

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento <b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	Código <b>F-AC-DBL-007</b>	Fecha <b>10-04-2012</b>	Revisión <b>A</b>
Dependencia <b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	Aprobado <b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		Pág. <b>i(148)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>MARYI DAHANA VEGA GUERRERO EDUAR CAMILO DURÁN NAVARRO</b>		
FACULTAD	<b>FACULTAD DE INGENIERIAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA CIVIL</b>		
DIRECTOR	<b>CARLOS ROBERTO ARÉVALO OROZCO</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>ESTUDIO DE DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROVENIENTES DE LAS EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p>EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE HA VISTO LA NECESIDAD DE REALIZAR UNA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE, LA CUAL ESTÁ RELACIONADA CON UN USO RACIONAL DE LOS RECURSOS DISPONIBLES; EL INCONVENIENTE RADICA EN QUE LOS BENEFICIOS DE LOS PROYECTOS IMPLIQUEN EL MÍNIMO COSTO AMBIENTAL. PARA ELLO, SON DETERMINANTES LAS ACCIONES EN CUANTO A REDUCIR, REUTILIZAR Y RECICLAR LOS MATERIALES INVOLUCRADOS EN LOS DIFERENTES PROCESOS, ASÍ COMO LA ADECUADA DISPOSICIÓN DE LO NO APROVECHABLE.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 148	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:1



ESTUDIO DE DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROVENIENTES DE LAS EDIFICACIONES EN  
EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

**AUTORES**

MARYI DAHANA VEGA GUERRERO

EDUAR CAMILO DURÁN NAVARRO

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingenieros Civiles

**DIRECTOR**

Carlos Roberto Arévalo Orozco

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

Abril de 2017.

## Índice

<b>Capítulo 1: Estudio de disposición y reutilización de los residuos de construcción y demolición provenientes de las de edificaciones en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación.....	3
1.5 Delimitaciones.....	4
1.5.1 Delimitación geográfica.....	4
1.5.2 Delimitación temporal.....	4
1.5.3 Delimitación conceptual.....	4
1.5.4 Delimitación operativa.....	4
 <b>Capítulo 2. Marco referencial.....</b>	 <b>6</b>
2.1 Marco histórico.....	6
2.1.1 Antecedentes históricos a nivel internacional de la construcción y el reciclaje de los residuos que esta produce.....	6
2.1.2 Historia del reciclaje.....	10
2.1.3 Antecedentes históricos a nivel internacional.....	11
2.2 Marco teórico.....	14
2.3 Marco conceptual.....	24
2.3.1 Agregados.....	24
2.3.2 Almacenamiento o acopio.....	24
2.3.3 Aprovechamiento.....	25
2.3.4 Demolición selectiva.....	25
2.3.5 Escombros.....	25
2.3.6 Medio ambiente.....	25
2.3.7 Reciclaje.....	26
2.3.8 Recolección.....	26
2.3.9 Residuos de construcción y demolición (RCD).....	26
2.3.10 Reutilización.....	26
2.3.11 Sitio de disposición final.....	26
2.3.12 Trituradora.....	26
2.4 Marco legal.....	27
2.4.1 Ley 99 de 1993.....	27
2.4.2 Ley 1466 de 2011 (Junio 30).....	27
2.4.3 Ley 1259 de 2008 (Diciembre 19) congreso de la república.....	27
2.4.4 Resolución 1115 de 2012. (Septiembre 26).....	28
2.4.5 Decreto 2041 de 2014. (Octubre 15).....	28

<b>Capítulo 3. Diseño metodológico .....</b>	<b>29</b>
3.1 Tipo de investigación .....	29
3.2 Población.....	29
3.3 Muestra.....	29
3.4 Recolección de información.....	30
3.4.1 Técnicas de recolección de información. ....	30
3.4.2 Instrumentos para la recolección de información.....	30
3.5 Análisis de información .....	31

<b>Capítulo 4: Diagnóstico de la generación y disposición de los residuos de construcción y demolición provenientes de las edificaciones en el municipio de Ocaña, Norte de Santander</b>	
4.1 Generación y disposición de los RCD.....	33
4.2 Clasificación y reutilización de los RCD .....	41

<b>Capítulo 5: Diseño de mezcla optimo para la elaboracion de un concreto reciclado elaborado con residuos de mamposteria y ceramicos.....</b>	<b>53</b>
5.1 Descripción, selección y preparación de los RCD utilizados.....	53
5.2 Ensayos necesarios para el diseño de mezcla.....	57
5.2.1 Granulometría.....	58
5.2.2 Módulo de finura .....	59
5.2.3 Tamaño máximo de la grava reciclada .....	59
5.2.4 Densidad de la grava y de la arena reciclados .....	59
5.2.5 Absorción de la grava y de la arena reciclados .....	59
5.2.6 Densidad del cemento.....	60
5.3 Diseño de mezcla de concreto reciclado .....	60
5.3.1 Selección del asentamiento: Seleccionamos un asentamiento de 8 cm.....	61
5.3.2 Tamaño máximo del agregado: .....	61
5.3.3 Estimación del agua de mezclado y el contenido de aire .....	62
5.3.4 Calculo del volumen de agua.....	63
5.3.5 Relación a/c .....	63
5.3.6 Calculo del contenido de cemento.....	65
5.3.7 Volumen de cemento.....	65
5.3.8 Estimación del contenido de agregados.....	66
5.3.9 Peso agregados .....	69
5.3.10 Ajustes por absorción .....	69

<b>Capítulo 6: Análisis comparativo de resistencia y costos entre el concreto reciclado y el concreto normal .....</b>	<b>72</b>
6.1 Análisis comparativo de la resistencia .....	72
6.1.1 Equipos, herramientas y materiales utilizados .....	72
6.1.2 Elaboración de la mezcla.....	73
6.1.3 Ensayo de los cilindros .....	80
6.1.4 Análisis de datos .....	83
6.2 Análisis comparativo de los costos .....	83

<b>Capítulo 7: Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición provenientes de las edificaciones .....</b>	<b>87</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>88</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>91</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>91</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>94</b>

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	36
Ilustración 2 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	36
Ilustración 3 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	37
Ilustración 4 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	38
Ilustración 5 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	38
Ilustración 6 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	39
Ilustración 7 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	39
Ilustración 8 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	40
Ilustración 9 <i>RCD en calles de Ocaña</i> .....	40
Ilustración 10 <i>RCD en obras</i> .....	47
Ilustración 11 <i>RCD en obras</i> .....	47
Ilustración 12 <i>RCD en obras</i> .....	48
Ilustración 13 <i>RCD en obras</i> .....	49
Ilustración 14 <i>Escombrera</i> .....	50
Ilustración 15 <i>Escombrera</i> .....	51
Ilustración 16 <i>Escombrera</i> .....	52
Ilustración 17 <i>Residuos de mampostería y cerámico</i> .....	53
Ilustración 18 <i>Visita a las trituradoras</i> .....	54
Ilustración 19 <i>Elementos trituración del material</i> .....	55
Ilustración 20 <i>Trituración del material</i> .....	56
Ilustración 21 <i>Selección del material reciclado</i> .....	57
Ilustración 22 <i>Peso del cemento</i> .....	73

Ilustración 23 <i>Peso agregado grueso</i> .....	74
Ilustración 24 <i>Peso agregado grueso</i> .....	74
Ilustración 25 <i>Agua en litros</i> .....	75
Ilustración 26 <i>Preparación moldes de cilindros</i> .....	75
Ilustración 27 <i>Preparación de la mezcla</i> .....	76
Ilustración 28 <i>Vaciado de la mezcla</i> .....	77
Ilustración 29 <i>Vaciado de la mezcla</i> .....	78
Ilustración 30 <i>Compactado de capas</i> .....	78
Ilustración 31 <i>Compactado de capas</i> .....	79
Ilustración 32 <i>Desencofrado</i> .....	79
Ilustración 33 <i>Curado de los especímenes</i> .....	80

## Lista de Gráficas

<b>Gráfica 1</b> <i>Volúmenes de RCD producidos por las 8 edificaciones tomadas como muestra</i>	34
<b>Gráfica 2</b> <i>RCD producidos vs Dispuesto escombrera</i> .....	35
<b>Gráfica 3</b> <i>Composición de los RCD a nivel global</i> .....	42
<b>Gráfica 4</b> <i>Composición RCD en Bogotá</i> .....	43
<b>Gráfica 5</b> <i>Composición RCD en Ocaña</i> .....	43
<b>Gráfica 6</b> <i>Etapas constructivas</i> .....	44
<b>Gráfica 7</b> <i>Clasificación y Reutilización de los RCD</i> .....	45
<b>Gráfica 8</b> <i>Curva granulométrica del material reciclado</i> .....	59
<b>Gráfica 9</b> <i>Método grafico de Fuller</i> .....	66
<b>Gráfica 10</b> <i>Dosificación</i> .....	71

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Gestión de los residuos de construcción y demolición en Europa</i> .....	12
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación y Reutilización de los RCD</i> .....	46
<b>Tabla 3</b> <i>Granulometría RCD</i> .....	58
<b>Tabla 4</b> <i>Resistencia a la compresión promedio</i> .....	61
<b>Tabla 5</b> <i>Tamaño Maximo Nominal</i> .....	61
<b>Tabla 6</b> <i>Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados</i> .....	62
<b>Tabla 7</b> <i>Contenido de agua de mezcla</i> .....	63
<b>Tabla 8</b> <i>Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto</i> .....	64
<b>Tabla 9</b> <i>Datos de los especímenes</i> .....	81
<b>Tabla 10</b> <i>Resistencias material reciclado</i> .....	81
<b>Tabla 11</b> <i>Resistencias material convencional</i> .....	82
<b>Tabla 12</b> <i>Resistencias promedio</i> .....	82
<b>Tabla 13</b> <i>Análisis de equipo para procedimiento con reciclado</i> .....	84
<b>Tabla 14</b> <i>Análisis de equipo para procedimiento con reciclado</i> .....	84
<b>Tabla 15</b> <i>Costo concreto reciclado</i> .....	85
<b>Tabla 16</b> <i>Costo concreto reciclado</i> .....	85

**Lista de Apéndices**

Apéndice 1 <i>Encuesta escombrera</i> .....	94
Apéndice 2 <i>Encuesta obras</i> .....	95
Apéndice 3 <i>Encuestas diligenciadas</i> .....	96
Apéndice 4 <i>Encuestas diligenciadas</i> .....	97
Apéndice 5 <i>Encuestas diligenciadas</i> .....	98
Apéndice 6 <i>Encuestas diligenciadas</i> .....	99
Apéndice 7 <i>Encuestas diligenciadas</i> .....	100
Apéndice 8 <i>Encuestas diligenciadas</i> .....	101
Apéndice 9 <i>Encuestas diligenciadas</i> .....	102
Apéndice 10 <i>Encuestas diligenciadas</i> .....	103
Apéndice 11 <i>Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición provenientes de la construcción de edificaciones</i> .....	1
Apéndice 12 <i>Resultados de laboratorios</i> .....	152

**Capítulo 1: Estudio de disposición y reutilización de los residuos de construcción y demolición provenientes de las de edificaciones en el municipio de Ocaña, Norte de Santander**

**1.1 Planteamiento del problema**

En los últimos años, el medio ambiente se ha visto afectado negativamente por las acciones del hombre como consecuencia de lograr un crecimiento económico. Una actividad que ayuda a alcanzar ese crecimiento es propiamente la industria de la construcción, la cual afecta directamente al medio ambiente por generar grandes cantidades de residuos en cada una de las actividades realizadas a lo largo de la construcción.

Estos residuos, son todo aquel material de desecho generado por la actividad de remodelación, excavación, demolición o construcción de una obra, tanto pública como privada. Los cuales son llevados a la escombrera con la que cuenta el municipio de Ocaña, la cual se encuentra en la avenida circunvalar donde no se les realiza un respectivo reaprovechamiento por lo cual en un futuro esta no podrá seguir recibiendo estos materiales.

Actualmente se ha optado el principio de construir obras amigables con el medio ambiente, por limitar y lograr reutilizar la mayor cantidad de residuos que se generan durante el proceso de construcción, ya que al desentenderse de la problemática acortamos el tiempo de vida útil de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales.

Los problemas ambientales que genera un inadecuado manejo de los residuos sólidos son el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural, y los efectos adversos para la salud humana por la proliferación de vectores transmisores de enfermedades,

además de la contaminación del ambiente. Los principales problemas son: el impacto sobre los cuerpos hídricos (disminución del oxígeno en el agua aumentando la eutrofización, acabando con la fauna de los ríos y lagos), impacto sobre los suelos (contaminación de los suelos con productos químicos, además de la disminución de la resistencia del suelo debido a que no se realiza una compactación adecuada a los materiales de desecho), impacto sobre el aire (contaminación debido a la proliferación de gases y partículas en suspensión).

## **1.2 Formulación del problema**

¿Qué beneficios traerá la realización de un estudio de disposición y reutilización de los residuos de construcción y demolición provenientes de la construcción de edificaciones en el municipio de Ocaña, Norte de Santander?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Estudiar la disposición y reutilización de los residuos de construcción y demolición provenientes de las edificaciones en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Realizar un diagnóstico de la generación y disposición de los residuos de construcción y demolición en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Determinar el diseño de mezcla óptimo para la elaboración de un concreto reciclado elaborado con residuos de mampostería y cerámicos.

Realizar un análisis comparativo de resistencia y costos entre el concreto reciclado y el concreto normal.

Construir un Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición provenientes de la construcción de edificaciones.

#### **1.4 Justificación**

En los últimos años se ha visto la necesidad de realizar una construcción sustentable, la cual está relacionada con un uso racional de los recursos disponibles; el inconveniente radica en que los beneficios de los proyectos impliquen el mínimo costo ambiental. Para ello, son determinantes las acciones en cuanto a reducir, reutilizar y reciclar los materiales involucrados en los diferentes procesos, así como la adecuada disposición de lo no aprovechable.

La falta de cultura sobre el tema del manejo de materiales de construcción producto de las demoliciones y procesos constructivos en Ocaña es evidente, entonces se buscará que las empresas constructoras se sensibilicen sobre el tema del manejo y reutilización de los RCD logrando mostrarles los beneficios en cuanto a ahorro en costo y tiempo al poder hacer uso de los mismos.

Como parte del desarrollo del trabajo se realizarán una serie de encuestas, comparativas y análisis en diversas obras, para poder identificar cuáles son las ventajas y desventajas de apearse a un plan de manejo de residuos, así como el cumplimiento a normas ambientales en cuanto al uso y clasificación de los materiales indicados anteriormente; además también se hará una encuesta en la escombrera municipal con el objetivo de tener datos para realizar una comparación con los obtenidos en las obras.

Todo esto se realizará con el fin de que las empresas constructoras reduzcan la generación de RCDs, los cuales se han convertido en una problemática ambiental debido a los tiraderos clandestinos, ya que no se reaprovechan este tipo de materiales y a su vez

deterioran el aspecto del municipio; por lo cual es fundamental crear alternativas como la utilización de concreto reciclado donde se reutilizan los residuos generados de la demolición de estructuras para la elaboración de concreto.

## **1.5 Delimitaciones**

### **1.5.1 Delimitación geográfica.**

El proyecto se realizara en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

### **1.5.2 Delimitación temporal.**

El proyecto se ejecutara durante el primer semestre académico del año 2017 estipulado por parte de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

### **1.5.3 Delimitación conceptual.**

Este proyecto tiene como base conceptos relacionados con la construcción de obras civiles, tales como:

- Demolición.
- Construcción.
- Escombros.
- Reciclaje.
- Reutilización.
- Residuos de construcción y demolición.

### **1.5.4 Delimitación operativa.**

El estudio de la disposición y reutilización de los residuos de construcción y demolición provenientes de la construcción de edificaciones en el municipio de Ocaña, Norte de Santander se realizara utilizando encuestas, observación y registros fotográficos, esto para recoger toda la información necesaria para el diagnóstico. En cuanto al análisis de los RCD

como agregados para el concreto utilizaremos una trituradora de material, luego se procederá a realizar los ensayos pertinentes, cuyos resultados serán utilizados para dar las conclusiones finales.

## Capítulo 2: Marco referencial

### 2.1 Marco histórico

#### **2.1.1 Antecedentes históricos a nivel internacional de la construcción y el reciclaje de los residuos que esta produce.**

La ingeniería civil como la conocemos hoy día es el resultado de una evolución de conceptos, materiales, procedimientos de diseño y de construcción que ha ocurrido durante muchos siglos.

En la historia han sido muchos los aportes de las civilizaciones antiguas, desde los habitantes de Mesopotamia, pasando por los egipcios, griegos y romanos. Después de la caída del Imperio Romano, en la Edad Media, fueron pocos los avances en ingeniería, situación que cambió en el renacimiento, donde se puede decir que surgió una "nueva ciencia". A partir de 1800 se puede hablar del nacimiento de la ingeniería moderna, y en los últimos cien años se han presentado avances muy importantes.

Mesopotamia es el nombre con el que se conoce la región ubicada entre los ríos Tigris y Éufrates. Allí se construyeron canales, templos y ciudades amuralladas, que pueden considerarse como las primeras obras de ingeniería del mundo.

Los mesopotámicos construyeron un tipo de estructura llamada zigurat, la cual consiste en una pirámide con terrazas de ladrillo con escaleras y una capilla en la parte superior.

Los zigurats eran construidos en honor a los dioses y se convirtieron en los centros neurálgicos para las diversas ciudades. Allí también se desarrollaron obras de irrigación como el canal Nahrwan, construido cerca del 2400 a.C. Éste alimentaba un sistema de canales e irrigaba tierras al este del Tigris.

Un legado importante de los mesopotámicos para la ingeniería actual lo constituye el código de 282 leyes compilado por Hammurabi, rey que gobernó Babilonia durante 40 años. El código se considera como el antecesor de los actuales reglamentos de construcción (Acevedo, A, 2010).

El concepto de la Historia de la Construcción es bastante tardío. Aunque a lo largo de la Historia no han faltado continuas miradas hacia los sistemas constructivos de otros pueblos y reflexiones sobre sus características y particularidades, las primeras aproximaciones que lo plantean como una sucesión de hechos encardinados y buscando su fundamento más allá de la pura fantasía o de la mitología y de las noticias aportadas por la tradición no surgen hasta el siglo XIX. Por ello, podemos afirmar que el proceso de nacimiento y desarrollo de la Ciencia de la Historia de la Construcción ha sido lento y progresivo, pudiéndose establecer en él cuatro momentos o etapas claramente definidas.

A esta etapa corresponderían las referencias de autores que desde la Antigüedad clásica hasta el siglo XVIII aportaron sobre aspectos constructivos contemporáneos al momento que les había tocado vivir o anteriores a ellos. Así, entre las más tempranas referencias al pasado señalaremos las de Herodoto de Halicarnaso, Plinio o el tratadista Vitruvio. En el siglo V a.C. entre otras cuestiones, Herodoto, en su descripción del mundo conocido por él a través de sus viajes (Los nueve libros de la Historia), describe sistemas constructivos que le antecedieron en el tiempo, comentando por ejemplo cómo se habían construido las pirámides de Egipto. Plinio, en su Historia Natural (XXXV, 109), en el siglo I a.C. aludía al primer encofrado de la Historia que empleaban los íberos en la Península Ibérica y que denominaba molde parietes (paredes de molde). El propio Vitruvio, cuando en su obra Los Diez Libros de Arquitectura explicaba, entre otras cosas los procedimientos de construcción romana, hacía alusiones a métodos de sus predecesores los etruscos. Si bien

excepcionalmente, como en el caso vitruviano y en otros tratadistas posteriores, se fundamenta en la observación, lo habitual era su apoyo mitológico o sobrenatural, basado por lo común en la tradición oral más que en la constatación de hechos pasados. Es ésta una constante de la Antigüedad e incluso de la Edad Media. Estos fundamentos fantásticos, existieron ya de antiguo, en plena época clásica, en autores como el ya referido Herodoto o Pausanias. Herodoto, que en su obra en ningún caso pretendía justificar los procedimientos empleados en las construcciones que él encontraba en sus viajes por el mundo conocido en la época que le correspondió vivir carecía de nociones constructivas, exponiendo planteamientos hoy fácilmente criticables (como los referidos a las pirámides de Gizeh), que partían de la tradición oral, a la que tiene que recurrir, no sólo por su ignorancia sino además por la lejanía en el tiempo desde su construcción, hacia el 2.400 a.e. hasta su propia época. Los griegos, según indica Pausanias (libro X, cap. XV, 8) explicaban las murallas de la ciudad de Micenas, construidas mediante grandes bloques de piedra, apenas tallados, como realizadas por los cíclopes, gigantes de la mitología griega, con un sólo ojo en su frente y que, en opinión del autor, podrían transportar lo que era imposible para los bueyes. Es ésta la explicación que los griegos daban al aparejo ciclópeo tan utilizado por la cultura micénica o heráldica. También en la Edad Media, poco o nada se cuestionaba sobre métodos constructivos, lo que no resulta extraño en una época en la que las creencias religiosas resultaban tan determinantes que, por ejemplo, las pirámides de Egipto se consideraban los graneros de José.

En el Renacimiento, el hombre se hace mucho más antropocéntrico y se acerca a la realidad de las cosas, intentando recabar su fundamento. Es por ello que, durante este período, se acentúa el gusto por la Antigüedad y se generan apasionadas investigaciones en tomo a lo antiguo por parte de tratadistas como León Bautista Alberti, Palladio y Vignola.,

quienes, eludiendo los fundamentos fantásticos y basándose en la observación, siguieron los posicionamientos vitruvianos. Bien es cierto que mientras en Los Diez Libros de Arquitectura, Vitruvio, quizás por el carácter pragmático de su cultura, establece una perfecta integración los conceptos Arquitectura y Construcción, indicando que el edificio debía de ser «firme, útil y bello», al tener firmitas, utilitas y venustas. Aunque la huella y el legado de Vitruvio fueron determinantes durante el Renacimiento e incluso perdurará hasta que a finales del XVIII empiecen a gestarse importantes cambios, el tratadista italiano J. B. Alberti, con su obra *Re Aedificatoria*, planteará ya evidentes avances. Alberti, en su *Re Aedificatoria*, con un planteamiento renacentista y más antropocéntrico, hablaba, en vez de unas firmitas, de una necesitas, que satisface el nivel de las necesidades elementales y básicas del hombre, no sólo el de la firmeza de la edificación.

En cualquier caso, paralelamente a la proliferación de la tratadística, la fantasía perduró en el tiempo. Así, hasta el siglo XIX se otorgaba un carácter sobrenatural a las construcciones megalíticas; las únicas 472 explicaciones existentes eran las que había despertado la imaginación popular; sin duda, entre ellas, las más curiosas serían las de Holanda, Cerdeña y el Cáucaso. En Holanda se hablaba de las tumbas de los Gigantes, mientras que en Cerdeña, se tenían las construcciones megalíticas como casas de las hadas. En el Cáucaso se las consideraba obras de gigantes que llegaron a la zona para ayudar a los enanos a construir sus casas. En estas regiones, se creía que, en ciertos días del año, dólmenes y menhires paseaban por las orillas del río, dándoles nombres tan significativos como "piedra que gira", "piedra loca", etc.

Las nuevas perspectivas del siglo XX El siglo XX motivó la aparición de nuevas perspectivas y una nueva visión de la Historia de la Construcción. Así, en este siglo se producen diversos fenómenos que podríamos concretar en los siguientes puntos: 1.

Novidades temáticas. En tanto aparece un interés por el análisis constructivo de épocas antes olvidadas; 2. Novidades conceptuales ya que se evidencia una relativa proliferación de los estudios sobre el tema, concibiéndola como una parte concreta de la Historia de la Tecnología, o como una línea de investigación para otras disciplinas auxiliares; 3. Novidades en las fuentes dado que se observa una lógica tendencia a recurrir a fuentes directas, y; 4. Novidades académicas, pues se ha producido proceso de incorporación de la Historia de la Construcción como disciplina académica (Graciani, 2000).

### **2.1.2 Historia del reciclaje.**

La historia del reciclaje se remonta muy atrás en el tiempo. De una u otra forma el aprovechamiento y reutilización de los materiales ha estado presente desde los comienzos de la historia del ser humano. Los arqueólogos han puesto fecha a ese comienzo, han encontrado evidencias del origen del reciclaje, saben que ya se practicaba alrededor de 400 A.C. y desde entonces se ha dado de muchas maneras. Sin embargo, el reciclaje tal y como lo conocemos hoy es algo que se ha producido en el último siglo, especialmente después de la segunda Guerra Mundial

La basura ha existido desde el momento en que el hombre apareció en este planeta: desde las primeras civilizaciones hasta las grandes ciudades de hoy en día, la basura ha sido un problema que ha ido incrementándose. Desde la aparición del fuego la basura empezó a generarse de una forma más peligrosa. Después con el invento del papel la producción de residuos sólidos creció ya que durante siglos no se tuvo conciencia de cómo esto afectaba al planeta, pero después de varios años el problema se evidenció de una forma tal que el hombre tuvo que poner soluciones para contrarrestar el daño que ya había hecho a la naturaleza.

Una de las mejores soluciones frente al impacto ambiental del ser humano es el reciclaje. En el año de 1690 una familia llamada Rittenhouse realizó una especie de experimento en el que por primera vez se reciclaron materiales. Posteriormente en la ciudad de New York se abrió el primer centro de reciclaje oficial en los Estados Unidos. Ya en 1970 se creó la Agencia de Protección Ambiental y se difundió con mayor interés el reciclaje.

Uno de los campos en que el gobierno motivaba a la población para que ayudase a sus héroes era el de ahorrar y reciclar material. Se les decía que si donaban una pala, con ella se podrían fabricar granadas de mano o piezas de un tanque; con los tubos de pintalabios se podían hacer cartuchos de bala, y hasta el papel de aluminio de los chicles podía valer para la construcción de aviones. Y así fue, muchos americanos colaboraron en su deber patriótico y numerosas donaciones de cacerolas, sartenes y otros objetos cotidianos de aluminio se reciclaron para convertirse en cazas y bombarderos. En tiempos de guerra el aluminio era un metal escaso y la práctica totalidad del disponible se remitía a la industria bélica de la aviación, pero cualquier metal era bien recibido (Reciclemos, 2012)

### **2.1.3 Antecedentes históricos a nivel internacional.**

En países como Bélgica, Dinamarca y Holanda el apoyo al reciclaje es reconocido por su amplio alcance, con más de 75% en los RCD. Otros países, como reino unido o Austria, siguen la tendencia del reciclaje de los RCD con un porcentaje aproximado del 40%.

De igual forma en España no con un alto porcentaje de reciclaje pero si muy útil e importante, se tiene el 15% de reciclaje de los escombros y residuos generados por las construcciones y demoliciones. Un porcentaje considerable de este 15% es comercializado en construcción de vías como bases o sub-bases y el resto utilizado para rellenos o

restauración de espacios degradados. En la siguiente tabla se puede apreciar un panorama de la producción de residuos de construcción y demolición en Europa.

**Tabla 1** *Gestión de los residuos de construcción y demolición en Europa*

País	Producción de residuos de construcción (Mill. t) anual	Promedio (Kg/hab)	N° de plantas de reciclado	Destino del porcentaje		
				Vertido	Reciclado	Otros
Holanda	11,7	718	120	9	90	1
Bélgica	6,7	666	92	17	81	2
Dinamarca	2,6	509	30	16	75	9
Reino Unido	30,0	509	50-100	55	45	0
Austria	4,7	580	150	59	41	0
Alemania	59,0	720	1000	82	18	0
Francia	23,6	404	50	85	15	0
España	12,8	325	≈ 40	>90	<10	-

Fuente: Sánchez de Juan, Marta (2004).

En Estados Unidos los residuos procedentes de la demolición de estructuras son alrededor de 12,3 millones de toneladas anuales. Debido a la alta producción de agregado natural en este país (2 billones de toneladas anuales), se busca reducir esta producción para así preservar este recurso que es tan importante en el área de la construcción.

Brasil es el primer país en América Latina donde fue instalada una planta cuyas operaciones se enfocan en el reciclaje de estos residuos, implementando soluciones a los problemas generados, según la Resolución emitida por el congreso nacional del medio ambiente CONAMA en el año 2002. Este país cuenta además con la aprobación de la política nacional de residuos sólidos, donde todos los municipios brasileños deben aplicar un plan de gestión de residuos para la buena disposición de los escombros, ya que, aproximadamente el 60% del total de los residuos producidos son provenientes de procesos de construcción y demolición. (Mena, 2014)

#### **2.1.4 Antecedentes históricos a nivel nacional**

Diariamente en Colombia se están generando 25000 toneladas de residuos sólidos de los cuales tienen una buena disposición final el 92.8% y el porcentaje restante son puestos desde botaderos a cielo abierto hasta enterradas o quemadas inadecuadamente. El Departamento Nacional de Planeación por medio del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) muestra el porcentaje de los componentes de los residuos sólidos en Colombia de los cuales de un 60 a 65% es materia orgánica como restos y sobras de alimentos, madera, entre otros; un 24% lo que respecta a el plástico, vidrio, papel, cartón y metales; y para el caucho, textiles, patógenos y peligrosos y escombros, equivalen a un 11%.

A demás es bueno resaltar la poca exigencia de regulaciones ambientales que hasta hace poco tiene el sector de la construcción en Colombia, los cuales obligan a implantar sistemas de gestión ambiental en las obras para así tener un adecuado manejo de los residuos, siendo responsabilidad de las autoridades ambientales generar mecanismos de control para garantizar el cumplimiento de las normas por parte de las escombreras, de esta forma al ser tan recientes las regulaciones se encuentran muchos profesionales en el sector que no tienen el suficiente conocimiento para manejar estos residuos y mucho menos los contratados para la mano de obra de estas. A demás por las características de los residuos inertes o mejor dicho de los escombros en algunos países ya se han establecido estas legislaciones ambientales.

Según el asesor ambiental de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), en Bogotá se producen cerca de 12 millones de toneladas de escombros por año de los cuales la UAESP solo se encarga de 333000 toneladas el resto son utilizadas en operaciones ilegales, ya que no existen puntos destinados para tales escombros lo que

produce que sean arrojados en caños de la ciudad o separadores de las vías y así mismo para rellenar humedales, es por esto que el distrito busca tener mayores escombreras en Colombia para que de esta manera se le dé un mejor uso a los RCD mejorando su manipulación y transporte.

La ciudad de Cali genera aproximadamente 2480 m<sup>3</sup> de escombros diarios, de los cuales el 77% es proveniente de las constructoras y obras públicas y el 23% lo aportan las remodelaciones de viviendas de particulares (CAMACOL). Al igual que en Bogotá, Cali no cuenta con los suficientes sitios de disposición final ni tampoco con las plantas que permitan la reutilización de estos materiales, por tal razón existen muchos botaderos ilegales en esta ciudad. En la ciudad de Medellín se generan aproximadamente entre 8000 y 8500 toneladas diarias de RCD, lo que al igual que en las otras ciudades se transforma en un problema ambiental ya que la ciudad cuenta solo con una sola escombrera autorizada sobre el perímetro de la ciudad con cinco centros de acopio pertenecientes a varias empresas de Medellín E.S.P. sin embargo, para esta actividad la ciudad requiere la asistencia de las 16 escombreras autorizadas en la región lo que genera un incremento en los costos de transporte hacia la disposición final y se opta en ocasiones por disponerlos en sitios no autorizados aumentando la contaminación ambiental y visual. (Guarin, 2016) (Ramirez, 2014)

## 2.2 Marco teórico

Las investigaciones sobre RDC parte de cuatro conceptos básicos para su desarrollo: 1) Que son, volúmenes proyectados en el sector objeto de análisis, origen y fuentes de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) 2) Estrategias de gestión, 3) Factores sociales, 4) Instrumentos de política para la gestión de RCD. Frente al primer concepto hay

una falta de consenso sobre las definiciones de RCD en la literatura. La investigación ha contribuido a entender este elemento remontándose a sus orígenes. Por ejemplo, Residuos de Construcción y Demolición se define como aquellos que se generan a partir de actividades la construcción, renovación y demolición (Kofoworola y Gheewala, 2009). También puede incluir: productos excedentes, dañados y materiales que surgen en el curso de trabajo de construcción o utilizados temporalmente durante el proceso en el sitio (Roche y Hegarty, 2006). Informes similares sobre el origen de RCD se puede encontrar también en Fatta et al. (2003), Shen et al. (2004) y Hao et al. (2007).

La investigación también ha interpretado los RCD por su composición. El Catálogo Europeo de Residuos (CER) proporciona una amplia clasificación de los residuos de construcción y demolición en línea con sus composiciones. Aunque los RCD se incluyen a menudo como una de las formas de los residuos sólidos municipales, corresponde a un material muy diferente al compararlo con el resto de residuos provenientes del hogar o de la industria (desechos hospitalarios). Si bien desde la perspectiva de su disposición en su lugar final no tiene ninguna diferencia en utilizar este término para representar todos los desechos sólidos que son tratados, los RCD no es un concepto rígido para indicar sus orígenes específicos. Las dos corrientes de residuos (origen y composición), son considerablemente diferentes en términos de sus volúmenes (Bossink y Brouwers, 1996).

En lo que compete al origen de RCD, la literatura indica que éste es muy variado y dependiente de múltiples factores en diversas fases del proyecto que van desde el principio hasta su fin, donde la etapa de pre-construcción tiene una cuota considerable. Para Innes (2004) citado por Osmani et al (2008) durante las etapas de diseño se genera el 33% de los desechos de obras en el sitio y es debido a la insuficiencia de los arquitectos para poner en práctica medidas que lleven a su reducción

Los RCD son objeto de manejo para lo cual la investigación ha desarrollado un método de gestión basado en la ecología industrial<sup>10</sup> que comprende cuatro estrategias a saber: la reducción de residuos mediante su evitación, reutilización, reciclaje y disposición final (Peng et al., 1997). Los impactos por el uso de las cuatro estrategias en el medio ambiente y consumo de energía son en orden ascendente de menor a mayor tal como se representan en la siguiente ilustración tomada de Yuang & Shen (2011)

Cuándo generar RCD es inevitable, las estrategias de reutilizar y reciclar son métodos opcionales de aplicación para reducir los residuos que son llevados a las escombreras. Reutilizar significa utilizar el mismo material de construcción en más de una vez, (Durán et al., 2006) y reciclar es transformar el material en otras formas útiles (Tam, 2008). Frente a reciclaje de materiales originarios de la industria de la construcción, Yu et al (2012) consolida información de diferentes países en dos aspectos específicos: representatividad de los RCD frente al total de residuos generados y porcentaje de estos materiales que son reciclados.

Respecto al reciclaje existen dos preocupaciones importantes como son su viabilidad económica y la aceptabilidad de los materiales reciclados. Tam & Tam (2006) encontraron que desde el punto de vista netamente económico, los materiales reciclados sólo son atractivos cuando son competitivos con materiales provenientes de cantera en términos de costo y calidad. Por última opción, cuando los RCD no pueden ser reutilizados ni reciclados, deben ser eliminados adecuadamente en lugares habilitados para ello, en la medida que se mitigue su contaminación al entorno.

Las tres estrategias iniciales (reducir, reutilizar y reciclar) son conocidas como el principio de las 3R, término de uso común en la disciplina de investigación y gestión de los RCD (Yuang & Shen, 2011).

Reutilizar significa utilizar el mismo material de construcción en más de una vez, (Durán et al., 2006) y reciclar es transformar el material en otras formas útiles (Tam, 2008). Frente a reciclaje de materiales originarios de la industria de la construcción, Yu et al (2012) consolida información de diferentes países en dos aspectos específicos: representatividad de los RCD frente al total de residuos generados y porcentaje de estos materiales que son reciclados.

Respecto al reciclaje existen dos preocupaciones importantes como son su viabilidad económica y la aceptabilidad de los materiales reciclados. Tam & Tam (2006) encontraron que desde el punto de vista netamente económico, los materiales reciclados sólo son atractivos cuando son competitivos con materiales provenientes de cantera en términos de costo y calidad. Por última opción, cuando los RCD no pueden ser reutilizados ni reciclados, deben ser eliminados adecuadamente en lugares habilitados para ello, en la medida que se mitigue su contaminación al entorno.

El proceso de gestión de RCD parte de dos principios básicos: la clasificación en origen y la aplicación efectiva de un principio fundamental por parte de quien lo genera, -el cual reconoce como poco habitual entre el constructor y las empresas subcontratadas-, como es que cada industrial o subcontratista viene a ser el “responsable de los residuos que genera”. A partir de estos dos pilares, -siendo el primero una conducta social y el segundo un valor se fundamenta el esquema, el cual empieza por la separación y almacenamiento correcto de los residuos en obra, con el fin de identificar los residuos que puedan ser reciclados, reutilizados y/o revalorizados dentro o fuera de la obra (esta última acción en Centros de Tratamiento y/o Aprovechamiento de RCD), minimizando así la cantidad de desechos no aprovechables.

Aquellos que no puedan ser nuevamente incorporados al ciclo económico, el generador del residuo debe realizar el respectivo seguimiento y asegurar que la disposición se realice en los sitios autorizados a través de transportadores registrados, situación que debe acreditar mediante reportes mensuales en el aplicativo web11 de la Secretaría Distrital de Ambiente y soportes físicos documentales en la misma obra. Sin embargo, a pesar de las estrategias bien planteadas para la gestión de RCD, en la práctica dista mucho de ser efectiva (Lingard et al, 2000; Tam, 2008b; Osmani et al, 2006). Entre muchas razones para la eficacia limitada de la gestión de RCD están las diferentes preocupaciones entre los dos principales grupos de interesados involucrados en el proceso de gestión de residuos.

El primer grupo incluye a las autoridades, público en general y las organizaciones no gubernamentales que tienden a preocuparse más por minimizar la cantidad de RCD a disponerse en escombrera y el otro gran grupo se compone del dueño del proyecto y subcontratistas centrados más sobre los beneficios y las ganancias de llevar a cabo la gestión de RCD y con menos preocupación por los efectos y cargas para el resto de la comunidad (Hao et al. 2008). Seguidamente, varios enlaces se han identificado en relación con los factores sociales y su influencia en las percepciones y las actitudes hacia las políticas ambientales en materia de gestión de residuos sólidos urbanos. Ejemplos indicativos de factores como son el nivel de ingresos y educativo, la edad, las normas sociales y el nivel de confianza social (Jones et al, 2009; Márquez e Hidalgo, 2008; Omran et al, 2009; Vining et al, 1992; Werner et al, 2005).

La importancia de la investigación de estos enlaces está relacionada con el hecho de que aquellas comunidades, entre ellas la comunidad de constructores de obras, que están positivamente inclinadas hacia una política ambiental también se espera que cumplan con ella. Por el contrario, en las comunidades donde los regulados no están de acuerdo con una

propuesta de política pueden obstaculizar significativamente su ejecución. Maycox (2003) demostró que comprender el comportamiento es fundamental para minimizar los residuos sólidos urbanos, pero hay barreras muy importantes, como la falta de conocimiento entre el público en general, así como las normas sociales que afectan negativamente a las prácticas de desecho (Kulatunga et al. 2006). Sin embargo, en la literatura reciente, el Capital social también ha sido destacado como un parámetro importante que influye tanto en el comportamiento de los regulados como en la eficacia de una política ambiental (Jones et al, 2009; Pretty, 2003). En el presente estudio tres dimensiones principales del Capital social se identificaron y se investigarán: la confianza social, el cumplimiento de las normas sociales y la confianza en las instituciones.

La confianza social se refiere a la confianza desarrollada entre los individuos y se divide en personalizado y de confianza generalizada (Uslaner y Conley, 2003). Este parámetro de Capital social se espera que influya significativamente en la actitud del público durante la ejecución de una política ambiental. Investigaciones recientes en materia de RCD se ha centrado en las actitudes con respecto al comportamiento de reciclaje (Begum et al, 2009). La confianza social está principalmente relacionada con la percepción de que sus conciudadanos cumplan y cooperen con una política pública presentando de esta manera un comportamiento ambientalmente responsable (Corral-Verdugo y Frías-Armenta, 2006; Pretty, 2003). Especialmente con respecto a los instrumentos de mercado, la confianza social está conectado con incidentes de free-riding (Ostrom, 1990). En comunidades con bajos niveles de confianza, el aumento de las frecuencias de comportamientos de parasitismo puede ocurrir. Este es un problema importante en los instrumentos económicos y se espera que influya de manera significativa la percepción ciudadana y el comportamiento hacia la propuesta de un instrumento económico (Jones et

al., 2008, 2009). Efectos similares también se espera desde el nivel de cumplimiento con las normas sociales observadas en una comunidad. La influencia de las normas ha sido ampliamente analizada a través de diferentes aspectos sobre el comportamiento ambiental (por ejemplo, CorralVerdugo y Frías Armenta, 2006; deKort et al, 2008). En el presente estudio, las normas sociales se refieren a las reglas formales e informales dirigidas a la protección del bien común (Coleman, 1990). La tendencia general de los miembros de la comunidad para cumplir con las normas sociales se espera que influyen en el comportamiento ambiental y las percepciones hacia una política ambiental (Pretty, 2003). En concreto, en circunstancias de alto cumplimiento de las normas formales e informales, un mayor nivel de eficiencia se espera de una propuesta de política medioambiental. Además, las normas sociales están conectadas con la eficacia y el volumen de control interno entre los ciudadanos (deKort et al, 2008).

En las comunidades donde los ciudadanos hacen caso omiso de las normas sociales, el incumplimiento o la cooperación con una política ambiental puede ser percibido como una acción justificable. En cuanto a la confianza en las comunidades donde los ciudadanos hacen caso omiso de las normas sociales, el incumplimiento o la cooperación con una política ambiental puede ser percibido como una acción justificable. En cuanto a la confianza en las instituciones (Narayan & Cassidy, 2001) que participan en la gestión ambiental, este factor se relaciona con la creencia en los regulados que la política se aplica efectivamente (Jones et al., 2009). Este parámetro de Capital social se espera que sea de alta importancia cuando las instituciones estatales son responsables de la gestión ambiental (Jones et al, 2009). Además, basado en instrumentos de mercado, la confianza en las instituciones responsables de la gestión financiera de un proyecto es esencial para que los ciudadanos se inclinen positivamente hacia una política propuesta.

La investigación ha hecho relevante otros factores adicionales como fuerzas impulsoras y dinamizadoras de la generación de RCD en construcción de obras en diversos países. En China por ejemplo, se resaltan entre ellas el uso de técnicas tradicionales en la construcción, la falta de conocimientos de manejo de residuos (Wang y Yuan, 2006) y la ausencia de reglas para su adecuado manejo (Yuan, 2008). Osmaní (2006) en el Reino Unido informó que " aceptar los residuos como inevitables"; "falta de responsabilidades definidas" y "falta de entrenamiento" son causas más comunes identificadas por los arquitectos en dicho país al momento de diseñar sus proyectos, mientras que en Malasia, Hassan et al (2012) informó que los factores que contribuyen a la generación de residuos en su orden fueron el método de construcción tradicional, baja capacitación de la mano de obra, problemas de almacenamiento, manipulación inadecuada de materiales, desorden en procesos constructivos y la falta de técnicas de manejo para minimizar los residuos. Seguidamente, y por causa de la limitada eficacia en la gestión de RCD entre ellas por factores sociales, varias estrategias se han propuesto en la literatura (Duran et al, 2007) para atender esta temática y que para efectos de este estudio, se deberá entender por política pública.

En concepto de este autor para que la sociedad en su conjunto no incurra en los costos ambientales derivados tanto de eliminación de residuos y la extracción de agregados se hace necesario regular la sociedad a fin de alentar la plena adaptación e implementación de una gestión sostenible de residuos. Por lo tanto, la política pública es el resultado de la actividad de una autoridad investida de poder y legitimidad asignada a promover normas de comportamiento con la que se pretende asegurar que la sociedad no incurra en el costo externo que genera la contaminación estableciendo incentivos o desincentivos que pueden diferir significativamente en su efectividad para resolver un problema social en torno al

cumplimiento de las políticas ambientales, para lo cual previamente se hace necesario disponer de información relevante que permita la comprensión de los sistemas subyacentes, estados y procesos que la realidad refleja a fin de orientar cualquier esfuerzo con probabilidad de acierto. Al respecto, Osmani (2012) plantea el siguiente conjunto de áreas temáticas en las cuales las entidades gubernamentales, industriales y académicos están direccionando sus acciones a nivel mundial para la generación de información en el ámbito de minimización y la gestión de residuos de la construcción que permita comprender el problema de los RCD: Cuantificación de residuos de construcción y su evaluación en la fuente; Estrategias de adquisiciones de materiales para minimizar de residuos; El diseño de los materiales con miras a evitar el desecho; Métodos y técnicas de clasificación de RCD; Desarrollo de modelos de recolección de datos asociados a los residuos y desechos en obras; incluyendo cartografía de manejo de residuos a fin de apoyar el manejo en el sitio.

Desarrollo de auditoría de residuos en el lugar y las herramientas de evaluación; Impacto de la legislación sobre las prácticas de gestión de residuos; Códigos de conducta-mejoras prácticas de gestión de residuos en el lugar; Reutilizar y reciclar en la fuente; Conocer los beneficios de la minimización de residuos; Elaboración de guías y manuales de minimización de residuos, incluyendo guías para los diseñadores; Programas dirigidos a cambios de actitud hacia la minimización de residuos de la construcción; Estudios comparativos de gestión de residuos.

Dentro de estos instrumentos de política se encuentran los instrumentos de mando y control como es la legislación para el público y la industria, acompañadas con sanciones específicas en caso de incumplimiento (Duran et al 2007). Sin embargo, instrumentos de comando y control se han considerado como limitados, ya que no conducen necesariamente al cumplimiento y la mejora de la calidad ambiental (Simmons, 1999; Yuan et al, 2011). De

hecho puede ser muy costoso ya que los reguladores deben supervisar el uso de vertederos, el material de cantera y castigar a quienes contravengan las normas. También puede animar a los vertidos ilegales (Durán 2007).

Generalmente conduce a los productores de RCD a disponer de la mayor parte de sus residuos en dichos lugares (Lu & Yuan, 2010). Por ejemplo Hong Kong desde el 2005 cobra un impuesto por la disposición de RCD donde los productores de este tipo de residuos están obligados a la apertura de una cuenta de facturación con el Departamento de Protección Ambiental antes de utilizar las instalaciones de eliminación de residuos y pagar los cargos correspondientes para la eliminación de los residuos de la construcción (Environmental Protection Department of Hong Kong- EPD, 2012). En Dinamarca y Holanda promovieron el reciclado de residuos de la construcción por la vía de los impuestos al vertido y en la actualidad, la tasa de reciclaje de ambos países es de hasta 90% (Ying Li et al. 2011).

Los impuestos también se han dado para uso de materiales naturales con el fin de desestimular su utilización. Diversos estudios han sido concluyentes en afirmar que la imposición de un costo a la extracción de recursos naturales o a su empleo, las empresas tenderán a usarlos menos para abaratar sus costos y con ello se promueve una cultura de consumo verde. Es así como Dinamarca y Gran Bretaña han promulgado un plan de impuestos hacia los materiales naturales para reducir aún más la diferencia de costo entre reciclar materiales y usar materiales naturales. (Ying Li et al. 2011). Por el lado de los subsidios, algunos países aplican la reducción de las medidas fiscales o recompensa para actividades de reciclaje. Es así como en Holanda, si el contratista utiliza los materiales reciclables en lugar de materiales naturales en el proyecto, el gobierno otorga un bono de

seguro como un incentivo, mientras que para la ciudad de Beijín, se propuso un esquema de devoluciones de tasas de impuesto de carga dependiente de la proporción de material reciclado de la siguiente manera: Si reutiliza más del 90%, le reembolsan el 100%; Si reutiliza igual o más del 70% y menos del 90%, le reembolsan el 50% y si reutiliza menos del 70% no hay reembolso (Ying Li et al. 2011). En varios casos, los instrumentos voluntarios se han implementado basados en que no existan incentivos. Frente a esta opción, los estudios revelaron que la eliminación de RCD voluntariamente en los vertederos no funcionaba bien en la práctica (Begum et al., 2007). Esto implica que la única vía para regular sus conductas de eliminación es la regulación gubernamental y acompañada de elementos financieros es mucho más eficaz (Yuan et al, 2011). (Ramirez, 2014)

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Agregados.**

Son las arenas, gravas naturales y piedra triturada utilizadas para formar la mezcla que da origen al concreto, los agregados constituyen cerca del 75% de esta mezcla. (Secretaría Distrital de ambiente, 2012)

### **2.3.2 Almacenamiento o acopio.**

Es la acción de colocar temporalmente los RCD en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final.

### **2.3.3 Aprovechamiento.**

Es el proceso mediante el cual a través de la recuperación de los materiales provenientes de los residuos de construcción y demolición, se realiza su reincorporación al ciclo económico productivo en forma ambientalmente eficiente por medio de procesos como la reutilización y el reciclaje.

### **2.3.4 Demolición selectiva.**

A diferencia de la demolición tradicional en la selectiva se debe realizar una manipulación óptima de los escombros de la construcción, buscando separar en el sitio y en coordinación con el proceso de demolición los materiales a procesar y así prevenir la contaminación con residuos sólidos u otros materiales reciclables como madera, papel entre otros.

### **2.3.5 Escombros.**

Son residuos provenientes de la actividad de construcción y de las posibles demoliciones que sea necesario realizar. En nuestro caso llamaremos escombros a los materiales que son susceptibles de reutilizar como materia prima para la producción de concretos, una vez realizada una clasificación inicial de los mismos.

### **2.3.6 Medio ambiente.**

Es un sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica y sociocultural, y de la forma en que se interrelacionan entre sí; este sistema puede estar en permanente modificación por la acción humana o natural.

### **2.3.7 Reciclaje.**

Es una herramienta con la cual se pueden recuperar y reaprovechar materiales usados y/o desechos, dándoles ya sea uso particular o igual para el cual fueron creados o un uso diferente en otra actividad distinta a la inicial.

### **2.3.8 Recolección.**

Es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por el concesionario del servicio.

### **2.3.9 Residuos de construcción y demolición (RCD).**

Se refiere a los residuos de construcción y demolición que se generan durante el desarrollo de un proyecto constructivo, entre los cuales se pueden encontrar los susceptibles de aprovechamiento y aquellos que no lo son.

### **2.3.10 Reutilización.**

Es la prolongación de la vida útil de los escombros recuperados que se utilizan nuevamente, sin que para ello se requieran procesos adicionales de transformación.

### **2.3.11 Sitio de disposición final.**

Lugar autorizado para recibir y acopiar de forma definitiva el material residual del aprovechamiento en las plantas y todo aquel RCD pétreo, que por sus características físicas no pudo ser objeto de aprovechamiento.

### **2.3.12 Trituradora.**

Maquina empleada en el procesamiento de materiales pétreos y/o granulares, la cual produce o entrega un material de iguales características que el original pero con dimensiones menores al tamaño original.

## 2.4 Marco legal

**2.4.1 Ley 99 de 1993: en la cual se crea ministerio del medio ambiente y se organiza el SINA.** En esta se establece que actividades, proyectos u obras requieren para su ejecución de una licencia ambiental; que entes deben hacer cumplir las normas vigentes y velar por el cumplimiento de los requisitos por parte de los autores de proyectos, y velar por que las obras o actividades no deterioren o causen daños a los ecosistemas, paisajes y recursos naturales renovables. (Senado de la Republica, 1993)

**2.4.2 Ley 1466 de 2011 (Junio 30).** Por el cual se adicionan, el inciso 2° del artículo 1° (objeto) y el inciso 2° del artículo 8°, de la Ley 1259 del 19 de diciembre de 2008.

Aplicación del Comparendo Ambiental.

Artículo 8°. De la instauración del Comparendo Ambiental. En todos los municipios de Colombia se instaurará el instrumento de Comparendo Ambiental, para lo cual los Concejos Distritales y Municipales deberán aprobar su reglamentación a través de un acuerdo municipal (Congreso de Colombia, 2011).

### **2.4.3 Ley 1259 de 2008 (Diciembre 19) congreso de la república.**

Con la cual se creó e implementó el Comparendo Ambiental como instrumento de cultura ciudadana; normativizó el adecuado manejo de residuos sólidos y escombros, previendo la afectación del medio ambiente y la salud pública, mediante sanciones pedagógicas y económicas a todas aquellas personas naturales o jurídicas que infrinjan la normatividad existente en materia de residuos sólidos; así como propiciar el fomento de estímulos a las buenas prácticas ambientalistas. (Congreso de Colombia, Ley 1259 de 2008, 2008)

**2.4.4 Resolución 1115 de 2012. (Septiembre 26).**

Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico - Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital (Congreso de Colombia, 2012).

**2.4.5 Decreto 2041 de 2014. (Octubre 15)**

Por la cual se reglamenta el título VIII de la ley 99 de 1993 sobre las licencias ambientales. (Congreso de Colombia, 2015)

## **Capítulo 3: Diseño metodológico**

### **3.1 Tipo de investigación**

Para la realización de este proyecto se aplicará el tipo de investigación descriptiva, en razón de lo expuesto por medio de esta modalidad será posible obtener la información requerida para realizar el estudio de disposición y reutilización de los residuos de construcción y demolición provenientes de la construcción de edificaciones en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

### **3.2 Población**

Desde el punto de vista estadístico, de acuerdo con Miriam Balestrini (1999), la población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación.(p.122).

La población enmarcada dentro de este Proyecto son las 18 edificaciones en construcción, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

### **3.3 Muestra**

Una vez delimitada la población, se requiere definir la muestra de la investigación, que consiste en determinar una parte o porción de ese universo para conocer sus propiedades particulares. Al respecto, Balestrini, M. (2006), expresa que la muestra es un subgrupo de la población, subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (p. 128).

Se tomara como muestra 8 de las edificaciones en construcción, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

### 3.4 Recolección de información

#### 3.4.1 Técnicas de recolección de información.

La recolección de la información se realizará mediante las siguientes técnicas:

- **La observación:** Basados en una observación rigurosa de las edificaciones en construcción y de la escombrera municipal, para así también tomar un registro fotográfico de la disposición y almacenamiento de los RCD.
- **Visitas de campo:** Se realizarán estas visitas con el fin de poder examinar el tratamiento dado a las RCD. Estas visitas representarán una fuente primordial en la recolección de datos.
- **La entrevista:** Diálogo directo con los encargados de cada edificación, el encargado de la escombrera, Secretaria de Planeación; acerca de la clasificación, transporte y posterior disposición de los RCD.
- **Encuesta:** Se aplicarán unas encuestas a los encargados de cada edificación y al encargado de la escombrera, vitales para el diagnóstico sobre los RCD.

#### 3.4.2 Instrumentos para la recolección de información.

Para cumplir con los objetivos planteados, se utilizarán diferente técnicas que facilitarán la elaboración del estudio. Este proceso se hizo en varias etapas:

- **1era etapa:** Se comenzará con una revisión bibliográfica y documentación del tema; como textos, normas, manuales entre otros.

**2a etapa:** Por medio de visitas de campo, encuestas y registro fotográfico a las diferentes edificaciones y a la escombrera municipal, se recogerá toda la información necesaria acerca del tratamiento dado a los RCD.

**3ª etapa:** A toda la información recolectada se la hará un análisis, con los resultados que arroje se realizará un diagnóstico de la generación y disposición de los residuos de construcción y demolición en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. Además se construirá un Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición provenientes de las edificaciones.

**4a etapa:** Se recolectarán los RCD de mampostería y cerámicos con el fin de llevarlos a triturar, para luego hacerles los ensayos requeridos y determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Con estos resultados se realizará el diseño de la mezcla de concreto reciclado. Alternamente se diseñará también la mezcla de concreto normal.

**5a etapa:** Acá comenzaremos la fabricación de los cilindros de concreto reciclado y concreto normal para someterlos al ensayo de resistencia a compresión de concreto.

**6a etapa:** Por último se hará un análisis comparativo de resistencia y uno económico entre el concreto reciclado y el concreto normal.

### **3.5 Análisis de información**

Teniendo en cuenta los datos recolectados y utilizando los instrumentos anteriormente mencionados, se realizará un diagnóstico sobre los RCD en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Para el diseño de mezclas utilizaremos el libro “Tecnología del concreto” TOMO I, el cual nos proveerá las especificaciones y procedimientos a seguir, como ensayos, formulas, etc.

Para el análisis de todos estos datos se organizaran por medio de tablas y graficas lo que hará más fácil su interpretación.

## **Capítulo 4: Diagnóstico de la generación y disposición de los residuos de construcción y demolición provenientes de las edificaciones en el municipio de Ocaña, Norte de Santander**

En el presente capítulo se presenta de forma detallada el diagnóstico de la situación actual y la problemática alrededor de la generación y disposición de los RCD, y de las condiciones actuales en cuanto a aprovechamiento de estos residuos en el municipio de Ocaña.

### **4.1 Generación y disposición de los RCD**

Este diagnóstico se hizo con el fin de mostrar la importancia de implementar un mejor uso de los RCD en el municipio, con el cual minimicemos el impacto ambiental generado y además se puedan reducir en cierto porcentaje el costo de la construcción.

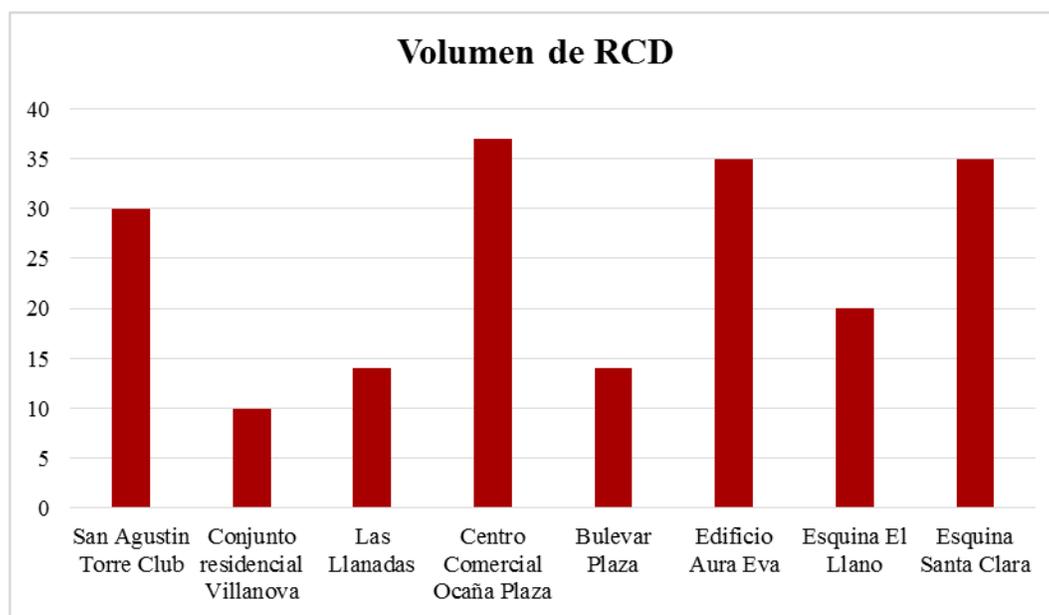
Para esto comenzaremos dejando ver que Ocaña no cuenta con una normativa propia sobre la disposición de los RCD, por lo que se rige con la legislación a nivel nacional, la cual fue estipulada para que los residuos de construcción y demolición provenientes de la construcción de edificaciones sean controlados y gestionados adecuadamente, esta se encuentra en el marco conceptual de este trabajo.

El municipio cuenta con una escombrera en la cual se reciben todos los residuos de construcción y demolición provenientes de edificaciones con excepción de material vegetal. El único requisito para depositar escombros en este lugar es el pago, el cual tiene un costo por viaje de dos mil pesos (2.000) si es una moto carro, cuatro mil pesos (4.000) si es una camioneta y seis mil pesos (6.000) si se trata de una volqueta. Pero por falta de cultura de quienes se encargan del transporte y disposición de los RCD y de un control eficaz de los

organismos encargados, la ciudad se está viendo afectada cada vez más por el fenómeno de escombros que terminan en vías y andenes del espacio público.

Esto se ve reflejado en las encuestas realizadas a la escombrera y a las 8 obras de edificaciones del municipio que se tomaron como muestra, las cuales se mostraran en los apéndices de este proyecto, quienes nos proporcionaron cantidades de RCD producidas en promedio mensual, las cuales mostraremos a continuación.

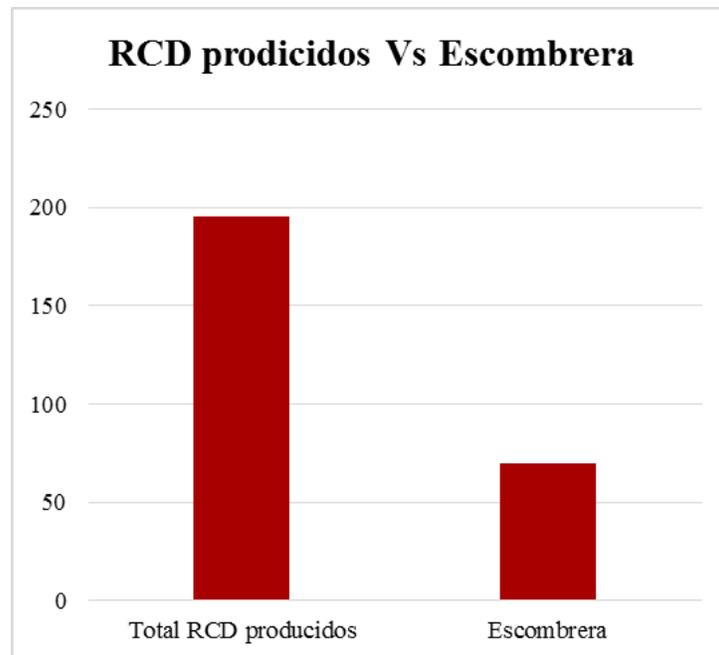
En la gráfica 1 se muestra los volúmenes que producen la construcción de estas 8 edificaciones en m<sup>3</sup>, cantidades que nos proporcionaron los encargados de cada una.



**Gráfica 1** Volúmenes de RCD producidos por las 8 edificaciones tomadas como muestra

Fuente: Autores, 2017

En la gráfica 2 mostraremos el fenómeno mencionado anteriormente, donde claramente se ve reflejado que contando solo con 8 muestras, la producción de RCD de estas sobrepasan en más del 100% al volumen dispuesto en la escombrera.



**Gráfica 2** RCD producidos vs Dispuesto escombrera  
Fuente. Autores, 2017.

Algo que llama nuestra atención es que el 100% de los encuestados dijeron que los RCD que generan en sus obras son dispuestos en la escombrera, algo que no se ve reflejado en las cifras consultadas. Esto nos lleva a pensar ¿dónde van a parar estos escombros? Y haciendo una observación de las calles de la ciudad podemos constatar que varios de esos residuos van a parar allí, solución que sirve solo por un tiempo, porque cuando llegan las temporadas de lluvia esta arrasa con ellos dejando las vías en peores condiciones que al inicio.



**Ilustración 1** *RCD en calles de Ocaña*  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 2** *RCD en calles de Ocaña*  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 3** *RCD en calles de Ocaña*  
**Fuente.** Autores, 2017.



**Ilustración 4** *RCD en calles de Ocaña*  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 5** *RCD en calles de Ocaña*  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 6** RCD en calles de Ocaña  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 7** RCD en calles de Ocaña  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 8** RCD en calles de Ocaña  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 9** RCD en calles de Ocaña  
Fuente. Autores, 2017.

Todo esto pasa porque los encargados de las obras disponen todos estos residuos en los respectivos vehículos de transporte (volquetas), pagan el costo del mismo y no verifican su

disposición final, esta situación genera que los transportadores sean quienes decidan donde van a parar los RCD.

#### **4.2 Clasificación y reutilización de los RCD**

Refiriéndonos a la reutilización de los RCD, es importante abarcar antes ciertos puntos; como la composición de estos, su naturaleza puede ser de tipo pétreo (hormigón, cerámico, ladrillos, piedras), no pétreo (plásticos, vidrios, cartones) y el material suelto (excavaciones).

Existen diferencias significativas entre los valores de composición, que pueden atribuirse bien a diferentes sistemas de dosificación de los residuos, o a sistemas diferentes de construcción y sus etapas.

A nivel global la composición general de los RCD es la siguiente:

Áridos: 3%

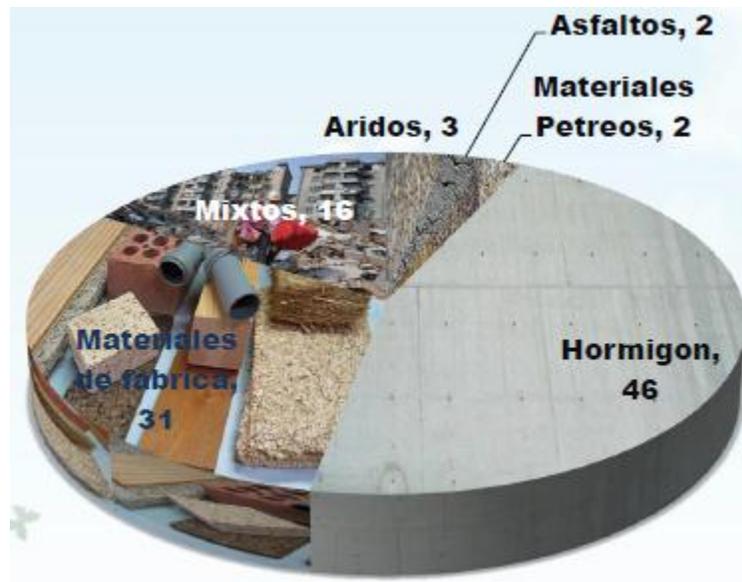
Asfaltos: 2%

Materiales pétreos: 2%

Hormigón: 46%

Materiales de fábrica: 31%

Mixtos: 16%

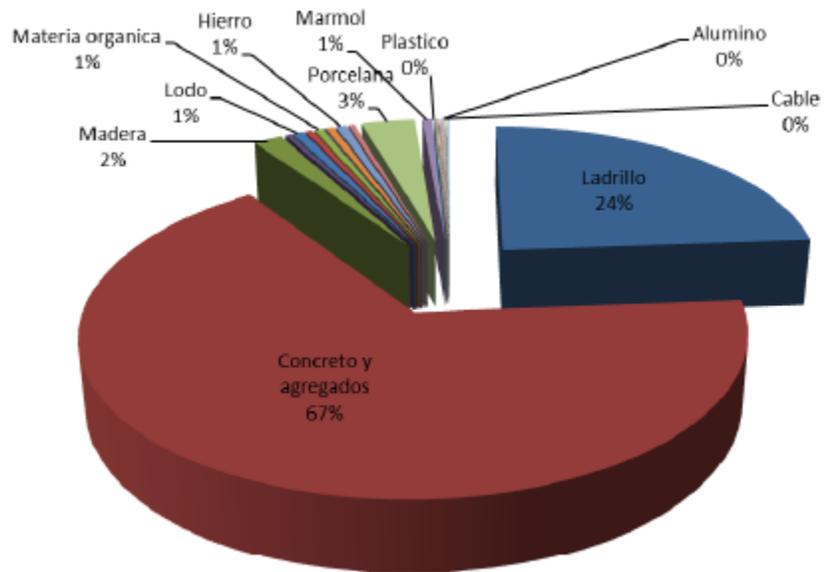


**Gráfica 3** *Composición de los RCD a nivel global*

Fuente: (Alonso, 2003)

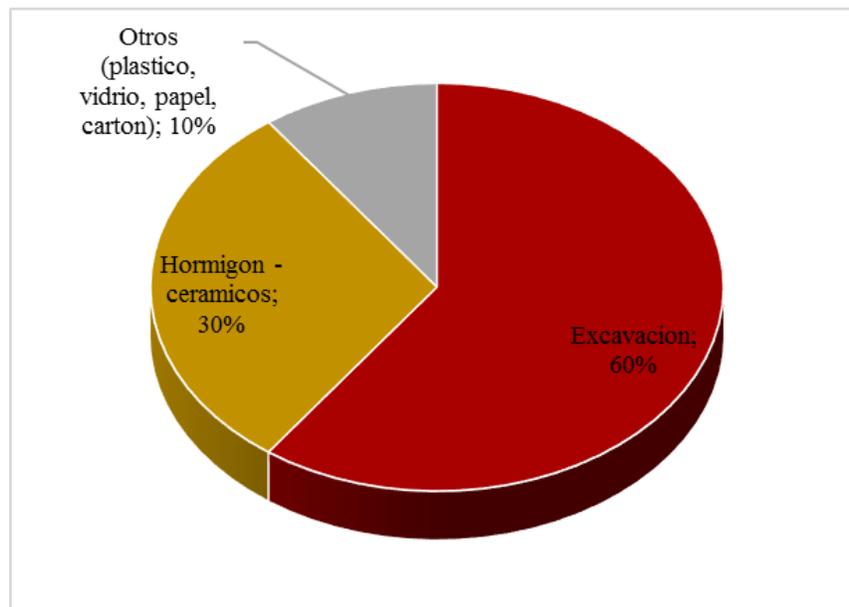
Otro aspecto importante en la composición de los RCD corresponde al nivel de desarrollo urbanístico en que se encuentre la ciudad en estudio. Para ilustrar este aspecto tomaremos como ejemplo las ciudades de Bogotá y Ocaña.

En las gráficas 4 y 5 observamos la diferencia en la composición de RCD, esto se genera por la diferencia de nivel de desarrollo de cada una, ya que Bogotá es una ciudad que no cuenta con lugares para expandirse de manera horizontal, solo lo puede hacer de manera vertical, lo que conlleva a genere material de demolición en su mayoría. Por el lado de Ocaña, se está expandiendo tanto horizontal como verticalmente, lo que explica el alto porcentaje de material de excavación, como el de demolición.



**Gráfica 4** Composición RCD en Bogotá

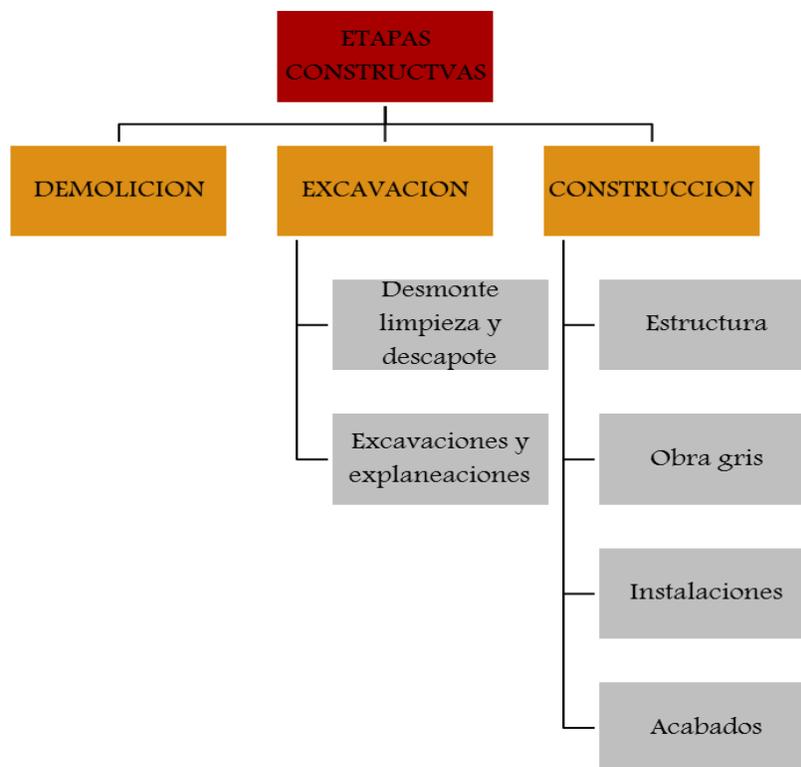
Fuente. (Ortega Acosta, Casas Camargo, & Figueroa García, 2015)



**Gráfica 5** Composición RCD en Ocaña

Fuente. Autores, 2017.

La etapa de construcción es parte importante de la composición de los RCD, por ello mostraremos en la gráfica 6 las diferentes etapas de una construcción:

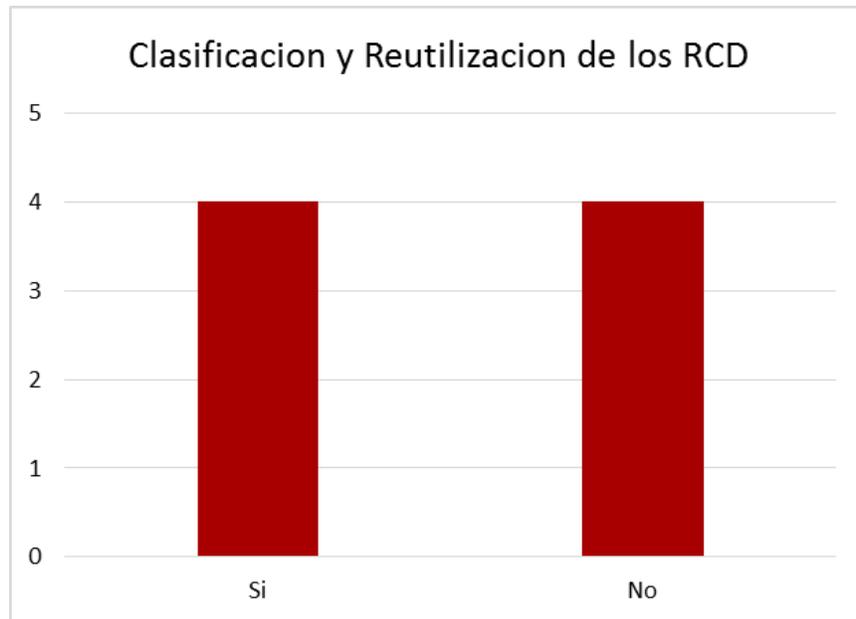


**Gráfica 6** *Etapas constructivas*

Fuente: (Ortega Acosta, Casas Camargo, & Figueroa García, 2015)

Si la edificación a construir se hará sobre una existente, se comenzara por la etapa de demolición lo que generara gran cantidad de escombros de hormigón y cerámicos, en la etapa de excavación el material que prima es el vegetal y el suelto, en la construcción el material que más se genera es el sobrante de cerámico.

Ahora bien, hablando de la reutilización de RCD en Ocaña, en las encuestas realizadas a las 8 obras se planteó el interrogante sobre la clasificación y reutilización del material cuya respuesta se ve reflejada en la gráfica 7, donde nos dejan ver que solo un 50% clasifica y reutiliza algunos materiales. El más reutilizado es el de naturaleza pétreo, ya que según sus respuestas es fácil de clasificar y según el estado en el que se encuentre no debe pasar por ningún proceso para reutilizarse de manera inmediata.



**Gráfica 7** *Clasificación y Reutilización de los RCD*

Fuente. Autores, 2017.

En adición a este tema, la tabla 1 nos muestra que a mayor tamaño de la edificación mayor es la concientización sobre la construcción sustentable razón por la que estos aprovechan al máximo todos los materiales con los que se disponga. Tampoco podemos obviar que es un tema económico, porque al reutilizar y reciclar materiales los costos disminuyen de una manera considerable como lo mostraremos en el capítulo 6.

**Tabla 2***Clasificación y Reutilización de los RCD*

<b>Nombre de la obra</b>	<b>Clasificación y Reutilización de los RCD</b>
<b>San Agustín Torre Club</b>	Si
<b>Conjunto residencial Villanova</b>	Si
<b>Las Llanadas</b>	No
<b>Centro Comercial Ocaña Plaza</b>	Si
<b>Bulevar Plaza</b>	No
<b>Edificio Aura Eva</b>	Si
<b>Esquina El Llano</b>	No
<b>Esquina Santa Clara</b>	No

Fuente. Autores, 2017.

Abordando el tema del almacenamiento de los RCD en las obras, registramos por medio de fotografías como la gran mayoría los reúne en los empaques de cementos u otros materiales y son dispuestos en un lugar donde no causen ninguna incomodidad, pero en otros casos son dispuestos en la vía alterando el paisaje y la movilidad. Esto hace surgir el interrogante ¿Dónde están las autoridades competentes que den seguimiento y solución a estos casos? En nuestra visita a la Unidad Técnica Ambiental (UTA) la información que se nos suministró en cuanto los RCD no fue mucha, solo que la legislación que nos rige es la nacional como ya se había mencionado anteriormente y que su función es velar en que la disposición de dicho material sea dispuesto de manera correcta, algo que no se ve ilustrado en algunas obras a continuación:



**Ilustración 10** *RCD en obras*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 11** *RCD en obras*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 12** RCD en obras

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 13** RCD en obras

Fuente. Autores, 2017.

En cuanto a la escombrera, realizamos dos visitas, la primera se hizo en la oficina de COOVOLQUET quien es la encargada de su dirección, ubicada en la Terminal de Transportes de Ocaña, allí muy amablemente la secretaria encargada llenó nuestra encuesta, datos que utilizamos para crear la gráfica 2 y para conocer sobre la clasificación y reutilización de los RCD. Esta versión fue constatada con la segunda visita hecha a la escombrera que queda ubicada en la Circunvalar, producto de esta visita fue la gráfica 5, que muestra la composición de los RCD en Ocaña. El método para llegar a esta gráfica fue la observación, puesto que quienes allí trabajan no tienen una clasificación de material, tuvimos que ver en el tiempo que duró dicha visita las descargas de material, ver el contenido y la cantidad para poder llegar a la conclusión de que el material que más se transporta a este lugar es el generado por excavaciones, lo cual concuerda con lo dicho por el encargado en la entrevista.

Otro tema tratado en la visita fue sobre la clasificación del material, proceso que se lleva a cabo para reciclar lo que tiene que ver con plástico, vidrio y cartón, acción realizada por una persona ajena a la escombrera, dedicada al reciclaje de estos materiales.

En cuanto al material de excavación, hormigón y el cerámico solo se dispone para el relleno de la escombrera como se puede observar, no se hace ninguna reutilización de este.



**Ilustración 14** *Escombrera*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 15** *Escombrera*

Fuente. Autores, 2017.

Este diagnóstico nos lleva a buscar opciones para la reutilización del material que en resumidas cuentas es un objetivo importante en este trabajo, más aun después de ver el estado de la escombrera, todo apunta al momento donde no podrá abarcar más material, situación que no se encuentra muy lejana.



**Ilustración 16** *Escombrera*

Fuente. Autores, 2017.

Por otra parte, esta produce otros impactos ambientales, tales como contaminación en al aire, tanto por el material particulado, como por los gases nocivos que emiten los vehículos transportadores, ruidos y vibraciones excesivos en el lugar, cambios en la topografía, pérdida de la capa fértil, cambio en el paisaje y el que más está afectando nuestro municipio; la explotación del río para extraer material.

En los capítulos siguientes se mostraran varias opciones que mitiguen esta situación, sobretodo como reutilizar los RCD en obras y así evitar los impactos ambientales descritos en el párrafo anterior.

## Capítulo 5: Diseño de mezcla óptimo para la elaboración de un concreto reciclado elaborado con residuos de mampostería y cerámicos

El diseño de mezcla de un concreto es un proceso que consiste en la selección de elementos disponibles como cemento, agregados, agua, aditivos y la determinación de sus cantidades relativas para producir un concreto económico que cumpla con las especificaciones de la NSR 10 en su Título C.

### 5.1 Descripción, selección y preparación de los RCD utilizados

Para nuestro estudio se utilizaron residuos de mampostería, y cerámicos, procedentes de la escombrera municipal “COOVOLQUET” quienes amablemente nos accedieron a suministrarnoslos.



**Ilustración 17** Residuos de mampostería y cerámico

Fuente. Autores, 2017.

Para la obtención de los agregados se tenía estipulado triturar el material en las instalaciones de una trituradora del municipio, por esto procedimos a hacer la correspondiente visita y consulta a dos de ellas, donde sus respuestas básicamente fueron las mismas. Por la composición de los RCD al vaciarlos en las tolvas y bandas clasificadoras estos podrían contaminarlas y su limpieza involucraría un gran incremento en el presupuesto calculado en un principio.



**Ilustración 18** *Visita a las trituradoras*  
Fuente. Autores, 2017.

Luego la opción a seguir fue triturar los RCD de manera manual, con herramientas como porras y martillos; con golpes fuertes y certeros se disminuyó el tamaño de las piezas hasta llegar al deseado. Para su selección procedimos a tamizar el material triturado, tomando como material grueso el retenido en la malla número 4 y como fino el que pasa la misma malla.



**Ilustración 19** *Elementos trituración del material*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 20** *Trituración del material*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 21** Selección del material reciclado

Fuente. Autores, 2017.

## 5.2 Ensayos necesarios para el diseño de mezcla

Para realizar el diseño de mezcla de concreto se deben conocer las propiedades de los materiales con lo que se van a preparar la mezcla. Estas propiedades se conocieron por medio de los siguientes ensayos:

- Granulometría.
- Módulo de finura.
- Tamaño máximo de la grava.
- Densidad de la grava y de la arena.
- Absorción de la grava y de la arena.
- Masa unitaria compacta de la grava.

- Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas.
- Densidad del cemento.

Estos ensayos fueron realizados en el laboratorio “Geotec” del municipio de Ocaña, arrojando los resultados que mostraremos a continuación:

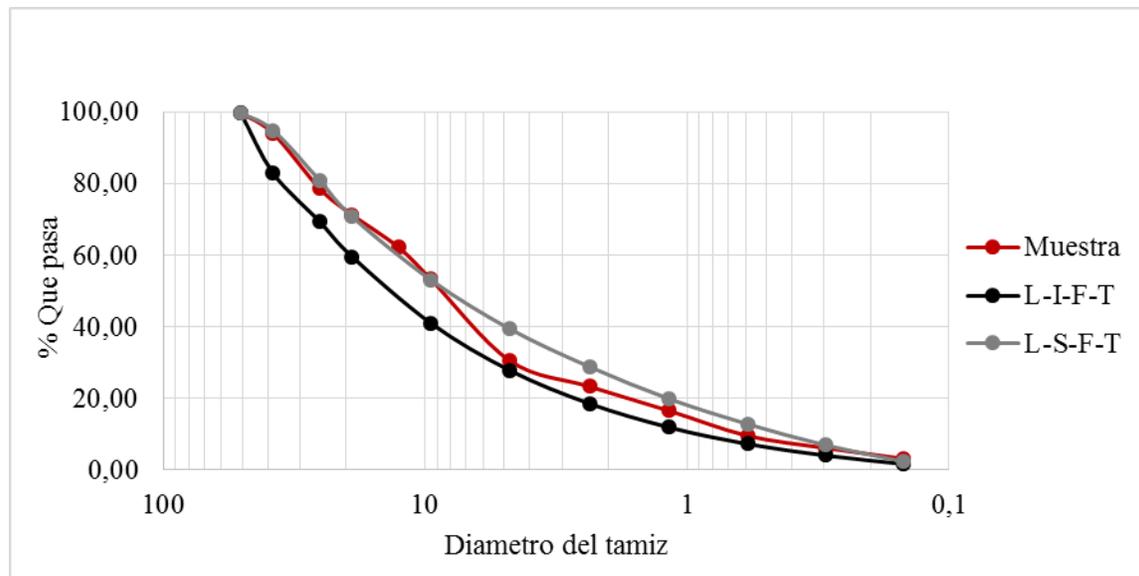
**5.2.1 Granulometría:** Este ensayo arrojó como resultado la distribución de tamaño del material reciclado en la habitual curva granulométrica. En dicha curva también está dibujada los límites que impone la norma acerca de los tamaños que el material deba cumplir. Como se puede notar son varios los puntos donde nuestro material no cumple la norma.

**Tabla 3.**

*Granulometría RCD*

<b>TAMIZ</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>PESO RETENIDO</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>%RET. ACUM</b>	<b>% QUE PASA</b>
<b>2"</b>	50,8	0	0,00	0,00	100,00
<b>1-1/2"</b>	38,1	258,13	5,86	5,86	94,14
<b>1"</b>	25,4	673,73	15,29	21,14	78,86
<b>3/4"</b>	19,05	327,73	7,44	28,58	71,42
<b>1/2"</b>	12,7	397,53	9,02	37,60	62,40
<b>3/8"</b>	9,53	396,63	9,00	46,60	53,40
<b>4</b>	4,76	1005,13	22,81	69,41	30,59
<b>8</b>	2,36	318,93	7,24	76,64	23,36
<b>16</b>	1,18	295,33	6,70	83,34	16,66
<b>30</b>	0,59	309,43	7,02	90,36	9,64
<b>50</b>	0,297	151,53	3,44	93,80	6,20
<b>100</b>	0,149	132,13	3,00	96,80	3,20
<b>PASA 100</b>	<b>BANDEJA</b>	141	3,20	100,00	0,00

Fuente. Geotec, 2017.



**Gráfica 8** Curva granulométrica del material reciclado

Fuente. Geotec, 2017.

**5.2.2 Módulo de finura:** El módulo de finura del material reciclado dio 4,71, resultado que no cumple con la norma NTC 174, cuyos límites establecidos son mínimo 2,3 y máximo 3,1.

**5.2.3 Tamaño máximo de la grava reciclada:** El tamaño máximo de la grava es 1 ½”.

**5.2.4 Densidad de la grava y de la arena reciclados:** La densidad del material grueso fue 2,67 g/cm<sup>3</sup> y la del material fino 2,613 g/cm<sup>3</sup>.

**5.2.5 Absorción de la grava y de la arena reciclados:** La absorción del material grueso fue 1,584% y la del material fino 2,93%.

**5.2.6 Densidad del cemento:** El cemento a utilizar fue de marca Argos de uso general cuya densidad estimada fue  $2937 \text{ Kg/m}^3$ .

### **5.3 Diseño de mezcla de concreto reciclado**

Para la elección del método de diseño de mezcla se utilizaron los resultados de los anteriores ensayos para así verificar si se cumplía con los requerimientos de estos o no.

Como la granulometría del material reciclado no cumplió con lo establecido en la norma, optamos por usar el método Fuller. Este método es general y se aplica cuando los agregados no cumplan con la Norma NTC 174. Asimismo para tamaños máximos del agregado grueso comprendido entre 20mm (3/4'') y 50mm (2''), lo que se ajusta a nuestro material.

El procedimiento a seguir se muestra a continuación de forma detallada:

#### **5.3.1 Calculo de la resistencia promedio $F'_{Cr}$**

$$F'_{Cr} = 21 \text{ MPA} \longrightarrow 214.4 \text{ Kg/cm}^2$$

Para escoger la resistencia utilizamos tabla 4, ya que el diseño se va a realizar por resistencia al no tener un uso.

**Tabla 4***Resistencia a la compresión promedio*

<b>F´C</b>	<b>F´Cr</b>
<b>&lt;210</b>	F´C+70
<b>210-350</b>	F´C+84
<b>350&gt;</b>	F´C+98

Fuente. (Laura Huanca, 2006)

$$F'Cr = 214.14 + 84$$

$$F'Cr = 298.14 \text{ Kg/cm}^2$$

**5.3.2 Selección del asentamiento:** Seleccionamos un asentamiento de 8 cm.

**5.3.3 Tamaño máximo del agregado:** "El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente". (Laura Huanca, 2006)

**Tabla 5***Tamaño Maximo Nominal*

<b>TAMIZ</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>PESO RETENIDO</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>%RET. ACUM</b>	<b>% QUE PASA</b>	
<b>2"</b>	50,8	0	0,00	0,00	100,00	
<b>1-1/2"</b>	38,1	258,13	5,86	5,86	94,14	TMN
<b>1"</b>	25,4	673,73	15,29	21,14	78,86	TAMAÑO
<b>3/4"</b>	19,05	327,73	7,44	28,58	71,42	DEL TAMIZ
<b>1/2"</b>	12,7	397,53	9,02	37,60	62,40	ANTERIOR
<b>3/8"</b>	9,53	396,63	9,00	46,60	53,40	EN EL CUAL
<b>4</b>	4,76	1005,13	22,81	69,41	30,59	EL %
<b>8</b>	2,36	318,93	7,24	76,64	23,36	RETENIDO
<b>16</b>	1,18	295,33	6,70	83,34	16,66	ACUMULADO
<b>30</b>	0,59	309,43	7,02	90,36	9,64	ES IGUAL AL
<b>50</b>	0,297	151,53	3,44	93,80	6,20	15%
<b>100</b>	0,149	132,13	3,00	96,80	3,20	
<b>PASA 100</b>	<b>BANDEJA</b>	141	3,20	100,00	0,00	

Fuente. Geotec, 2017.

En este caso el tamaño máximo nominal es 1 ½”

**5.3.4 Estimación del agua de mezclado y el contenido de aire:** Según la tabla 6 se estimó que la cantidad de aire en la mezcla para un TMN de 1 ½” es de 1%.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)		Agua en $lt/m^3$ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1½")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50	(1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100	(3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180	(6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50	(1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100	(3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180	(6" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*	3.0*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

**Figura 6 .** Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados

Fuente. (Laura Huanca, 2006)

Según la tabla 7 se estimó que la cantidad de agua de mezclado para un TMN de 1 ½” y un asentamiento de 8 cm es de 185 Lt/m<sup>3</sup>.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en $lt/m^3$ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1"-2")		75mm a 100mm (3"-4")		150mm a 175mm (6"-7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1½"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

**Figura 7.** Contenido de agua de mezcla

Fuente. (Laura Huanca, 2006)

### 5.3.5 Calculo del volumen de agua

$$Volumen\ de\ agua\ (m^3) = \frac{Contenido\ de\ agua\ de\ mezclado\ (lts\ /\ m^3)}{Peso\ especifico\ del\ agua\ (1000\ kg\ /\ m^3)}$$

$$V_w = \frac{185\ Lt/m^3}{1000\ kg/m^3}$$

$$V_w = 0.185\ m^3$$

**5.3.6 Relación a/c:** Como no poseemos un uso se determinó la relación a/c por resistencia y no por durabilidad la cual se obtuvo de la tabla 8 y cuyo valor fue de 0.55.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)*	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

**Figura 8.** Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto

Fuente. (Laura Huanca, 2006)

➤ **Método Fuller**

$$Z = Kr * RM + 0.5$$

Donde:

Kr: Factor que depende de la forma del agregado. De 0.0030 a 0.0045 para piedra chancada y de 0.0045 a 0.0070 para piedra redondeada.

RM: Resistencia promedio requerida.

$$Z = 0.0045 * 298.14 + 0.5$$

$$Z = 1.84$$

$$a/c = \frac{1}{Z}$$

$$a/c = \frac{1}{1.84}$$

$$a/c = 0.54$$

### 5.3.7 Calculo del contenido de cemento

$$CC = \frac{\text{contenido de agua}}{a/c}$$

$$CC = \frac{185}{0.54}$$

$$CC = 342.6 \text{ Kg/m}^3$$

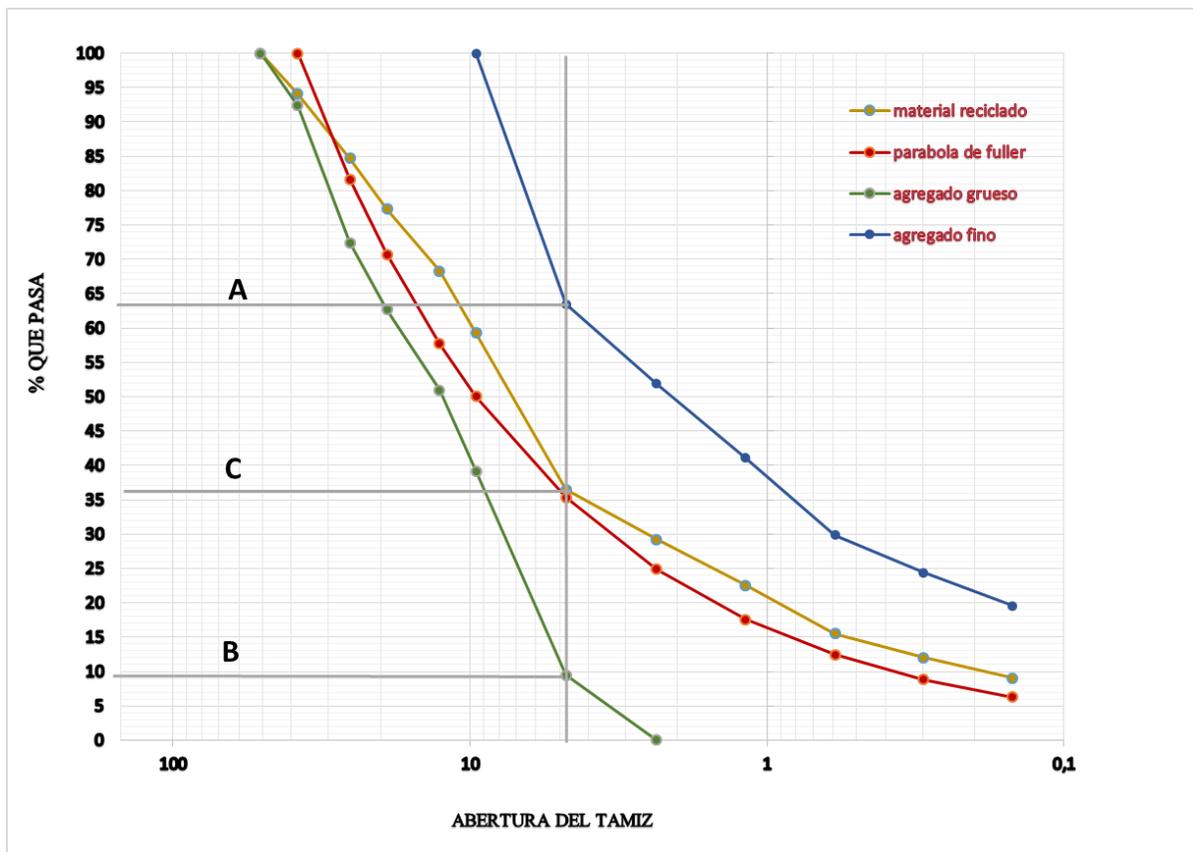
### 5.3.8 Volumen de cemento

$$VC = \frac{CC}{\gamma_c}$$

$$VC = \frac{342.6}{2937}$$

$$VC = 0.12 \text{ m}^3$$

**5.3.9 Estimación del contenido de agregados:** Ahora se muestra el método gráfico que se utiliza para calcular los coeficientes de A, B y C en el método de Fuller.



**Figura 9** Método gráfico de Fuller

Fuente. Autores, 2017.

$$A = 63\%$$

$$B = 9\%$$

$$C = 33\%$$

Se calcula  $\alpha$  y  $\beta$

$$\alpha = \frac{C - B}{A - B}$$

$$\alpha = \frac{33 - 9}{63 - 9} * 100$$

$$\alpha = 44.4$$

$$\beta = 100 - \alpha$$

$$\beta = 100 - 50$$

$$\beta = 55.6$$

Luego se calculan los volúmenes de los agregados

$$VOL. TOT. AGREGAD = 1 - (VOL AGUA + VOL AIRE + VOL CEM)$$

$$VOL. TOT. AGREGADOS = 1 - (0.185 + 0.01 + 0.12)$$

$$VOL. TOT. AGREGADOS = 0.685$$

➤ **Agregado fino**

$$VOL. AGREGADO FINO = \frac{\alpha}{100} * VOL TOT AGREGADOS$$

$$VOL. AGREGADO FINO = \frac{44.4}{100} * 0.685$$

$$VOL. AGREGADO FINO = 0.30$$

➤ **Agregado grueso**

$$VOL. AGREGADO GRUESO = \frac{\beta}{100} * VOL TOT AGREGADOS$$

$$VOL. AGREGADO GRUESO = \frac{55.6}{100} * 0.685$$

$$VOL. AGREGADO GRUESO = 0.38$$

### 5.3.10 Peso agregados

$$PESO\ AGREGADO\ GRUESO = VOL\ AGRE\ GRUESO * \gamma_{AGRE\ GRUESO}$$

$$PESO\ AGREGADO\ GRUESO = 0.38 * 2.670\ g/cm^3$$

Se convirtió la densidad y se opero

$$PESO\ AGREGADO\ GRUESO = 1014.6Kg$$

$$PESO\ AGREGADO\ FINO = VOL\ AGRE\ FINO * \gamma_{AGRE\ FINO}$$

$$PESO\ AGREGADO\ FINO = 0.30 * 2.613\ g/cm^3$$

$$PESO\ AGREGADO\ FINO = 783.9\ Kg$$

### 5.3.11 Ajustes por absorción

#### ➤ Pesos de agregados húmedos

$$PESO\ A.\ GRUESO\ HUMEDO = (A.\ GRUESO\ SECO) * \left(1 + \frac{\%Wg}{100}\right)$$

$$PESO A. GRUESO HUMEDO = 1014.6 * \left(1 + \frac{1.89}{100}\right)$$

$$PESO A. GRUESO HUMEDO = 1033.78 Kg$$

$$PESO A. FINO HUMEDO = (A. FINO SECO) * \left(1 + \frac{\%Wf}{100}\right)$$

$$PESO A. FINO HUMEDO = 789.3 * \left(1 + \frac{3.42}{100}\right)$$

$$PESO A. FINO HUMEDO = 816.29 Kg$$

➤ **Agua efectiva**

$$AGUA. AGREGADO GRUESO = (PESO A. GRUESO SECO) * \left(\frac{\%Wg - \%ag}{100}\right) = X$$

$$AGUA. AGREGADO GRUESO = 1014.6 * \left(\frac{1.89 - 1.58}{100}\right) = X$$

$$AGUA. AGREGADO GRUESO = 3.14 = X$$

$$AGUA. AGREGADO FINO = (PESO A. FINO SECO) * \left(\frac{\%Wf - \%af}{100}\right) = Y$$

$$AGUA.AGREGADO FINO = 789.3 * \left( \frac{3.42 - 2.93}{100} \right) = Y$$

$$AGUA.AGREGADO FINO = 3.87 = Y$$

$$AGUA EFECTIVA = AGUA DE DISEÑO - (X + Y)$$

$$AGUA EFECTIVA = 185 - (3.14 + 3.87)$$

$$AGUA EFECTIVA = 177.99 \text{ Lts}$$

Por lo tanto la dosificación a utilizar será:

**Tabla 6.** *Dosificación*

<b>CEMENTO</b>	<b>ARENA</b>	<b>GRAVA</b>	<b>AGUA</b>
<b>340,7</b>	816,29	1033,78	177,99
<b>340,7</b>	340,7	340,7	340,7
<b>1</b>	2,4	3,0	0,5

Fuente. Autores, 2017.

## Capítulo 6: Análisis comparativo de resistencia y costos entre el concreto reciclado y el concreto normal

### 6.1 Análisis comparativo de la resistencia

Para comparar la resistencia del concreto con agregados convencionales y el concreto reciclado se hicieron ensayos a compresión, los cuales se realizaron bajo el procedimiento establecido en la norma técnica colombiana (NTC 550 – Elaboración y curado de especímenes de concretos en obra) y se ensayaron según la norma técnica colombiana (NTC 673 - Ensayo de la compresión a cilindros normales para concreto), debido a que aún no existe ninguna norma a nivel nacional que involucre el agregado reciclado y este es el ensayo habitual para determinar la resistencia de un muestra de concreto normalmente.

A continuación se muestra el procedimiento que se llevó a cabo para la realización de los especímenes de concreto reciclado y convencional para su posterior ensayo de resistencia a la compresión.

**6.1.1 Equipos, herramientas y materiales utilizados:** Para la elaboración de los especímenes de concreto de prueba se utilizaron los siguientes implementos.

- Cemento Argos
- Agregados reciclados

- Agua
- Pala
- Moldes cilíndricos
- Varilla compactadora
- Balanza
- Probeta
- Herramientas menores

**6.1.2 Elaboración de la mezcla:** Para la elaboración de la mezcla se hizo de manera convencional para el diseño de mezcla establecido en el capítulo anterior, para lo cual se tuvo que medir las proporciones de las mezclas en peso para los agregados y la medida de volumen de agua en litros.



**Ilustración 22** *Peso del cemento*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 23** *Peso agregado grueso*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 24** *Peso agregado grueso*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 25** *Agua en litros*

Fuente. Autores, 2017.

Luego los cilindros fueron limpiados, ajustados y lubricados para evitar que se pegue la mezcla a la pared del cilindro.



**Ilustración 26** *Preparación moldes de cilindros*

Fuente. Autores, 2017.

Posteriormente se procedió a mezclar los materiales hasta conseguir una mezcla homogénea de estos.



**Ilustración 27** Preparación de la mezcla

Fuente. Autores, 2017.

Luego de realizada la mezcla se procede al vaciado de concreto en los cilindros, esto se debe hacer lo más pronto posible para evitar la pérdida de humedad de la mezcla.



**Ilustración 28** *Vaciado de la mezcla*

Fuente. Autores, 2017.

Para el vertimiento del concreto este se realiza en tres capas las cuales tienen que tener una altura de  $\frac{1}{3}$  de la altura del molde y se deben compactar con la varilla compactadora golpeando la mezcla 25 veces por capa para evitar el asentamiento de la mezcla y que no se presenten

huecos al desencofrar. Por último se enraza la punta y se dejan los cilindros en un seguro para que fragüe el concreto.



**Ilustración 29** *Vaciado de la mezcla*  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 30** *Compactado de capas*  
Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 31** *Compactado de capas*  
Fuente. Autores, 2017.

Un día posterior al vaciado de la mezcla se desencofran los cilindros, se le midió su peso y se procedió a curarlos para su respectivo ensayo a los 7, 14 y 28 días.



**Ilustración 32** *Desencofrado*

Fuente. Autores, 2017.



**Ilustración 33** Curado de los especímenes

Fuente. Autores, 2017.

**6.1.3 Ensayo de los cilindros:** Para el ensayo de los cilindros se utilizó la norma técnica colombiana (NTC 673 - Ensayo de la compresión a cilindros normales para concreto). Los cuales se realizaron en la maquina universal a los 7, 14 y 28 días de la elaboración de la mezcla de concreto.

**6.1.3.1 Resultados:** En las siguientes tablas se muestra una caracterización de cada una de las muestras y demás información que se estipulan en numeral 9 de la NTC 673 - Ensayo de la compresión a cilindros normales para concreto.

**Tabla 10***Datos de los especímenes*

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg)</b>	<b>PESO CURADO (Kg)</b>	<b>ALTURA (cm)</b>	<b>DIAMETRO (cm)</b>	<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>
<b>M1</b>	11,1	11,38	30,6	15,5	188,69
<b>M2</b>	10,5	10,71	30,2	15,5	188,69
<b>M3</b>	10,5	10,94	30,2	15,5	188,69
<b>M4</b>	11,1	10,985	30,5	15,5	188,69
<b>M5</b>	11,1	11	30,5	15,5	188,69
<b>M6</b>	11,1	10,79	30,1	15,5	188,69
<b>M7</b>	11,1	11	30,3	15,5	188,69
<b>M8</b>	11,1	10,85	30,2	15,5	188,69
<b>M9</b>	11,1	10,87	30,1	15,5	188,69

Fuente. Autores, 2017.

En las tablas 10 y 11 se muestran las cargas aplicadas a cada uno de los especímenes reciclados a los cuales se les realizó el ensayo a la compresión, inmediatamente después del periodo de curado. Aquí se puede apreciar la resistencia máxima que alcanzó cada probeta realizada con materiales reciclados comparándola contra una realizada con materiales convencionales.

**Tabla 11***Resistencia material reciclado*

<b>EDAD DE LOS ESPECIMENES RECICLADOS (DIAS)</b>	<b>RESISTENCIA OBTENIDA (psi)</b>									
	<b>IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS</b>									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
<b>7</b>	890	1468	1499							
<b>14</b>				1964	1988	1430				
<b>28</b>							2506	2511	2500	

Fuente. Autores, 2017.

**Tabla 12***Resistencias material convencional*

<b>EDAD DE LOS ESPECIMENES CONVENCIONALES (DIAS)</b>	<b>RESISTENCIA OBTENIDA (psi)</b>								
	<b>IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS</b>								
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>	<b>M8</b>	<b>M9</b>
<b>7</b>	1834	1841	1859						
<b>14</b>				2467	2493	2491			
<b>28</b>							2985	2942	2935

Fuente. Geotec, 2017.

En la tabla 12 se muestran los resultados finales del ensayo de resistencia promedio para las muestras tanto de concreto reciclado como la del concreto natural; cómo podemos ver se nota que el concreto natural alcanzo resistencia esperada mientras la mezcla de concreto reciclado fue menor de lo que se planteó ya que no alcanzo la resistencia de diseño; pero se obtuvo un valor aceptable de esta.

**Tabla 93***Resistencias promedio*

<b>MATERIAL ENSAYADO</b>	<b>RESISTENCIA OBTENIDA PROMEDIO</b>		
	<b>DIA 7</b>	<b>DIA 14</b>	<b>DIA 28</b>
<b>CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO</b>	1285,60	1794,07	2505,97
<b>CONCRETO CON AGREGADO CONVENCIONAL</b>	1844,67	2483,67	2954,00

Fuente. Autores, 2017.

**6.1.4 Análisis de datos:** Como podemos apreciar en los resultados de los ensayos de compresión obtenidos a los 7,14 y 28 días; los cuales nos indican que el concreto con agregados reciclados presenta una resistencia menor en comparación con un concreto realizado con materiales convencionales ya que en todos los ensayos de compresión realizados a las probetas la resistencia de estas siempre fue menor en cada caso.

Por otra como podemos constatar la resistencia de la mezcla realizada con materiales reciclados no es la óptima para elaborar elementos estructurales de gran capacidad de carga en comparación con el concreto convencional pero se podría utilizar para elementos que soporten menos esfuerzos como andenes, sardineles, antepisos, concretos pobres, etc.

En llegado caso de que esto se puede tomar como una limitante para la utilización de este material para la elaboración de elementos estructurales se puede utilizar aditivos que mejoren esta propiedad.

## **6.2 Análisis comparativo de los costos**

Debido a la ausencia de una trituradora de materiales reciclados en el municipio de Ocaña la trituración de los agregados se hizo de manera manual lo cual no es factible económica, ni técnicamente; por lo tanto se realizó el análisis de costos para la elaboración de concreto reciclado suponiendo la presencia de este equipo.

**Tabla 104***Análisis de equipo para procedimiento con reciclado*

ITEM		TRITURACION DE MATERIAL RECICLADO			
UNIDAD			m <sup>3</sup>		
DESCRIPCION	UNID	VALOR	TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR
	AD	UNITARIO	HORA	(m <sup>3</sup> /HORA)	PARCIAL
HERRAMIENT	Gl				\$
A MENOR					800,00
TRITURADOR	Un	\$64.000,00	\$8.000,00	2 1/2	\$
A					3.200,00
					\$
					4.000,00

Fuente. (Botero Giraldo, A., Pulgarin Carvajal, D. &amp; Arboleda Eljach, R. 2012).

**Tabla 115***Análisis de equipo para procedimiento con reciclado*

ITEM		TRANPORTE DE MATERIAL RECICLADO		
UNIDAD			m <sup>3</sup>	
DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR PARCIAL
TRANSPORTE	Viaje	\$ 70.000,00	2	\$ 140.000,00
				\$ 140.000,00

Fuente. Autores, 2017.

Tabla 126

Costo concreto reciclado

MEZCLA		CONCRETO RECICLADO CON MATERIAL RECICLADO		
UNIDAD			m <sup>3</sup>	
ESPECIFICACION	UNIDAD	CANTIDAD	F'c = 21 MPA	VALOR PARCIAL
MATERIALES			VALOR UNITARIO	
CEMENTO	BULTO	6,8	\$ 19.000,00	\$ 129.200,00
ARGOS				
AGREGADO RECICLADO GRUESO	m <sup>3</sup>	0,39	\$ 74.000,00	\$ 28.860,00
AGREGADO RECICLADO FINO	m <sup>3</sup>	0,3	\$ 74.000,00	\$ 22.200,00
AGUA	Lt	180	\$ 1,00	\$ 180,00
SIKASET-L	Kg	3,4	\$ 8.796,00	\$ 29.906,40
			TOTAL	\$ 210.346,40

Fuente. Autores, 2017.

Tabla 137

Costo concreto reciclado

MEZCLA		CONCRETO CON MATERIALES CONVENCIONALES		
UNIDAD			m <sup>3</sup>	
ESPECIFICACION	UNIDAD	CANTIDAD	F'c = 21 MPA	VALOR PARCIAL
MATERIALES			VALOR UNITARIO	
CEMENTO	BULTO	7	\$ 19.000,00	\$ 133.000,00
ARGOS				
AGREGADO GRUESO	m <sup>3</sup>	0,77	\$ 100.000,00	\$ 77.000,00
AGREGADO O FINO	m <sup>3</sup>	0,52	\$ 50.000,00	\$ 26.000,00
AGUA	Lt	180	\$ 1,00	\$ 180,00
			TOTAL	\$ 236.180,00

Fuente. Autores, 2017.

De esta manera demostramos que los costos que tendría la elaboración del concreto realizado con materiales reciclados son económicamente más factibles en comparación con el concreto convencional; porque al utilizar este material, el porcentaje de ahorro será de un 12,28%, incluso añadiendo a este análisis un aditivo que mejore su resistencia y de esta manera la comparación sea equitativa.

Aunque no debemos obviar la inversión inicial que a nivel público o privado se deberá emplear para la implementación de una trituradora en el municipio.

## **Capítulo 7: Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición provenientes de las edificaciones**

Este manual se hizo con la intención de mitigar la gravedad y diversidad del impacto ambiental, además de crear conciencia dentro del mismo medio concretándose en el sector de la construcción el concepto actividades constructivas por un bienestar propio y común por medio de buenas prácticas implementadas por entidades y constructores comprometidos con la construcción sostenible.

El manual se presenta en los apéndices del proyecto.

## Capítulo 8: Conclusiones

En Ocaña existe un ente encargado (UTA) de hacer cumplir las leyes y normativas que enmarcan el manejo de los RCD, pero la falta de control por parte de estas para que los lineamientos impuestos en estos documentos se cumplan es deficiente. Dicha falta de efectividad en controlar la correcta ejecución de actividades involucradas en la gestión de RCD, se ve reflejada en la gran cantidad de este material que son depositados diariamente en lotes, vías y el espacio público del municipio.

Existe una evidente falta de cultura, de los encargados de algunas obras, ya que no cumplen con sus deberes, como un correcto almacenamiento de los RCD y además exigir a sus transportadores de material que este sea dispuesto estrictamente en la escombrera municipal.

La solución con mayor impacto y la más fácil de implementar es la clasificación y reutilización de los RCD en obra, porque sería menor la cantidad de material a disponer y por ende serán menos los viajes y la contaminación que estos causan, además de que se aminora la disposición en la escombrera dándole un poco más de vida útil a esta.

Los impactos ambientales generados en la escombrera municipal, como la proliferación de material particulado, cambio en el paisaje, pérdida de la capa fértil, ruidos excesivos, cambios en la topografía, entre otros disminuirán.

De acuerdo a las propiedades que se han determinado se puede establecer que el concreto elaborado con agregados reciclados presenta propiedades similares al concreto con agregados naturales o fabricado convencionalmente.

Al implementar el uso de los RCD de mampostería y cerámico como agregados de concreto daríamos gran alivio a la explotación de las fuentes hídricas existentes, fenómeno que ha golpeado fuertemente al municipio.

➤ El análisis de resultados del material reciclado demostró que ofrece una buena resistencia, pero a su vez no alcanza una resistencia óptima aunque esta se puede conseguir con la utilización de aditivos que mejoren esta propiedad.

En el Municipio de Ocaña Norte de Santander las edificaciones al momento de su ejecución no cuentan con un Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición el cual instruya a los constructores de cómo se deben disponer los residuos.

La presentación del Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición provenientes de la construcción de edificaciones pretende generar conciencia en los directores de proyectos en el municipio de Ocaña para que elaboren obras menos invasivas con el medio ambiente.

Determinamos que los volúmenes de residuos que se generarán en una obra se pueden reaprovechar eficientemente utilizando una herramienta como el Manual de Manejo de Residuos

de Construcción y Demolición provenientes de la construcción de edificaciones. Esto permitirá minimizar la generación de los residuos al máximo, lo cual supondrá un ahorro en el presupuesto global de obra.

## Capítulo 9: Recomendaciones

Continuar realizando estudios de los residuos como material de construcción, ya que desde un punto de vista tanto técnico como ecológico, es un material válido, llegando a convertirse en una solución a la problemática medioambiental que presenta el municipio.

En el momento de triturar el material cerámico la opción ideal sería por medio de una trituradora ya que esta retira la capa de vinillo de una forma más eficiente, que permitirá que la mezcla tenga una buena adherencia a los agregados.

Es necesario encaminarnos hacia una gestión con mayores regulaciones legislativas sobre los residuos, en la que se beneficien las obras que produzcan menor impacto en el medio ambiente, haciendo que un medio como la construcción se vuelva menos nocivo.

Sería gratificante que se implementara este manual en las construcciones del municipio de Ocaña para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos y reducir los desperdicios que se generan actualmente.

Los agregados reciclados poseen una alta porosidad y por lo tanto un porcentaje de absorción de agua muy elevado con respecto a los agregados naturales. Durante la investigación para controlar la incidencia de estas características desfavorables del agregado reciclado ha resultado exitoso mantenerlos en un estado saturado de agua de forma que se evite la absorción del agua de diseño en las mezclas.

## Referencias

- Acevedo, A. (2010). *Conozca la historia de la construccion EL Colombiano*. Obtenido de [http://www.elcolombiano.com/historico/conozca\\_la\\_historia\\_de\\_la\\_construccion-LEEC\\_107396](http://www.elcolombiano.com/historico/conozca_la_historia_de_la_construccion-LEEC_107396)
- Acevedo, A. (s.f.). *Conozca la historia de la construccion El Colombiano*.
- Alonso, C. A. (2003). *Manual para la gestión de los residuos*. Ecoiuris (La Ley).
- Colombia, C. d. (2008). *Ley 1259 de 2008*. Bogota.
- Colombia, C. d. (2011). *Ley 1466 de 2011*. Bogota .
- Congreso de Colombia. (2012). *Resolución 1115 de 2012* . Bogota.
- Congreso de Colombia. (2015). *Decreto 2041 de 2015*. Bogota.
- Graciani, A. (2000). *Hacia el nacimiento de la historia de la Construccion. Origen y devenir de una ciencia*. Obtenido de [http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC3\\_053.pdf](http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC3_053.pdf)
- Guarin, N. (2016). *Estudio comparativo de la gestion de residuos de construccion y demolicion en Brasil y Colombia*. Obtenido de [http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART\\_17.pdf](http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART_17.pdf)
- Laura Huanca, S. (Marzo de 2006). Obtenido de <http://itacanet.org/esp/construccion/concreto/dise%C3%B1o%20de%20mezclas.pdf>
- Mena, C. (2014). *Dosificacion optima de una mezcla de concreto con materiales reciclados procedentes de residuo de construccion y demolicion de la ciudad de Cali*. Santiago de Cali: Pontifica Univesidad Javeriana.

Ortega Acosta, A. I., Casas Camargo, H. L., & Figueroa García, Y. X. (2015). *Gestion Integral de RCD. GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN - RCD EN LA OBRA*. Bogota.

Ramirez, J. (2014). *Instrumentos para el mejoramiento en la gestion de la politica de aprovechamiento de residuos de construccion y demolicion en Bogota*. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana.

Reciclemos. (2012). *La historia del reciclaje*. Obtenido de <http://www.reutiliz.blogspot.com.co/2012/11/la-historia-del-reciclaje.html>

Republica, S. d. (1993). *Ley 99 de 1993*. Bogota .

Secretaria Distrital de ambiente. (2012). *Resolucion 01115 de 2012*. Bogota.

## Apéndices

### Apéndice 1 Encuesta escombrera



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
NIT. 800 163 130 – 0

---

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre y cargo del encuestado: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el procedimiento a seguir para arrojar los residuos de construcción y demolición en la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
2. ¿Existe un limitante para poder aceptar los residuos de construcción y demolición en la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
3. ¿La escombrera de Ocaña, Norte de Santander, hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
4. ¿Cuántos residuos de construcción y demolición entran en promedio a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander mensualmente?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
5. ¿Qué hace la escombrera de Ocaña, Norte de Santander con los residuos de construcción y demolición?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Apéndice 2 Encuesta obras



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

NIT. 800 163 130 – 0

---

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre de la obra: \_\_\_\_\_

Nombre y cargo del encuestado: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Apéndice 3 Encuestas diligenciadas



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
NIT. 800 163 130 -- 0

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre de la obra: Edificio Ard  
 Nombre y cargo del encuestado: Nadimir Quintero  
 Fecha: 13/05/2017

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?  
35 m<sup>3</sup>
- ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?  
NO
- ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?  
NO
- ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
Si

### Apéndice 4 Encuestas diligenciadas



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
 NIT. 800 163 130 - 0

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre y cargo del encuestado: Beatriz Bayona - Secretaria  
 Fecha: 17/01/2017

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el procedimiento a seguir para arrojar los residuos de construcción y demolición en la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?

Dirigirse a la escombrera, cancelar el valor correspondiente a la tarifa establecida (Volqueta, motocarro, camioneta) y disponer en el lugar que indique el obrero de patio

2. ¿Existe un limitante para poder aceptar los residuos de construcción y demolición en la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?

No se recibe basura, ni residuos de demolición que lleven materiales que no sean degradables por el medio ambiente.

3. ¿La escombrera de Ocaña, Norte de Santander, hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición?

Si, si es relleno se dispone en un lugar específico y si se trata de residuos gruesos de demolición en otro.

4. ¿Cuántos residuos de construcción y demolición entran en promedio a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander mensualmente?

Aproximadamente 70 m<sup>3</sup>

5. ¿Qué hace la escombrera de Ocaña, Norte de Santander con los residuos de construcción y demolición?

Son clasificados y dispuestos en un lugar específico para ser utilizados según los requerimientos de la empresa.

Apéndice 5 Encuestas diligenciadas



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
NIT. 800 163 130 - 0

ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES  
CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

Nombre de la obra: Edificio San Agustín Torre Club  
Nombre y cargo del encuestado: Ymp Lidueñez, Ing Residente  
Fecha: 11/01/17

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?

Se producen aproximadamente entre 30 y 50 m<sup>3</sup> de residuos junto con demoliciones

2. ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?

Se separa el material cerámico de los residuos de pega y de cirne.

3. ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?

Se reutiliza material grueso de arena y arenilla y en ocasiones residuos de morteros y concretos como desperdicio

4. ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?

Si.

### Apéndice 6 Encuestas diligenciadas



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
NIT. 800 163 130 - 0

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre de la obra: Centro comercial y empresarial ocaña Plaza  
 Nombre y cargo del encuestado: Karla Patricia Solano - coordinadora Hiera  
 Fecha: 12/01/2017

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?  
material de excavación 37 m<sup>3</sup>/mes  
Alambre y Varillas de acero 7 kg/mes
- ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?  
Si, se clasifica como material de excavación, alambre, Varillas, empaques, orgánicos y reciclables
- ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?  
Si, una parte del material de excavación con ciertas características se usa para la elaboración de diques y mejoramiento de vías
- ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
Si

Apéndice 7 Encuestas diligenciadas


**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
 NIT. 800163130-0

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre de la obra: obra barrio el llano  
 Nombre y cargo del encuestado: Cesar  
 Fecha: 10/01/2017

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?  
20 m<sup>3</sup>
- ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?  
No
- ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?  
Si
- ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
lo determinan los transportadores (volqueteros)

Apéndice 8 Encuestas diligenciadas


**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
 NIT. 800 163 130 - 0

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre de la obra: Edificio Aura Eva  
 Nombre y cargo del encuestado: Jefe Mauricio Velasquez Rincón - Arquitecto  
 Fecha: 11/01/17

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?  
Se retiran aproximadamente 35 m<sup>3</sup> mensuales.
2. ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?  
Si, se clasifican los residuos que se pueden aprovechar y los otros se ingresan a la volqueta.
3. ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?  
Si, se reciclan los charcos que quedan o sobran de la cerámica y también el ladrillo o el bloque que salga en buen estado después de una demolición
4. ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
Si, por política de la empresa no está permitido que se tomen escombros en otra parte que no sea la escombrera de Ocaña.

Apéndice 9 Encuestas diligenciadas


**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
 NIT. 800 163 130 - 0

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre de la obra: Bulevar Plaza  
 Nombre y cargo del encuestado: Andrés F. Sanjivan Inq. Residente  
 Fecha: 10/01/2017

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?  
14 m<sup>3</sup>
2. ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?  
Si
3. ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?  
Si, el sobrante de la mezcla del pañete se reutiliza para elaborar mortero de pega
4. ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
Si

Apéndice 10 Encuestas diligenciadas


**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
 NIT. 800 163 130 - 0

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre de la obra: Conjunto Residencial Villanova  
 Nombre y cargo del encuestado: Eltan Quintero, Ing. Residente  
 Fecha: 10/01/17

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?  
Entre 7 y 10 m<sup>3</sup> por mes
- ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?  
No, Ninguna
- ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?  
En ocasiones el material sobrante de la arena y arenilla, despues de hacer morteros
- ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
Si, la mayoría.

Apéndice 34 Encuestas diligenciadas



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**  
NIT. 800 163 130 - 0

**ENCUESTA SOBRE LA DISPOSICIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES CONSTRUCCIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

Nombre de la obra: obra Barrio Vanadas  
 Nombre y cargo del encuestado: Vladimir Quintero  
 Fecha: 10/01/2019

Somos estudiantes de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y nos gustaría que nos brindara unos minutos de su tiempo para responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos residuos de construcción y demolición se producen en promedio en la obra mensualmente?  
14 m<sup>3</sup>
2. ¿En la obra se hace una clasificación a los residuos de construcción y demolición producidos?  
NO
3. ¿Se reciclan o reutilizan residuos de construcción y demolición en la obra?  
NO
4. ¿Se transportan los residuos de construcción y demolición de la obra a la escombrera de Ocaña, Norte de Santander?  
Si

2017

Manual de Manejo de Residuos de  
Construcción y Demolición provenientes  
de la construcción de edificaciones

Eduar Camilo Durán Navarro  
Código 172029

Maryi Dahana Vega Guerrero  
Código 172016

Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Ocaña, Norte De Santander

## CONTENIDO

INTRODUCCION .....	3
OBJETIVO.....	4
1. MARCO LEGAL.....	5
1.1 Normatividad del Orden Nacional.....	5
1.1.1 Resolución 541 de 1994 .....	5
1.1.2 Decreto 948 de 1995 .....	5
1.1.3 Decreto 1713 de 2002. ....	5
1.1.4 LEY 1383 DE 2010. Artículo 102 “Manejo de escombros” .....	6
1.1.5 Decreto 4741 de 2005 .....	6
1.1.6 Ley 1259 de 2008.....	6
1.1.7 Decreto 2981 de 2013 .....	6
2. MARCO CONCEPTUAL.....	7
3. MARCO TEÓRICO .....	9
3.1 Clasificación de residuos de construcción y demolición .....	9
3.2 Etapas constructivas.....	11
3.2.1 Demolición. ....	12
3.2.2 Excavación.....	12
3.2.3 Construcción.....	13
3.2.4 Estructura.....	13
3.2.5 Obra gris.....	13
3.2.6 Instalaciones.....	13
3.2.7 Acabados.....	13
4. Gestión de los RCD .....	14
BIBLIOGRAFIA .....	27

## INTRODUCCION

En los últimos años se ha visto la necesidad de en una construcción sustentable, la cual está relacionada con un uso racional de los recursos disponibles; el inconveniente radica en que los beneficios de los proyectos impliquen el mínimo costo ambiental. Para ello, son determinantes las acciones en cuanto a reducir, reutilizar y reciclar los materiales involucrados en los diferentes procesos, así como la adecuada disposición de lo no aprovechable.

La falta de cultura sobre el tema del manejo de materiales de construcción producto de las demoliciones y procesos constructivos en Ocaña es evidente, entonces lo que se buscara es que las empresas constructoras se sensibilicen sobre el tema del manejo y reutilización de los RCD logrando mostrarles los beneficios en cuanto a ahorro en costo y tiempo al poder hacer uso de los mismos.

## OBJETIVO

El presente Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición nos permite conocer un conjunto de acciones y procedimientos que facilitará el almacenamiento, manejo y disposiciones de RCD, ya que el hacerlo de la manera incorrecta se convierte en un problema constante. Además mejorar la gestión de los residuos en las obras de construcción y demolición mediante la puesta en desarrollo y la difusión, entre todos los profesionales del sector.

Entre los principales objetivos de los planes de gestión se encuentran:

- Fomentar la minimización de la generación de los residuos.
- Promover la responsabilidad compartida de los productos, generadores y todos los involucrados en la obra.
- Fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos, con el objetivo de reducir el volumen para disposición final.

## 1. MARCO LEGAL

El componente legal relacionado en este documento se describe a continuación.

### 1.1 Normatividad del Orden Nacional

- 1.1.1 **Resolución 541 de 1994.** “Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación”.<sup>1</sup>
- 1.1.2 **Decreto 948 de 1995.** “Reglamenta la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire”.<sup>2</sup>
- 1.1.3 **Decreto 1713 de 2002.** Artículo 44 “Recolección de escombros. Es responsabilidad de los productores de escombros su recolección, transporte y disposición en las escombreras autorizadas. El Municipio o Distrito y las personas prestadoras del servicio de aseo son responsables de coordinar estas actividades en el marco de los programas establecidos para el desarrollo del respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS”.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. “Resolución 541 de 1994” {En línea}. {16 diciembre de 2016} disponible en:

([http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res\\_0541\\_141294.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0541_141294.pdf))

<sup>2</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. “Decreto 948 de 1995.Reglamenta la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire” {En línea}. {16 diciembre de 2016} disponible en: ([http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec\\_0948\\_1995.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec_0948_1995.pdf))

<sup>3</sup> COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. “Decreto 1713 de 2002. Artículo 44” {En línea}. {16 diciembre de 2016} disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5542>)

1.1.4 **LEY 1383 DE 2010. Artículo 102 “Manejo de escombros”** <sup>4</sup>

1.1.5 **Decreto 4741 de 2005.** “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”.<sup>5</sup>

1.1.6 **Ley 1259 de 2008.** “Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros”.<sup>6</sup>

1.1.7 **Decreto 2981 de 2013.** “Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo”<sup>7</sup>

---

<sup>4</sup> COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. “LEY 1383 DE 2010. Artículo 102 “Manejo de escombros” {En línea}. { 16 diciembre de 2016} disponible en:

(<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39180#19>)

<sup>5</sup> COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. “Decreto 4741 de 2005” {En línea}. { 16 diciembre de 2016} disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>)

<sup>6</sup> COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. “Ley 1259 de 2008” {En línea}. {16 diciembre de 2016} disponible en: ([www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=34388](http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=34388)).

<sup>7</sup>COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA “Decreto 2981 de 2013” {En línea}. {16 diciembre de 2016} disponible en:(<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=56035>)

## 2. MARCO CONCEPTUAL<sup>8</sup>

**2.1 Agregados.** Son las arenas, gravas naturales y piedra triturada utilizadas para formar la mezcla que da origen al concreto, los agregados constituyen cerca del 75% de esta mezcla.

**2.2 Almacenamiento o acopio.** Es la acción de colocar temporalmente los RCD en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final.

**2.3 Aprovechamiento.** Es el proceso mediante el cual a través de la recuperación de los materiales provenientes de los residuos de construcción y demolición, se realiza su reincorporación al ciclo económico productivo en forma ambientalmente eficiente por medio de procesos como la reutilización y el reciclaje.

**2.4 Demolición selectiva.** A diferencia de la demolición tradicional en la selectiva se debe realizar una manipulación óptima de los escombros de la construcción, buscando separar en el sitio y en coordinación con el proceso de demolición los materiales a procesar y así prevenir la contaminación con residuos sólidos u otros materiales reciclables como madera, papel entre otros.

---

<sup>8</sup> RAMIREZ TOBON, Julio Cesar. “Instrumentos para el mejoramiento en la gestión de la política de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en Bogotá d.c. a partir de las percepciones de los constructores de obras públicas”. {En línea}. {16 diciembre de 2016} disponible en:

([www.repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13514/RamirezTobonJulioCesar2013.pdf](http://www.repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13514/RamirezTobonJulioCesar2013.pdf)).

Los conceptos utilizados en este proyecto de grado, se tomaron de la resolución 01115 de 2012 de la Secretaría Distrital de Ambiente, mediante la cual se adopta los lineamientos Técnico - Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital.

- 2.5 Escombros.** Son residuos provenientes de la actividad de construcción y de las posibles demoliciones que sea necesario realizar. En nuestro caso llamaremos escombros a los materiales que son susceptibles de reutilizar como materia prima para la producción de concretos, una vez realizada una clasificación inicial de los mismos.
- 2.6 Medio ambiente.** Es un sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica y sociocultural, y de la forma en que se interrelaciones entre sí; este sistema puede estar en permanente modificación por la acción humana o natural.
- 2.7 Reciclaje.** Es una herramienta con la cual se pueden recuperar y reaprovechar materiales usados y/o desechos, dándoles ya sea uso particular o igual para el cual fueron creados o un uso diferente en otra actividad distinta a la inicial.
- 2.8 Recolección.** Es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por el concesionario del servicio.
- 2.9 Residuos de construcción y demolición (RCD).** Se refiere a los residuos de construcción y demolición que se generan durante el desarrollo de un proyecto constructivo, entre los cuales se pueden encontrar los susceptibles de aprovechamiento y aquellos que no lo son.
- 2.10 Reutilización.** Es la prolongación de la vida útil de los escombros recuperados que se utilizan nuevamente, sin que para ello se requieran procesos adicionales de transformación.
- 2.11 Sitio de disposición final.** Lugar autorizado para recibir y acopiar de forma definitiva el material residual del aprovechamiento en las plantas y todo aquel RCD pétreo, que por sus características físicas no pudo ser objeto de aprovechamiento.
- 2.12 Transportador.** Cualquier persona natural o jurídica que preste servicios de recolección y traslado de RCD en distintos puntos de generación, pudiendo asumir o no la titularidad de los mismos.
- 2.13 Tratamiento.** Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos de construcción y demolición, incrementando

sus posibilidades de reutilización o y se minimizan los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

### 3. MARCO TEÓRICO

Desde un punto de vista conceptual, residuo de construcción y demolición (RCD) es cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “residuo”, se genera en una obra de construcción y demolición.

Si bien desde el punto de vista conceptual la definición de RCD abarca a cualquier residuo que se genere en una obra de construcción y demolición, pero este manual estará enfocado a Residuos de Construcción y Demolición provenientes de la construcción de edificaciones donde encontramos los siguientes residuos: Concreto, ladrillos, tejas, materiales cerámicos, madera, vidrio, plástico, metales, material de excavación, piedras, materiales de construcción a partir de yeso, entre otros residuos de construcción y demolición.<sup>9</sup>

#### 3.1 Clasificación de residuos de construcción y demolición

Los sobrantes de las actividades de demolición, excavación, construcción y/o reparaciones de las obras civiles, o de otras actividades conexas complementarias o análogas, son conocidos como los RCD.

Los residuos producidos en el desarrollo de una obra son los que se listan en la siguiente tabla:

---

<sup>9</sup> SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. (2012). “Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición para obras en Bogotá”, Bogotá, D.C.

Tabla 14. Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición – RC

CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION(RCD) PARA LAS ETAPAS CONSTRUCTIVAS			
CATEGORIA	GRUPO	CLASE	COMPONENTES
RCD APROVECHABLES	Residuos comunes inertes mezclados	Residuos petreos	Concretos, ceramicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosin, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz #200 de granulometria
	Residuos comunes inertes de material fino	Residuos finos no expansivos	Arcillas(caolin), limos y residuos inertes, poco o no plasticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200 de granulometria.
		Residuos finos expansivos	Arcillas(montmorillonitas) y lodos inertes con una gran cantidad de finos altamente plasticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200 de granulometria.
	Residuos comunes no inertes	Residuos no petreos	Plasticos, pvc, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.
	Residuos metalicos	Residuos de caracter metalicos	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc
	Residuos organicos	Residuos de pedones	Residuos de tierra negra
		Residuos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies botanicas
RCD NO APROVECHABLES	Residuos contaminantes	Residuos peligrosos	Desechos de productos quimicos, emulsiones, alquitran, pinturas, disolventes organicos, aceites, asfaltos, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, plomo, cenizas volantes, luminarias convencionales y fluorescentes, desechos explosivos y otros elementos peligrosos
		Residuos especiales	Poliestireno-icopor, carton yeso(drywall), lodos residuales compuestos.
		Residuos contaminantes	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentran contaminados con residuos peligrosos y especiales

Fuente. (Ortega Acosta, Casas Camargo, & Figueroa García, 2015)

De acuerdo a la clasificación de la tabla anterior, a continuación se relacionan las densidades promedio de cada uno de los grupos de residuos de construcción y demolición existentes, que sirven como base para calcular de manera adecuada los pesos y volúmenes de los mismos.

Tabla 15. Densidades de los materiales por grupos

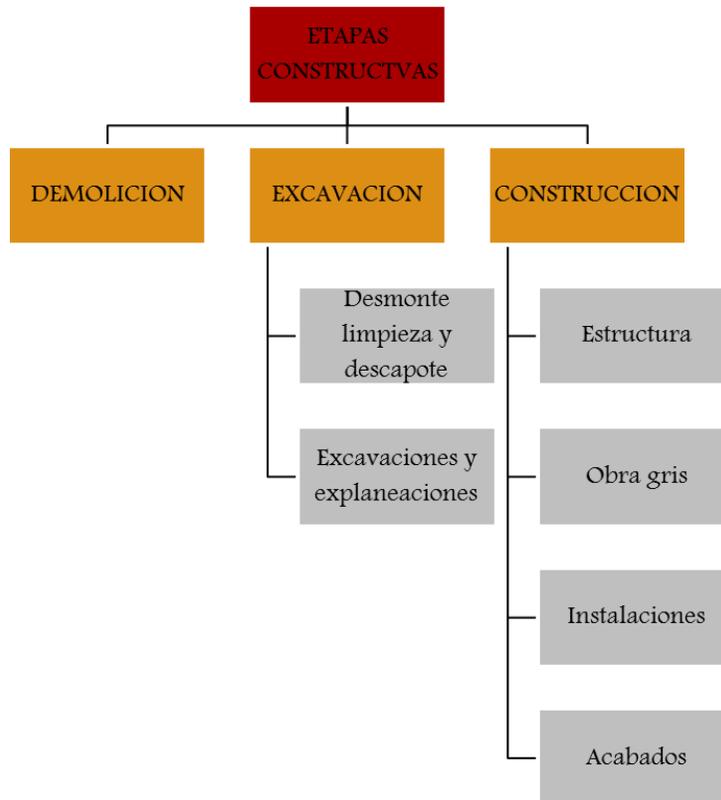
GRUPO	DENSIDAD PROMEDIO (KG/M3)
Residuos comunes mezclados	1648,85
Residuos de material fino	1700
Residuos comunes no inertes	698,88
Residuos metalicos	7307,67
Residuos organicos	1282,71
Residuos contaminantes	1891,28

Fuente. (Ortega Acosta, Casas Camargo, & Figueroa García, 2015)

### 3.2 Etapas constructivas

Son períodos en los cuales se realizan diferentes actividades del proceso constructivo, que tienen como fin llevar a término un diseño previamente planificado, con miras a manejar una terminología común. A continuación se describen las etapas constructivas objeto de esta manual.

Ilustración 35. Etapas constructivas



Fuente. (Ortega Acosta, Casas Camargo, & Figueroa García, 2015)

**3.2.1 Demolición.** En esta actividad se derriban o deshacen las estructuras existentes, tales como acabados, mampostería, estructuras, andén, pavimentos e infraestructura de servicios, que serán reemplazadas con la nueva obra. Estos residuos deben clasificarse para reciclar la materia prima para la elaboración de nuevas mezclas.

**3.2.2 Excavación.** Consiste en la remoción del suelo o de las estructuras de vía existente.

- **Descapote y remoción.** consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural del área intervenida por la obra. Se remueve el rastrojo, maleza, pastos, tocones, raíces y residuos ordinarios, de modo que el terreno quede limpio y su superficie resulte apta para iniciar los trabajos. El residuo se debe clasificar con el objeto de reutilizarlo o de reciclarlo. Esta actividad también incluye la disposición final y adecuada de los mismos. Para esto solamente se deben utilizar predios que cuenten con la respectiva autorización por parte de la autoridad ambiental o del Departamento Administrativo de Planeación Distrital.

- 3.2.3 Construcción.** Actividades relacionadas con la construcción y/o montaje de estructuras que involucran el manejo de grandes volúmenes de concreto (edificaciones, pontones, puentes, pavimentos rígidos, entre otros).
- 3.2.4 Estructura.** Es el ensamblaje de elementos que mantienen su forma y su unidad. Sus objetivos son resistir cargas resultantes de su uso y de su peso propio y darle forma a un cuerpo, obra civil o máquina.
- 3.2.5 Obra gris.** Es la etapa en la que se realiza la construcción, colocación de soportes estructurales horizontales y verticales, losas, entrepisos, paredes, escaleras, entre otros.
- 3.2.6 Instalaciones.** Se define como el conjunto de aparatos y conducciones de los servicios (gas, electricidad, agua) u otros elementos destinados a complementar las condiciones de habitabilidad de un edificio o prestar un servicio.  
Durante el proceso constructivo las tareas de instalaciones se realizan en paralelo con otras del inicio de obra. Los trabajos de las instalaciones no se observan a simple vista, ya que muchas de ellas van ocultas o empotradas dentro de la edificación (por exigencia del reglamento, por motivos de seguridad o por ocultarlas según criterios estéticos).
- 3.2.7 Acabados.** Son todos aquellos materiales que se colocan sobre una superficie de obra negra para darle terminación a las obras, quedando ésta con un aspecto habitable. Es decir son los materiales finales que se colocan sobre pisos, muros, plafones, azoteas, huecos o vanos como ventanas y puertas de una construcción. Tienen como función principal proteger todos los materiales bases o de obra negra, así como de proporcionar belleza, estética y confort; estos materiales deben corresponder a funciones adecuadas con el uso destinado y en las zonas en donde la obra requiere su colocación, por lo que es importante conocer sus características y su procedimiento constructivo de colocación.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. (2012). “Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra.”, Bogotá, D.C.

## 4. Gestión de los RCD

A continuación se describen los procesos que pueden ser usados para aumentar de manera efectiva la separación y clasificación de los materiales de obra y así optimizar el uso de los RCD que se generen.

### 4.1 Procesos de aprovechamiento

Este proceso se logra priorizando el reciclaje de los residuos de construcción para luego reutilizarlos de manera eficiente.

Ahora se procederá a explicar cada uno de los procesos que se tienen en cuenta a la hora de aprovechar los residuos que se generan en la construcción.

#### 4.1.1 Demolición Selectiva

La demolición selectiva consiste en separar y clasificar los materiales que se están demoliendo de acuerdo a su potencial reciclable permitiendo la reutilización de los materiales con alto grado de reúso y descartando los materiales de desecho. Este proceso se realiza a la par de la demolición y lo que busca es separar materiales reciclables como madera, papel, acero, concreto, cerámicos entre otros; luego estos se almacenan para evitar que se mezclen entre ellos para disponer de ellos más adelante.

Los pasos para una demolición selectiva son los siguientes:

- Extraer los desechos y las molduras no fijas.
- Desmantelar, quitar las puertas, ventanas, tejados, instalaciones de agua, electricidad, comprendiendo limpiezas internas, entre otros.
- Demoler la estructura del edificio.
- Separar y clasificar los residuos que se generen.

#### **4.1.2 Reutilización**

La reutilización es el proceso en el cual un material o residuo se vuelve a usar sin que se le modifique de alguna manera aprovechando las propiedades con las que cuenta, esto se puede realizar directamente en la misma obra donde se generen o en otra obra donde se puedan reutilizar.

#### **4.1.3 Reciclaje**

Esta es la fase en la cual los RCD previamente almacenados son reutilizados como materia prima o se transforman en nuevos productos que aprovecharán las propiedades con las que cuenta el material de residuo. Por lo cual es necesario conocer las características de los RCD para así emplearlos de la manera más eficiente posible.

#### **4.1.4 Gestión de los residuos peligrosos**

Todas las obras existentes deben hacer un manejo óptimo de los desechos que se cataloguen como peligrosos porque es obligatorio que se cumplan a cabalidad con el artículo 10 del decreto 4741 de 2005 “por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral” y Tiene por objeto regular el manejo de los residuos o desechos generados con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

### **4.2 Medidas de gestión para los RCD en obra**

La persona encargada de la obra debe establecer un plan de gestión de los RCD generados en la obra, este a su vez debe ser comunicado con el personal de trabajo el cual debe conocer toda la información referente a este para que puedan aplicarlo sin llegar a haber errores en su ejecución por consiguiente se presentaran unas recomendaciones para la elaboración de un plan de gestión para los RCD en obra.

#### **4.2.1 Compra y almacenamiento de las materias primas**

- Comprar la mínima cantidad de productos auxiliares (pinturas, disolventes, grasas, etc.) y en envases retornables del mayor tamaño posible.
- Inspeccionar los materiales comprados antes de su aceptación.
- Comprar los materiales y productos auxiliares a partir de criterios ecológicos.
- Utilizar los productos por su antigüedad a partir de la fecha de caducidad.
- Limpiar la maquinaria y los distintos equipos con productos químicos de menor agresividad ambiental (los envases vacíos de productos químicos tóxicos se deben tratar como residuos peligrosos).
- Evitar fugas y derrames de los productos peligrosos, manteniendo los envases correctamente cerrados y almacenados.
- Adquirir equipos que sean respetuosos con el ambiente.
- Informar al personal sobre las normas de seguridad existentes (o elaborar nuevas en caso necesario), la peligrosidad, manipulado, transporte y correcto almacenamiento de las sustancias.
- Almacenar de manera adecuada los productos, separando los peligrosos del resto y los líquidos combustibles o inflamables en recipientes adecuados.
- Establecer en los lugares de trabajo y áreas de almacenamiento de materiales, que estarán alejadas de la circulación y de otras zonas destinadas para el acopio de residuos.

#### **4.2.2 Demolición**

- Realizar demolición selectiva.
- Clasificar los elementos que se demolieron para catalogarlos de acuerdo al grado de reutilización que poseen para así descartar los materiales de desecho.
- Almacenar los materiales para facilitar su manejo y disposición en el momento en el que se vallan a reutilizar.

#### **4.2.3 Excavación**

- Se independizara al descapote de la excavación de los elementos estructurales de tal manera que se separe la capa vegetal del material inerte del suelo.
- Definir el volumen que se generará con la excavación.

- Establecer un estudio de suelos, para clasificar las diferentes capas de suelo con las que se cuenta.
- Realizar la valoración de estos materiales, definir las cantidades y en donde se podrían reutilizar.

#### **4.2.4 Construcción del proyecto.**

- Estimar la cantidad de RCD que se generarán en cada actividad constructiva.
- Realizar la valoración de estos materiales para definir lo que se podría reutilizar en el proyecto.
- Seleccionar los espacios dentro del frente de obra para la realización del acopio, separación y clasificación de los RCD, con los respectivos contenedores y/o espacios destinados para tal fin.
- Definir las cantidades y tipos de materiales para disposición final y los que se llevarán a sitios de tratamiento y/o aprovechamiento.
- Seleccionar los sitios de disposición final, plantas de tratamiento y/o aprovechamiento autorizados, donde se llevarán los RCD.
- Contar con una planilla de información mínima que se describe el procedimiento que se está realizando con el propósito de llevar un control diario de los movimientos de RCD.
- Seleccionar transportadores registrados y capacitados en el manejo correcto de residuos de construcción y demolición ante la Secretaría de Ambiente.
- Socializar el Plan de Gestión con todos sus colaboradores y contratistas.

### **4.3 Procedimientos ambientales para efectuar la gestión**

Por consiguiente se procederá a describir el conjunto de actividades para la reducción, separación, reutilización, reciclaje, valorización y disposición final de los residuos de construcción y demolición generados en los frentes de obra.

#### **4.3.1 Procedimiento para la reducción de la generación de los RCD**

Tiene como objetivo minimizar la producción de los RCD generados en la etapa de ejecución de la obra por lo que pretende plantear estrategias para disminuir la generación de los RCD lo cual aumenta la efectividad de este proceso frente a obra que no cuenten con esto ya que el conocer

de antemano los residuos generados permitirá establecer el mejor camino para su reaprovechamiento dentro de un plan de gestión de los RCD.

Se recomiendan las siguientes estrategias para que en una obra de construcción se produzca el mínimo de RCD posibles:

- Establecer la cantidad y características de los residuos que se van a originar en las etapas constructivas y en la demolición.
- Establecer un plan de gestión para el manejo y uso de los RCD.
- Conocer los sitios de disposición final, de los recicladores, de los centros de clasificación, entre otros, para poder así definir un escenario externo y adecuado de gestión.
- Organizar y optimizar los sitios de trabajo para las funciones que prestan.
- Optimizar el suministro de materiales, mediante sistemas estandarizados que permitan disminuir la cantidad de residuos generados.
- Coordinar los suministros y transporte de materiales, con el fin de evitar pérdidas y mezclas indeseables.
- Descargar en forma ordenada, organizada de los materiales y elementos de construcción para poder evitar el deterioro de estos, consiguiendo disminuir la cantidad de residuos.
- Evitar que los materiales susceptibles de aprovechamiento se mezclen con otro tipo de materiales, en especial con los catalogados como peligrosos.

Estas estrategias se deben implementar en cada una de las etapas de generación de los RCD.

#### **4.3.2 Procedimiento para la separación en la fuente de los RCD**

Busca promover la separación efectiva de los RCD generados por las actividades de obras civiles en sus diferentes etapas y a su vez procura optimizar la separación, clasificación y recolección de los RCD en ansias de obtener mejores beneficios económicos. Por lo que es necesario identificar los diversos materiales con los que se está trabajando lo cual nos permite catalogarlos eficazmente obteniendo mejores beneficios de estos.

A continuación se plantean unas estrategias para realizar una óptima separación de los RCD:

- Revisar cuales son los materiales sobrantes de las actividades en la obra y verificar que no estén contaminados con otros tipos de materiales catalogados como peligrosos, en dicho caso manejarlos como residuos peligrosos.
- Para la actividad de demolición, el proceso para obtener una separación en la fuente debe ser la demolición selectiva.
- Adecuar sitios para el almacenamiento temporal de residuos de construcción y demolición a reutilizar y disponer en sitios de disposición final para los RCD, los cuales deben estar debidamente señalizados y cubiertos con materiales que eviten la acción erosiva del agua, viento o algún otro ente nocivo para estos.
- Los materiales dispuestos en las zonas de acopio deberán permanecer cubiertos para evitar dispersión de material particular, material de arrastre, olores ofensivos y proliferación de vectores.
- Se deben clasificar los residuos sólidos sobrantes en diferentes categorías como: residuos ordinarios, reciclables y residuos peligrosos.
- Si durante el proyecto se genera cualquier tipo de residuo que se enmarque en la definición de residuos peligrosos y/o contaminantes se debe cumplir con lo dispuesto en el Decreto 4741 de 2005, dado que esto será objeto de seguimiento por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente.
- Cuando finaliza el proceso de separación, se deben gestionar los materiales que son valorizables e integrables al circuito de la reutilización o reciclaje y los que no se destinarán a los sitios de disposición final autorizados.

#### **4.3.3 Procedimiento para la reutilización de los RCD**

Busca destinar un porcentaje de los diferentes RCD generados en una obra, a un proceso de reutilización. A demás tiene como objeto plantear diversas estrategias para efectuar la reutilización de los RCD generados en obra

:

- Los RCD se podrán reutilizar siempre y cuando no estén mezclados con otro tipo de residuo diferente.
- Está prohibida la reutilización in situ de RCD sin su previa clasificación (ordinarios, especiales y peligrosos).

- Los materiales susceptibles de reutilización son: vigas, pilares, cerchas, elementos prefabricados, puertas, ventanas, revestimientos prefabricados tejas, estructuras ligeras, soleras, claraboyas y chapas, barandillas, falsos techos, pavimentos sobrepuestos, piezas de acabado y mobiliario de cocina.
- Las tierras que no puedan ser reutilizadas en la misma obra deben ser retiradas por un transportador debidamente capacitado.
- La arena, grava, y demás áridos, pétreos, cerámicos, concreto y cemento se pueden reutilizar como base para carreteras, para nivelar, estabilizar suelo y terraplenes.
- Los materiales con alta probabilidad a ser reciclados según investigaciones son: concreto, cerámicos, cemento y ladrillos, los cuales se pueden reutilizar para la elaboración de adoquines, fachadas, bases para columnas, producción de morteros y fabricación de cementos.

#### **4.3.4 Procedimiento para el reciclaje de los RCD**

Pretende que un porcentaje de los RCD generados en obra se sometan a un proceso de reciclaje. Luego de que estos estén separados y clasificados los residuos estos se someten a un proceso de reciclaje que buscara aprovechar las propiedades que estos poseen.

Las estrategias para el reciclaje de RCD son las siguientes:

- Cada material tiene una forma única de ser reciclado. Esto depende de sus propiedades fisicoquímicas y del destino que éste vaya a tener en el mercado.
- Se recomienda consultar las distintas alternativas de reciclaje para cada material que se separe de los residuos finales de la construcción y la demolición.
- Los materiales de origen pétreo pueden reincorporarse a su ciclo productivo mediante un proceso de trituración y cribado, con la ubicación de una planta móvil en frentes de obra.

#### **4.3.5 Procedimiento para la disposición final de los RCD**

En este procedimiento se busca organizar un plan de acción para determinar cómo se dispondrán finalmente los RCD examinando cual es la mejor alternativa aspirando a conseguir los mejores resultados.

Los lineamientos para una correcta disposición final de los RCD son los siguientes:

- Los residuos sobrantes a los que no se les haya atribuido un aprovechamiento, se deberán disponer en los sitios de disposición final de RCD autorizados por el municipio.
- El generador de RCD debe acreditar la legalidad del sitio de disposición final de los RCD mediante el permiso de una autoridad competente, siendo en el municipio de Ocaña norte de Santander la UTA (unidad técnica ambiental) la encargada de esto.
- Cuando la obra no disponga de espacio para el estacionamiento temporal de volquetas, el constructor debe coordinar la salida de los RCD, de tal forma que no exista estacionamiento en vía pública, ni obstrucción de tránsito. A demás se debe contar con la señalización necesaria, para que no se interfiera con el tráfico vehicular y peatonal.

#### **4.4 Alternativas de gestión para los RCD**

Los diferentes RCD que se originan en las obras pueden ser sometidos a uno o varios de los procedimientos de gestión los cuales hemos expuesto anteriormente donde algunos materiales admiten ser aprovechados y para otros solo es recomendable la entrega en un sitio de disposición final.

A continuación se muestran las alternativas de uso:

RESIDUO	ALTERNATIVA DE REUTILIZACION
Residuos de excavacion	Para rellenos y recuperacion de taludes
	Como estabilizador de suelos
Cemento	Como relleno en la misma obra
	Como suelo en carretera
	Como grava suelta
	Para la produccion de morteros y cemento
	Como granulado
Ceramicos	Como adoquin
	Como fachada
	Para acabados
Metales	Para la aplicación en otros productos
	Como aleacion
Madera	Para casetones, vallados y linderos
	Para tableros y aglomerados
Vidrio	Para vidrio
Plastico	Como plastico
Telas, bloques, entre otros	Como base para nuevos productos
Embalajes	Los palletes como tarimas o tableros auxiliares
	En nuevos embalajes o productos

Fuente. (Ortega Acosta, Casas Camargo, & Figueroa García, 2015)

Las actividades de aprovechamiento pueden ser realizadas in situ por parte de los encargados de la obra o por medio de terceros que realicen la actividad.

## **5. ESTRUCTURA DEL PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PG-RCD**

El Plan de gestión debe contener la información referente a los datos de la obra y quien la ejecuta, las cantidades de materiales usados para llevar a cabo la obra, la cantidad de residuos de RCD generados, los indicadores de eficiencia, eficacia y efectividad y la declaración del responsable de ejecutar la obra.

La elaboración del PG-RCD por parte de los generadores es de carácter obligatorio y debe contener la información requerida en éste numeral. El PG-RCD debe ser radicado en la Secretaria Distrital de Ambiente antes del inicio de las actividades constructivas para ser evaluado y aprobado por esta autoridad ambiental.

En caso de requerirse por parte de la UTA (unidad técnica ambiental) ajustes o complementaciones al Plan, se efectuará un único requerimiento al constructor quien contará con ocho (8) días hábiles para realizar los ajustes requeridos, término que podrá ser prorrogado mediante solicitud escrita debidamente justificada y se otorgará, si técnicamente así lo considera esta autoridad.

Si iniciada la obra, el constructor no ha entregado el PG-RCD o no ha realizado los ajustes requeridos por la UTA (unidad técnica ambiental)

A continuación se describe la información que como mínimo debe contener el Plan de Gestión de RCD.

### **5.1 Datos generales de la obra**

Este paso va enfocado en la búsqueda de datos como tipo de infraestructura, cantidad de demolición, materiales de construcción, cantidades de obra, etc. Ya que dichos datos facilitaran el manejo de los RCD en durante los procesos constructivos porque el tener información referente a la obra nos permitirá cuantificar la cantidad de residuos que se podrían generar a lo largo de esta siendo más precisos si los conocemos de antemano. Por lo cual es necesario presentarlo a modo de ficha técnica.

## **5.2 Manejo de los RCD en obra.**

En este numeral se debe incluir la gestión que se va a adelantar al interior de la obra para realizar el manejo de los RCD generados, incluyendo como mínimo las acciones de demolición y su manejo, prevención o minimización de la generación, separación en la fuente, sitio de almacenamiento temporal en obra, clasificación, tratamiento, valorización, transporte y gestión final.

## **5.3 Reporte de cantidades de material de construcción usados en la obra**

El reporte de las cantidades de materiales de construcción va dirigido a conocer cuánto material se tiene programado para usar en la obra, y los datos de cada uno de los posibles residuos que generará el uso de esos materiales. Se debe informar sobre las cantidades prevista durante la etapa de planeación de la obra y las cantidades reales usadas mes a mes. Porque estos datos serán la base para calcular la cantidad en volumen de los RCD que deben ser aprovechados y/o reutilizados.

## **5.4 Reporte de los residuos de construcción y demolición –RCD generados en obra**

El reporte de los RCD se enfoca en calcular la cantidad de los residuos generados como resultados de los procesos constructivos, por lo tanto se deberá proyectar una cantidad determinada de estos durante las diversas etapas mes a mes. Proporcionando los datos reales de la cantidades generales y de las reportadas durante la construcción.

## **5.5 Estimación de costos del manejo de RCD.**

La persona encargada de la obra debe incluir los costos de tratamiento y reaprovechamiento de los RCD dentro del presupuesto a modo de estimado y deberá analizarse teniendo en cuenta aspectos como: tipo de residuo, estimación en m<sup>3</sup>, precio de tratamiento y/o transformación (por m<sup>3</sup>), precio de disposición final (por m<sup>3</sup>), costo total y porcentaje del presupuesto de la obra.

## **5.6 Indicadores RCD**

Son los indicadores que nos permiten constatar que tan bien se están aprovechando los RCD generados en obra comparado a las cantidades de RCD dispuestos y proyectados en el mes.

A continuación se relacionan los indicadores.

#### **5.6.1 Indicador de eficiencia**

Este indicador permite conocer la inversión realizada mes a mes por parte del generador en la gestión de los RCD de la obra, con respecto a lo calculado en la fase de planeación y presentado en el Plan de Gestión de RCD.

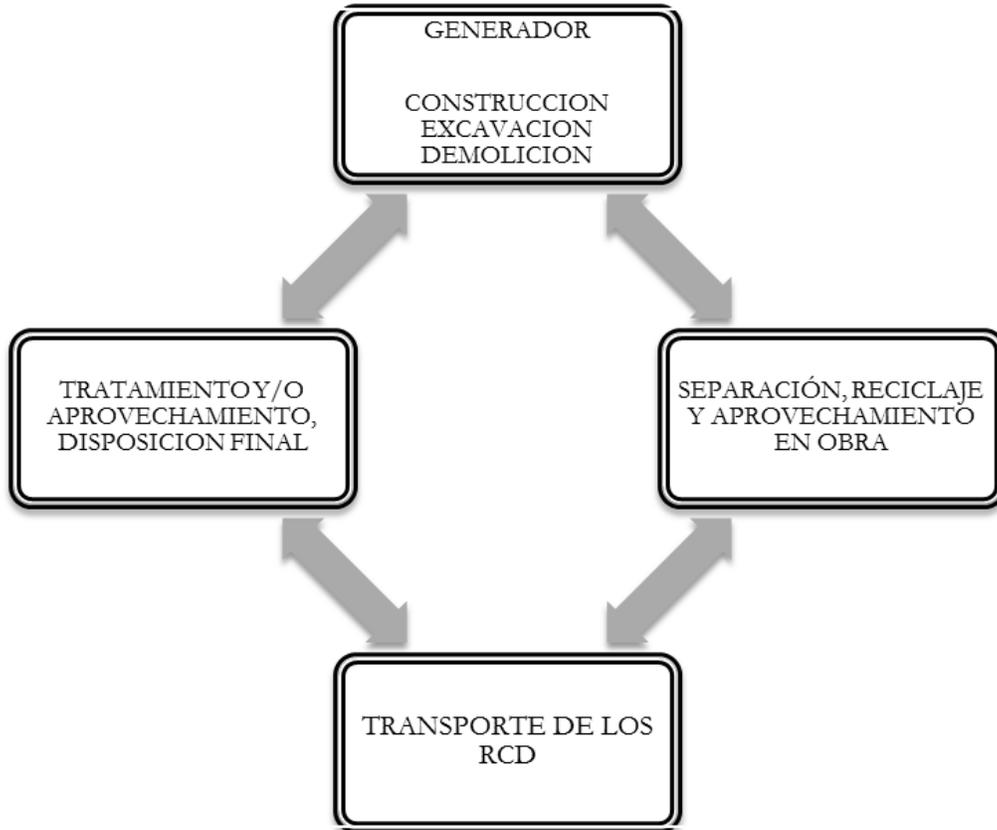
#### **5.6.2 Indicador de eficacia**

Este indicador permite controlar el volumen de RCD aprovechados en la obra respecto a los generados, y verificar que se esté cumpliendo los lineamientos expuestos en este manual.

#### **5.6.3 Indicador de Efectividad**

Este indicador permite hacer el seguimiento a las cantidades generadas mes a mes de RCD y controlar que tan efectivo es el método.

Ilustración 36. Ciclo de vida de los RCD



Fuente. Autores, 2017.

## BIBLIOGRAFIA

Ortega Acosta, A. I., Casas Camargo, H. L., & Figueroa García, Y. X. (2015). Gestión Integral de RCD. Guía para la elaboración del Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición - RCD en la obra. Bogotá.

Parrado Delgado, Carlos César. (2012). "Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición para obras en Bogotá", Bogotá, D.C.

RAMIREZ TOBON, Julio Cesar. "Instrumentos para el mejoramiento en la gestión de la política de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en Bogotá d.c. a partir de las percepciones de los constructores de obras públicas". {En línea}. {16 diciembre de 2016} disponible en:

([www.repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13514/RamirezTobonJulioCesar2013.pdf](http://www.repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13514/RamirezTobonJulioCesar2013.pdf)).

**Apéndice 12** *Resultados de laboratorios*





DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
Y LABORATORIO DE MATERIALES

Ocaña, Marzo 06 de 2017

SEÑORES  
**EDUAR CAMILO DURAN**  
**MARYI DAHANA VEGA**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE DISPOSICION Y REHUTILIZACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION PROVENIENTES DE LAS EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

**REFERENCIA:** RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cordial saludo.

Con la presente me es grato reportar los resultados de los ensayos de laboratorio realizados al material de reciclado traído al laboratorio el día 22 de Febrero de 2017.

Con gusto atenderé cualquier ampliación o aclaración relacionada con los términos de este informe.

Atentamente,

**ALDEMAR SALCEDO TORRES**  
PROFESIONAL ESPECIALIZADO  
M.P. 15217-091717 BYC.



Calle 2 No. 28-35 Ocaña / Colombia  
Tel: 317 724 9240 - 316 452 7622  
laboratorio@geoteccolombia.com

### DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO HIDRAULICO

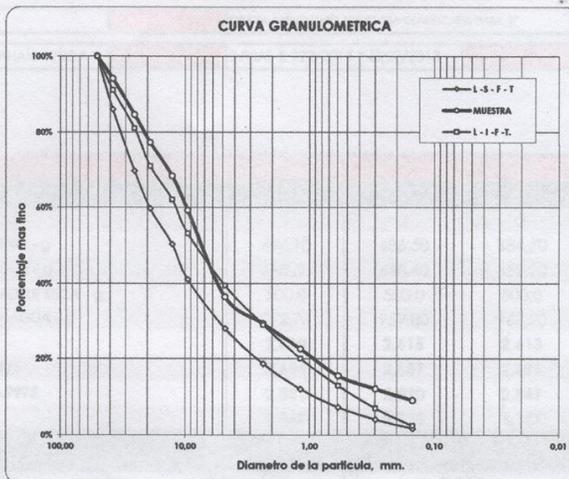
PROYECTO	ESTUDIO DE DISPOSICION Y REHUTILIZACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION	MUESTRA	M172-REC
LOCALIZACION	MUNICIPIO DE OCAÑA	MATERIAL	GRAVA ARENO LIMO ARCILLOSA CLASIFICADA PASA 2"
SOLICITO	EDUAR CAMILO DURAN - MARYI DAHANA VEGA	CURVA	GRADACION FULLER - WEYMOUTH
		FECHA	FEB 25/2017

#### GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	4407.2
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	98.1
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	4309.1
PORCENTAJE DE ERROR % e < 2%	0,09

Tamiz N°	Diametro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50.80	0.00	0.00%	100.0%
1-1/2"	38.10	258.13	5.86%	94.1%
1"	25.40	673.73	15.29%	84.7%
3/4"	19.05	327.73	7.44%	77.3%
1/2"	12.70	397.53	9.02%	68.3%
3/8"	9.53	396.63	9.00%	59.26%
4	4.76	1005.13	22.81%	36.45%
8	2.36	318.93	7.24%	29.21%
16	1.18	295.33	6.70%	22.51%
30	0.59	309.43	7.02%	15.49%
50	0.297	151.53	3.44%	12.05%
100	0.149	132.13	3.00%	9.06%
Pasa 100	Bandeja	141.0	3.20%	
		<b>4407.2</b>	<b>100.0%</b>	

CLASIFICACION	MODULO DE FINURA	GRAVA =	69,41%
U.S.C.S	GW	2.3 > MF > 3.1	ARENA = 27,39%
AASHTO	A-1a	NO CUMPLE	FINOS = 3,20%

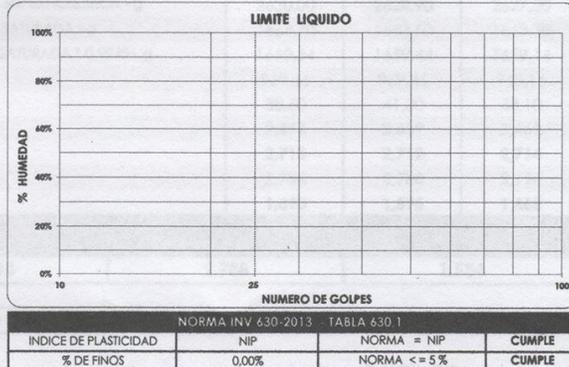


TAMIZ	M172-REC	% PASA 1	% PASA 3/4	% PASA 3/8	% PASA N° 4	% PASA N° 8	% PASA N° 16	% PASA N° 30	% PASA N° 50	% PASA N° 100
MUESTRA	M172-REC	84,7%	77,3%	59,26%	36,45%	29,21%	22,51%	15,49%	12,05%	9,06%
GRAD WEYMOUTH	L-S-F-T	81,1%	70,9%	53,2%	39,5%	28,9%	20,0%	12,9%	7,0%	2,4%
GRAD FULLER	L-I-F-T	69,6%	59,7%	41,1%	27,9%	18,6%	12,0%	7,3%	4,1%	1,7%
VERIFICACION		NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
OBSERVACIONES	LA MEZCLA ARENA - SE AJUSTA PARCIALMENTE A LAS CURVAS DE FULLER Y WEYMOUTH									

#### LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Lata	1	2	3
W Suelo Hum. + Lata	0,0	0,0	0,0
W Suelo Seco. + Lata	0,0	0,0	0,0
W Lata	0,0	0,0	0,0
% de Humedad	0,00%	0,0%	0,0%
N° de golpes	0	0	0
INDICE DE FLUJO	IF =	0,00	
LIMITE LIQUIDO	WL =	0,00%	

LIMITE PLASTICO			
Lata	1	2	3
W Suelo Hum. + Lata	0,00	0,00	0,00
W Suelo Seco. + Lata	0,00	0,00	0,00
W Lata	0,00	0,00	0,00
% de Humedad	0,00%	0,00%	0,00%
LIMITE PLASTICO	Wp =	NP	
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	NIP	



OBSERVACIONES: Grava arena limo arcillosa, moderadamente gradada, de plasticidad nula - CUMPLE, POR TENER UN % DE FINOS MENOR A 5%

Ensayo : **Edwin Alonso Carrascal**  
Laboratorista

Revisa: **Ing. Aldemar Salcedo Torres**  
M.P. 15217-091719 BYC.

## DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO HIDRAULICO

<b>PROYECTO</b>	ESTUDIO DE DISPOSICION Y REHUTILIZACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION	M172 REC
<b>LOCALIZACION</b>	MUNICIPIO DE OCAÑA	<b>MATERIAL</b> GRAVA ARENO LIMO ARCILLOSA CLASIFICADA PASA 2"
<b>SOLICITO</b>	EDUAR CAMILO DURAN - MARYI DAHANA VEGA	<b>NORMA</b> INVIAS E 222/2013 Y E223/2013 <span style="float: right;">FEB 27 / 2017</span>

### ENSAYO NORMA INVIAS E-222

#### PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

PRUEBA N°	1	2	3
PIGNOMETRO	1	2	3
A = MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO - g	486,10	486,50	484,70
B = MASA DEL PIGNOMETRO AFORADO LLENO DE AGUA - g	658,50	645,40	652,20
S = MASA DE LA MUESTRA SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA - g	500,0	500,0	500,0
C = MASA TOTAL DEL PIGNOMETRO + LA MUESTRA + AGUA - g	972,70	959,80	967,20
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA BULK = <math>A / (B+S-C) \times 0,9975</math></b>	<b>2,610</b>	<b>2,615</b>	<b>2,613</b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA BULK SSS = <math>S / (B+S-C) \times 0,9975</math></b>	<b>2,684</b>	<b>2,687</b>	<b>2,696</b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE = <math>A / (B+A-C) \times 0,9975</math></b>	<b>2,821</b>	<b>2,820</b>	<b>2,849</b>
<b>ABSORCION % = <math>((S-A)/A) \times 100</math></b>	<b>2,859</b>	<b>2,775</b>	<b>3,157</b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA BULK</b>	<b>2,613</b>	<b>GRAVEDAD ESPECIFICA BULK SSS</b>	<b>2,689</b>
		<b>GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE</b>	<b>2,830</b>
		<b>ABSORCION %</b>	<b>2,930</b>

### ENSAYO NORMA INVIAS E-223

#### PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

PRUEBA N°	1	2	3
A = MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA - g	2591,40	2587,60	2584,20
B = MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA - g	2630,00	2628,90	2627,30
C' = MASA SUMERGIDA EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA - g	1664,70	1663,60	1663,30
C = MASA SUMERGIDA EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA * 0,9975 - g	1660,54	1659,44	1659,14
B - C = VOLUMEN DE LA MUESTRA SSS - g	969,46	969,46	968,16
B - A = AGUA ABSORBIDA - g	38,60	41,30	43,10
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA BULK = <math>A/(B-C)</math></b>	<b>2,673</b>	<b>2,669</b>	<b>2,669</b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA BULK SSS = <math>B/(B-C)</math></b>	<b>2,713</b>	<b>2,712</b>	<b>2,714</b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE = <math>A/(A-C)</math></b>	<b>2,784</b>	<b>2,788</b>	<b>2,794</b>
<b>ABSORCION % = <math>((B-A)/A) \times 100</math></b>	<b>1,490</b>	<b>1,596</b>	<b>1,668</b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA BULK</b>	<b>2,670</b>	<b>GRAVEDAD ESPECIFICA BULK SSS</b>	<b>2,713</b>
		<b>GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE</b>	<b>2,788</b>
		<b>ABSORCION %</b>	<b>1,584</b>

#### OBSERVACIONES

EL PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA EN EL INTERVALO DE TEMPERATURA DEL ENSAYO (23±2 °c) = 0,9975

Ensayo

**EDWIN ALONSO CARRASCAL**  
Laboratorista

Reviso

**ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES**  
M.P. 15217-091719 BYC



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
Y LABORATORIO DE MATERIALES

**GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO**  
**NORMA INVIAS E-222/2013 Y E223/2013**



Calle 2 No. 26-85 Ocaña / Colombia  
Tel: 317 724 9240 - 316 452 7822  
laboratorio@geoteccolombia.com

## DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO HIDRAULICO

<b>PROYECTO</b>	ESTUDIO DISPOSICION Y REHUTILIZACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION	<b>MUESTRA</b>	M172-REC
<b>LOCALIZACION</b>	MUNICIPIO DE OCAÑA	<b>NORMA</b>	E 217/2013
<b>SOLICITO</b>	EDUAR CAMILO DURAN - MARYI DAHANA VEGA	<b>FECHA</b>	MARZO 01/2017

### AGREGADO FINO

PRUEBA	1	2	3
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	25	25	25
<b>PESO DEL MOLDE (g)</b>	2732,2	2732,2	2732,2
<b>VOLUMEN DEL MOLDE (cc)</b>	2105,8	2105,8	2105,8
<b>HUMEDAD DE LA MUESTRA</b>	3,42	3,42	3,42
<b>PESO DEL MOLDE + AGREGADO GRUESO (g)</b>	5866,7	5856,4	5841,6
<b>MASA UNITARIA COMPACTA (g/cc)</b>	1,489	1,484	1,477
<b>MASA UNITARIA COMPACTA (g/cc)</b>	<b>1,483</b>		

### AGREGADO GRUESO

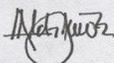
PRUEBA	1	2	3
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	25	25	25
<b>PESO DEL MOLDE (g)</b>	2732,2	2732,2	2732,2
<b>VOLUMEN DEL MOLDE (cc)</b>	2105,8	2105,8	2105,8
<b>HUMEDAD DE LA MUESTRA</b>	1,89	1,89	1,89
<b>PESO DEL MOLDE + AGREGADO GRUESO (g)</b>	6137,8	6148,5	6129,8
<b>MASA UNITARIA COMPACTA (g/cc)</b>	1,617	1,622	1,613
<b>MASA UNITARIA COMPACTA (g/cc)</b>	<b>1,618</b>		

#### OBSERVACIONES

ENSAYO

  
**EDWIN ALONSO CARRASCAL**  
 LABORATORISTA

REVISO

  
**ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES**  
 M.P. 15217 - 091719 BYC



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
Y LABORATORIO DE MATERIALES

**MASA UNITARIA COMPACTA DEL AGREGADO GRUESO Y FINO**  
**NORMA INVIAS E-217/2013**



Calle 2 No. 28-35 Ocaña / Colombia  
 Tel: 317 224 9240 - 315 453 7622  
 laborator@geoteccolombia.com



**ESTUDIO DISPOSICION Y REHABILITACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION**

OBRA	VEREDAS DE RECONSTRUCCION DE LOS EDIFICIOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION	RESERVA	VERIFICACION DE ESTADO DE MEDIDA Fc > 3000 PSI	GRUPO	TCOMA	FECHA DE EMISION	14/07/2017
SOLICITADO	EDUARDO CAMILO DURAN - MARTI DANIANA VEGA	INTERVENIDO	ESTRUCTURAS VARIAS	LOCALIZACION	MUNICIPIO DE OCCANA		

LOCALIZACION DE LA MUESTRA	CILINDRO Nº	MEDIDA	DOBRADORA MEDIDA	FECHAS		BARRERA DE PROTECCION			CARGA			RESISTENCIA		NO. CILINDRO	TIPO DE FALLA			
				TOMA	ECRIBA	ALTEZA (cm)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm²)	ESPEZOR (cm)	PUNTO (cm)	ENTIDAD (graves)	ARUCADA (graves)	SI			RESISTENCIA (kg/cm²)	RESISTENCIA (MPa)	
MUESTRA DE PRUEBA Nº 1 Fc > 3000 PSI	CILINDRO 1	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	17/03/2017	30,55	1,97	11380	186,69	5764,55	1,97	115,67	42,31	889,8	114,54	1635,6	29,65%	CONO Y CORRE
	CILINDRO 2	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	17/03/2017	30,20	1,96	10770	186,27	5625,22	1,90	188,61	102,83	1448,4	149,92	2424,4	48,95%	COLUMNAR
	CILINDRO 3	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	17/03/2017	29,95	1,93	10940	186,69	5661,34	1,94	195,55	104,94	1498,9	173,74	2464,7	49,96%	COLUMNAR
MUESTRA DE PRUEBA Nº 1 Fc > 3000 PSI	CILINDRO 4	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	24/03/2017	30,50	1,97	10985	187,48	5778,02	1,92	253,63	137,57	1944,4			65,48%	COLUMNAR
	CILINDRO 5	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	24/03/2017	30,50	1,97	11010	186,69	5755,12	1,91	258,52	139,23	1988,2			64,27%	CORRE
	CILINDRO 6	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	24/03/2017	30,05	1,95	10790	186,27	5597,28	1,93	183,79	100,11	1429,6			47,65%	COLUMNAR
MUESTRA DE PRUEBA Nº 1 Fc > 3000 PSI	CILINDRO 7	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	07/04/2017	30,00	1,93	11400	187,91	5877,35	2,00	329,20	175,52	2504,4			83,55%	COLUMNAR
	CILINDRO 8	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	07/04/2017	30,05	1,93	11460	187,91	5706,05	2,01	329,73	175,85	2511,1			83,70%	COLUMNAR
	CILINDRO 9	M1	1:2,40:3,00 SLUM 8,0 cm	10/03/2017	07/04/2017	30,00	1,93	11360	187,91	5697,35	1,99	328,42	175,10	2500,4			83,35%	COLUMNAR

**COMPROBACION**  
 A) Muestra M1 correspondiente a una clasificación 1:2,40:3,00 en Volumen para 3000 psi

RESISTENCIA (kg/cm²)	42%	25%	82%	100%	Factor	0,98	0,76	0,75	0,87
RESISTENCIA (MPa)	3	7	11	28	Factor	1,25	1,30	1,28	1,50



ENSAYO: EDWIN ALONSO CARRASCAL LAKEBOYSA  
 REVISO: ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES N.E.P. 1207-08179 E.C.

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
**CILINDROS NORMALES DE CONCRETO**  
**NORMA INVIAS - E 418/410**

