas muertas, y por último está la basura toxica como las pinturas, pañales, pilas y medicamentos (Addison, 1919).

Uno de los ejemplos más cotidianos es la utilización de residuos en una obra, ya que esta contribuye a la industria de la construcción, esta práctica es utilizada alrededor del mundo y genera un buen tratamiento de residuos, es utilizada en el concreto, mampostería, madera y asfalto, una de las herramientas más tratadas son los metales ya que esta es utilizada en la Cal y cemento Portland, el PH del concreto y asfalto aumenta con la implementación de estos residuos. (Engelsen, Sloop, & Petkovic, 2017)

Estudios recientes de campo en EE. UU monitorearon una carretera y un estacionamiento de Minnesota y Wisconsin donde encontraron un pH neutro después de 7 meses. (Engelsen et al., 2017)

Es importante saber separar y reciclar la basura que diariamente se produce en las casas y fomentar el manejo de dichos residuos para así disminuir la contaminación y crear nuevos productos que satisfagan las necesidades de una comunidad, formando una fuente nueva de bienes con materiales viejos.

6.4. OPTIMIZING MIX PROPORTION AND PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE INCORPORATED PHASE CHANGE MATERIAL PARAFFIN/RECYCLED CONCRETE BLOCK COMPOSITE

Este estudio se desarrolló con el fin de identificar las propiedades y características del concreto mezclado con parafina en el año 2016, por medio del método de Taguchi, (técnica por la cual se presentan etapas para la facilitación de un diseño productivo o un proceso) (Yacuzzi et al., 2017) , donde se definen las relaciones del agua/cemento y arena/cemento por medio de una matriz y factores influyentes en las propiedades de un concreto ligero.

Según investigaciones realizadas se concluyó que la parafina tiene excelentes propiedades entre las que se encuentra la conducción de energía; para realizar este estudio se utilizaron residuos de concreto de la estructura de un edificio, a los cuales se les aplicó parafina produciendo una absorción y una temperatura de más de 50 °C, lo cual indicó que se puede realizar paneles solares por medio del hormigón.

Muchos factores afectan las propiedades del concreto al adicionar y mezclar diferentes agregados a las proporciones de agua/cemento y arena/Cemento, es por ello que el experimento con los métodos de Taguchi sirvió para definir la proporción óptima de hormigón en un mínimo de experimentos, reduciendo costos y tiempo.

Este novedoso concreto denominado concreto ligero o LWC es utilizado para reducir la carga viva y muerta de una estructura y ayudar a conducir la energía, adicionalmente ofrece una alta relación entre la resistencia y cimentación.

Se realizaron estudios de ensayos térmicos y género buena estabilidad térmica y química, adicionalmente los resultados de la densidad y la compresión mostraron resultados buenos de acuerdo a la ASTM, brindando un concreto novedoso a la industria de la construcción ya que este material puede reducir el consumo de electricidad. (Suttaphakdee, Dulsang, Lorwanishpaisarn, & Kasemsiri, 2016)

Esta investigación es realizada mediante un método muy práctico que facilita el diseño y procesos de múltiples inventos denominado Taguchi, es importante conocer técnicas a la hora de investigar y realizar prototipos, ya que estos facilitan su elaboración y mitigan el tiempo y el costo de un invento.

7. TÉCNICAS DE USO DE MATERIALES RECICLADOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

A medida que la economía y la sociedad crece se genera más producción de bienes y servicios, cuando se cumple la función para la que fue diseñada o se termina su vida útil se desechan creando grandes cantidades de residuos sólidos; sin embargo, muchos de estos desechos regresan a un sistema productivo mediante el reciclaje, es allí donde nace la necesidad de utilizar técnicas que facilitan la manufactura y tratamiento, evitando una descomposición e impacto ambiental.(Ortiz, 2003)

A continuación, se identifican distintas técnicas de uso de materiales reciclados en el sector de la construcción.

7.1. LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN.

Esta investigación fue realizada por el Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) ubicada en Argentina en el año 2009. El estudio en mención habla sobre la fabricación de materiales para la construcción con plásticos reciclados, teniendo en cuenta objetivos tecnológicos, ecológicos, económicos y sociales.

El material con el cual actualmente se construye en Argentina y muchos países del mundo son producidos por fábricas, las cuales disponen de factores necesarios para su ejecución. De esta manera, la mampostería es comprada y llevada a obra, razón por la cual el constructor no se involucra en cuanto a la elaboración de ladrillos o bloques.

Los materiales que se utilizaron en este proceso son de dos clases; el primero es el Polietileno Tereftalato (PET) el cual proviene de plásticos y envases de bebidas; y el segundo es el poliestireno expandido (PS) el cual se deriva del residuo de placas de aislación térmica para construcciones. Estos fueron seleccionados y se trituraron para poder ser mezclados con hormigón, el ladrillo se fabricó con ayuda de moldes realizados manualmente, luego de esto se curaron con agua en forma de lluvia y se sumergieron en agua, se fallaron a los 28 días y dio como resultado un ladrillo consistente.

Ilustración 1. Ladrillos a base de residuos



Fuente: (Gaggino, 2009)

En la Ilustración 1. tomada de la página CEVE se pueden apreciar los moldes y la mezcla realizada con hormigón y el material reciclado luego de realizar los pertinentes procesos con el plástico.

Evaluaron las propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos de laboratorios rigiéndose por requerimientos específicos para la construcción en dicho país, tuvieron en cuenta factores como el peso específico, conductividad térmica, resistencia mecánica, absorción de agua, comportamiento a la intemperie, resistencia al fuego, permeabilidad, resistencia acústica, entre otros. Los resultados fueron favorables y dentro de los rangos permitidos según la norma de Argentina para la construcción de viviendas.

El principal objetivo de ese estudio fue la población vulnerable, donde buscaron incorporar familias de bajos recursos capacitando a los jóvenes y madres cabezas de hogar, ellos se formaron con ayuda de CEVE y lograron construir cinco casas antisísmicas, dando como resultado una técnica constructiva amigable al medio ambiente, sustentable y segura. (Gaggino, 2009)

Esta investigación es importante para el desarrollo de la tesis, ya que su método constructivo para la elaboración del ladrillo es similar, los resultados que arrojan en su documento son aptos para la construcción, lo cual indica que esta técnica es segura, efectiva y ayuda a disminuir la contaminación de desechos.

7.2. PANELES DE CASCARAS DE MANÍ

Ilustración 2. Techo con cascaras de Maní



Fuente: (El Puntano, 2015)

Otra de las investigaciones realizadas en el Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) habla de la elaboración de paneles para cielorrasos hechos a partir de cascaras de maní, como lo muestra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** con el objetivo de presentar una alternativa en los cielorrasos de madera.

Generando un uso alternativo a las cascaras de maní, la empresa CEVE con ayuda de diseñadores, químicos y arquitectos, buscaron utilizar el residuo de manera que fuera aplicado a la construcción, descubrieron que este es un material considerado como un buen aislante y uno de los mejores usos que le podían dar eran los paneles en cielorrasos. Al mezclar los residuos con poliéster se logra una composición homogénea, generando un material apto para la construcción. (El Puntano, 2015)

En estos artículos se puede apreciar la importancia del reciclaje, los residuos sólidos pueden ser utilizados de múltiples formas para crear materias primas importantes no solo en el sector de la construcción, sino en todos los ámbitos. Las cascaras de maní muchas veces desechadas tienen una característica importante y es el ser aislante, evitando el contacto de corriente, es una muestra de que hay distintos desechos que pueden ser utilizados para mejorar la calidad de vida y ayudar al medio ambiente.

7.3. TEJAS DE CAUCHO

El Centro Experimental de la Vivienda Económica junto con el instituto CINTEMAC y la Universidad Tecnológica Nacional en la ciudad de argentina han desarrollado una opción para las cubiertas inclinadas con materiales reciclados, en este caso tejas realizadas con material proveniente de desechos industriales y de neumáticos.

Ilustración 3. Teja de caucho



Fuente: (CEVE, 2015)

El procedimiento para realizar el material consiste en triturar los desechos reciclados, este material pasa a un molde caliente donde se moldea la teja, generando un producto resistente al granizo, a la flexión y liviana. (CEVE, 2015) como lo muestra en la Ilustración 3.

Gracias a las investigaciones y al aporte que han forjado grandes empresas y universidades se puede llegar a avances tan importantes para el desarrollo constructivo y ambiental como este, las llantas y los desechos del caucho son una problemática constante en todos los países y brindarle un nuevo uso a este material es un progreso importante para la sociedad.

7.4. EKOENTAPES UN ENCHAPE A BASE DE MATERIALES RECICLADOS PARA EL REVESTIMIENTO DE MUROS EN EL ÁREA DE ACABADOS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

Esta tesis realizada en el año 2013 en la Universidad de Santander, Colombia, tiene como objetivo crear un enchape a base de tapas plásticas, con el fin de generar un producto novedoso y mitigar la contaminación del país. Las personas que realizaron este proyecto crearon una empresa, en la que analizaron las ventajas y desventajas

de este material, así mismo evaluaron los procesos de elaboración garantizando un producto apto para el sector de la construcción.

La metodología utilizada fue mediante un estudio probabilístico donde se analizó el proceso de fabricación, costo y características de diseño, teniendo en cuenta como primera instancia la ecología y funcionalidad de la baldosa; luego de ello, elaboraron la estructura organizacional de la empresa.

En cuanto al sector de la producción iniciaron teniendo en cuenta los colores de las tapas y la influencia que estas tendrían a la hora de ser comercializadas, adicionalmente, calcularon cuantas tapas serían utilizadas en la producción teniendo en cuenta las magnitudes estándar del mercado.

Realizaron la pertinente caracterización del material que sería utilizado entre ellos, las tapas hechas en polipropileno (PP) tienen una duración por más de 100 años, lo cual indica que el producto tiene garantía en cuanto a su resistencia a las temperaturas y la abrasión, a lo sumo cuentan con propiedades eléctricas y flexibilidad.

El proceso de la elaboración de las baldosas consiste en la recolección de las tapas recicladas, aseo y pintura para las que se encuentren en un estado más deteriorado, luego de estas se introducen en el horno junto a un molde el cual le va a dar la forma indicada del enchape con sus respectivas medidas, posteriormente pasa a un inspeccionamiento y finalmente el producto terminado listo para ser comercializado. (Amaya Lady, Dias Mayerlin, Garcia Yuly, 2013)

Se puede realizar cualquier producto con ayuda de materiales reciclados, no es necesario tomar la materia prima como origen, existen múltiples procesos para los desechos a los cuales según la sociedad no generan más utilidad, es importante realizar estudios que ayuden a mitigar la contaminación y empezar a reciclar y reutilizar.

7.5. CONSTRUCCIÓN CON MATERIAL RECICLABLE

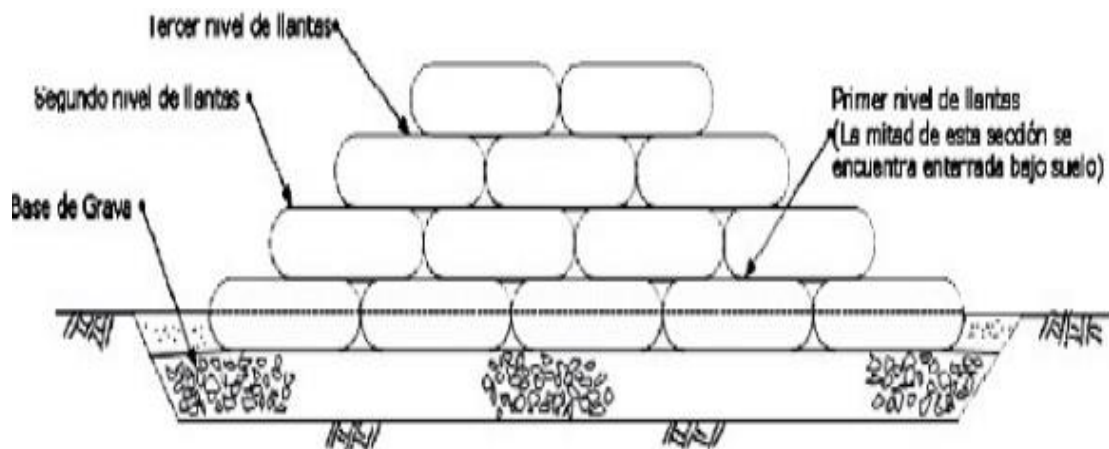
La tesis elaborada por estudiantes de la Universidad Católica de Colombia en el año 2014 trata sobre los desechos aplicados en el sector de la construcción, en dicha investigación se dan a conocer diferentes métodos y su viabilidad económica y técnica, así mismo, se muestran diversos métodos constructivos y el proceso que se lleva a cabo con los materiales.

7.5.1. Muros a base de neumáticos y tierra.

Entre las investigaciones presentadas en el documento se encuentra la elaboración de muros a base de neumáticos y tierra con el fin de ser utilizados en la fabricación de viviendas o en muros de contención, estos constituyen una parte importante debido a la contaminación que genera un neumático, el método para construir los muros hace parte de un proyecto ejecutado en la ciudad de Tegucigalpa en Honduras donde se buscó proteger zonas inclinadas.

La obra ejecutada en una escuela de primaria se diseñó con cimientos de grava, de esta forma el terreno se compacta, luego de ello se colocaron las llantas en forma de fila, la primera hilera se enterró 10 cm evitando la erosión del suelo, posteriormente se empezaron a colocar las llantas como se muestra en la Ilustración 4.

Ilustración 4. Vista frontal apilado de las llantas



Fuente: (Reyes, David. Cornejo, 2014)

Después se procedió a rellenar las llantas con rocas y la mezcla de concreto con tierra para evitar que el agua erosione el muro de contención. En la Ilustración 5 se evidencia el muro finalizado, este debe tener un mantenimiento periódico de las llantas y el relleno.

Ilustración 5. Aspecto final obra



Fuente:(Reyes, David. Cornejo, 2014)

Otra de las formas en que se puede aprovechar este material es en las casas utilizando neumáticos más pequeños y con el mismo proceso de construcción.

7.5.2. Bombillo natural con botellas.

Las botellas plásticas son un material que poco se degradan y es el elemento más reciclado en el mundo, uno de los usos que le dio Alfredo Mosed de origen brasilero fue el suministro de luz, debido a varias falencias de cortes de energía que sufría su vecindario.

Luego de realizar distintas investigaciones, invento una bombilla con ayuda de los envases su proceso constructivo fue con ayuda de agua limpia y el detergente cloro, estos se introdujeron en la botella de plástico transparente, luego de ello se toma un metal especial denominado Calamina, este se perfora y se coloca alrededor del recipiente con ayuda de cinta.

Finalmente se pone la botella en el cieloraso donde va a ser iluminado el lugar como lo muestra la Ilustración 6. (Reyes, David. Cornejo, 2014)

Ilustración 6. Botella iluminación natural



Fuente: (Reyes, David. Cornejo, 2014)

De acuerdo a esta tesis se logra apreciar las diferentes opciones que hay para realizar aportes a la sociedad, cumpliendo primero con un deber como ciudadano mitigando la contaminación del medio ambiente y segundo mejorando la calidad de vida con productos útiles y fáciles de construir. Estos ejemplos son una demostración más, de lo que se puede llegar a realizar con los desechos que día tras día la población bota.

8. DIAGNÓSTICO DE LA COMPOSICIÓN Y EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

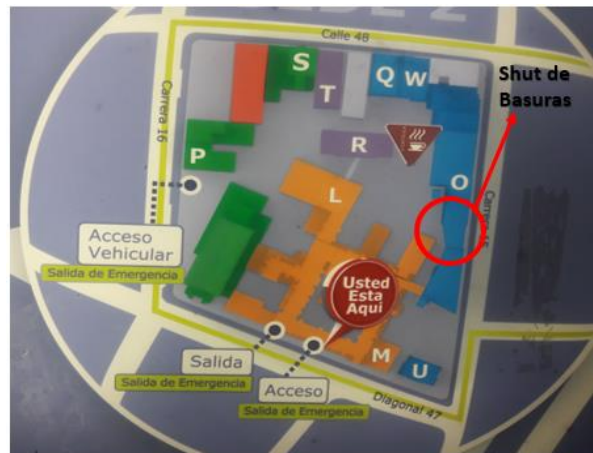
En este análisis se realizó un estudio detallado día tras día durante una semana en la Universidad Católica de Colombia sede el claustro acerca de los residuos que los estudiantes, profesores y administrativos desechan en horarios de la tarde-Noche, alrededor de las 12 del mediodía hasta las 7 de la noche.

Inicialmente se consultó con las personas encargadas del aseo y las coordinadoras en la sede, ellas informaron acerca de la metodología que utilizan al recoger los desechos y el procedimiento que se les da a los residuos sólidos.

Para llevar a cabo la labor de limpieza las encargadas del aseo tienen en cuenta dos turnos de acuerdo a los horarios de la universidad, diurno que va de 6:00 am a 12:00 m; y nocturno de 12:00m a 7:00 pm. En cada turno se hace el proceso del aseo, que implica limpiar vidrios, barrer, trapear y limpiar las canecas que se encuentran en puntos fijos, salones y baños.

Luego de recoger los desechos de las canecas, estos se llevan al shut de basuras encontrando al costado oriente de la sede El Claustro cerca de la facultad de ciencias básicas como lo muestra la Ilustración 7, allí se separan los residuos sólidos que corresponden a plásticos, productos PET y el cartón, lo restante lo dejan a un costado permitiendo separar los materiales a reciclar, los residuos sólidos tienen un horario para ser llevados por la empresa transportadora de desechos el cual corresponde a los días lunes, miércoles y viernes.

Ilustración 7. Sede Claustro



Fuente: Elaboración propia

El material que es reciclado se lleva a una empresa la cual compra estos productos y el dinero obtenido es donado a una fundación.

8.1. TIPOS DE CANECAS EN LA SEDE EL CLAUSTRO

Por otra parte, la universidad cuenta con 3 tipos de canecas para depositar los residuos, la primera de ellas hace parte de un mobiliario urbano denominada M-121 según el Manual De Especificaciones Técnicas De Diseño y Construcción de Parques y Escenarios Públicos de Bogotá D.C., este tipo de caneca mostrada en la Ilustración 8. Caneca metálica es construida a base de malla metálica y posee una alta resistencia, es utilizada para depositar pocos desechos generados por los peatones (Bogota, 2011).

Ilustración 8. Caneca metálica

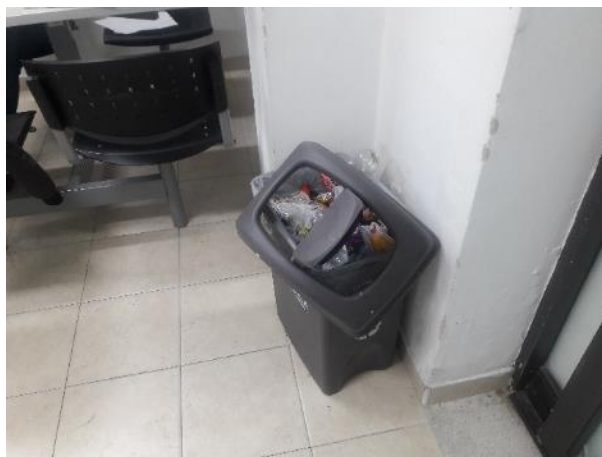


Fuente: Elaboración propia

En el primer piso de la sede del claustro actualmente hay 12 canecas tipo M-121 ubicadas en las zonas comunes, corredores, zonas de esparcimiento y puntos fijos de la sede.

Otras de las canecas encontradas en la universidad son papeleras grises para reciclaje con el fin de depositar papeles y cartón mostrada en la Ilustración 9. Caneca plástica generalmente se encuentran en recintos cerrados, como oficinas o salones, estas están realizadas en plástico con el fin de facilitar su limpieza, la tapa está diseñada con el objetivo de disminuir los malos olores (Colombia, 2011)

Ilustración 9. Caneca plástica



Fuente: Elaboracion propia

Estos tipos de canecas se encontraron en zonas comunes cerca a lugares de estudio y de mediana permanencia, en el primer piso de la sede el claustro se encontraron dos canecas de este tipo, adicionalmente se pueden encontrar en salones, bibliotecas y salas de computación.

El tercer tipo de canecas, son de reciclaje las cuales están diseñadas para depositar cualquier tipo de basura y organizarla de acuerdo a su composición, se encuentran en una sola estructura de aluminio con el fin de soportar diversas cantidades de basura, están ubicadas en todas las zonas comunes de la universidad y puntos fijos,

Contienen símbolos ubicados en frente de las canecas y en letreros, identificando que tipo de residuos se pueden depositar en cada lugar como se muestra en la Ilustración 10.

Ilustración 10. Canecas ecológicas



Fuente: Elaboración propia

Por último, están las canecas de un solo color que sirven de igual forma para reciclar, la diferencia de estas a las anteriores son su color y forma, como se evidencia en la Ilustración 11, estas canecas contienen una forma específica para que cada persona identifique de manera fácil y rápida el desecho y lugar al cual le corresponde depositar los residuos.

Ilustración 11. Canecas de Reciclaje un solo color



Fuente: Elaboración propia

Las canecas con el propósito de facilitar el reciclaje están ubicadas en zonas comunes y cerca a lugares de comida y concurrencia por los estudiantes, docentes y administrativos, en la sede el claustro, primer piso se encuentran 5 de ellas.

8.2. COMPOSICIÓN DE RESIDUOS

Al realizar la pertinente selección de desechos en la sede El Claustro, se verificaron los tipos de residuos que permanentemente se depositan en las canecas mediante un aforo diario, identificando el peso y caracterizando los residuos:

8.2.1. Obtención de los desechos.

Con el fin de realizar el proceso de obtención de los residuos sólidos que generaban los estudiantes, administrativos y docentes, se determinó una hora en la que las personas depositaban sus desechos en las canecas situadas en las zonas comunes del primer piso de la sede el claustro, este rango de tiempo estaba contemplado entre las 12 del mediodía y las 7 de la noche, de manera tal, que se pudiera recolectar la mayor cantidad de desechos posibles.

Ilustración 12. Desechos



Fuente: Elaboración propia

8.2.2. Determinación de la masa

Para determinar la masa que generaba diariamente la universidad se recolecto los desechos e inmediatamente se pesaban en la báscula ubicada en los laboratorios como se muestra en la Ilustración 13

Ilustración 13. Peso de los Residuos Diarios



Fuente: Elaboración propia

8.2.3. Método del cuarteo

Este método permite caracterizar los desechos mediante un aforo en un lugar determinado, adicionalmente reconoce que propiedades fisicoquímicas y químicas posee la muestra, a partir de estos se conoce la calidad y el aprovechamiento o tratamiento que se le van a dar a los residuos, ya sea incineración, aprovechamiento, gasificación o llevarlos a rellenos sanitarios.

A lo sumo, se logra identificar el porcentaje de vidrio, papel, residuos orgánicos y demás tipos de desechos que se encuentran en la zona donde fue recolectada la muestra.

El tratamiento que se lleva a cabo luego de identificar los tipos de residuos que se encuentran en la muestra, se rigen bajo el Decreto 1713 de 2002 “Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos u propiedades”, el cual habla sobre los diferentes manejos y las formas de recolección de los desechos (Pastrana Arango Andres, 2002)

Existen dos técnicas para realizar el método del cuarteo:

8.2.3.1. Diferencia de pesos y cuarteo

Esta técnica permite determinar la diferencia de pesos de los desechos, según el lugar de su procedencia o el día de recolección mediante una báscula que pesa constantemente la muestra, por medio de Ecuación 1, dos de los inconvenientes de realizar esta técnica, es que no se puede establecer la composición y cantidad de población de la cual provienen los residuos, la formula exacta para hallar la diferencia de pesos es:

Ecuación 1. Diferencia de pesos

$$\text{Diferencia de pesos} = \frac{\text{cantidad de residuos solidos recolectados en la ruta}}{\text{cantidad de residuos solidos recolectados en todas las rutas}}$$

Fuente: (Characterization, 2012)

8.2.3.1.1. Pasos

- a. Determinar el lugar donde fue recolectada la muestra
- b. Realizar una circunferencia con todo el ejemplar y se divide en cuatro partes iguales como se muestra en la Ilustración 14.

Ilustración 14. Método de cuarteo



Fuente: Elaboración propia

- c. Luego se escoge dos secciones y se realiza de nuevo la circunferencia con las partes seleccionadas
- d. Se determina el porcentaje de cada tipo de residuo en la muestra restante mediante la separación de cada sólido dependiendo de su característica como lo muestra en Ecuación 2. Porcentaje para cada tipo de residuo Ecuación 2
- e. Se pesa cada tipo de residuo y se genera el porcentaje

Ecuación 2. Porcentaje para cada tipo de residuo

$$\frac{\text{Cada Clase de residuo}}{\text{peso de la muestra tomada}} * 100$$

Fuente: (Characterization, 2012)

8.2.3.2. Recolección Selectiva

Esta técnica se realiza en el sitio donde va a ser recolectada la muestra de residuos sólidos, estos, se recogen antes de que pase el carro de residuos permitiendo definir exactamente cuál es la población de estudio, el estrato socio económico, habitantes de dicha zona y cantidad de residuos por habitante/día, ya que se asume que los desechos se sacan de dos a 3 veces por semana.

Las dos técnicas se realizan una vez al año para determinar la cantidad de residuos que se emiten en determinado tiempo y a la vez, se calcula cuanto crece el consumo de productos y los desechos que se generan (Characterization, 2012)

8.2.4. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Debido al anterior ítem donde se definían los procesos para determinar la composición de los desechos, se puede proceder a clasificar en diversas formas los residuos, una de ellas es la actividad en la cual se encuentra y el tipo de lugar donde se desecharon los residuos, para la clasificación de los desechos se deben considerar tres factores; residuos orgánicos, inorgánicos y peligrosos.

8.2.4.1. Residuos orgánicos.

Estos residuos hacen o fueron parte de un ser vivo, como alimentos en el hogar cascaras, etc.

8.2.4.2. Residuos inorgánicos

Procede de origen industrial como los plásticos, vidrios, chatarra, envases y telas, provenientes de algún tratamiento que no es natural

8.2.4.3. Residuos Peligrosos

Estos tipos de desechos tienen algún tipo de peligro para la salud como lo son los residuos de material en centros hospitalarios.

Para cada uno de los anteriores residuos, es necesario contar con algún tipo de tratamiento con el fin de que favorezcan y disminuyan la contaminación en el medio ambiente, generando una nueva solución. (Planetica.org, 2011)

9. PROTOTIPO DE CONCRETO.

En el diseño de este prototipo se tuvieron en cuenta varias normas y se estableció que tipo de basura se utilizaría en la realización del concreto, inicialmente se estipulaba la reutilización de toda la basura que generaba la universidad católica de Colombia en la sede el Claustro (primer piso) sin embargo, esto no pudo ser posible debido a que hay desechos orgánicos que debilitaban la resistencia del concreto.

En la Tabla 1 se muestra las unidades que se utilizaron para la realización de cálculos y ensayo.

Tabla 1. Unidades

	unidad	Abreviatura
Longitud	centimetro	cm
	metro	m
Area	centimetro cuadrado	cm ²
	metro cuadrado	m ²
Volumen	metro Cubico	m ³
	Litros	L
carga	Kilogramo fuerza	kg f
	Libra por pulgada Cuadrada	Psi
	Mega Pascales	Mpa
Masa	gramos	g
	kilogramos	Kg

Fuente: Elaboración propia

9.1. SELECCIÓN DE RESIDUOS EN LA SEDE EL CLAUSTRO, PRIMER PISO

Para la obtención de los residuos se escogió la sede el claustro, primer nivel y zonas comunes, donde los estudiantes, docentes y administrativos transcurrieran permanentemente con el fin de tomar una muestra significativa mediante la técnica anteriormente nombrada (Diferencia de pesos y cuarteo).

Luego de observar y realizar los cálculos pertinentes se observó que la cantidad de plástico generado evidenciado en la Ilustración 15. y se determinó que este tipo de residuo sería utilizado para realizar el concreto, debido a que los demás desechos interfieren en las características óptimas del concreto, por sus propiedades fisicoquímicas y biológicas.

Ilustración 15. Residuos PET.



Fuente: Elaboración propia

9.2. TRITURACIÓN DEL MATERIAL.

Con el fin llevar a cabo la mezcla de concreto se realizó el proceso de trituración del desecho, gracias a la participación de la empresa de Residuos y según la petición que ellos realizaron, se optó por mezclar los desechos PET (Tereftalato de Polietileno), con los escombros que se emiten de las obras, entre ellos, mampostería, concreto y demás materiales utilizados en el sector de la construcción. En la Ilustración 16 se observan los desechos en la planta trituradora, cabe aclarar que no se lograron registrar fotos de la trituración, ya que la empresa no lo permitía por políticas de seguridad

Ilustración 16. Desechos en proceso de Trituración.



Fuente: Elaboración propia

9.3. MATERIALES

En la elaboración del concreto se utilizaron los siguientes materiales:

- Material cementante Portland tipo I
- Agua
- Agregados finos y gruesos
- PET mezclado con escombros de obra como agregado fino.

9.3.1. Material cementante Portland tipo 1

Este tipo de concreto es el más utilizado a nivel constructivo ya que posee propiedades físico químicas que permiten tener más cohesión, fraguado y resistencia, está formado principalmente por Clinker, este material contiene caliza y arcilla, cuenta con agua, sulfato de calcio y roca caliza natural. Posee varias especificaciones técnicas, químicas y físicas observadas en la norma ASTM C 150. (Geological Survey, 2005)

9.3.2. Agua

Las propiedades del agua deben ser aptas para realizar la mezcla, entre ellas la limpieza y purificación, con el fin de que no interfiera en el concreto, es un elemento importante ya que permite hidratar el material cementante y generar propiedades fluidas en la mezcla, se debe tener cuidado con la proporción de agua al añadir ya que influye en el fraguado y curado del material. (Técnica, 2001)

9.3.3. Agregados finos y gruesos

Este material permite que el concreto tenga mayores propiedades de adhesión, adicionalmente favorece la resistencia a la compresión disminuyendo los agrietamientos en el fraguado y ayudan a generar más volumen a el concreto (Ag- & Machine, 2017)

9.3.4. PET mezclado con escombros de obra como agregado fino

Este material fue creado a partir de los desechos generados en la universidad católica de Colombia con el fin de mitigar la producción de residuos (Plásticos, 2017), creando a partir de botellas de plástico un agregado más para el concreto, posee alta resistencia al desgaste y corrosión, posee estabilidad a la intemperie y adicionalmente cuenta con buena resistencia química y térmica. (Pet, 2017)

Por otro lado, los agregados provenientes de escombros de obra poseen porcentajes de absorción y resistencia a la compresión dentro de los límites

adecuados en las técnicas colombianas, lo que permite actual de forma correcta en la mezcla de concreto, creando un material resistente. (Chávez Porras Alvaro, Guarín Cortes Nataly Lorena, 2013)

9.4. MEZCLA MATERIAL PET CON ESCOMBROS DE OBRA

Debido a la petición por parte de la empresa Recicladados I. al introducir parte de su material de escombros provenientes de obra donde se incluye concreto y escombros de mampostería con el material PET, se decidió realizar la mezcla del material en la cantera, donde ellos realizan el proceso de trituración.

La composición de este material consta de 80% Tereftalato de Polietileno y 20% escombros de obra. Cabe aclarar que no se tienen fotos del proceso de trituración por petición de la misma empresa, ya que se puede poner en peligro los equipos y la seguridad del lugar.

9.5. EQUIPO UTILIZADO

Al realizar este tipo de ensayo se utilizaron los siguientes materiales: moldes reutilizables, aceite, brocha, palustre, varilla compactadora, balanza, recipientes para mezcla, taras, tamices, chipote y demás equipo misceláneo.

9.6. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

Se solicitó la caracterización de cada uno de los materiales para realizar la mezcla de concreto, si requiere ver esta información, diríjase a los anexos que se encuentran en documento.

Los materiales utilizados deben contar con unos requisitos específicos que se deben cumplir para la realización del concreto.

- NTC 3459 - Concretos. Agua Para La Elaboración De Concreto.
- NTC 121 - Nueva especificación para cemento hidráulico por desempeño.
- ASTM C-33 - Especificación para caracterización de agregados.
- ASTM C-39 - Prueba para determinar la resistencia a la compresión del concreto
- ASTM C-143 - Prueba para determinar el asentamiento del concreto fresco - Cono de Abrams
- ASTM C-150 - Especificación para el cemento Portland
- ASTM C-192 - Norma para la elaboración y curado de muestras de concreto en laboratorio.
- ASTM C-1157 - Especificación para el cemento hidráulico por desempeño

9.7. DISEÑO DEL CONCRETO (AGUA, CEMENTO Y AGREGADOS)

Con el fin de establecer la cantidad de material para la mezcla de concreto se debe determinar una dosificación de cada material con el fin de lograr trabajabilidad y consistencia, logrando colocar fácilmente el concreto dentro de dicho encofrado y contando con resistencia a exposiciones especiales. (Reglamento Colombiano, 2010)

9.8. RELACIÓN AGUA-CEMENTO

La relación agua-cemento es de vital importancia ya que en base a este dato se determina la resistencia a la compresión y se definen los criterios y requisitos del reglamento NSR-10 Título C, la Ecuación 3. Relación Agua-Cemento Ecuación 3 es la más utilizada para realizar este cálculo es la siguiente:

Ecuación 3. Relación Agua-Cemento

$$\text{Relacion Agua - Cemento} \frac{L \text{ de Agua}}{Kg \text{ de concreto}}$$

Fuente (Rodriguez Reyes, 2017)

9.9. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS CILINDROS

Inicialmente se eligió el tipo de cilindro a trabajar y para el cual se va a realizar el proceso de llenado y encofrado, posteriormente, se realizaron los pertinentes cálculos con el fin de definir las relaciones de agua, cemento y agregados para la cantidad determinada de Cilindros teniendo en cuenta los cilindros convencionales y los modificados de material fino con 50% de desechos y con el 100% de desechos.

Luego de ello, se pesó cada uno de los materiales para proceder a mezclar, como se evidencia en la ilustración 17.

Ilustración 17. Peso de los materiales.



Fuente Elaboración propia

9.9.1. Mezcla

En este tipo de concreto se tomó la mezcla normal de agregados, material cementante y agua, donde se establece que para 1 m³ de concreto se mezcla cierta cantidad del material.

El diseño de concreto con agregado de 50% Arena y 50% desechos se realizó con la mismas formulas realizadas anteriormente, con la diferencia de cambiar la proporción de arena.

En la mezcla del concreto se utilizaron los agregados gruesos que pasaron por el proceso de Tamizado reteniendo el N. 4. La mezcla realizada se observa en la Ilustración 18.

Ilustración 18. Mezcla del concreto



Fuente: Elaboración propia

9.9.2. Vaciado del concreto y elaboración de cilindros

Luego de realizada la mezcla para cada uno de los tipos de concreto (convencionales, remplazo con el 50% de agregado de desechos M50% y remplazo con el 100% de desechos M100%), se procede con el engrase de los cilindros con el fin de que no se adhiera el concreto y sea más fácil el proceso de desencofrar para realizar el curado.

Posteriormente se introduce el concreto en los cilindros realizando el debido procedimiento, este se vertió en 3 capas, cada una con 25 golpes compactando con ayuda de una varilla y 25 golpes con el chipote, como se aprecia en la Ilustración 19

Ilustración 19. Elaboración de cilindros.



Fuente: Elaboración propia

9.9.3. Fraguado

Luego de realizar el proceso de vaciado del concreto, comienza una reacción química exotérmica conocido como fraguado donde la mezcla adquiere un grado de endurecimiento determinado. Por lo anterior se deben dejar los cilindros en una zona donde se evite la evaporación del agua, con el fin de que el concreto no pierda humedad, en este caso se dejaron bajo techo en el laboratorio de suelos de la sede el claustro a una temperatura ambiente de 20°C como se muestra en la Ilustración 20, por alrededor de 40 horas, ya que en el procedo de mezcla se realizó el día sábado en horas de la tarde y la extracción de los cilindros el día lunes.

Ilustración 20. Fraguado de cilindros



Fuente: Elaboración propia

9.9.4. Curado

Después de la extracción de los cilindros se procede a mantener el contenido de humedad a una temperatura adecuada de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. (Invias, 2013). Para esto se realizó una inmersión de los cilindros en la piscina del laboratorio de concretos de la sede el claustro como se muestra en la Ilustración 21, con el objetivo de curar el concreto teniendo las probetas en un tanque con agua libre de manera continua. Estos permanecerán sumergidos hasta el momento que se van a fallar.

Ilustración 21. Curado de Cilindros



Fuente: Elaboración propia

9.9.5. Falla de cilindros a los 7 días.

Los cilindros después de estar 7 días en inmersión en la piscina de las instalaciones del laboratorio, se sacan para su primera falla. Cada uno de estos se mide longitudinalmente y en su diámetro respectivo como también se procede a pesar cada uno de los que se van a fallar. Posterior a esto se llevan a la maquina la cual va a fallar el cilindro a una determinada carga, en base a este se determina la resistencia para cada uno de los concretos como lo muestra la Ilustración 22

Ilustración 22. Falla de cilindros a los 7 días



Fuente Elaboración propia

9.9.6. Falla de cilindros a los 14 días.

A los 14 días de realizar el curado, se sacan 12 cilindros de la piscina del laboratorio de la universidad y se procede a medirlos, pesarlos y hallar el diámetro, posteriormente se llevan a la máquina para fallar cada uno de ellos y se determina la carga máxima y tipo de falla del concreto como se muestra en la Ilustración 23

Ilustración 23. Falla de cilindros a los 14 días



Fuente: Elaboración propia

9.9.7. Falla de cilindros a los 21 días.

Finalmente se fallan los últimos cilindros a los 21 días realizando los mismos procedimientos de los anteriores días y verificando el tipo de resistencia, adicionalmente se verifica el incremento de la resistencia de los anteriores días para generar resultados y análisis.

Ilustración 24. Falla cilindros a los 21 días



Fuente: Elaboración propia

9.9.8. Falla de cilindros a los 28 días

Debido a la instalación de la maquina universal en el laboratorio de la universidad, no se logró realizar el laboratorio de resistencia a los 28 días, ya que se corrieron las fechas y no se podían realizar ningún tipo de laboratorio en durante ese fin de semana.

9.10. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL CONO DE ABRAMS (ASENTAMIENTO DEL CONCRETO “SLUMP”)

Alternando el proceso constructivo de los cilindros, se realizó el ensayo del cono de Abrams, el cual, se utiliza para determinar el asentamiento del concreto. La mezcla utilizada para vaciar los cilindros fue utilizada para realizar este mismo proceso.

Una vez realizado el proceso de mezclado para cada uno de los materiales se procedió a verter el concreto en el cono de Abrams con ayuda de un palustre, poco a poco se vertieron 3 capas y por cada una de ellas se compacto con ayuda de una varilla generando 25 golpes, al final se procede a enrasar y a retirar el cono.

Para verificar el asentamiento del material, se procede a voltear la superficie del cono, y se coloca una varilla encima del cono con el fin de comparar el asentamiento del material como se muestra en la Ilustración 25

Ilustración 25. Cono de Abrams



Fuente: Elaboración propia

10. RESULTADOS

10.1. CÁLCULOS RESIDUOS OBTENIDOS DURANTE UNA SEMANA EN LA SEDE EL CLAUSTRO

La Tabla 2 que se muestra a continuación muestra diariamente los resultados arrojados luego de realizar en la semana este proceso de recolección:

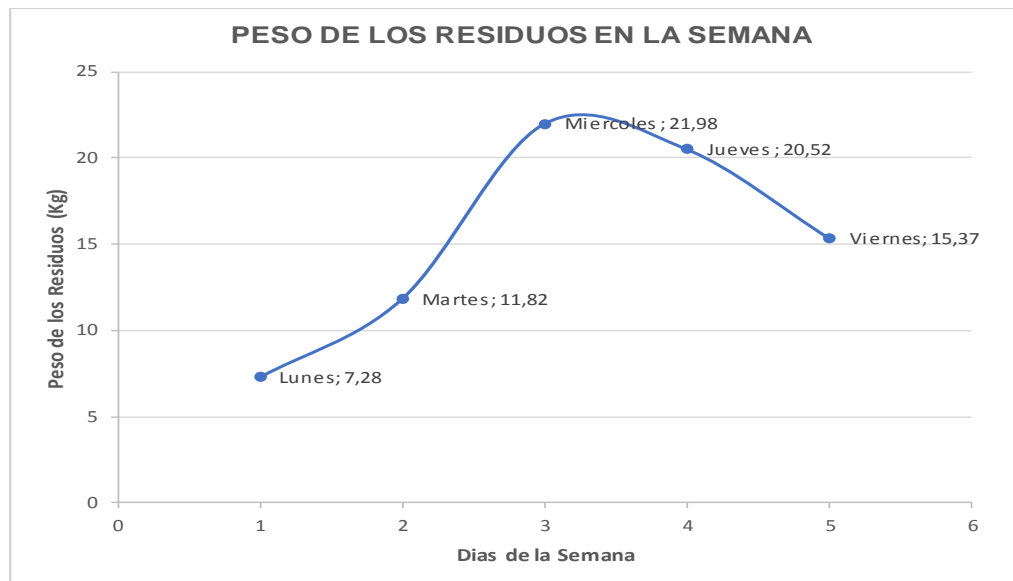
Tabla 2. Peso de los residuos

PESO DE LOS RESIDUOS EN LA SEMANA					
	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
peso de residuos Kg	7,28	11,82	21,98	20,52	15,37

Fuente Elaboración propia

En la Grafica 1 generada a partir de los datos obtenidos en la semana se evidencia la generación de residuos en la sede del claustro en horas de la tarde, se puede evidenciar que los días en los que se producen más desechos son los miércoles y jueves.

Grafica 1. Peso de los residuos



Fuente: Elaboración propia

10.2. CÁLCULOS DEL MÉTODO DE DIFERENCIA DE PESOS Y CUARTEO

Los residuos sólidos generados en una semana por los estudiantes, profesores y administrativos; se determinan por el método de Diferencia de pesos y el cuarteo mediante los pasos determinados anteriormente en el numeral 8.2.2., donde se logró observar lo siguiente en la Tabla 3

Tabla 3. Método de Diferencia de Pesos

METODO DE DIFERENCIA DE PESOS						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	peso de residuos Kg
Diferencia de pesos	0,09	0,15	0,29	0,27	0,20	76,97

Fuente: Elaboracion propia

10.3. CÁLCULOS DISEÑO DE CONCRETO

Para realizar la mezcla exacta de concreto se debe tener en cuenta ciertos cálculos con el fin de tener un conocimiento correcto de cuanto material se va por metro cuadrado y definir su proporción:

10.3.1. Determinar el volumen del cilindro junto con el volumen total de concreto para la elaboración de cilindros.

Tabla 4. Volumen del cilindro

Volumen del cilindro		
Diametro	cm	10
Altura	cm	20
Volumen	cm ³	628,32
	m ³	0,00063

Fuente: Elaboración propia

El volumen del cilindro pequeño es de 628, 32 cm³ calculados según su diámetro y altura como lo muestra en la Tabla 4.

10.3.2. Hallar el volumen total del concreto a utilizar para la elaboración de los cilindros.

Tabla 5. Volumen total del concreto.

Volumen Total		
0,00063	m3	Volumen
32	Un	Cilindros
Total	m3	0,0201

Fuente: Elaboración propia

Para el concreto se debe utilizar un total de 0,0201 m³ con el fin de vaciar 32 cilindros en el molde como se muestra en la Tabla 5

10.3.3. Cantidad de Material cementante, Agua, Grava y arena

Para llevar a cabo el proceso de mezcla se debe tener en cuenta las cantidades de material que se van a adicionar, para ello se deben realizar cálculos con el fin de determinar dicha proporción

Tabla 6. Cantidad Material Cementante en Kg

Cantidad de Material Cementante Kg		
Para 1 m ³ se necesitan 350 Kg de Cemento		
Volumen	0,0201	
Cemento	7,037	
Desperdicio	10%	0,70371675
Total Cemento	7,741	8

Fuente: Elaboración propia

Según los cálculos realizados en la Tabla 6, la cantidad de cemento para realizar la mezcla debe ser de 8 kg Cemento Portland Tipo I, con las especificaciones descritas en los anexos.

Tabla 7. Cantidad de Agua

Cantidad de Agua L		
Para 1 m ³ se necesitan 180 L de Agua		
Volumen	0,0201	
Cemento	3,619	
Desperdicio	10%	0,36191147
Total Cemen	3,981	4

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, para el agua la cantidad en litros debe ser de 4, para la mezcla de concreto como se refleja en la Tabla 7. En cuanto a la grava, esta debe tener una proporción de 22 Kg en la mezcla del concreto como se aprecia en la Tabla 8

Tabla 8. Cantidad de Grava

Cantidad de Grava Kg		
Para 1 m ³ se necesitan 0,90 Kg de Grava		
Volumen	0,0201	
Grava	19,541	
Desperdicio	10%	1,95407063
Total Grava	21,495	22

Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

Finalmente, la arena debe tener un total de 14 kg para la mezcla del concreto como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Cantidad de Arena

Cantidad de Arena Kg		
Para 1 m ³ se necesitan 0,60 Kg de Arena		
Volumen	0,0201	
Arena	12,064	
Desperdicio	10%	1,20637158

Fuente: Elaboración propia

10.4. CÁLCULOS DE RESISTENCIA

10.4.1. Ensayo a los 7 Días

Las tablas que se muestran a continuación, reflejan los cálculos pertinentes para definir la resistencia, los datos encontrados en ellas son tomados en el laboratorio.

Tabla 10. Ensayo a los 7 días convencionales.

		convencional 1			convencional 2			convencional 3		
Diametro	cm	9,93	10,189	9,861	9,976	10,13	10,17	9,75	9,872	9,764
Altura	cm	20,4	20,15	20,4	20,5	20,6	20,4	20,4	20,4	20,5
Peso	g	3840			3840			3810		
Tipo de falla		Conica			conica y transversal			conica y transversal		
carga maxima	Kgf	22000			22000			21000		
Diametro promedio	cm	9,99			10,09			9,80		
Altura promedio	cm	20,32			20,50			20,43		
Area de la muestra	cm ²	78,44			80,00			75,36		
Resistencia a la compresión f'c	MPa	28,05			27,50			27,87		
Densidad de la muestra	Ton/m ³	2,41			2,34			2,47		

Fuente: Elaboración propia

Para cada día se elaboraron 3 cilindros del mismo tipo, con el fin de generar mejores resultados a la hora de fallarlos y contar más datos, en la Tabla 10 se observan los cilindros convencionales fallados a los 7 días, la carga máxima oscilo entre 22000 Kg fuerza y 21000 Kg fuerza,

Luego de ello, se fallaron 3 cilindros modificados con el 50% de arena, generando cargas máximas de 20000 kg fuerza como se muestra en la Tabla 11.

Por último, se fallaron los cilindros con 100% modificado de arena, Tabla 12 generando una resistencia más baja frente a las demás muestras tomadas.

Tabla 11. Ensayo a los 7 días modificados 50%

Ensayo Falla de cilindros										
7 Días										
		modificado 50% arena 1			modificado 50% arena 2			modificado 50% arena 3		
Diametro	cm	10,035	10,076	9,974	10,07	10,04	10,054	9,86	9,975	9,864
Altura	cm	19,8	19,7	20,7	19,8	19,7	20	19,8	19,9	19,8
Peso	g	3560			3550			3570		
Tipo de falla		transversal			transversal			transversal		
carga maxima	Kgf	20000			20000			20000		
Diametro promedio	cm	10,03			10,05			9,90		
Altura promedio	cm	20,07			19,83			19,83		
Area de la muestra	cm ²	78,99			79,40			76,97		
Resistencia a la compresión f'c	MPa	25,32			25,19			25,98		
Densidad de la muestra	Ton/m ³	2,25			2,25			2,34		

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 12. Ensayo a los 7 días modificado 100%

Ensayo Falla de cilindros										
7 Días										
		modificado 100% arena 1			modificado 100% arena 2			modificado 100% arena 3		
Diametro	cm	10,102	10,088	9,928	9,954	10,056	10,025	9,954	10,026	9,958
Altura	cm	20,3	20,3	20,3	20,2	20,2	20,3	20,2	20,3	20,4
Peso	g	3560			3500			3520		
Tipo de falla		conica			conica			conica		
carga maxima	Kgf	11000			11000			11000		
Diametro promedio	cm	10,04			10,01			9,98		
Altura promedio	cm	20,30			20,23			20,30		
Area de la muestra	cm ²	79,16			78,72			78,22		
Resistencia a la compresión f'c	MPa	13,90			13,97			14,06		

Fuente Elaboracion propia

10.4.2. Ensayo a los 14 días

De igual manera que en el ensayo de los 7 días, se realizaron las fallas para cada tipo de concreto convencional, modificado 50% y modificado 100%, los tres contaban con tres cilindros iguales.

Tabla 13. Ensayo a los 14 días, convencionales.

14 Dias										
		convencional 1			convencional 2			convencional 3		
Diametro	cm	9,852	9,911	9,994	10,073	10,04	10,044	9,923	9,912	10,01
Altura	cm	20,2	20,15	20,15	20,6	20,6	20,5	20,1	20,05	20,1
Peso	g	3760			3820			3840		
Tipo de falla		transversal			conica y dividida			transversal		
carga maxima	Kgf	25000			26000			25000		
Diametro promedio	cm	9,92			10,05			9,95		
Altura promedio	cm	20,17			20,57			20,08		
Area de la muestra	cm ²	77,27			79,36			77,73		
Resistencia a la compresión f'c	MPa	32,35			32,76			32,16		
Densidad de la muestra	Ton/m ³	2,41			2,34			2,46		

Fuente: Elaboración propia

En el ensayo de los 14 días se logra apreciar que, tanto para los cilindros convencionales Tabla 13, como para los modificados Tabla 14 y Tabla 15, la resistencia a la compresión y la carga máxima subió considerablemente, lo cual indica que el laboratorio se realizó correctamente.

Tabla 14. Ensayo a los 14 días, Modificado 50%

14 Días										
		modificado 50% arena 1			modificado 50% arena 2			modificado 50% arena 3		
Diametro	cm	10,041	10,07	10,004	9,91	9,954	9,967	10,041	10,07	10,004
Altura	cm	20,4	20,5	20,5	20,1	20,2	20,1	20,4	20,5	20,5
Peso	g	3700			3620			3700		
Tipo de falla		conica y dividida			conica y dividida			conica y dividida		
carga maxima	Kgf	22000			21000			22000		
Diametro promedio	cm	10,04			9,94			10,04		
Altura promedio	cm	20,47			20,13			20,47		
Area de la muestra	cm ²	79,14			77,66			79,14		
Resistencia a la compresión f'c	MPa	27,80			27,04			27,80		
Densidad de la muestra	Ton/m	2,28			2,32			2,28		

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 15. Ensayo a los 14 días, Modificado 100%

14 Días										
		modificado 100% arena 1			modificado 100% arena 2			modificado 100% arena 3		
Diametro	cm	10,167	10,167	10,109	9,987	10,125	10,103	10,102	10,132	10,115
Altura	cm	20,6	20,5	20,4	20,4	20,4	20,2	20,6	20,5	20,4
Peso	g	3640			3500			3600		
Tipo de falla		conica y dividida			conica y dividida			conica y dividida		
carga maxima	Kgf	17000			16000			17000		
Diametro promedio	cm	10,15			10,07			10,12		
Altura promedio	cm	20,50			20,33			20,50		
Area de la muestra	cm ²	80,88			79,67			80,38		
Resistencia a la compresión f'c	MPa	21,02			20,08			21,15		
Densidad de la muestra	Ton/m	2,20			2,16			2,18		

Fuente: Elaboracion propia

10.4.3. Ensayo a los 21 Días

Siguiendo los mismos pasos para los ensayos anteriores, se procedió realizar la falla de los cilindros a los 21 días de los cilindros convencionales Tabla 16, modificado 50% Elaboración propia

Tabla 17 y modificado 100% con el fin de determinar la resistencia, tipo de falla y carga de cada uno de los tipos de cilindro.

Tabla 16. Ensayo a los 21 días, Convencionales.

21 Días										
		convencional 1			convencional 2			convencional 3		
Diametro	cm	10,155	10,028	10,03	10,168	10,102	9,965	9,95	9,975	9,946
Altura	cm	20,6	20,4	20,5	19,8	19,5	20,2	20,1	20,1	20,2
Peso	g	3780			3800			3900		
Tipo de falla		conica y dividida			transversal			transversal		
carga maxima	Kgf	28000			27000			27000		
Diametro promedio	cm	10,07			10,08			9,96		
Altura promedio	cm	20,50			19,83			20,13		
Area de la muestra	cm ²	79,67			79,78			77,87		
Resistencia a la comp	MPa	35,14			33,85			34,68		
Densidad de la muestr	Ton/m ³	2,31			2,40			2,49		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Ensayo a los 21 días. Modificado 50%

21 Días										
		modificado 50% arena 1			modificado 50% arena 2			modificado 50% arena 3		
Diametro	cm	9,214	10,253	9,956	9,58	9,725	10,02	9,225	9,68	9,97
Altura	cm	19,8	19,6	19,7	19,7	19,5	19,8	19,8	19,6	19,7
Peso	g	3500			3500			3400		
Tipo de falla		conica			conica			conica		
carga maxima	Kgf	21000			22000			21000		
Diametro promedio	cm	9,81			9,78			9,63		
Altura promedio	cm	19,70			19,67			19,70		
Area de la muestra	cm ²	75,55			75,05			72,76		
Resistencia a la compresión f'c	MPa	27,80			29,31			28,86		
Densidad de la muestra	Ton/m ³	2,35			2,37			2,37		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Ensayo a los 21 días. Modificado 100%

21 Días										
		modificado 100% arena 1			modificado 100% arena 2			modificado 100% arena 3		
Diametro	cm	10,006	10,021	10,083	9,954	10,025	10,102	10,123	10,102	10,054
Altura	cm	19,8	20,4	20,5	19,9	20,2	20,4	20,1	20,5	20,5
Peso	g	3620			3540			3580		
Tipo de falla		conica y dividida			conica y dividida			conica y dividida		
carga maxima	Kgf	19000			19000			19000		
Diametro promedio	cm	10,04			10,03			10,09		
Altura promedio	cm	20,23			20,17			20,37		
Area de la muestra	cm ²	79,12			78,96			80,01		
Resistencia a la compresión f'c	MPa	24,02			24,06			23,75		
Densidad de la muestra	ton/m ³	2,26			2,22			2,20		

Fuente: Elaboración propia

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se presentan los análisis de resultados obtenidos en los numerales anteriores.

11.1. CILINDROS CONVENCIONALES

Estos tipos de concreto nos arrojan un promedio de resistencia a la compresión (f'c) de 27,81 MPa a los 7 días, indicando que es un buen concreto según la norma técnica colombiana, con especificaciones aptas para la construcción, sin embargo, este tiende a seguir subiendo obtenido a la edad de 21 días una resistencia de 34,55 MPa como lo muestra la

La resistencia al concreto tiende a subir a medida que aumentan los días de curado, en la **¡Error! La autreferencia al marcador no es válida.** se muestra que el promedio de los tres cilindros fallados en diferentes días es similar, esto

sucede porque la mezcla se realizó uniformemente y vaciado en los cilindros se hicieron según las normas técnicas, arrojando resultados como los mostrados.

Tabla 19 , lo cual revela que puede ser usado en áreas de la construcción como placas de entresijos, elementos prefabricados y puede ser utilizado en construcción de ambientes con climas fríos.

La resistencia al concreto tiende a subir a medida que aumentan los días de curado, en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se muestra que el promedio de los tres cilindros fallados en diferentes días es similar, esto sucede porque la mezcla se realizó uniformemente y vaciado en los cilindros se hicieron según las normas técnicas, arrojando resultados como los mostrados.

Tabla 19. Cilindros convencionales.

Convencional					
Edad	7 días				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
f'c (MPa)	28,05	27,50	27,87	27,81	0,279
Densidad (Ton/m ³)	2,41	2,34	2,47	2,41	0,066
Edad	14 días				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
f'c (MPa)	32,35	32,76	32,16	32,43	0,305
Densidad (Ton/m ³)	2,41	2,34	2,46	2,40	0,060
Edad	21 días				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
f'c (MPa)	35,14	33,85	34,68	34,55	0,657
Densidad (Ton/m ³)	2,31	2,40	2,49	2,40	0,087

Fuente: Elaboracion propia

Adicionalmente, su desviación estándar es baja lo cual representa uniformidad de la mezcla, debido a que esta diseñada para obtener mayor durabilidad y adquirir mejor resistencia a la compresión a medida que pasa el tiempo según las normas técnicas utilizadas en este proyecto las cuales se encuentran en los anexos.

11.2. CILINDROS MODIFICADOS 50%

Este tipo de concreto modificado con un 50% de desechos y 50% de arena como agregado fino, genero una resistencia a la compresi3n inicial promedio de 25,50 MPa, lo cual se encuentra dentro de los est3ndares de construcci3n sismo resistente, dicho valor logra subir a una resistencia $f'c$ a 28,66 MPa a una edad de 21 d3as de acuerdo con los valores mostrados en la Tabla 20. Por tal motivo se puede considerar como un concreto con propiedades aptas para desarrollar todo tipo de estructuras en concreto.

Tabla 20. Concreto Modificado 50% arena - 50% Desechos

Modificado 50% arena					
Edad	7 d3as				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
$f'c$ (MPa)	25,32	25,19	25,98	25,50	0,426
Densidad (Ton/m³)	2,25	2,25	2,34	2,28	0,051
Edad	14 d3as				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
$f'c$ (MPa)	27,80	27,04	27,80	27,55	0,436
Densidad (Ton/m³)	2,28	2,32	2,28	2,29	0,018
Edad	21 d3as				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
$f'c$ (MPa)	27,80	29,31	28,86	28,66	0,779
Densidad (Ton/m³)	2,35	2,37	2,37	2,37	0,012

Fuente: (Rodríguez Reyes, 2017)

Se logra apreciar que la densidad con respecto a los cilindros convencionales baja, lo cual indica que disminuye su peso y es m3s ligero, posiblemente esto sucede debido al peso del material incluido (PET) ya que este tiene unas propiedades livianas lo cual influye en la mezcla.

11.3. CILINDROS MODIFICADOS 100%

Este 3ltimo tipo de concreto fue elaborado con 100% de desechos reemplazando a la arena. Los resultados arrojaron una resistencia inferior a 21 MPa a los 7 d3as y se produjo un aumento a $f'c$ de 23,94 MPa para una edad de 21 d3as, con lo cual se concluye que el concreto tiene una buena resistencia intermedia, este tipo de

concreto puede llegar a ser utilizado para elementos estructurales de bajas solicitaciones.

En cuanto a la densidad, se observó que sigue disminuyendo, lo cual es un buen factor ya que el concreto es más liviano, dicha propiedad baja debido a que se reemplazó la arena por 100% PET, lo cual indica que el área es un factor determinante en cuando al peso del material y su densidad.

La resistencia evidentemente baja debido a que la arena cumple con componentes importantes en la mezcla, sin embargo, aun cuando se reemplaza este material el concreto sigue siendo útil en el sector de la construcción, sería importante realizar el ensayo a la compresión de estos cilindros en el día 28, ya que es un resultado útil para determinar a ciencia cierta cuál es su $f'c$

Tabla 21. Concreto modificado 0% arena – 100% Desechos

Modificado 100% arena					
Edad	7 días				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
f'c (MPa)	13,90	13,97	14,06	13,98	0,084
Densidad (Ton/m³)	2,22	2,20	2,22	2,21	0,011
Edad	14 días				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
f'c (MPa)	21,02	20,08	21,15	20,75	0,582
Densidad (Ton/m³)	2,20	2,16	2,18	2,18	0,018
Edad	21 días				
Muestra	1	2	3	Promedio	Desviacion
f'c (MPa)	24,02	24,06	23,75	23,94	0,169
Densidad (Ton/m³)	2,26	2,22	2,20	2,23	0,032

Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

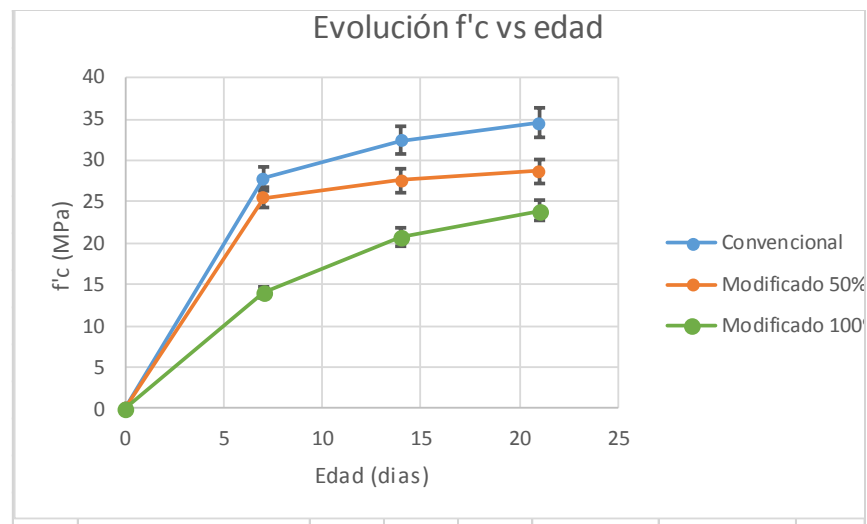
11.4. EVOLUCIÓN DE EDAD Vs $f'c$

De acuerdo a la Grafica 2, se logra observar que el concreto convencional cuenta con una resistencia mayor a los cilindros modificados con reemplazo de desechos sólidos. Sin embargo, el concreto modificado con 50% de desechos sólidos logra tener un buen ascenso en cuanto a su resistencia y mejora su carga máxima cuando se compara con el concreto modificado con 100% de reemplazo de desechos sólidos.

Esto se debe a que el concreto convencional es realizado según los estándares de la norma ASTM, al modificar dichos parámetros se tiende a cambiar la resistencia, el material como lo es la arena es importante a la hora de realizar la mezcla.

El concreto modificado con 50% material inorgánico tiende a tener una resistencia media debido a que se utilizó arena en la mezcla lo cual favorece la resistencia.

Grafica 2. Evolución de $f'c$ Vs Edad

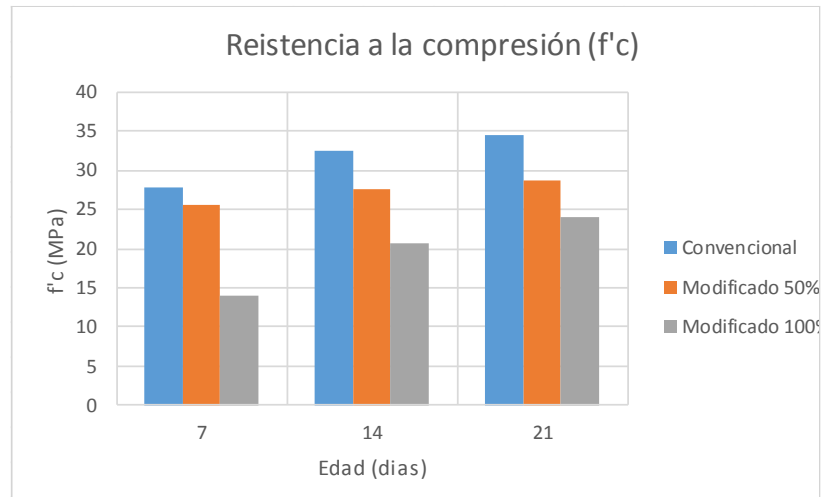


Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

De acuerdo con lo anterior, se puede observar que la resistencia a la compresión es indirectamente proporcional al reemplazo de desechos sólidos de agregado fino. En ese orden de ideas, se pudo observar que, a mayor contenido de desechos sólidos en reemplazo de la arena, la resistencia a la compresión se reduce drásticamente.

Por otra parte, en la Grafica 3. Se aprecia que el concreto modificado con 100% Desechos, tiene una baja resistencia a la compresión, sin embargo, aumenta a medida que avanza la edad del concreto.

Grafica 3. Resistencia a la Compresión Vs Edad Diagrama de Barras



Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

De acuerdo con lo anterior, se concluye que la presencia de desechos sólidos en reemplazo del agregado fino (arena) produce una disminución en la resistencia última a la compresión del concreto f'_c . Sin embargo, la presencia de dicho reemplazo no afecta la evolución normal de la ganancia de resistencia a la compresión del material.

11.5. EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA CON RESPECTO A EL PORCENTAJE DE MODIFICACIÓN

Es notable que a medida que aumenta la edad del concreto la resistencia es proporcional a su desarrollo como lo muestra la Tabla 1, a lo sumo, los tres tipos de concreto aún siguen aumentando su resistencia pese a su modificación y alcanzan niveles de resistencia aptos para el diseño y construcción de sistemas estructurales sísmo resistentes. Como lo muestra la

Grafica 4, a la edad de 21 días, todas las muestras cuentan con una buena resistencia a la compresión f'_c (superior a 21 MPa), sin tener en cuenta la falla de los cilindros a los 28 días.

Es notable que a medida que aumenta la edad del concreto la resistencia es proporcional a su desarrollo como lo muestra la Tabla 1, a lo sumo, los tres tipos de

concreto aún siguen aumentando su resistencia pese a su modificación y alcanzan niveles de resistencia aptos para la construcción como lo muestra la

Grafica 4, donde a la edad de 21 días cuenta con una buena resistencia sin tener en cuenta la falla de los cilindros a los 28 días.

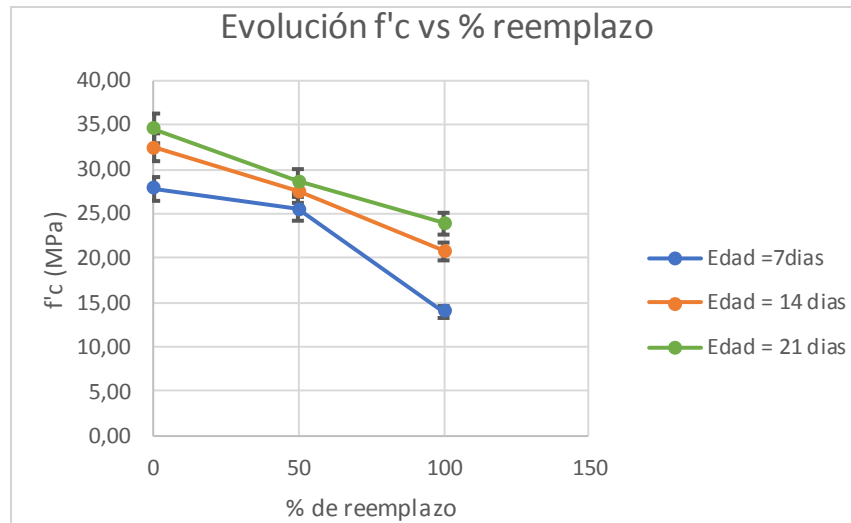
Tabla 22. Evolución de $f'c$ Vs % de modificación

			Para $f'c$			
			Edad			
			0	7	14	21
Muestra	Convencional	0	0	27,81	32,43	34,55
	Modificado 50	50	0	25,50	27,55	28,66
	Modificado 100	100	0	13,98	20,75	23,94

Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

La evolución de la resistencia a la compresión $f'c$ con respecto al % de reemplazo utilizado en cada una de las muestras se puede observar en la siguiente gráfica:

Grafica 4. Evolución de $f'c$ Vs % de modificación.



Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

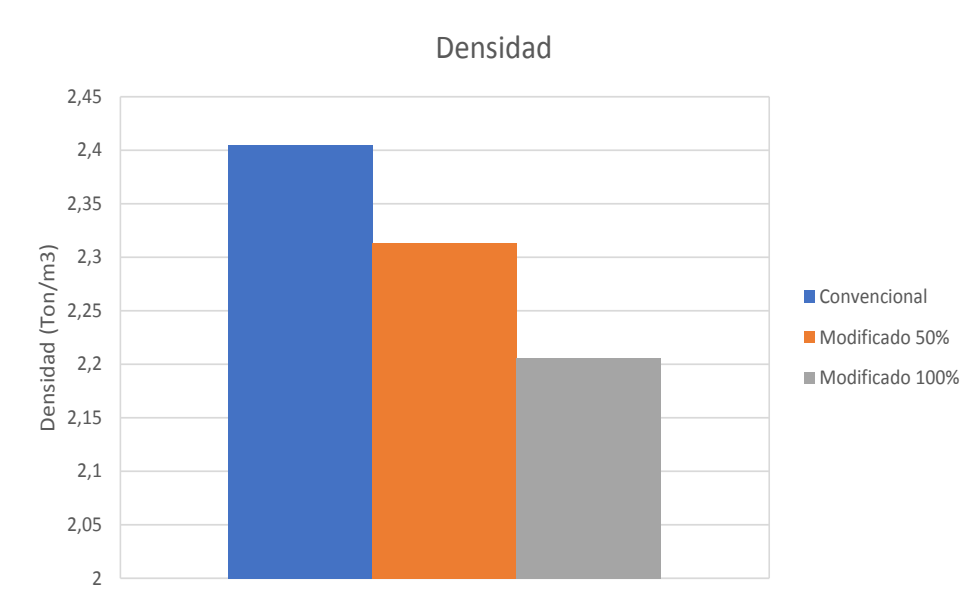
De acuerdo con lo anterior, se comprueba que el porcentaje de reemplazo de desechos sólidos por el agregado fino es indirectamente proporcional a la resistencia última a la compresión $f'c$ de las muestras de concreto fabricadas. En ese orden de

ideas, a mayor porcentaje de reemplazo, menor va a ser la resistencia ultima a la compresión f'_c de las muestras de concreto. Lo anterior sirve como comprobación de que los reemplazos del agregado fino con desechos sólidos inorgánicos, producen una disminución en la resistencia ultima a la compresión f'_c en las muestras de concreto.

11.6. DENSIDAD

La densidad, es una de las características más importantes del concreto, razón por la cual se decidió evaluarla en las muestras de concreto fabricadas. Para los resultados obtenidos con este ensayo, según la Grafica 5 se observa que el concreto convencional es más denso que los concretos modificados, lo cual indica que los cilindros con un % más alto de desechos sólidos inorgánicos, son más livianos y fáciles de manejar.

Grafica 5. Densidad con respecto a cada tipo de concreto



Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

De acuerdo con la anterior, se pudo observar que, a mayor porcentaje de reemplazo del agregado fino por desechos sólidos inorgánicos, la muestra se vuelve menos densa, lo cual significa que la densidad es indirectamente proporcional al porcentaje de reemplazo.

Lo anterior indica que, a mayor contenido de reemplazo del agregado fino, la densidad final de la muestra es menor. Por lo tanto, los reemplazos de agregado

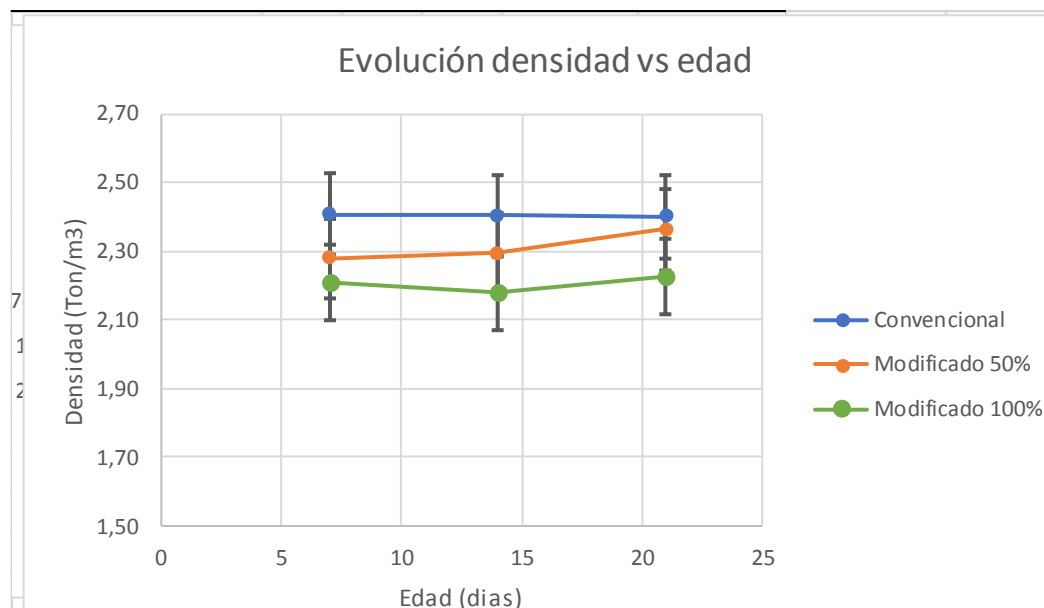
fino por desechos sólidos inorgánicos, podrían servir para la fabricación de concreto liviano (de baja densidad)

11.7. DENSIDAD CON RESPECTO A LA EDAD

Según los cálculos realizados y la

Grafica 6 se observa que la densidad sigue siendo constante para cada tipo de material pese al aumento de la edad, indicando que cada mezcla se mantiene estable.

Grafica 6. Densidad Vs Edad



Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

De acuerdo con lo anterior, se pudo observar que la presencia de reemplazo de desechos solido inorgánicos produce una disminución en la densidad de las muestras de concreto. Sin embargo, la presencia de dicho reemplazo no produce ningún efecto en la evolución de la densidad de las muestras, con respecto a la edad de las mismas

12. CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis sobre las técnicas de uso de materiales reciclados a nivel mundial y en la ciudad de Bogotá, llegando a la conclusión de que existen múltiples formas de ejecutar mejoramientos para la calidad de vida con ayuda de material reciclado, adicionalmente, muchas de estas técnicas de reutilización de los desechos son utilizados en el sector de la construcción, lo cual hace que nuestra carrera logre tener un enfoque más ambiental brindando aportes a la sociedad.
- Se desarrolló un diagnóstico de la composición y el manejo de los desechos sólidos en la Universidad Católica de Colombia, observando que actualmente existe un manejo de reciclaje muy bajo, ya que la mayoría de personas que transita por la sede El Claustro, tienen un conocimiento mínimo sobre el reciclaje, sin embargo, las personas encargadas del aseo cuentan con una estrategia de reciclaje logrando mitigar los daños que genera la contaminación en la sociedad.
- Se realizó un prototipo de concreto usando desechos producidos por la universidad como el PET, material que genera alta contaminación en la sociedad y con el cual existe poca mitigación, este se mezcló con agua, cemento, agregados gruesos y finos generando un concreto apto para la construcción con buena resistencia y baja densidad.
- No se lograron obtener resultados de 28 días debido a la instalación de la maquina universal en los laboratorios de la universidad, evento que no permitía utilizar dicho lugar.
- El concreto no tiene ningún olor que afecte las construcciones, factor por el cual no interrumpe el manejo del material ni medio ambiente.
- El concreto con un modificado de 0% arena y 100% desechos posee mejor densidad, sin embargo, no cuenta con una alta resistencia a la compresión, pese a esto es un buen material ya que alcanza a los 21 días de edad más de $f'c$ 21 MPa
- Los cilindros realizados a partir de una mezcla con 50% arena y 50% desechos, tienden a ser un buen material, cuenta con una resistencia alta y muy buena densidad

- En general, se pudo observar que la resistencia a la compresión f'_c es indirectamente proporcional al porcentaje de reemplazo de desechos sólidos inorgánicos en la matriz de concreto. Lo anterior quiere decir que, a mayor reemplazo de desechos sólidos inorgánicos, las muestras alcanzan una resistencia a la compresión última f'_c menor.
- En cuanto a la densidad de las muestras de concreto, se pudo observar que esta propiedad es indirectamente proporcional al porcentaje de reemplazo de desechos sólidos inorgánicos. Lo anterior significa que, a mayor reemplazo de desechos sólidos inorgánicos en las muestras de concreto, estas tendrán una densidad menor.
- Finalmente, se puede que el reemplazo parcial de agregado fino por desechos sólidos inorgánicos afecta las propiedades del concreto. En algunos casos, como en la resistencia a la compresión esta afectación es negativa (la reduce), pero en algunos otros casos, dicho reemplazo mejora las propiedades (como en el caso de la densidad y la manejabilidad).

13. RECOMENDACIONES

- Sería importante que la universidad contara con mejores y más equipos para la realización de ensayos y evaluar mejor el comportamiento del concreto
- Para posteriores estudios se establece que un concreto con un modificado de 25% Desechos y 75% arena puede llegar a tener una mejor resistencia y buena densidad.
- Asociado a la anterior recomendación, se considera pertinente hacer un estudio que incluya valores intermedios de reemplazo (10%, 20%, 30% y 40%) de desechos sólidos inorgánicos por agregado fino en la matriz de concreto.
- De igual forma, se recomienda investigar acerca de otras propiedades que pueden verse afectadas por el reemplazo del agregado fino tales como: durabilidad, resistencia a cloruros, resistencia a sulfatos, resistencia a CO₂, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión.
- Se recomienda hacer investigaciones en morteros con reemplazo de agregado fino (sin agregado grueso) para ver con claridad otro tipo de afectaciones que sufre el material con la presencia de desechos sólidos inorgánicos en su matriz.
- Finalmente, se recomienda seguir con los estudios aquí propuestos, de tal forma que los resultados de la investigación aquí presentada, tengan continuidad y no se pierdan en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- ABILIA CONCIENCIA SUSTENTABLE. (2015). DE RESIDUOS ORGANICOS A CONCRETO. *JULIO 22*, 1. Retrieved from <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/de-residuos-organicos-a-concreto/>
- Addison, S. (1919). Programa comunitario para el manejo de desechos sólidos. *Guia Comunitaria Para La Salud Ambiental*. Retrieved from http://es.hesperian.org/hhg/A_Community_Guide_to_Environmental_Health:Programa_comunitario_para_el_manejo_de_desechos_sólidos
- Ag-, C., & Machine, A. (2017). Concrete Aggregates 1. <http://doi.org/10.1520/C0033>
- Amaya Lady, Dias Mayerlin, Garcia Yuly, Z. M. (2013). *EKOENTAPES UN ENCHAPE A BASE DE MATERIALES RECICLADOS PARA EL REVESTIMIENTO DE MUROS EN EL ÁREA DE ACABADOS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- Anzola, D. (2015). *ESTUDIO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA CON EL FIN DE DELINEAR UN BORRADOR DE PROPUESTA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C*. Universidad Colegio Maor de Nuestra Señora Del Rosario. Retrieved from <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/11399/1013622668-2015.pdf?sequence=1>
- Argos. (2017). Concreto.
- Barrios Avila, Gabriel Alberto Nemocón Ruiz, M. (2006). *Utilización de concreto reciclado de desecho de construcción como agregado grueso en el concreto estructural*. Universidad Catolica de Colombia.
- Bogota, A. M. de. (2011). *MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PARQUES Y ESCENARIOS PÚBLICOS DE BOGOTÁ D.C*. Retrieved from <http://www.easy.com.co/p/papelera-vaiven-7-gris/>
- Carrillo, C. (2008). Basura , el abono de las enfermedades. *AMBIENTE*, 2008. Retrieved from [file:///C:/Users/Personal/Desktop/Basura, el abono de las enfermedades.pdf](file:///C:/Users/Personal/Desktop/Basura,%20el%20abono%20de%20las%20enfermedades.pdf)

CEVE. (2015). TEJAS DE CAUCHO.

Characterization, S. W. (2012). Caracterización de Residuos Sólidos Solid Waste Characterization, (4), 67–72.

Chávez Porras Alvaro, Guarín Cortes Nataly Lorena, C. D. M. C. (2013). DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS MATERIALES AGREGADOS EN MUESTRA DE ESCOMBROS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. Retrieved from <http://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/630/905>

Colombia, C. (2011). Papelera Vaivén 7 Gris.

Correa Torres, Nelson Aureliano; Rondón Quintana, Hugo Alexander. (2005). *Utilización del desecho plástico como agregado grueso del concreto no estructural segunda fase*. Universidad Católica de Colombia.

Definicion ABC. (2007). Definicion ABC.

El Puntano. (2015). MATERIAL DEL FUTURO: PANELES DE CASCARA DE MANI. Retrieved from <http://elpuntano.com/2015/05/26/material-del-futuro-paneles-de-cascara-de-mani/>

Engelsen, C. J., Sloop, H. A. Van Der, & Petkovic, G. (2017). Science of the Total Environment Long-term leaching from recycled concrete aggregates applied as sub-base material in road construction. *Science of the Total Environment*, 587–588, 94–101. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.052>

Equipos y laboratorio de Colombia. (2015). Equipos y laboratorio de Colombia.

Gaggino, R. (2009). LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN. Retrieved from <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/446/955>

Geological Survey, M. C. S. (2005). Clinker portland.

inforeciclaje. (2017). inforeciclaje.

Internacional, S., & Xxi, S. (2017). Los segregadores de basura y los factores de riesgo a la salud.

Invias. (2013). NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS, E 402 , SECCION 400 CONCRETO.

- Ortíz, A. B. (2003). El reciclaje, una herramienta no un concepto, 1–25.
- Pastrana Arango Andres, P. de N. E. or el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos". (2002). Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5542>
- Peñaloza Garzon, C. R. (2015). *COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA PARA CONCRETO RECICLADO USANDO NEUMÁTICOS TRITURADOS COMO REEMPLAZO DEL 10% Y 30% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO PARA UN CONCRETO CON FINES DE USO ESTRUCTURAL.*
- Perez porto, J. (2010). Definicion.
- Pet, A. (2017). PET.
- Planetica.org. (2011). Clasificación de los residuos. Retrieved from <http://www.planetica.org/clasificacion-de-los-residuos>
- Plasticos. (2017). Plasticos.
- profesor en linea. (2015). Profesor en linea.
- Reglamento Colombiano. (2010). NSR-10 NSR-10.
- Reyes, David. Cornejo, Y. (2014). *ESTADO DEL ARTE DE LA CONSTRUCCION CON MATERIAL RECICLABLE.*
- Rodriguez Reyes, P. C. (2017). *PROTOTIPO DE CONCRETO CON DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.*
- Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogota. (2011). Proyecto de acuerdo 113 de 2011 Consejo de Bogotá D.C. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41936>
- Suttaphakdee, P., Dulsang, N., Lorwanishpaisarn, N., & Kasemsiri, P. (2016). Optimizing mix proportion and properties of lightweight concrete incorporated phase change material paraffin / recycled concrete block composite. *Construction and Building Materials*, 127, 475–483. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.037>
- Técnica, N. (2001). NTC.

THE FREE DICTIONARY. (2012). THE FREE DICTIONARY.

Yacuzzi, E., Martín, F., Pharma, A., Marcelo, H., Universidad, Q., Julián, M., & Universidad, P. (2017). *EL DISEÑO EXPERIMENTAL Y LOS MÉTODOS DE TAGUCHI: CONCEPTOS Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA*.

Zulia, U., Urdaneta, G., Joheni, A., & Zulia, U. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe.

ANEXOS

ANEXO A – NORMAS Y FICHAS TÉCNICAS


En el presente anexo se evidencian las normas y fichas técnicas de los materiales utilizados en la mezcla

1. NTC 121 Especificación de desempeño para cemento hidráulico

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA		NTC 121
		2014-06-18
ESPECIFICACIÓN DE DESEMPEÑO PARA CEMENTO HIDRÁULICO		
	E: PERFORMANCE SPECIFICATION FOR HYDRAULIC CEMENT	
CORRESPONDENCIA:	esta norma es una adopción modificada (MOD), respecto a su documento de referencia ASTM C1157 / C1157M, 2011. Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19429-2969, United States.	
DESCRIPTORES:	cemento hidráulico adicionado; cemento hidráulico; desempeño.	
I.C.S.: 91.100.10		
Editado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Avenida 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (971) 9978896 - Fax (971) 2321439		
Prohibida su reproducción		Tercera actualización Estrada 2014-06-25

2. ASTM C33 Standard Specification for concrete aggregates

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C33/C33M – 16¹

Standard Specification for Concrete Aggregates¹

This standard is issued under the fixed designation C33/C33M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

² NOTE—Editorially corrected 3.2.1 and Footnote B of Table 1 in November 2016.

1. Scope^a

1.1 This specification defines the requirements for grading and quality of fine and coarse aggregate (other than lightweight or heavyweight aggregate) for use in concrete.²

1.2 This specification is for use by a contractor, concrete supplier, or other purchaser as part of the purchase document describing the material to be furnished.

Note 1—This specification is regarded as adequate to ensure satisfactory materials for most concrete. It is recognized that, for certain work or in certain regions, it may be either more or less restrictive than needed. For example, where aesthetics are important, more restrictive limits may be considered regarding impurities that would stain the concrete surface. The specifier should ascertain that aggregates specified are or can be made available in the area of the work, with regard to grading, physical, or chemical properties, or combination thereof.

1.3 This specification is also for use in project specifications to define the quality of aggregate, the nominal maximum size of the aggregate, and other specific grading requirements. Those responsible for selecting the proportions for the concrete mixture shall have the responsibility of determining the proportions of fine and coarse aggregate and the addition of blending aggregate sizes if required or approved.

1.4 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.5 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

- C29C/29M Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate
- C40 Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete
- C67 Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar
- C68 Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
- C117 Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
- C123 Test Method for Lightweight Particles in Aggregate
- C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C131 Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- C136 Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- C142 Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates
- C150 Specification for Portland Cement
- C227 Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)
- C289 Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method) (Withdrawn 2016)⁴
- C294 Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates
- C295 Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete
- C311 Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete
- C330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete

¹This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved Feb. 1, 2016. Published March 2016. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2013 as C33/C33M – 13. DOI: 10.1520/C033-16R01.

²For lightweight aggregates, see Specifications C308, C311, and C302; for heavyweight aggregates see Specification C637 and Descriptive Nomenclature C635.

³For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.


⁴The last approved revision of this historical standard is referenced on www.astm.org.

^aA Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2900, United States
Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Tue Oct 24 06:02:09 EDT 2017
Downloaded/printed by
Universidad Nacional De Colombia (Universidad Nacional De Colombia) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

3. ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C39/C39M – 17b

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope²

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m³ [50 lb/ft³].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (**Warning**—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the *Manual* are recommended.)

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

1.5 This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*³

- C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- C617/C617M Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- C873/C873M Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds
- C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation
- C1176/C1176M Practice for Making Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Table
- C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Cylindrical Concrete Specimens
- C1435/C1435M Practice for Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer
- C1604/C1604M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores of Shotcrete
- E4 Practices for Force Verification of Testing Machines
- E18 Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials
- E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines

Manual of Aggregate and Concrete Testing

¹This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.01 on Testing for Strength.

Current edition approved Aug. 1, 2017. Published August 2017. Originally approved in 1922. Last previous edition approved in 2017 as C39/C39M – 17a. DOI: 10.1520/C09-17a.


²For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-0200, United States
Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Tue Oct 24 00:21:04 EDT 2017
Downloaded/printed by
Universidad Nacional De Colombia (Universidad Nacional De Colombia) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

4. C 143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic – Cement Concrete

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C143/C143M – 15a

Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C143/C143M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of slump of hydraulic-cement concrete, both in the laboratory and in the field.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (**Warning**—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.²)

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*³

- C18/C18M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C138/C138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete
- C172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete

2.2 *CITACI73M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method*

2.3 *C231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method*

2.4 *C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials*

2.5 *D638 Test Method for Tensile Properties of Plastics*

3. Summary of Test Method

3.1 A sample of freshly mixed concrete is placed and compacted by rodding in a mold shaped as the frustum of a cone. The mold is raised, and the concrete allowed to subside. The vertical distance between the original and displaced position of the center of the top surface of the concrete is measured and reported as the slump of the concrete.

4. Significance and Use

4.1 This test method is intended to provide the user with a procedure to determine slump of plastic hydraulic-cement concretes.

Note 1—This test method was originally developed to provide a technique to monitor the consistency of unhardened concrete. Under laboratory conditions, with strict control of all concrete materials, the slump is generally found to increase proportionally with the water content of a given concrete mixture, and thus to be inversely related to concrete strength. Under field conditions, however, such a strength relationship is not clearly and consistently shown. Care should therefore be taken in relating slump results obtained under field conditions to strength.

4.2 This test method is considered applicable to plastic concrete having coarse aggregate up to 1½ in. [37.5 mm] in size. If the coarse aggregate is larger than 1½ in. [37.5 mm] in size, the test method is applicable when it is performed on the fraction of concrete passing a 1½-in. [37.5-mm] sieve, with the larger aggregate being removed in accordance with the section titled “Additional Procedure for Large Maximum Size Aggregate Concrete” in Practice C172.

4.3 This test method is not considered applicable to non-plastic and non-cohesive concrete.

Note 2—Concretes having slumps less than ½ in. [13 mm] may not be adequately plastic and concretes having slumps greater than about 9 in. [230 mm] may not be adequately cohesive for this test to have significance. Caution should be exercised in interpreting such results.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.


Copyright © ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2900, United States.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Tue Oct 24 00:48:50 EDT 2017

Downloaded from by Universidad Nacional De Colombia (Universidad Nacional De Colombia) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

C150 Standard Specification for portland cement

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C150/C150M – 17

Standard Specification for Portland Cement¹

This standard is issued under the fixed designation C150/C150M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript symbol (n) indicates an editorial change since the last revision or approval.

1. Scope²

1.1 This specification covers ten types of portland cement, as follows (see **Note 2**):

1.1.1 *Type I*—For use when the special properties specified for any other type are not required.

1.1.2 *Type IA*—Air-entraining cement for the same uses as Type I, where air-entrainment is desired.

1.1.3 *Type II*—For general use, more especially when moderate sulfate resistance is desired.

1.1.4 *Type IIA*—Air-entraining cement for the same uses as Type II, where air-entrainment is desired.

1.1.5 *Type III/IIIH*—For general use, more especially when moderate heat of hydration and moderate sulfate resistance are desired.

1.1.6 *Type III/IIIHA*—Air-entraining cement for the same uses as Type III/IIIH, where air-entrainment is desired.

1.1.7 *Type IV*—For use when high early strength is desired.

1.1.8 *Type IVA*—Air-entraining cement for the same use as Type III, where air-entrainment is desired.

1.1.9 *Type V*—For use when a low heat of hydration is desired.

1.1.10 *Type V*—For use when high sulfate resistance is desired.

Note 1—Some cements are designated with a combined type classification, such as Type III, indicating that the cement meets the requirements of the indicated types and is being offered as suitable for use when either type is desired.

Note 2—Cement conforming to the requirements for all types are not carried in stock in some areas. In advance of specifying the use of cement other than Type I, determine whether the proposed type of cement is, or can be made, available.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard. Values in SI units [or inch-pound units] shall be obtained by measurement in SI units [or inch-pound units] or by appropriate conversion, using the Rules for Conversion and Rounding given in **IEEE/ASTM SI 10**, of measurements made in other units [or SI units]. Values are stated in only SI units when inch-pound units are not used in practice.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*³

- C33 Specification for Concrete Aggregates
- C51 Terminology Relating to Lanes and Limestone (as used by the Industry)
- C109/C109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)
- C114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement
- C115 Test Method for Fineness of Portland Cement by the Turbidimeter
- C151 Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement
- C183 Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement
- C185 Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar
- C186 Test Method for Heat of Hydration of Hydraulic Cement
- C191 Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle
- C204 Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by

¹This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.01 on Hydraulic Cements for General Concrete Construction.

Current edition approved April 1, 2017. Published April 2017. Originally approved in 1940. Last previous edition approved in 2016 as C150/C150M – 16². DOI: 10.1520/C0150_C0150M-17.

²For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2900, United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Tue Oct 24 00:34:40 EDT 2017

Downloaded by

Universidad Nacional De Colombia (Universidad Nacional De Colombia) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

5. C192 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory¹

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C192/C192M – 16a

Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory¹

This standard is issued under the fixed designation C192/C192M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revisions, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reaffirmed. A superscript (e) indicates an editorial change since the last revision or reaffirmation.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope^{*}

1.1 This practice covers procedures for making and curing test specimens of concrete in the laboratory under accurate control of materials and test conditions using concrete that can be consolidated by rodding or vibration as described herein.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (**Warning**—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to exposed skin and tissue upon prolonged exposure.²)

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards³

- C70 Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate
- C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C127 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate
- C128 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.01 on Testing for Strength.

Current edition approved June 1, 2016. Published June 2016. Originally approved in 1994. Last previous edition approved in 2005 as C192/C192M – 16. DOI: 10.1520/C0090_C0192M-16a.

² See section on Safety Precautions, *Manual of Aggregate and Concrete Testing*, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

- C138/C138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete
- C143/C143M Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete
- C172/C172M Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete
- C173/C173M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
- C231/C231M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
- C330/C330M Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
- C403/C403M Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance
- C470/C470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically
- C494/C494M Specification for Chemical Admixtures for Concrete
- C511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
- C566 Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying
- C617/C617M Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- C1064/C1064M Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete
- C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation
- 2.2 American Concrete Institute Publications⁴
 - 211.3 Practice for Selecting Proportions for No-Slump Concrete
 - 309R Guide for Consolidation of Concrete

3. Significance and Use

3.1 This practice provides standardized requirements for preparation of materials, mixing concrete, and making and curing concrete test specimens under laboratory conditions.

⁴ Available from American Concrete Institute (ACI), P.O. Box 9086, Farmington Hills, MI 48333-9086, <http://www.aci-int.org>.

^{*}A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2900, United States

Copyright by ASTM Int (all rights reserved); Tue Oct 24 00:54:54 EDT 2017

Downloaded from by

Universidad Nacional De Colombia (Universidad Nacional De Colombia) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

6. C1157 Standard Performance Specification for Hydraulic Cement¹

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C1157/C1157M - 17

Standard Performance Specification for Hydraulic Cement¹

This standard is issued under the fixed designation C1157/C1157M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

1. Scope^a

1.1 This performance specification covers hydraulic cements for both general and special applications. There are no restrictions on the composition of the cement or its constituents (See Note 1).

Note 1—There are two related hydraulic cement standards, Specification C150 for portland cement and Specification C595 for blended cements, both of which contain prescriptive and performance requirements.

1.2 This performance specification classifies cements based on specific requirements for general use, high early strength, resistance to attack by sulfates, and heat of hydration. Optional requirements are provided for the property of low reactivity with alkali-silica-reactive aggregates and for air-entraining cements.

1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard. Values in SI units (or inch-pound units) shall be obtained by measurement in SI units (or inch-pound units) or by appropriate conversion, using the Rules for Conversion and Rounding given in [IEEE/ASTM SI 10](#), of measurements made in other units (or SI units). Values are stated in only SI units when inch-pound units are not used in practice.

1.4 The text of this standard refers to notes and footnotes that provide explanatory material. These notes and footnotes (including those in tables and figures) are not requirements of the standard.

1.5 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

1.6 This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standard-

ization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards²

- C109/C109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)
- C114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement
- C130 Specification for Portland Cement
- C151 Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement
- C183 Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement
- C185 Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar
- C186 Test Method for Heat of Hydration of Hydraulic Cement
- C188 Test Method for Density of Hydraulic Cement
- C191 Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle
- C204 Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus
- C219 Terminology Relating to Hydraulic Cement
- C227 Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)
- C359 Test Method for Early Stiffening of Hydraulic Cement (Mortar Method)
- C430 Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45- μ m (No. 325) Sieve
- C441 Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast-Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction
- C451 Test Method for Early Stiffening of Hydraulic Cement (Paste Method)
- C595 Specification for Blended Hydraulic Cements

^a This performance specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cements and is the direct responsibility of Subcommittee C01.03 on Hydraulic Cements for General Concrete Construction.

Current edition approved June 15, 2017. Published August 2017. Originally approved in 1962. Last previous edition approved in 2011 as C1157 - 11. DOI: 10.1533/1157_C1157M-17.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³ A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

7. Invias Sección 400 – Concreto Hidráulico

SECCIÓN 400 – CONCRETO HIDRÁULICO

I.N.V. E – 401	TOMA DE MUESTRAS DE CONCRETO FRESCO
I.N.V. E – 402	ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL LABORATORIO PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN
I.N.V. E – 403	REFRENTADO DE CILINDROS DE CONCRETO
I.N.V. E – 404	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO (SLUMP)
I.N.V. E – 405	DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO
I.N.V. E – 406	CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN
I.N.V. E – 407	EXUDACIÓN DEL CONCRETO
I.N.V. E – 408	USO DE TAPAS NO ADHERIDAS EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO ENDURECIDO
I.N.V. E – 409	CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO VOLUMÉTRICO
I.N.V. E – 410	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO
I.N.V. E – 411	ENSAYO DE TRACCIÓN POR HENDIMIENTO (TRACCIÓN INDIRECTA) DE CILINDROS DE CONCRETO
I.N.V. E – 412	FABRICACIÓN, CURADO ACELERADO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO
I.N.V. E – 413	MÉTODO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE (ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO) EN EL CONCRETO ENDURECIDO
I.N.V. E – 414	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA Y CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ LIBRE

8. Especificaciones técnicas Concreto Argos

CEMENTO GRIS DE USO GENERAL



Usos

- Producción de concretos para cimentaciones, muros, contenciones, estructuras, rellenos y todo tipo de obra en general.
- Preparación de morteros para mampostería, pega de cerámicos, enchapes, acabados, recubrimientos y morteros de relleno.
- Elaboración de morteros para pisos, nivelaciones, lechadas y emboquillados.
- Producción de elementos prefabricados de pequeño y mediano formato.
- Reparaciones, remodelaciones, pequeñas obras y diversas aplicaciones domésticas.

Beneficios

- Desarrolla las resistencias requeridas tanto en edades tempranas como en edades finales, garantizando un adecuado programa de retiro de formaletas y puesta en funcionamiento de las estructuras.
- Ofrece tiempos de fraguado controlados que facilitan el manejo y colocación de las mezclas en obra, sin afectar los tiempos de desmolde y desarrollo de resistencias.
- Presenta moderados calores de hidratación reduciendo el riesgo de fisuración y contribuyendo con una mejor apariencia y mayor durabilidad de las estructuras.
- La distribución granulométrica adecuada de sus partículas ayuda a obtener resistencias más tempranas y mayor calidad en los acabados.
- Promueve la retención de humedad, generando mezclas más plásticas y manejables que favorecen los procesos de colocación y acabados.
- Las adiciones incorporadas le confieren a los concretos y morteros una mayor estabilidad en su volumen disminuyendo los fenómenos de contracción, asentamientos plásticos.

Especificaciones Técnicas

PARÁMETROS QUÍMICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 321 Tipo I	ASTM C-1157 TIPO GU.
Óxido de magnesio, MgO, máximo (%)	6.00	7.00	-
Trióxido de azufre, SO ₃ , máximo (%)	3.50	3.50	-
PARÁMETROS FÍSICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 121 Tipo I	ASTM C-1157 TIPO GU.
Fraguado inicial ⁽¹⁾ , mínimo (minutos)	45	45	45
Fraguado final ⁽²⁾ , máximo (minutos)	420	480	420
Expansión autoclave, máximo (%)	0.8	0.8	0.8
Expansión en agua ⁽³⁾ , máximo (%)	0.02	-	0.02
Resistencia a 3 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	9.0	8.0	13.0
Resistencia a 7 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	16.0	15.0	20.0
Resistencia a 28 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	26.0	24.0	28.0
Blaine, mínimo (cm ² /gr)	2800	2800	-

(1) Ensayo con aguja de Vicat según NTC 118 (ASTM C191)

(2) Ensayo en barras de mortero a 14 días según NTC 4927 (ASTM 1038)

(3) Ensayo a compresión sobre cubos de mortero con arena normalizada según NTC 220 (ASTM C109)

Recomendaciones

Las especificaciones del Cemento Gris de Uso General producido por Cementos Argos S.A. cumplen con los valores de la norma colombiana NTC 121 y 321. Adicionalmente, en la elaboración de concretos se recomienda la revisión y aplicación de la NTC 3318 y NSR-10; requisitos de producción, calidad y durabilidad.

Presentaciones

Saco de cemento gris de 50 kg



Saco de cemento gris de 25 kg



Saco de cemento gris de 1 kg



www.argos.co
Celular #250
01 8000 5 ARGOS
77437



ANEXO B – FOTOS PROCESO CONSTRUCTIVO

SELECCIÓN DE RESIDUOS EN LA SEDE EL CLAUSTRO UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

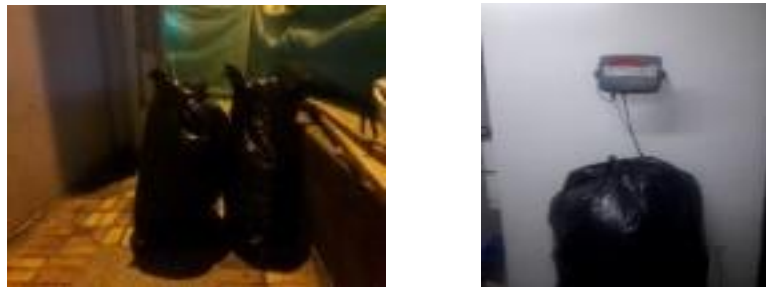
1. Desechos durante una semana generados en la sede el claustro.

Ilustración 26. Desechos Día lunes



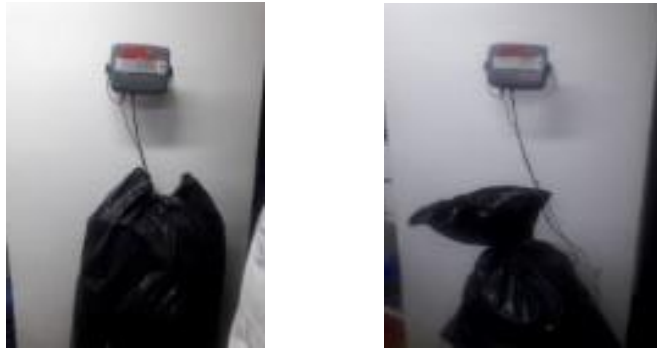
Fuente: (Rodríguez Reyes, 2017)

Ilustración 27. Desechos Día Martes.



Fuente: (Rodríguez Reyes, 2017)

Ilustración 28. Desechos Día Miércoles



Fuente: (Rodríguez Reyes, 2017)



Ilustración 29. Desechos Día Jueves



Fuente: (Rodríguez Reyes, 2017)

Ilustración 30. Desechos Día Viernes



Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

2. Caracterización de la muestra mediante método de Cuarteo

Ilustración 31. Método de Cuarteo

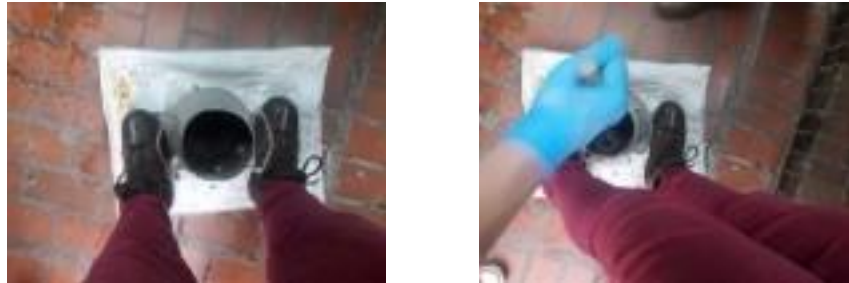




Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

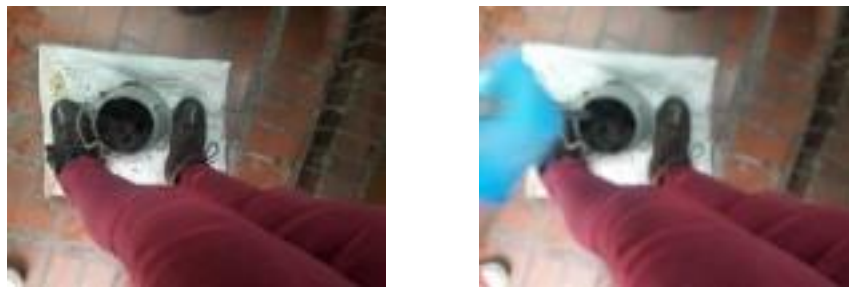
PROCESO CONSTRUCTIVO CONO DE ABRAMS

Ilustración 32. Primera capa de concreto Cono de Abrams



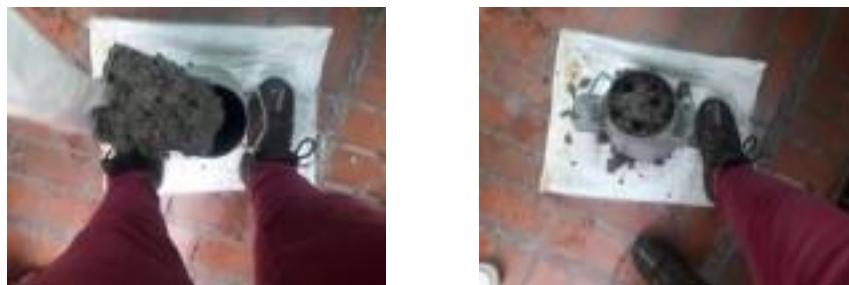
Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

Ilustración 33. Segunda capa de concreto Cono de Abrams



Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

Ilustración 34. Tercera capa de concreto Cono de Abrams



Fuente: (Rodriguez Reyes, 2017)

Ilustración 35 Última capa Cono de Abrams



Fuente: (Rodríguez Reyes, 2017)

Ilustración 36. Enrase y desencofrado Cono de Abrams



Fuente: (Rodríguez Reyes, 2017)

Ilustración 37. Longitud de asentamiento del concreto



Fuente: (Rodríguez Reyes, 2017)

PROCESO CONSTRUCTIVO CILINDROS







