



TITULO DE LA PROPUESTA:

ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA BOGOTÁ D.C.

Investigadores a cargo:

Nombres	Apellidos	Documento de identidad	Correo electrónico institucional
Lizbeth Nayibe	Gaviria Torres	1.053.782.936	lgaviria2936@correo.ean.edu.co
Sandra Lorena	Silva Ocampo	1.053.780.010	ssilvaoc10@correo.ean.edu.co

Especialización:

Gestión de Residuos Sólidos

TABLA DE CONTENIDO

1	FUNDAMENTACIÓN TEORICA	4
1..1	Composición de los RCDs en Colombia	6
1..2	Marco Legal	7
2	METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES PLANTEADAS	10
3	DESARROLLO DEL PROYECTO	10
3..1	Análisis bibliográfico de la Generación y Composición de los RCDs en Bogotá	10
3..2	Balance de Masas de la planta, fracciones obtenibles y el destino que podrían tener los RCDs Después de Valorizarlos	14
3..3	Presupuesto de Inversión de la construcción de la planta de tratamiento de RCDs y del Vertedero de inertes, para Bogotá.....	18
3..4	Viabilidad Económica y Financiera	21
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
5	BIBLIOGRAFÍA.	26

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	IMPACTOS GENERADOS POR LOS RCDs	5
TABLA 2	CLASIFICACIÓN DE RCD SEGÚN TIPO DE ACTIVIDAD.	7
TABLA 3	CLASIFICACIÓN DE RCD PARA LAS ETAPAS CONSTRUCTIVAS.....	12
TABLA 4	CARACTERIZACIÓN APROXIMADA DE LOS RCDs EN BOGOTÁ.....	14
TABLA 5	ALTERNANTIVA DE GESTIÓN DE USO DE RESIDUOS.....	17

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1	ESQUEMA DE PLANTA DE PROCESAMIENTO DE RCDs	6
ILUSTRACIÓN 2	COMPOSICIÓN RCD GENERADOS EN BOGOTÁ.....	6
ILUSTRACIÓN 3.	TONELADAS DE RCDs GENERADOS EN BOGOTÁ.....	13
ILUSTRACIÓN 4.	TONELADAS DE RCDs CONTROLADOS	13
ILUSTRACIÓN 5	GENERACIÓN DE RESIDUOS.....	15
ILUSTRACIÓN 6	PRINCIPALES GENERADORES DE RCD EN BOGOTÁ.....	16
ILUSTRACIÓN 7	PIB CONSTRUCCIÓN (VAR. % ANUAL - EDIFICACIONES Vs OBRAS CIVILES)	16

RESUMEN DE LA PROPUESTA

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son materiales generados por actividades como la construcción de viviendas en mampostería, edificios en estructura de concreto, excavación de tierras, reparaciones, o reconstrucciones entre otros; Estos residuos generalmente no son peligrosos, pero en algunos casos pueden contener sustancias inflamables o tóxicas que los convertirán en peligrosos.

Actualmente en Bogotá se producen 15 millones de ton/año de RCD algo como 2000 kg.Hab/año, siendo esta una cifra alarmante, ya que nos ubica por encima de grandes ciudades sin mencionar que estos no están recibiendo ningún tipo de tratamiento para minimizar el porcentaje que vaya al vertedero (escombrera) convirtiéndose este en otro problema de capacidad pues en Bogotá solo existen dos vertederos con Licencia Medio Ambiental. (Castaño et al, 2013).

De acuerdo a lo anterior se pretende mostrar la viabilidad técnica y económica de un centro de tratamiento de residuos de construcción y demolición para mejorar la sostenibilidad del sector de la construcción, del medio ambiente, y evitar que los vertederos colapsen.

ABSTRACT

The construction and demolition waste (CDW) are materials generated by activities like housing construction in masonry, concrete structure buildings, land excavation, repairs or reconstructions; Those residues are usually not dangerous, but in some cases may contain flammable or toxic substances that become dangerous.

Bogota produce 15 million ton / year of (CDW), something like 2000 kg.Hab_/ year, being a worrying amount that place us above large cities, without mentioning that those (CDW) are not receiving any treatment to minimize the percentage that goes to the landfill (dump) showing another capacity problem, because in Bogotá there are only two landfills with Environmental License. (Castaño et al, 2013).

In accordance with the above, it is intended to show the technical and economic feasibility of a construction waste treatment and demolition to enhance the sustainability of the construction industry, the environment, and prevent the collapse of landfills.

PALABRAS CLAVE

Gestión, Residuos, RCD, tratamiento, Construcción, Demolición, Viabilidad.

KEYWORDS

Management, Waste, CDW, processing, construction, demolition, feasibility.

INTRODUCCIÓN

En este documento se analizará la viabilidad técnica y económica de un centro de tratamiento de residuos de la construcción y demolición, inicialmente se realizará un análisis bibliográfico de la generación y composición de los RCDs en Bogotá, luego se establecerá un balance de masas de la planta, fracciones obtenibles y el destino que podrían tener los RCDs después de valorizarlos. Teniendo estas cifras se estimará el presupuesto de inversión de la construcción de la planta de tratamiento de RCDs y del vertedero de inertes, para Bogotá, para finalmente realizar un estudio económico simplificado de la explotación, que permita obtener un canon aproximado para el tratamiento de RCDs.

1 FUNDAMENTACIÓN TEORICA

El sector de la Construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados. La mitad de los materiales empleados en la industria de la Construcción proceden de la corteza terrestre, aproximadamente 450 millones de toneladas de residuos de la construcción y demolición (RCD); esto es, más de una cuarta parte de todos los residuos generados. Este volumen de RCD aumenta constantemente, siendo su naturaleza cada vez más compleja a medida que se diversifican los materiales utilizados. Este hecho limita las posibilidades de reutilización y reciclado de los residuos, lo que aumenta la necesidad de crear vertederos y de intensificar la extracción de materias primas. (MAAT, 2013)

Según Cemex por cada tonelada de árido RCD que se logra incorporar en los concretos se generan los siguientes beneficios:

- Reducción del uso del MMPP NO RENOVABLE
- Reducción de 230 km de recorrido de tractomulas
- Reducción de 46 galones de combustible
- Reducción de 0.1 toneladas de emisiones de CO2
- Ahorro en costos de transporte de \$ 29.000/tn
- Reducción en 7 horas del tiempo de ciclo
- Reducción en el deterioro de pavimentos
- Reducción en accidentes y congestión

Cuando los RCD no son controlados y resultan en lugares no autorizados, alteran el paisaje, contaminan suelos y acuíferos como se puede observar en la Tabla 1.

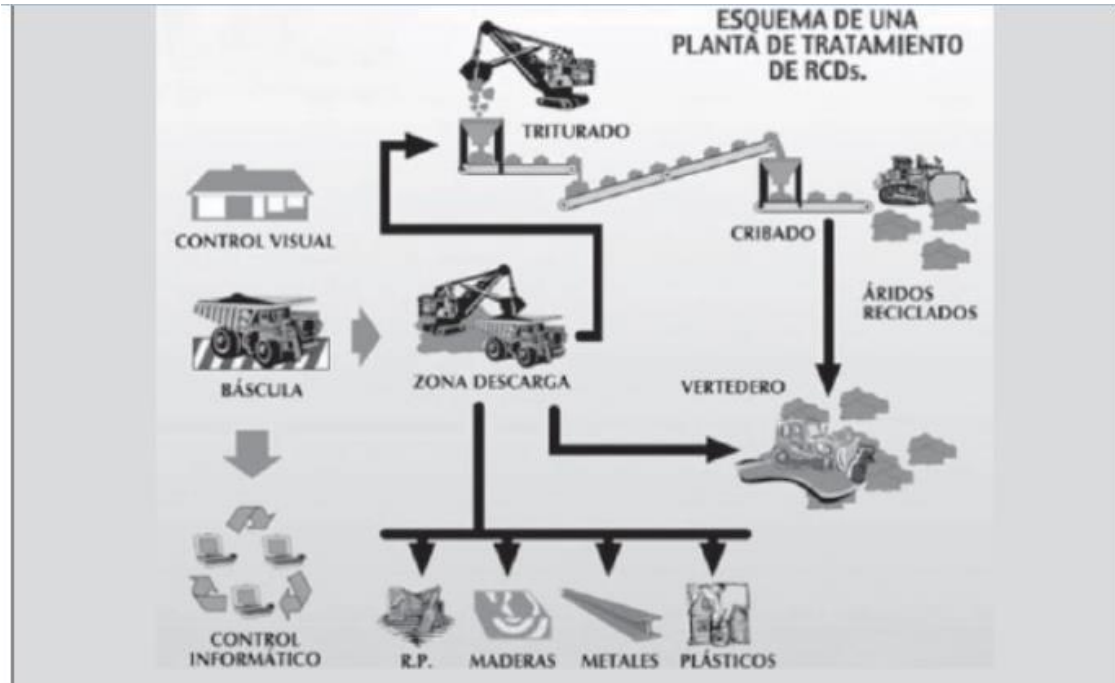
Cuando se disponen los escombros y existe remoción de los mismos se libera material particulado, este material es una mezcla compuesta de partículas extremadamente pequeñas con agua, al mezclarse con otros compuestos que están suspendidos en el medio cambia su composición generando un impacto negativo en la atmosfera convirtiéndose en un gas toxico. Cuando el escombros se deja expuesto a la erosión de factores naturales como el agua, genera un proceso de escorrentía lo que lleva a la contaminación del agua por sedimentación y alta carga de residuos sólidos. (MAAT, 2013)

Tabla 1 Impactos generados por los RCDs

IMPACTOS	ASPECTOS
Alteración de la calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Derrames de aceites, combustibles y sustancias no biodegradables. ▪ Acumulación de residuos sólidos en los cuerpos de agua.
Alteración de la calidad del Aire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de gases. ▪ Generación de ruido. ▪ Generación de material particulado.
Alteración de la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acumulación directa de residuos en zonas blandas. ▪ Disposición final de residuos sólidos ordinarios (plásticos, telas,) ▪ Disposición final de residuos peligrosos. ▪ Derrames de aceites, combustibles y sustancias no biodegradables. ▪ Fenómenos de erosión y pérdida de suelo.
Impactos al Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proliferación de vectores. ▪ Tala o Afectación de individuos arbóreos presentes en el lugar
Alteraciones sociales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de material particulado. ▪ Generación de gases. ▪ Proliferación de vectores. ▪ Ocupación de zonas ajenas al proyecto. ▪ Alteración al Trafico

Fuente: Guía ambiental para la elaboración del Plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición en la obra, 2014.

Ilustración 1 Esquema de planta de procesamiento de RCDs

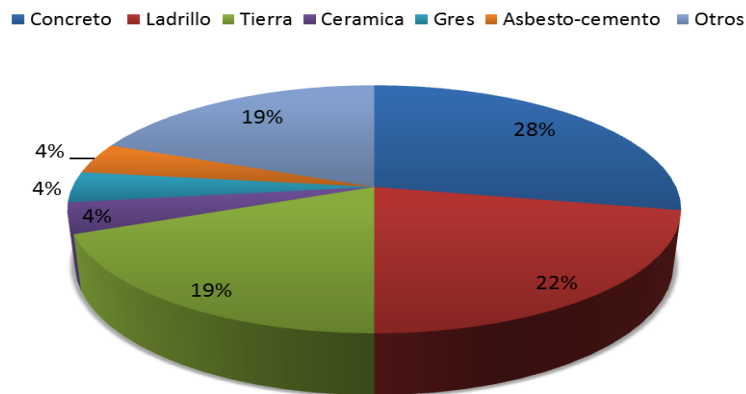


Fuente: UAESP, Informe Censo de Molineros, Bogotá, 2010.

1.1 Composición de los RCDs en Colombia

De acuerdo a Porras (2013), se encuentra que la composición general de los residuos de la construcción y demolición en Bogotá es la que se muestra en la Ilustración 2.

Ilustración 2 Composición RCD generados en Bogotá



En la

Tabla 2 se puede evidenciar la clasificación de los RCD según el tipo de actividad donde se generan.

Tabla 2 Clasificación de RCD según tipo de Actividad.

Actividad	Objeto	Componentes principales
Demolición	Viviendas	Antiguas: mampostería, ladrillo, madera, yeso, tejas
		Recientes: ladrillo, hormigón, hierro, acero, metales y plástico
	Otros edificios	Industriales: hormigón, acero, ladrillo, mampostería, cables, papel y cartón
	Obras públicas	Servicios: hormigón, ladrillo, mampostería, hierro, madera, acero, hormigón armado
Construcción	Excavación	Tierras
	Edificación y Obras Públicas	Hormigón, hierro, acero, ladrillos, bloques, tejas, materiales cerámicos, plásticos, materiales no féreos.
	Reparación y mantenimiento	Suelo, roca, hormigón, productos bituminosos.
	Reconstrucción y rehabilitación	Viviendas: cal, yeso, madera, tejas, materiales cerámicos, pavimentos, ladrillo.
		Otros: hormigón, acero, mampostería, ladrillo, yeso, cal, madera.

Fuente: Zamarreño, A. Memorias de “Residuos de construcción y demolición” Especialización en Gestión de Residuos y Recuperación de Suelos Contaminados, Universidad de Castilla – La Mancha. (2014)

En Colombia su gestión depende de la localidad y de lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial de cada municipio. Los RCDs son considerados residuos inertes y por lo tanto, son poco contaminantes para el suelo, pero debido al volumen que ocupan generan un gran impacto visual.

La escasa oferta de vertederos ubicados en Bogotá genera que los que actualmente operan incrementen los costos de recepción de residuos, lo que origina la aparición de sitios ilegales de disposición y a un incremento de RCDs clandestinos abandonados en la ciudad.

1..2 Marco Legal

La normatividad en el tema de escombros y manejo de residuos de construcción no es algo nuevo, estas se están implementando en Europa desde los años 80’s. La mayoría de estas normas fueron tomadas y acondicionadas a las necesidades de nuestro país para regular la disposición de los residuos.

La normatividad de los residuos de construcción y demolición en Bogotá se describe a continuación:

1..2.1 Normatividad del Orden Nacional

1..2.1.1 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, capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación”

1..2.1.2 Decreto 948 de 1995

“Reglamenta en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire”.

1..2.1.3 Decreto Nacional 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”.

1..2.1.4 Ley 1259 de 2008

“Por medio del cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros.”

1..2.1.5 Ley 2981 de 2013

“Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo”.

1..2.2 Normatividad del Orden Distrital

1..2.2.1 Decreto 357 de 1997

“Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción.”

1..2.2.2 Acuerdo 79 de 2003

“Por el cual se expide el código de Policía de Bogotá. Artículo 85.

1..2.2.3 Resolución 556 de 2003

“Por el cual se expiden normas para el control de las emisiones en fuentes móviles”.

1..2.2.4 Decreto 312 de 2006

“Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital”.

1..2.2.5 Decreto 620 de 2007

“Por medio del cual se complementa el Plan Maestro de Residuos Sólidos (Decreto 312 de 2006), mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la regulación y construcción de las infraestructuras y equipamientos del Sistema General de Residuos Sólidos, en Bogotá Distrito Capital”.

1..2.2.6 Decreto 034 de 2009

“Por el cual se establecen condiciones para el tránsito de vehículos de carga en el área urbana del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones”.

1..2.2.7 Acuerdo 417 de 2009

“Por medio de cual se reglamenta el comparendo ambiental en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones”.

1..2.2.8 Acuerdo 515 de 2012

“Por medio de cual se modifica el acuerdo 417 de 2009, que reglamenta el comparendo ambiental en el Distrito Capital”.

1..2.2.9 Resolución 01115 de 2012

“Por medio de 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”.

1..2.2.10 Resolución 715 de 2013

“Por medio de cual se modifica la resolución 1115 del 26 de septiembre de 2013”.

1..2.2.11 Resolución 1138 de 2013

“Por medio el cual se adopta la Guía de Manejo Ambiental para el sector de la construcción y se toman otras determinaciones”.

1..2.2.12 Decreto 364 de 2013

“Por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C”

2 METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES PLANTEADAS

1. Análisis bibliográfico de la generación y composición de los RCDs en Bogotá, se realizará mediante recolección de información.
 - Búsqueda de información en libros y revistas.
 - Búsqueda de información mediante internet.
 - Análisis para el caso de Colombia, sobre el manejo de RCD's
2. Establecer un balance de masas de la planta, fracciones obtenibles y el destino que podrían tener los RCD's después de valorizarlos, Investigación teórica y práctica.
 - Visitas a las diferentes plantas de la ciudad, para investigar sobre fracciones.
 - Recolección de información en libros
 - Información de la SDA
3. Estimar el presupuesto de inversión de la construcción de la planta de tratamiento de RCDs y del vertedero de inertes. Cálculos matemáticos y proyecciones. Cálculo de cantidades de mano de obra e insumos para la total construcción del vertedero.
4. Realizar un estudio económico simplificado de la explotación que permita obtener un canon aproximado para el tratamiento de RCDs.
 - Amortización y costo de financiación.
 - Costos de personal.- De acuerdo a salarios de Colombia.
 - Costos de alquiler de maquinaria- cotizaciones.
 - Costo de sellado de clausura y postclausura.
 - Ingresos por venta de subproductos.
5. Viabilidad técnica y económica del proyecto, Recolección de resultados.
 - Revisión y análisis de resultados de los puntos anteriores.

3 DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Análisis bibliográfico de la Generación y Composición de los RCDs en Bogotá

En Bogotá hace algunos años no se pensaba en reutilizar los residuos generados en obra como agregados para nuevos materiales debido a la considerable oferta de materias primas y a que la conciencia ambiental no abarcaba ese grado de responsabilidad, fue hasta el año 2009 en que se evidenció la necesidad de implementar un proyecto de Gestión integral de escombros en Bogotá encabezado por la administración distrital. (UAESP, 2010)

Según el informe de la Personería Delegada para el Hábitat y los Servicios Públicos, 2009, encontró que la ausencia de resultados en los procesos adelantados por la Secretaría Distrital de Ambiente, evidencia la necesidad de que el Distrito proponga las acciones que den efectividad en la sanción a las infracciones ambientales relacionadas con el manejo inadecuado de los escombros en la ciudad.

Este mismo informe señala que la capital produce diariamente más de 450 toneladas de escombros y desechos de materiales de construcción que son depositados clandestinamente en parques, potreros, separadores, zonas verdes, conjuntos residenciales y humedales.

En el Plan de Desarrollo Bogotá humana se encuentra establecido El Programa basura cero, el cual se orienta a minimizar el impacto de los escombros y los residuos sólidos, incluyendo los especiales y peligrosos, generados por la ciudad sobre el ambiente y la salud de ciudadanos. Lo anterior implica un cambio cultural, educativo y de políticas públicas sobre el manejo de residuos, que involucra al Estado, la ciudadanía y el sector productivo. Comprende acciones de estímulo a la producción de bienes de consumo reutilizables o biodegradables, construcción de una cultura de separación de residuos en la fuente, recolección separada, procesos industriales de reciclaje y aprovechamiento final y minimización de la disposición en relleno sanitario. (SDA, 2014)

El 26 de septiembre de 2012 La Secretaria Distrital de Ambiente expidió la Resolución 01115 de 2012, modificada por la Resolución 00715 del 30 de mayo del 2013 en la que las constructoras Bogotanas son obligadas a aprovechar los residuos de sus obras. Esta medida contempla gradualidad, ya que el porcentaje de RCD a reutilizar inicialmente exigido es del 5% y cada año los porcentajes serán incrementados en cinco unidades hasta alcanzar un 25%. Además, a los actores que incumplan se les sancionaría con una contravención de carácter ambiental que puede llegar a 5000 smmlv /diarios, además del cierre temporal o definitivo del proyecto.

El cumplimiento de la norma aportará a la prevención de los impactos negativos que pueda generar la construcción, mejorando así la calidad ambiental, la calidad del suelo y la del espacio público, asimismo con la implementación de la norma se está contribuyendo a oportunidades de negocio, al promover el uso de los centros de aprovechamiento, donde se tratarán los residuos de construcción y demolición para crear nuevos productos.

En la Guía para la Elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición en obra, se clasifican los RCD como lo muestra la Fuente: Guía para la Elaboración del Plan de Gestión **Integral de Residuos de Construcción y Demolición en obra, 2014**

Tabla 3 Clasificación de RCD para las etapas constructivas

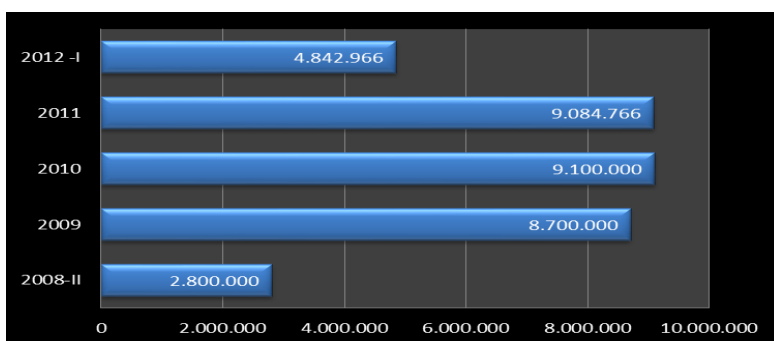
CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA LAS ETAPAS CONSTRUCTIVAS			
CATEGORÍA	GRUPO	CLASE	COMPONENTES
A. RCD APROVECHABLES	I-Residuos comunes inertes mezclados	1. Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾ .
	II-Residuos comunes inertes de material fino	1. Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾ .
		2. Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾ (?).
	III-Residuos comunes no inertes	1. Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.
	IV-Residuos metálicos	1. Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc.
	V-Residuos orgánicos	1. Residuos de pedones	Residuos de tierra negra.
		2. Residuos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas.
B. RCD NO APROVECHABLES	VI-Residuos contaminantes	1. Residuos peligrosos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, asfaltos, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias convencionales y fluorescentes, desechos explosivos, y otros elementos peligrosos.
		2. Residuos especiales	Poliestireno - Icopor, cartón-yeso (drywall), lodos residuales de compuestos.
		3. Residuos contaminados	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos y especiales.

Fuente: Guía para la Elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición en obra, 2014

(1). De acuerdo al Sistema Internacional Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System (USCS)), la diferenciación entre los residuos y materiales gruesos y los finos se establece por el paso de la malla o tamiz # 200 de granulometría (0,075mm) al igual que sus propiedades para usos de construcción.

(2). Es de considerar que las lutitas o rocas arcillosas de tamaño semejante a un residuo pétreo que se presentan en algunas partes de la ciudad, tienen propiedades expansivas que no permiten emplearlas para el uso de las cimentaciones en la construcción por su composición (mezcla de arcillas y limos expansivos)

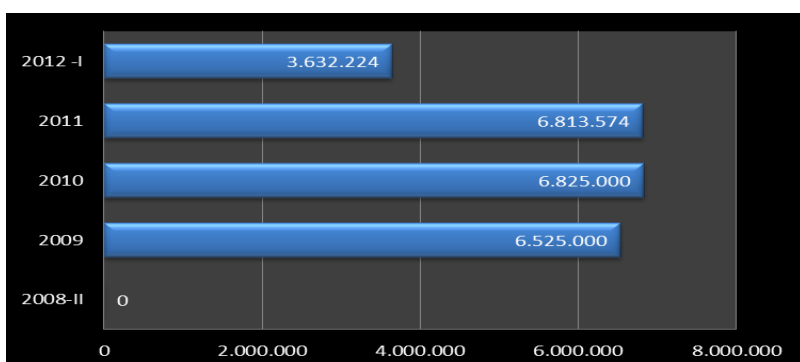
Según estadísticas registradas en el Proyecto PLAN DISTRITAL DE DESARROLLO BOGOTÁ HUMANA “Escombro cero” los siguientes son las cantidades de RCDs generados en Bogotá durante el periodo 2008-II y 2012-I



tn de Escombros generados en Bogotá	
Año	Cantidad (tn)
2008-II	2.800.000
2009	8.700.000
2010	9.100.000
2011	9.084.766
2012-I	4.842.966

Ilustración 3. Toneladas de RCDs generados en Bogotá

De los cuales la SDA ha controlado:



tn de Escombros controlados (75%)	
Año	Cantidad (tn)
2008-II	0
2009	6.525.000
2010	6.825.000
2011	6.813.574
2012-I	3.632.224

Ilustración 4. Toneladas de RCDs controlados

Al revisar el tipo de Residuos Generados durante ese tiempo se obtiene:

Tabla 4 Caracterización aproximada de los RCDs en Bogotá

Residuos de Construcción y Demolición (RCDs)	Porcentaje estimado	Producción estimada 2012 (m3)	Material a plantas de tratamiento (m3)	Material aprovechable (m3)
Producción estimada		6.891.647		
Inertes pétreos No asfálticos	20	1.033.747	1.033.747	
Inertes pétreos asfálticos	Mezclas pétreas con asfalto	0,001	689	689
Inertes Arcillosos	Arcillas	72,8	5.359.634	
No Peligrosos	Madera	0,1	6.892	6.892
	Plásticos	0,01	689	689
	PVC	0,01	689	689
RESPEL	Asbestos / Amiantos	0,1	6.892	
Horizonte Orgánico	Pedones de suelo orgánico (pej. Tierra Negra)	6	413.499	413.499
Métalicos		1	68.916	68.916
Valor total de material aprovechable			1.103.353	421.769

Fuente: Documento de trabajo UAESP-SDP-HABITAT-SDA julio 2012

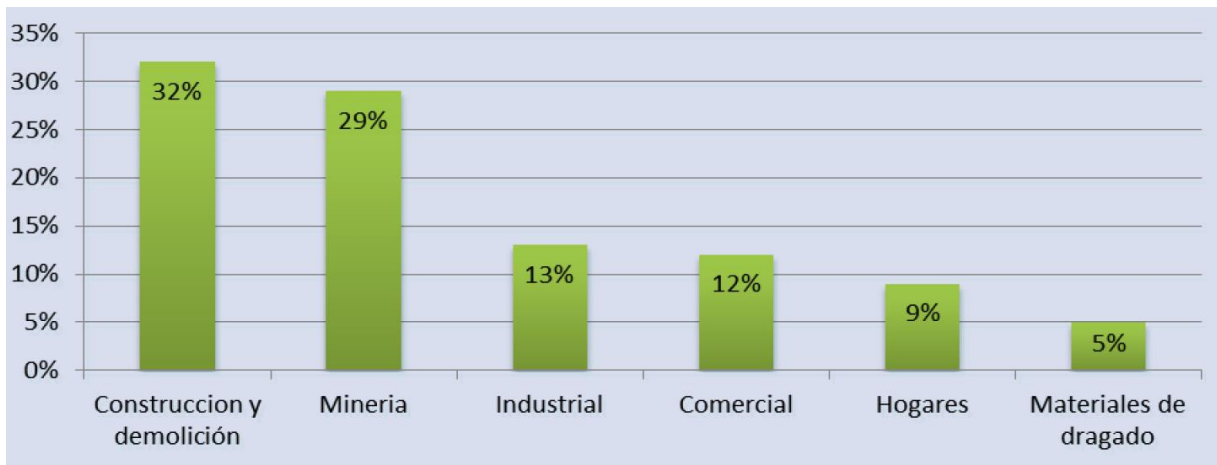
3.2 Balance de Masas de la planta, fracciones obtenibles y el destino que podrían tener los RCDs Después de Valorizarlos

Los RCDs son el producto de una obra de construcción o demolición, y hacen parte de su común desarrollo. Estos dependen del tipo de obra, de los materiales utilizados, del tamaño de la obra, y de la velocidad de ejecución.

3..2.1 Principales generadores de RCDs en Bogotá D.C

La industria de la construcción y demolición es el sector que más volumen genera ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, siendo responsable de la producción de más de una tonelada de residuos por habitante/año; se necesitan más de 2 toneladas de materias primas por cada m² de vivienda construida. La cantidad de energía asociada a la fabricación de los materiales que componen una vivienda puede ascender, aproximadamente, a un tercio del consumo energético de una familia durante un periodo de 50 años (Castell, 2000)

Ilustración 5 Generación de Residuos

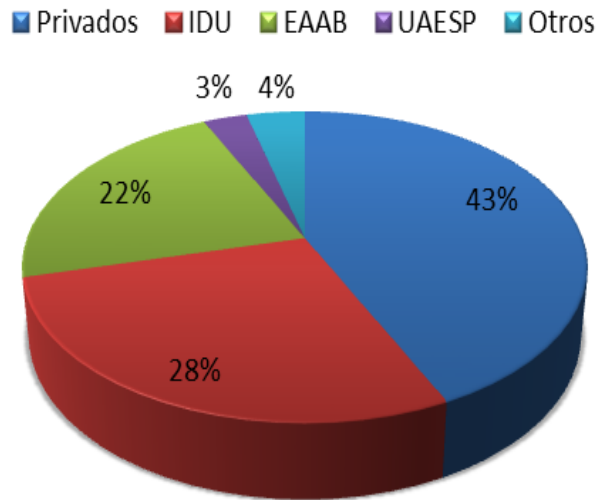


Fuente: Maat Soluciones Ambientales S.A.S. Memorias de “Manejo de Residuos en proyectos de construcción”. Camacol Bogotá & Cundinamarca (2013)

El principal productor de RCDs en Bogotá es el sector privado que constituye el 43% de los residuos generados. (Castaño et al, 2013).

El IDU (Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá) es la primera entidad pública generadora de escombros a nivel Distrital, representa el 28%, seguido por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EAAB con un 22% y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos - UAESP con un 3%.

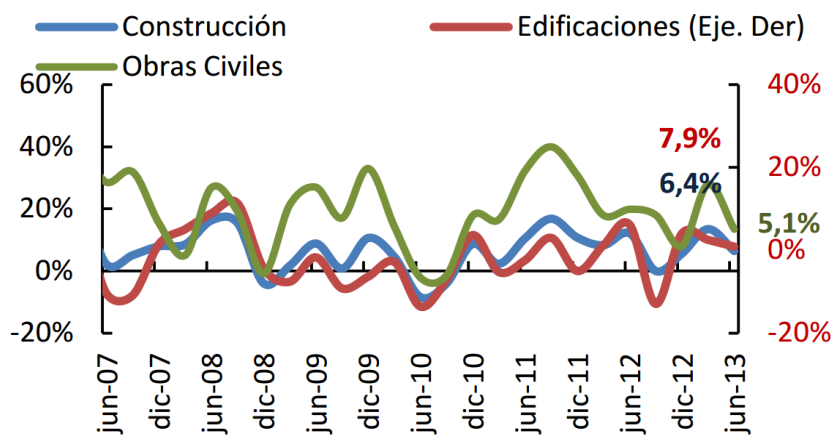
Ilustración 6 Principales generadores de RCD en Bogotá



3..2.2 Alternativa de gestión de uso de residuos

Dentro de la dinámica presentada por el sector de la construcción sobresale el comportamiento del subsector de edificaciones con un crecimiento anual del 7,9%, en contraste con el 5,1% anual de obras civiles (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Al respecto, es importante mencionar que desde el punto de vista de la demanda los rubros de construcción de edificaciones y obras civiles impulsaron la expansión de la formación bruta de capital fijo en el mismo trimestre del año con una tasa de crecimiento del 8,6% y 5,1% anual respectivamente, lo que refleja la capacidad que ha adquirido el sector para añadir valor en la economía nacional como se evidencia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** (Camacol, 2013)

Ilustración 7 PIB Construcción (Var. % anual - Edificaciones Vs Obras civiles)



Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE, Cuentas Nacionales (2013)

El Distrito genera escombros a una tasa de crecimiento aproximada de 5.22% anual. (UAESP, 2010). Tasa que está por encima de otros países con mayor ejecución de obras civiles; resulta preocupante porque significa que el sector de la construcción sigue creciendo a medida que pasa el tiempo, pero no se soluciona el tema de los vertederos ni se reutiliza o recicla material.

A causa del creciente volumen de estos residuos se encuentra la necesidad de reutilizarlos o de realizar algún tipo de tratamiento en el que se valore.

Existen diversas posibilidades de aprovechar los residuos en condiciones económicamente viables tal y como lo indica la Secretaria Distrital de Ambiente en la Tabla 5.

Tabla 5 Alternativa de Gestión de Uso de Residuos

Residuo	Alternativa de uso
Concretos	Reutilizar como masa para rellenos Reutilizar como suelos en carreteras Reciclar como grava suelta Reciclar para producción de morteros y cementos Reciclar como granulado
Cerámicos	Reciclar como adoquín Reciclar como fachada Reciclar para acabados
Asfalto	Reutilizar como masa para rellenos Reciclar como asfalto
Metales	Reutilizar para aplicación en otros productos Reciclar como aleación
Madera	Reutilizar para casetones, vallados y linderos Reciclar para tableros y aglomerados
Vidrio	Reciclaje para vidrio
Pétreos	Reutilizar como áridos finos y gruesos
Plásticos	Reciclar como plástico
Tejas, bloques, entre otros	Reciclar como bases para nuevos productos
Tierra de excavación	Reutilizar como relleno y recuperación de talud Estabilización de suelos
Elementos arquitectónicos	Reutilizar como nuevos productos

De acuerdo a la Tabla 5, podemos inducir que estos reúsos significan disminución de costos, ya sea reutilizándolo en la misma obra o vendiendo la materia prima a terceros, y porque no teniendo una planta de tratamiento en donde se puedan tratar los RCD, asimismo obtenemos beneficios legales, sociales y ambientales, ya que se puede:

- Cumplimiento de la normatividad ambiental al facilitar a los generadores de residuos inertes el cumplimiento de sus responsabilidades de eliminación.
- Disminuir el impacto ambiental: al evitar la proliferación de vertederos incontrolados y de canteras a cielo abierto.
- Ahorro de espacio en los vertederos de residuos inertes.
- Reutilización del producto final obtenido evitando la explotación innecesaria de recursos naturales.

3.3 Presupuesto de Inversión de la construcción de la planta de tratamiento de RCDs y del Vertedero de inertes, para Bogotá

3.3.1 Características de la Infraestructura de la planta de tratamiento

Los equipos que configuran la planta que se utilizará para el aprovechamiento de los RCD son modernos y de alto rendimiento, a continuación se describe las funciones y especificaciones de la maquinaria:

3.3.1.1 Tolva de alimentación (T-1):

Sobre la que se instala una parrilla abatible a 250 mm de modo que se produzca un cribado de la fracción < 250 mm que es la fracción que se alimenta a proceso, rechazándose los residuos de más de 250 mm de tamaño de partícula. En general esta fracción es en su mayoría residuos no inertes (RSU, moquetas, telas, sacos, troncos) que han superado el pretratamiento. Por tanto este primer rechazo supone en general una fracción que debe ser depositada en un vertedero para residuos no inertes. Bajo la tolva de alimentación se instala un alimentador de tablero metálico articulado (AV-1) que cumple la doble misión de soportar la descarga y alimentar el escombros a proceso con una capacidad máxima de 40 ton/hora.

3.3.1.2 Transportador de banda (C-1):

De 800 mm de ancho que traslada el escombros 0-250 hasta el separador magnético primario.

3..3.1.3 Separador magnético (SM-1):

Este separador primario se sitúa en la salida de la cinta C-1, paralelamente al eje de la misma, de modo que se puedan separar las armaduras y férricos pesados.

3..3.1.4 Transportador Vibrante (AV-2):

Este equipo estará instalado sobre raíles y será retráctil, de modo que en función de su posición se alimentará el escombros a trituración (cuando está situado bajo la salida de la cinta C-1) o se realizará el bypass de la misma al retirarse permitiendo la caída del escombros 0-250 al cajón matacaídas (T-2).

3..3.1.5 Transportador Vibrante (AV-3):

Este equipo se situará bajo el molino MI-1 para soportar la descarga del escombros y dosificarlo a la cinta de transporte C-2

3..3.1.6 Transportador de banda (C-2):

De 500 mm de ancho que traslada el escombros machacado 0-50 hasta el separador magnético secundario.

3..3.1.7 Separador magnético (SM-2):

Este separador se sitúa en la salida de la cinta C-2, paralelamente al eje de la misma, de modo que se agote la fracción férrica en el escombros triturado, por ejemplo restos de armaduras de acero embebidas en hormigón liberadas por el molino de impacto.

3..3.1.8 Transportador de banda (C-3):

De 800 mm de ancho. Esta cinta alimenta la Criba Vibrante (CV-1) y sobre ella descargan tanto la cinta de escombros machacado (C-2) como la cinta de bypass del molino (C-X).

3..3.1.9 Criba vibrante (CV-1):

Esta criba tiene una malla a 40 mm que separa la ecozahorra del resto del residuo (bien 40-50 si ha sido previamente machacado, bien 40-250 si se ha omitido la operación de trituración). Esta malla a 40 se protege con otra malla de escalpaje por encima que soporte los impactos del material de mayor tamaño y más pesado que rompería la malla a 40 mm.

3..3.1.10 Transportador vibrante (AV-4):

Recoge la fracción no cribada de tamaño superior a 40 mm y lo descarga en la cinta de triaje.

3..3.1.11 Transportador de banda (C-4):

De 1000 mm de ancho. Esta cinta atraviesa la cabina de triaje y sobre ella se recuperan todos aquellos materiales que impurifiquen el escombros inerte (plástico, cartón, RSU) excepto la madera que se separa en el equipo de flotación de madera (RM-1).

3.3.1.12 Recuperador de madera (RM-1):

Este equipo consiste en una tolva inundada de agua donde se emplazan un transportador de cadenas, un tornillo sin fin y una noria de cangilones. El agua se mantiene circulando en contracorriente con el sentido de los dos transportadores (de cadenas y el tornillo). El transportador de cadenas arrastra los densos (escombros ya perfectamente limpio) hacia la cinta de acopio (C-5). El tornillo sin fin se instala bajo el transportador de cadenas con la finalidad de arrastrar los finos (si los hubiere) **evitando de esta forma que se acumulen en el fondo** de la tolva. El tornillo descarga igualmente en la cinta C-5. Por último la noria de cangilones recoge la fracción flotante (madera) y la descarga sobre otra cinta (C-6) que acopia la madera perfectamente limpia de plásticos y otras impurezas ya separadas en la cabina de triaje. El circuito de agua es cerrado y se completa con una bomba y con un equipo clarificador para limpieza del agua.

3.3.1.13 Transportador de banda (C-5):

Recoge el escombros inertizado tras triaje y flotación y lo acopia para su expedición a vertedero.

3.3.1.14 Transportador de banda (C-6):

Recoge la madera flotada en el recuperador RM-1 y lo acopia para su comercialización.

3.3.1.15 Transportador de banda (C-7):

Recoge la ecozahorra cribada en la malla de 40 mm y lo acopia para su comercialización o su uso en labores de sellado del vertedero.

3.3.1.16 Cajón matacaidas (CM-1):

Cajón matacaidas (CM-1): En caso de que se produzca el bypass a la trituración, este cajón recibe el impacto de la descarga de la cinta C-1 y lo deposita sobre el transportador AV-6

3.3.1.17 Transportador vibrante (AV-6):

Este último transportador vibrante conecta el cajón matacaidas con la cinta de bypass C-8.

3.3.1.18 Transportador de banda (C-8):

Esta cinta es la que efectúa el bypass a la trituración depositando el escombros sin machacar en la cinta C-3 de alimentación a la criba.

3.3.2 Presupuesto del Vertedero

El Presupuesto de la construcción del vertedero de Residuos de la Construcción y la Demolición se divide en dos fases.

La primera fase se llama construcción de depósito controlado e incluye los siguientes ítems: báscula, equipamiento general, Movimiento de tierras, Acondicionamiento de la zona de vertido, sistema de drenaje de lixiviados, estructura, drenaje, infraestructura para el plan de vigilancia, seguridad teniendo un costo final de 14.899.784.559 pesos Colombianos.

La segunda fase es el sellado y clausura del depósito controlado en esta fase se tienen en cuenta los siguientes ítems: Sellado de la nueva celda de seguridad, Viales internos y drenaje de aguas superficiales, restauración paisajística de la nueva celda de seguridad, seguridad y salud de la etapa 2, esta fase tiene un costo de \$14.837.400.790 pesos colombianos.

Obteniendo de esta manera un costo de vertedero de \$29.737.185.349 pesos Colombianos.

Para ver detalles ir al Anexo 1. Presupuesto de Veredero.

3.3.3 Presupuesto de la Planta de Tratamiento

Dentro de este presupuesto se encuentran incluidos los siguientes ítems: Equipos de la planta para escombros, generador, lucha contra incendios, instalación eléctrica, alumbrado, control de calidad, telefonía, edificios y varios.

Teniendo esta planta un costo \$1.701.085.982 pesos Colombianos.

Para ver detalles ir al Anexo 2. Presupuesto de Planta de tratamiento.

3.4 Viabilidad Económica y Financiera

En este apartado se analiza la viabilidad económica y financiera del proyecto, estableciéndose el canon de tratamiento de residuos necesario para el desarrollo de las inversiones y la cobertura de los costes anuales de explotación y de las provisiones de fondos necesarias para el sellado, clausura y mantenimiento post-clausura durante 15 años del vertedero.

3..4.1 Inversiones, Amortizaciones, y Costes de Financiación

PARTIDA	INVERSIÓN (COP)
ACCESO	128.000.000,00
VERTEDERO	8.309.283.944,60
PLANTA DE TRATAMIENTO DE RCDs	1.542.544.298,16
OBRA CIVIL, EDIFICACIÓN, INSTALACIONES	6.542.416.614,62
TOTAL	16.522.244.857,38

CONCEPTO	AMORTIZACIÓN Y COSTES DE FINANCIACIÓN (COP/año)
OBRA CIVIL, INSTALACIONES, PLATA DE TRATAMIENTO DE RCDs Y VERTEDERO (15 AÑOS)	2.067.348.335,00
TOTAL COSTES FINANCIEROS	2.067.348.335,00

3..4.2 Costes de Explotación

3..4.2.1 Costes de Personal

PUESTO	Nº EMPLEADOS	COSTE (COP/año)	SUBTOTAL (COP/año)
Jefe de Servicio	1	55.800.000,00	55.800.000,00
Operador de báscula	1	14.880.000,00	14.880.000,00
Peón de reciclaje	2	11.457.600,00	22.915.200,00
Maquinista pala de ruedas para la planta	1	18.600.000,00	18.600.000,00
Maquinista pala de retroexcavadora con pulpo para la planta	1	18.600.000,00	18.600.000,00
Conductor de camión para descarga en el vertedero	1	14.880.000,00	14.880.000,00
Maquinista pala de cadenas para el vertedero	1	18.600.000,00	18.600.000,00
TOTAL	8	152.817.600,00	164.275.200,00

3.4.2.2 Costes de Alquiler Maquinaria Móvil

MAQUINARIA	COSTE (COP/año)
Pala cargadora planta	138.840.000,00
Retroexcavadora con pulpo para la planta	117.480.000,00
Pala sobre cadenas de vertedero	179.424.000,00
Camión de descarga al vertedero	62.660.000,00
TOTAL	498.404.000,00

3.4.2.3 Costes de Energía

POTENCIA	TOTAL POTENCIA AÑO (kW)	TARIFA ENERGÍA	TOTAL
Instalaciones (100 kW) Planta (112.500 kW) Por hora la planta y las instalaciones van a consumir su potencia nominal	112.600,00	180,00	20.268.000,00

3.4.2.4 Costes Totales de Explotación

CONCEPTO	COSTES DE EXPLOTACIÓN (COP/año)
COMPRA DE TERRENO	200.000.000,00
ALQUILER DE MAQUINARIA MÓVIL	498.404.000,00
PERSONAL	164.275.200,00
VIGILANCIA AMBIENTAL	22.000.000,00
SEGURIDAD Y SALUD	23.819.904,00
MANTENIMIENTO	13.070.200,00
SEGUROS	75.000.000,00
CONSUMO ELÉCTRICO	20.268.000,00
TOTAL COSTES DE EXPLOTACIÓN	1.016.837.304,00

3..4.3 Costes de Sellado, Clausura y Post-clausura

3..4.3.1 Obras de Sellado y Clausura

PARTIDA	COSTE (COP)
CAPAS DE SELLADO	3.655.219.756,34
CAMINOS Y DRENAJES	10.010.161.552,00
REVEGETACIONES	1.066.035.481,92
TOTAL	14.731.416.790,26

3..4.3.2 Inversiones Para la Post-clausura

PARTIDA	COSTE (COP)
REPOSICIÓN DE PLANTACIONES	50.000.000,00
TOTAL	50.000.000,00

3..4.3.3 Costes Anuales de Post-clausura

CONCEPTO	COSTES DE EXPLOTACIÓN (COP)
ALQUILER DE TERRENOS	-
ALQUILER DE MAQUINARIA MÓVIL	9.256.000,00
PERSONAL	34.372.800,00
VIGILANCIA AMBIENTAL	15.000.000,00
MANTENIMIENTO	5.000.000,00
SEGUROS	20.140.000,00
CONSUMO ELÉCTRICO	5.000.000,00
TOTAL COSTE ANUAL DE POST-CLAUSURA	88.768.800,00
COSTE TOTAL (15 AÑOS)	2.663.064.000,00

3..4.4 Ingresos

SUBPRODUCTOS	CANTIDAD (Ton)	PRECIO	TOTAL
Venta de áridos reciclados	644114	33.000,00	21.255.762.000,00
Venta de metales	24476	200.000,00	4.895.260.000,00
Venta de madera	220287	10.000,00	2.202.867.000,00
			28.353.889.000,00

3..4.5 Canon de Explotación y Provisiones

CONCEPTO	COSTE ANUAL (COP)	COSTE 15 AÑOS (COP)
AMORTIZACIÓN Y FINANCIACIÓN DE INVERSIONES	2.067.348.335,00	51.683.708.375,00
COSTES DE EXPLOTACIÓN	(27.337.051.696,00)	(683.426.292.400,00)
INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS (restar a los costes de explotación)	28.353.889.000,00	708.847.225.000,00
PROVISIONES DE SELLADO, CLAUSURA Y POST-CLAUSURA	180.870.933,33	2.713.064.000,00
TOTAL	3.265.056.572,33	79.817.704.975,00
RESIDUO GESTIONADO (t)	1.133.642,00	
PROVISIONES SELLADO, CLAUSURA Y POST-CLAUSURA (COP/t)	159,55	
CANON DE GESTIÓN DE RESIDUOS (COP/t)	2.880,15	

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De acuerdo al análisis bibliográfico encontramos que los residuos en Bogotá se componen básicamente de Concreto, ladrillo, tierra, cerámica, gres, Asbesto-Cemento.
- Al establecer el balance de masas de RCD encontramos que todos los residuos son reutilizables, por lo tanto el porcentaje de residuos que va a un vertedero es mínimo, generando a su vez cumplimiento de la normatividad ambiental al facilitar a los generadores de residuos inertes el cumplimiento de sus responsabilidades de eliminación, Disminuyendo el impacto ambiental al evitar la proliferación de vertederos incontrolados y de canteras a cielo abierto y reutilizando el producto final obtenido evitando la explotación innecesaria de recursos naturales.
- El presupuesto de inversión de la construcción de la planta de tratamiento de RCDs y del vertedero de inertes, para Bogotá tiene un costo de \$31.438.271.331 COP.
- De acuerdo al estudio económico de la explotación, se obtuvo un canon de gestión de residuos de \$2.880 COP/t

5 BIBLIOGRAFÍA.

- Martínez J. A (2010) Panorama del manejo de residuos de construcción y demolición RCD y su aprovechamiento.
- SDA, Resolución 2397. Por la cual se regula técnicamente el tratamiento y/o aprovechamiento de escombros en el Distrito Capital, Secretaria Distrital de Ambiente, Bogotá, 2011
- UAESP, Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, Propuesta para el manejo Integral de Escombros en la Ciudad de Bogotá (2010).
- Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE. (1997) Política Ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos. Santa fé de Bogotá. (consultado el 20 de marzo de 2012).
- Guía de manejo ambiental para el sector de la construcción. Mayo de 2010.
- Castaño, J., Milse, R., Lasso, L., Cabrera, Adriana., Ocampo, Manuel (2013). Gestión de residuos de construcción y Demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes.

- Reyes. Lucila (2012). Marco normativo general internacional y local para la gestión de los residuos de la construcción, demolición y escombros.
- Anink, D., Boonstra, C., y Mak, J.: Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment, Londres, 1996
- Symonds, Argus, Cowi and Prc Bouwcentrum: «Construction and demolition waste management practices and their economic impacts», February 1999, DGXI, European Commision
- Secretaria Distrital de Ambiente; <http://ambientebogota.gov.co/en/web/escombros>
- Jesús O. Castaño, Rodrigo Misle Rodríguez, Leonardo Andres Lasso, Adriana Gómez Cabrera, Manuel S. Ocampo Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes - Revista Tecnura, Vol 17, No 38 (2013)
- Porras, A., Guarín, N., Cortes, M.: Determinación de propiedades físico-químicas de los materiales agregados en muestra de escombros en la ciudad de Bogotá D.C. Rev. ing. univ. Medellín vol.12 no.22 Medellín Jan./June 2013
- Castells, X. (2000). Reciclaje de residuos industriales Aplicación a la fabricación de materiales para la construcción. Ediciones Diaz Santos S.A.
- Maat Soluciones Ambientales S.A.S. Memorias de “Manejo de Residuos en proyectos de construcción”. Camacol Bogotá & Cundinamarca (2013)
- Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL, (2013). Hacia la consolidación del sector edificador en Colombia: Avances del año 2013 y desafíos para el 2014.

LICENCIA DE USO – AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo Liabelth Nayibe Gervino Torres

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 1053782936

Nombre Completo Sandro Lorenzo Silva Ocampo

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 1053780010

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

Análisis de Viabilidad Técnica y Económica de un Centro de Tratamiento de Residuos de la Construcción y Demolición para Bogotá D.C.

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI NO
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: <u>Hayibe Gaviria</u>	NOMBRE COMPLETO: <u>Sandra Lorena Silva O.</u>
FIRMA: <u>[Firma]</u>	FIRMA: <u>Sandra Lorena Silva</u>
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>10537812936</u>	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>1053780010</u>
FACULTAD: <u>Estadística</u>	FACULTAD: <u>Postgrados</u>
PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Gestión de Residuos Sólidos</u>	PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Especialización en Gestión de Residuos Sólidos</u>
NOMBRE COMPLETO: _____	NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____	FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____	FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____	PROGRAMA ACADÉMICO: _____

Fecha de firma: 07-07-2014