

MEMORIAS SEMANA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA

4a Muestra de producciones académicas e investigativas de los programas de Construcciones Civiles, Ingeniería Ambiental, Arquitectura y Tecnología en Delineantes de Arquitectura e Ingeniería
4 al 10 de Noviembre de 2014

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A PARTIR DE LA PRODUCCIÓN DE ADOQUINES

POR:

JULIANA ZULUAGA DUQUE

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es considerada como una actividad en constante crecimiento, y con ella, la producción excesiva de residuos de construcción y demolición (RCD).

Ante el gran impacto ambiental que esto genera, el gremio constructor comenzó a pensar en sostenibilidad y en la creación de nuevos métodos constructivos, cambiando paradigmas en los que por años han estado arraigados.

Este nuevo pensamiento sostenible lleva a la academia a presentar proyectos e investigaciones en busca de una industria constructora mas amigable con el ambiente

TEMA

- Históricamente eliminar los residuos mediante vertimiento, controlado o no, genera numerosos episodios de contaminación y riesgos de inestabilidad de botaderos y escombreras.
- Los residuos de construcción y demolición (RCD) son cualquier sustancia u objeto que, que se considere desecho y/o residuo que se genera en una obra de construcción arquitectónica o infraestructura y demolición. [3]

TEMA

- Actualmente los residuos de construcción y demolición son potencialmente reutilizables, reciclables, es por esto que a través de este proyecto se conocerá la importancia del buen manejo y sus posibles re-usos.



Imagen 1, Reciclaje de RCD. [11]

PROBLEMA

- La construcción es considerada como una de las industrias de mayor impacto ambiental en sus diferentes etapas. Aportando el 35% de la generación de residuos en el mundo [4]
- Según la serie de Guías de Asistencia Técnica para la Vivienda de Interés Social, el 40 % de los materiales extraídos de la naturaleza están estrechamente relacionados con la actividad de la construcción



Imagen 2, Construcción

PROBLEMA

- Estudios Europeos muestra :

Tabla 1. Tasas de reciclaje de RCD en Europa para el 2006 [3]

TRATAMIENTO	HOLANDA	DINAMARCA	AUSTRIA	ALEMANIA	FRANCIA	ITALIA	ESPAÑA
VERTEDERO	10%	10%	35%	82%	85%	92%	95%
RECICLAJE O REUTILIZACIÓN	90%	90%	65%	18%	15%	8%	5%

- La Comisión Europea se ha puesto como meta que los miembros de la construcción adopten las medidas necesarias para alcanzar como mínimo una reutilización y/o reciclaje del 70% (en peso) de RCD para el año 2020. (13)

PROBLEMA

- Bogotá posee índices de 20 000 t/día RCD, Medellín produce 7 500 t/día RCD [14], Cali dispone alrededor de 500.000 m³/año [10].
- En Colombia, se considera que existe una baja sensibilidad ,preparación técnica y ambiental por parte de la industria de la construcción, hacia el tema de minimización en la generación de escombros.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Realizar estudio de aprovechamiento y transformación de RCD para la elaboración de adoquines como elementos de urbanismo de manera que cumplan con los principios de las 3R, reducción, reciclaje y reutilización y así dignificar el uso de este material prolongando su ciclo de vida.

OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Plantear procedimientos adecuados del manejo de residuos en obra antes y durante la ejecución del proyecto.
- Elaborar adoquines a partir del aprovechamiento de RCD (Residuos de Construcción y demolición)
- Determinar la resistencia del adoquín con residuos de construcción teniendo en cuenta la norma

RESULTADOS OBTENIDOS

CAPITULO 1

Plantear procedimientos adecuados del manejo de residuos en obra antes y durante la ejecución del proyecto

PRINCIPIO DE LAS 3R



Imagen 3, Principio las 3R

Algunos ejemplos de alternativas de gestión de residuos de obra

Tabla 2. Alternativas para el manejo de residuos [18]

TIERRA SUPERFICIAL Y DE EXCAVACIÓN	Reutilizar en la formación de paisajes Reutilizar como relleno en la misma obra
ASFALTO	Reciclar como asfalto Reciclar como masa de relleno
CONCRETO	Reciclar como grava en concretos Reciclar como grava suelta en firmes de carreteras o para rellenar agujeros Reciclar como granulado drenante para rellenos, jardines, etc.
OBRA DE FABRICA Y PEQUEÑOS ELEMENTOS	Reutilizar los pequeños elementos (tejas, bloques, etc.) Reciclar como grava en subbases de firmes, rellenos, etc.
METALES	Reutilizar Reciclar en nuevos productos
MADERA DE CONSTRUCCIÓN	Reutilizar para andamios y vallados Reciclar para tablero de aglomerado
ELEMENTOS ARQUITECTONICOS	Reutilizar
EMBALAJES	Reutilizar los palletes como tarimas o tableros auxiliares para construcción de la obra Reciclar en nuevos embalajes o productos
ACEITES, PINTURAS Y PRODUCTOS QUIMICOS	Reutilizar en la propia obra hasta finalizar el contenido del recipiente

Para los procesos de manejo de residuos en proyectos de construcción, presentamos alguna de la normatividad aplicable en el marco legal.

Normatividad del Orden Nacional:

Resolución 541 de 1994: “Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, y disposición final de escombros, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación”.

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”.

Parámetros ambientales de los residuos de construcción y demolición en los diferentes proyectos

- Durante la planeación del proyecto se debe contar con un encargado por parte de la autoridad ambiental en la obra.
- El personal de obra debe estar debidamente capacitado para separar, etiquetar, envasar, llevar un control correcto y entregar al encargado.
- Realizar una selección y separación cuidadosa del material paralelamente con los procesos de demolición reconociendo los materiales susceptibles de ser reutilizados, evitando la mezcla y contaminación de estos materiales.

Medidas de orden para el manejo de residuos en obra

Cada proyecto constructivo debe tener en cuenta unas medidas de orden para el manejo de los residuos y darlo a conocer en cada frente de obra para ejecutarlo de manera acertada.

- Tener presente en cada uno de los procesos las guía ambientales de construcción existente.
- espacios adecuados para cada procedimiento; definir tipos de materiales y disposición final

Separación y reciclaje primario

- Residuos altamente reciclables
- Residuos de excavación
- Residuos sólidos

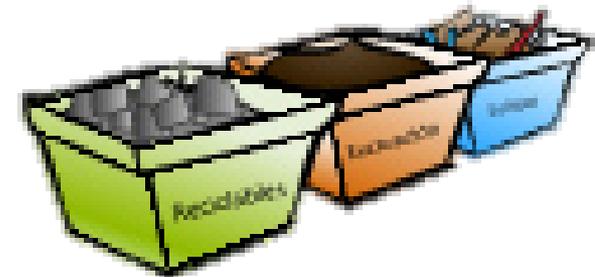


Imagen 4, Separación residuos (20)

Medidas de orden para el manejo de residuos en obra

- Reutilizar al máximo los residuos en llenos no estructurales, adecuación de vías, drenajes etc.
- Incentivar y motivar al personal de la obra a proponer ideas sobre cómo reducir, reutilizar y reciclar residuos es una buena forma de que todo el personal este involucrado con el manejo de los residuos (19)



Imagen 5, reciclaje(7)

RESULTADOS OBTENIDOS

CAPITULO 2

Elaborar adoquines a partir del aprovechamiento de
RCD (Residuos de Construcción y demolición)

ADOQUINES DE CONCRETO

Son productos pre moldeados, y fabricados a partir de una mezcla semi-seca donde la poca agua permite la hidratación adecuada del cemento para una optima compactación. (20)



Imagen 6, Adoquines(7)

Según la norma NTC 2017 los adoquines deben cumplir ciertos parámetros de:

FORMA Y DIMENSION

- Cuadrado, rectangular, curvo
- Arista o bisel
- capas

APARIENCIA

- Lisa sin fisuras
- Color libre

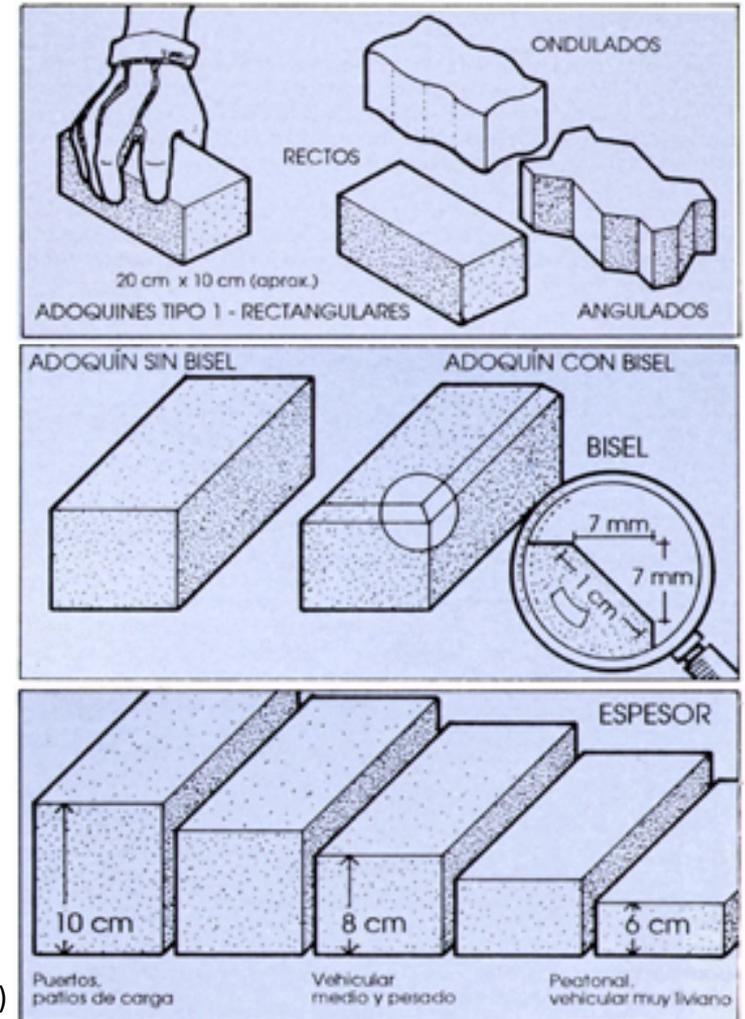


Imagen 7, Adoquines(24)

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Los residuos de construcción usados para la producción de los adoquines, Corresponde a los trabajos de rehabilitación de la carretera Dabeiba-Santa Fe de Antioquia, y el material es de la trituración de concretos de cunetas.



Imagen 8, RCD – Construcciones el Cóndor

GRANULOMETRIA RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

	ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS INV E-213, 214	CODIGO	P-FH-CEP-001h
		VERSION	5
		FECHA	30/06/2011
		PAGINA	

OBRA: Dabeiba-Santa Fe de Antioquia

ENSAYO N°: 69

FUENTE: Concreto de cunetas triturado

Fecha

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: Triturado 3/4"

Recepción: 30-mar-14

PESO ANTES DE LAVADO		5883,9		PESO DESPUES DE LAVADO		5883,9	
TAMIZ		PESO RETENIDO INDIVIDUAL	% RETENIDO INDIVIDUAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN INV	
Pulgadas	mm					LIM INF	LIM SUP
1"	25,4	0,0	0,0	0,0	100,0		
3/4"	19,1	0,0	0,0	0,0	100,0		
1/2"	12,7	1799,0	30,6	30,6	69,4		
3/8"	9,51	2439,8	41,5	72,0	28,0		
N°4	4,75	1616,9	27,5	99,5	0,5		
N°8	2,36	0,0	0,0	99,5	0,5		
N°10	2,00	0,0	0,0	99,5	0,5		
N°16	1,180	0,0	0,0	99,5	0,5		
N°30	0,600	0,0	0,0	99,5	0,5		
N°40	0,425	0,0	0,0	99,5	0,5		
N°50	0,300	0,0	0,0	99,5	0,5		
N°80	0,180	0,0	0,0	99,5	0,5		
N°100	0,149	0,0	0,0	99,5	0,5		
N°200	0,075	28,2	0,5	100,0	0,0		
Pasan		0,0	0,0				
TOTALES		5883,9	100,0				

Imagen 9, Granulometría – Construcciones el Cóndor

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 2-2014 Publicación Semestral

GRANULOMETRIA RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Grava (%): 99,5 Arena (%): 0,5 Pasa 200 (%): 0,0

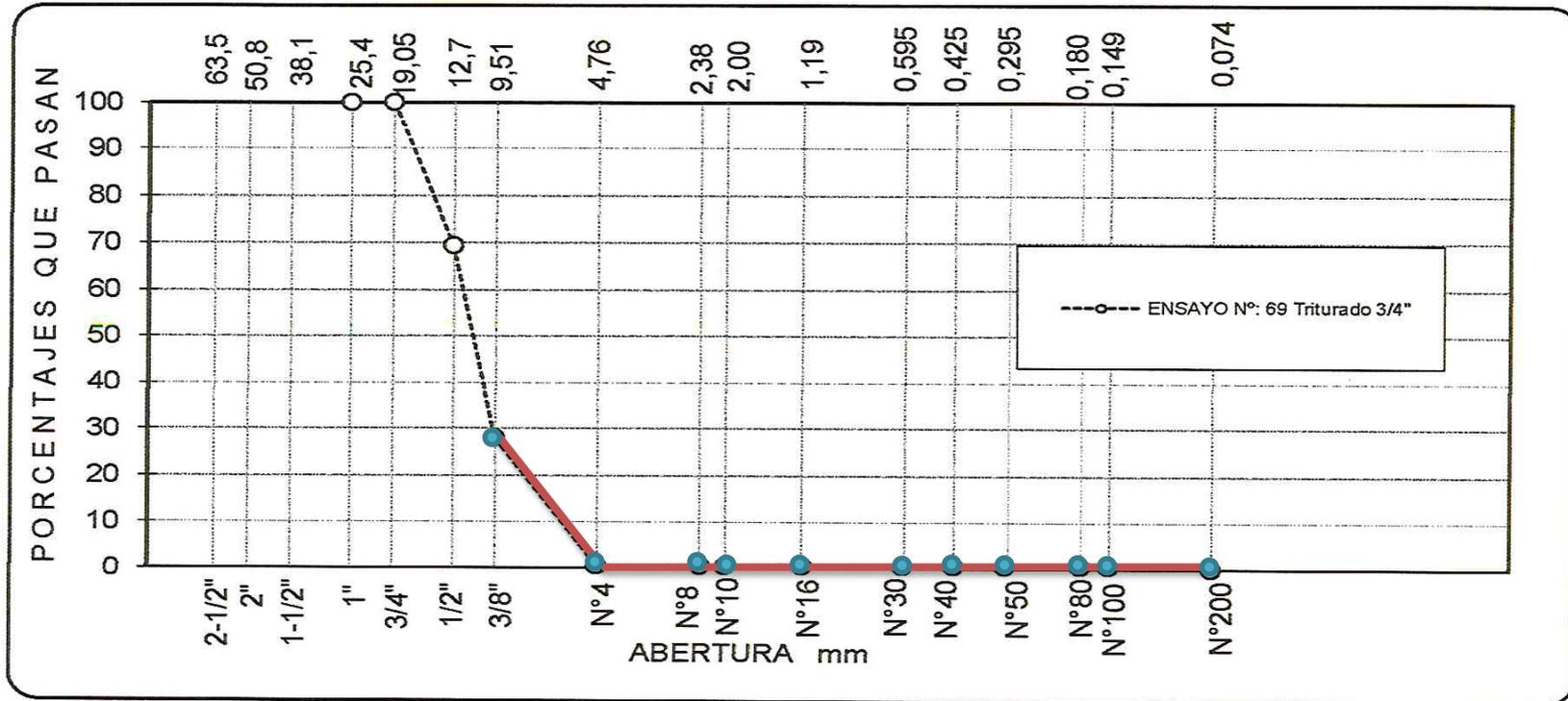


Imagen 10, Granulometría – Construcciones el Cóndor

COMPOSICION DE LA MEZCLA

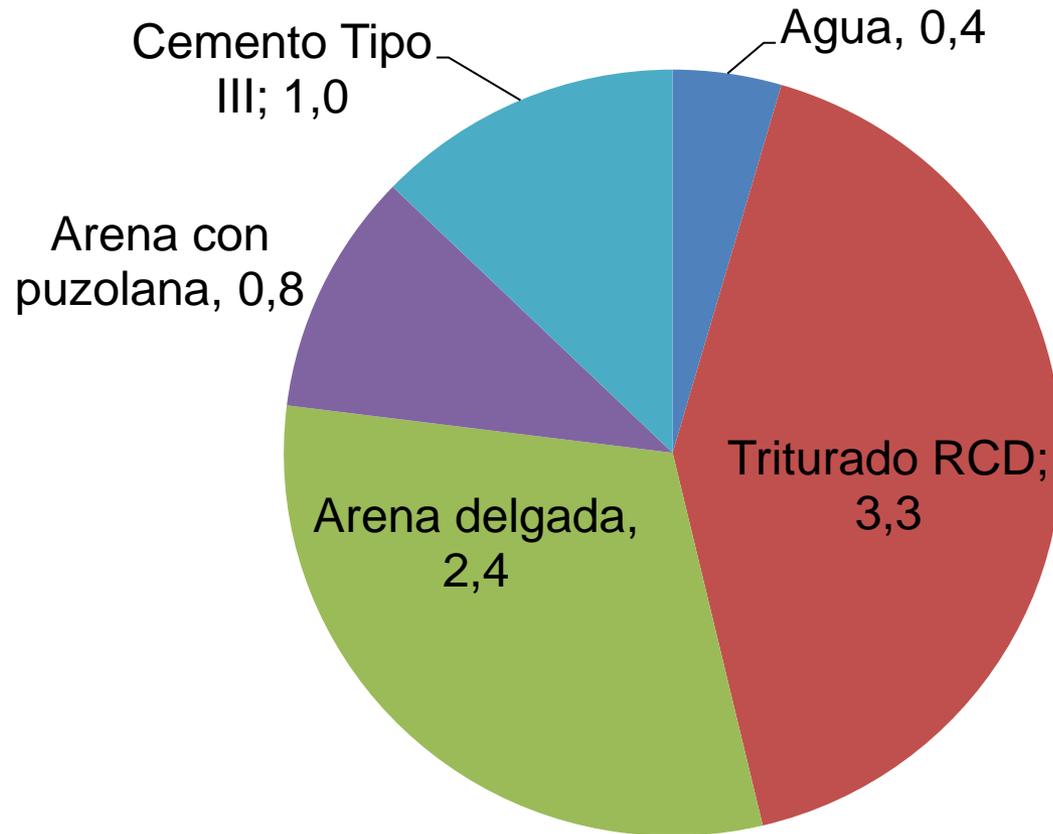


Imagen11, Composición de la mezcla

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO



TOLVA DE DISTRIBUCIÓN
DE MATERIALES

MATERIALES DE MEZCLA

- Cemento tipo III
- Arena fina
- Arena con puzolana
- Triturado RCD



MEZCLADORA



Imagen12, Proceso adoquines

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO



Imagen13, Proceso adoquines

FRAGUADO

Cuando se retiran los adoquines de la máquina recién elaborados se deben llevar a un lugar donde puedan reposar durante al menos 8 horas, deben estar bajo techo, protegidos de la lluvia, de los rayos del sol y de la acción de vientos fuertes, para evitar el secado prematuro de las piezas



Imagen14, Proceso fraguado adoquines

CURADO

se hace en un recinto donde los adoquines estén protegidos del sol y del viento fuerte.

Se puede curar por humedecimiento permanente con agua, de manera que los adoquines no se sequen en ningún momento.



Imagen15, Proceso curado adoquines

RESULTADOS OBTENIDOS

CAPITULO 3

Determinar la resistencia del adoquín con residuos de construcción teniendo en cuenta la norma

METODOS DE ENSAYOS

Medición de muestras

Tabla 3 resultados obtenidos - ensayo de absorción

Muestra	Ancho	Longitud	Espesor er:real
No.	ai:inscrito	li:Inscrita	
	(mm)	(mm)	(mm)
1	97.5	197.9	57.1
2	97.6	197.9	57.3
3	97.1	197.8	56.9
4	98.3	198.5	57.4
5	96.2	197.4	58.3
Promedio	97.3	197.9	57.4



Imagen16, mediciones adoquines

METODOS DE ENSAYOS

Absorción en Adoquines por Inmersión

FUNDAMENTO. La absorción de agua se determina mediante la diferencia de masa en seco y embebida en agua.

- Peso muestra seca
- Muestra sumergida 24h
- Secado superficial con esponja
- Peso muestra húmeda
- La muestra es secada a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar una masa constante (M2).

*La absorción total de agua (Aa%) no debe más del 7%, como promedio de la muestra

METODOS DE ENSAYOS

Absorción en Adoquines por Inmersión



Tabla 4 resultados obtenidos - ensayo de absorción

Muestra No.	Masa		Absorción de Agua	
	Saturada	Seca		
	mh: (g)	ms: (g)	Aa: (Kg/m3)	%
1	2531	2356	69.1	7.4
2	2542	2343	78.3	8.5
3	2476	2291	74.7	8.1
4	2598	2403	75.1	8.1
5	2554	2358	76.7	8.3
Promedio	2540	2349	76.2	8.2



Imagen17, ensayo absorción

METODOS DE ENSAYOS

Resistencia a la Flexo-compresión

Módulo de rotura (M_r)

FUNDAMENTO. Este ensayo parte del principio de sometimiento de un elemento a una carga axial y flexión es decir solo intervienen cargas normales

*El valor promedio de los cinco (5) especímenes de la muestra debe ser, mínimo cinco Mega-pascales (5,0 MPa)

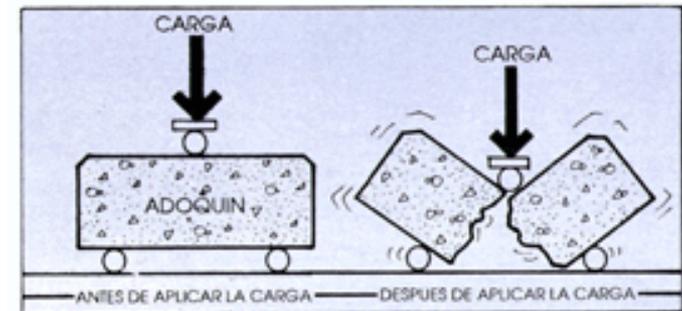


Imagen18, Módulo de rotura (24)

METODOS DE ENSAYOS

Módulo de rotura (M_r)

Tabla 5 Resultados obtenidos - Módulo de rotura (M_r)

Muestra	Carga Máxima	Módulo de Rotura
No.		
	(N)	(Mpa)
1	5800	4.9
2	6600	5.5
3	6600	5.6
4	7200	6.0
5	7300	5.9
Promedio	6700	5.6



Imagen19, Ensayo Módulo de rotura

METODOS DE ENSAYOS

Desgaste en Adoquines de Concreto por abrasión

FUNDAMENTO. La resistencia a la abrasión se determina midiendo el desgaste producido en la cara vista del adoquín, al ser sometido a desgaste por rozamiento de un disco de acero y material abrasivo.



Imagen20, Máquina de desgaste

METODOS DE ENSAYOS

Desgaste en Adoquines de Concreto por abrasión

Tabla 6 resistencia al desgaste

Muestra	Resistencia Desgaste
No.	
	lh:(mm)
1	19.5
2	17.4
3	17.9
4	19.3
5	19.9
Promedio	18.8



Imagen21, Ensayo de desgaste

ANÁLISIS COMPARATIVO

Tabla 7. Límites de resistencia NTC2017 NTC5147

Límites NTC2017		
Módulo Rotura (Min)	Absorción (Max)	Desgaste (Max)
5.0 Mpa	7.0 %	23 mm

Tabla 8. Comparativo adoquines tradicionales Vs adoquines RCD

RESULTADOS ENSAYOS PROMEDIO		
	ADOQUIN-AR	ADOQUINES RCD
Absorción de Agua (%)	6,1	8,2
Módulo de Rotura (Mpa)	7,5	5,6
Resistencia Desgaste (mm)	20,0	18,8

CONCLUSIONES

- Es necesario tender hacia una gestión con mayores regulaciones legislativas sobre el manejo de los residuos de construcción
- Es importante la Identificación y estimación de las cantidades a generar de cada residuo y tratamiento al que serán sometidos
- Se debe impartir formación suficiente para que el personal conozca la correcta gestión de cada uno de los residuos generados en la obra

CONCLUSIONES

- Actualmente la reutilización no es una costumbre, pero los profesionales del gremio la consideran como alternativa de adquirir materiales o nuevos componentes de construcción y así reducir costos
- Aunque los resultados obtenidos en el ensayo de absorción dieron un poco altos, esto no es un inconveniente ya que existen productos sellantes que mejoran esta situación
- Según la NTC2017 los adoquines realizados con RCD cumplen para los ensayos del modulo de rotura y resistencia al desgaste

BIBLIOGRAFÍA

3. **Romero, Emilio.** *Residuos de construcción y demolición.* 2006.
4. **Corantioquia; AMVA; UdeA; AINSO.** Formulación del plan de gestión integral de residuos sólidos regional de Valle de Aburra. Medellín : s.n., 2006.
7. freepik. [En línea] <http://br.freepik.com/>.
8. **GEDESMA.** www.gedesma.es. [En línea] Gestión y desarrollo del medio ambiente de Madrid. http://www.gedesma.es/info_presentacion.asp.
9. **Bedoya, Carlos Mauricio.** El Concreto reciclado escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles. Medellín : s.n., 2003.
10. *¿Los escombros de construcción, son realmente un problema técnico?* **Salazar, Alejandro.** Cali : s.n., 2011. SEMINARIO CAMACOL: "Pasos Firmes hacia la Sostenibilidad en Colombia".
13. **ENV, European Commission DG.** *SERVICE CONTRACT ON MANAGEMENT OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE – SR1.* Paris : s.n., 2011.
14. *El concreto reciclado como una opción técnica, económica y ambiental para la construcción en Colombia.* **Eusse, Juan David y Bedoya, Carlos Mauricio.** Medellín : s.n., 2012. IV Seminario Internacional La Sostenibilidad un Punto de Encuentro.
18. *MANUAL DE MANEJO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA OBRAS EN BOGOTA.* **Delgado, Carlos César Parrado.** Bogota : s.n., 2012. Primer Foro Internacional para la Gestion y Control de los Residuos de la Construcción y demolición RCD.
19. **Alcaldía Mayor de Bogota.** *Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra.* Bogota : s.n., 2014.
20. **Construdata.** Construdata. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de Octubre de 2014.] http://www.construdata.com/BancoConocimiento/C/cartilla_de_adoquines/adoquines9.htm.
21. **ICONTEC.** Normas Icontec. [En línea] 04 de Marzo de 2004. [Citado el: 22 de Septiembre de 2014.] <http://tienda.icontec.org/brief/NTC2017.pdf>.
24. **ICPI.** Norma ASTM, Selección y colocación de adoquines en concreto. [En línea] [Citado el: 22 de Septiembre de 2014.] http://www.icpi.org/sites/default/files/7th_edition-Section_8-SPANISH.pdf.

GRACIAS

Organizadora y Compiladora del Evento
Olgalicia Palmett Plata
Noviembre de 2014