

MEMORIAS SEMANA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA

3a Muestra de producciones académicas e investigativas de los programas de Construcciones Civiles, Ingeniería Ambiental, Arquitectura y Tecnología en Delineantes de Arquitectura e Ingeniería
12 al 16 de Mayo de 2014

VIDRIO MOLIDO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETOS Y MORTEROS

Noria Astrid Marín Caro
John Leandro Ardila Giraldo
Camilo Andrés Toro Orozco

INTRODUCCIÓN

Los materiales de construcción han sido uno de los principales objetivos de la construcción sostenible todo esto enfocado en utilizar otros materiales, reutilizar los materiales que no se utilizan o sobran en las obras de construcción como escombros de concreto, sobrantes de madera, de acero, reciclaje como el plástico, el cartón, el vidrio y muchos otros materiales.



Fuente: <http://www.isover.es/ISOVER-y-la-Sostenibilidad/La-construccion-sostenible>

INTRODUCCIÓN

El gremio de la construcción todavía es temeroso de utilizar estos nuevos materiales para la construcción o técnicas tanto para mejorar procesos como para mitigar los impactos al medio ambiente, todo porque siempre han trabajado con los mismos métodos y materiales; también ayuda a que muchas personas viven de los ingresos que generan la venta y distribución de los materiales tradicionales de construcción.

Fuente:

<http://www.a57.org/agenda/conferencias/Ekoteectura-2014>



INTRODUCCIÓN

Por eso se ha venido trabajando desde la academia en la parte de investigación para nuevos materiales o materiales para reemplazar algunos de los componentes del material tradicional. Mauricio Bedoya en su libro *Construcción Sostenible: para volver al camino*, enuncia cuales son las causas principales de la construcción, primero enuncia la intensiva e irracional extracción de materias primas renovables y no renovables y la generación de residuos de construcción y demolición (Mauricio, 2011). Por eso se hace inevitable buscar nuevas alternativas.

Descripción del problema

Debido al incremento de la población civil y la necesidad de vivienda, las empresas constructoras han visto la necesidad de crear nuevos proyectos para responder a estas solicitudes, de esta manera se requiere de grandes extracciones de materiales naturales para la construcción.



Fuente:

<http://www.arghys.com/construccion/contaminacion-ambiental-construccion.html>

Justificación

Según lo mencionado anteriormente, se hace necesario el estudio del diseño de nuevos materiales que permitan el desarrollo de actividades en los procesos de construcción que estén en armonía con el ambiente, razón por la cual se evaluará en esta propuesta la viabilidad del uso del vidrio reciclado molido como insumo para el reemplazo de las arenas, puesto que el vidrio es uno de los residuos sólidos de más abundancia en el proceso de reciclaje y se puede conseguir a un bajo costo.



Fuente:

<http://www.azulambientalistas.org/reciclajevidrio.html>

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la factibilidad de empleo del vidrio reciclado molido (eco-material) como principal agregado fino para la composición de morteros y concretos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar mediante pruebas de laboratorio las propiedades de los morteros y concretos resultantes del reemplazo del agregado fino por vidrio reciclado molido de acuerdo a las Normas Técnicas Colombianas (NTC), Norma Sismo Resistente 2010 (NSR-10) y demás normas relacionadas.
- Comparar los costos del mortero o concreto tradicional con el mortero o concreto producido con el vidrio molido reciclado.
- Realizar un diseño de mezcla de concreto y mortero con vidrio si los resultados del análisis anterior son favorables.

REFERENTE TEÓRICO

El Ingeniero Civil Diego Sánchez de Guzmán en su texto Tecnología y Propiedades del Concreto (Sánchez, 1997.p 11) define el concreto como una “pasta o mezcla de cemento, agua, arena, triturado o grava y en ocasiones con aditivos” (Guzmán, 1997).



Fuente:

<http://estructurasymateriales.blogspot.com/2011/02/tecnologia-del-concreto.html>

REFERENTE TEORICO

El mortero se define como la mezcla de cemento, agua y de agregado fino (arena). El mortero tiene varios usos, nivelación de pisos, pega para mampostería, recubrimiento de muros (Guzmán, 1997).



Fuente: <http://kiev.all.biz/es/mortero-de-construccion-g1006742>

REFERENTE TEÓRICO

Sandra Patricia Alfonso Romero, Mariam Facio Lince Téllez e Ingrid Johanna Luis Rojas definen en su trabajo de grado, “El vidrio es un material que difícilmente se incorpora al medio ambiente, es impermeable, inerte y no poroso”.



Fuente: Noria Marín, Camilo Toro y Leandro Ardila.

METODOLOGÍA

ENFOQUE: Enfoque empírico-analítico, de tipo exploratorio y método deductivo cuali- cuantitativo.

INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN: Registrar en bitácoras (libro de avances y novedades del proyecto) que contendrá el avance y recopilación de información de las visitas y de los ensayos que se realicen. Además se hará registro fotográfico y mediciones de los ensayos.

Se generaran tablas o fichas técnicas para documentar los datos obtenidos del mortero y concreto de vidrio molido reciclado comparado con el mortero y concreto tradicional.

METODOLOGÍA

TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN:

Se tendrán técnicas como la estadística para los datos obtenidos; la descriptiva o deductiva para recolectar, describir y resumir los datos obtenidos que podrán visualizarse de manera numérica y gráfica. Mientras la inferencial ayudara a dar conclusiones acerca de los datos obtenidos. Realizar la caracterización de los materiales (arenas, gravas y vidrio). Ejecutar ensayos a las muestras de concreto y mortero tradicional y con vidrio. Elaborar diseños de mezclas de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos y sus debidos análisis.

RESULTADOS OBTENIDOS

Capítulo I

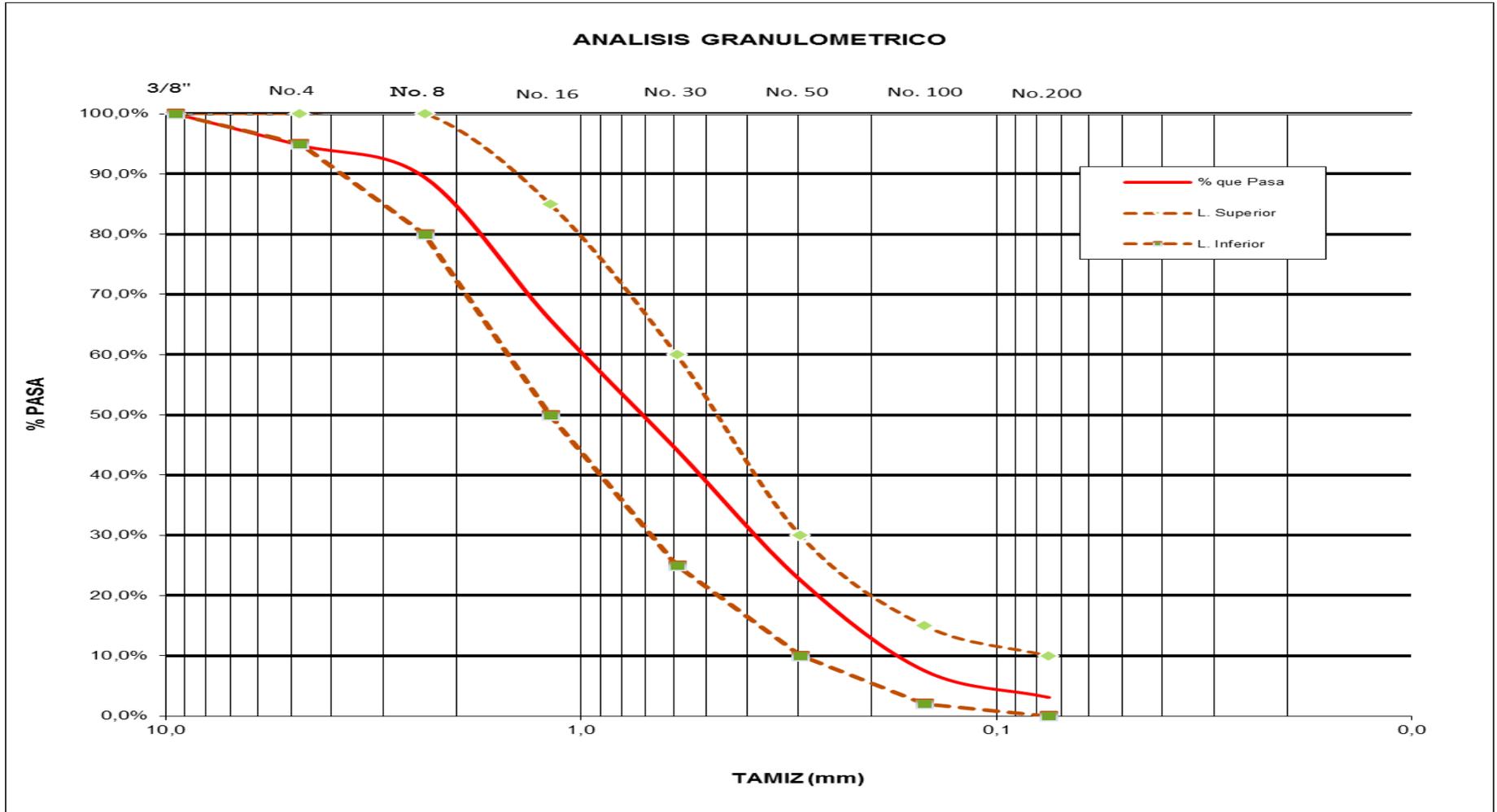
- Determinar mediante pruebas de laboratorio las propiedades de los morteros y concretos resultantes del reemplazo del agregado fino por vidrio reciclado molido de acuerdo a las Normas Técnicas Colombianas (NTC), Norma Sismo Resistente 2010 (NSR-10) y demás normas relacionadas.

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral

Gradación de los materiales : Arena

Tamiz	Tamiz	Masa Retenida	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	Especificación diseño	
Pulg	mm	g	Retenido (%)	Ret. Acum.	Pasa (%)	superior	inferior
3/8	9,5	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	100%	100%
No.4	4,76	71,0	5,2%	5,2%	94,8%	100%	95%
No.8	2,38	73,0	5,4%	10,6%	89,4%	100%	80%
No16	1,19	321,0	23,6%	34,2%	65,8%	85%	50%
No.30	0,59	294,0	21,6%	55,8%	44,2%	60%	25%
No.50	0,297	295,0	21,7%	77,4%	22,6%	30%	10%
No.100	0,149	205,0	15,1%	92,5%	7,5%	15%	2%
No 200	0,1	60,0	4,4%	96,9%	3,1%	10%	0%
Fondo		42,0	3,1%	100,0%	0,0%		
Total		1361,0	100%				

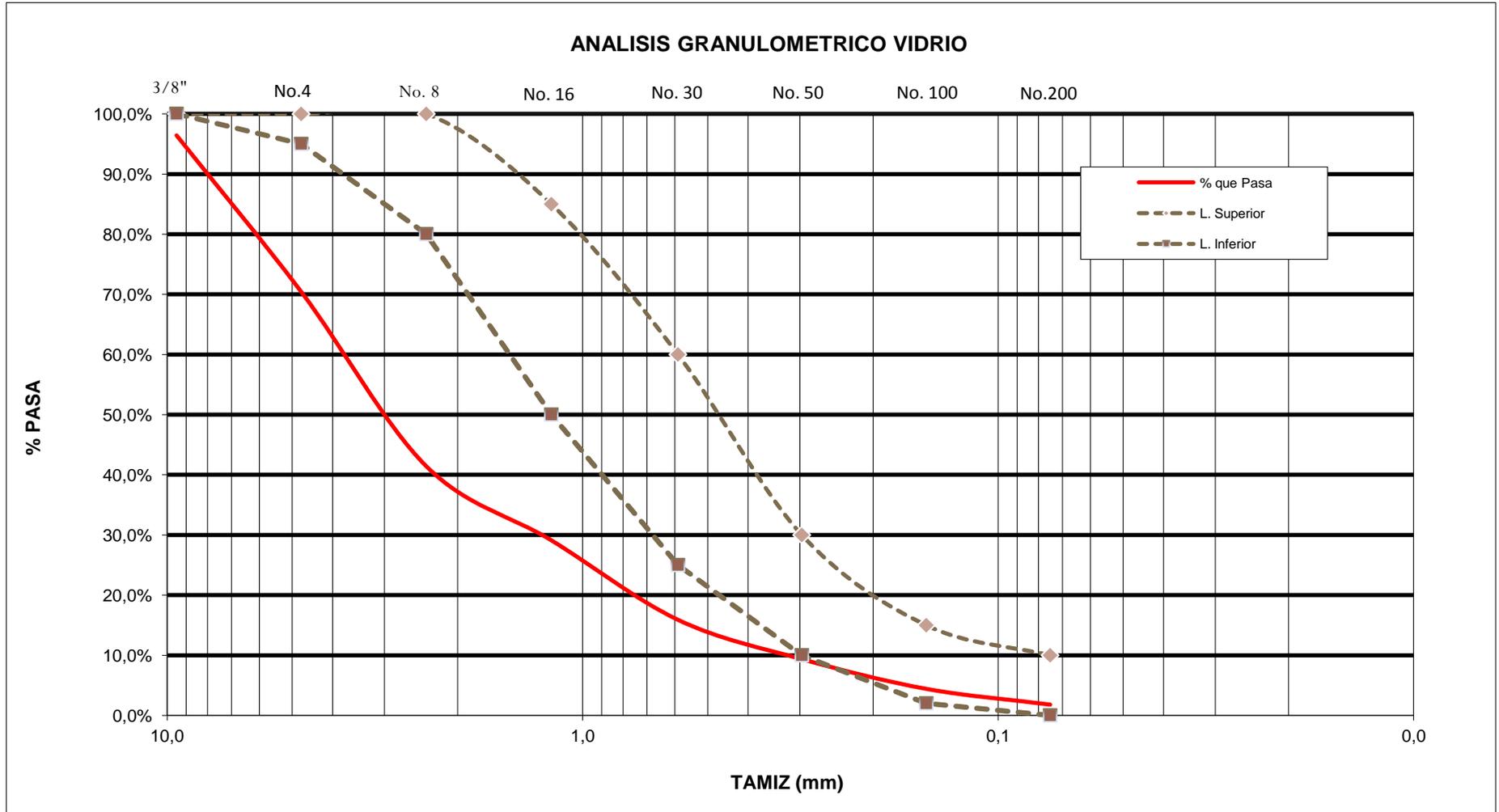
Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral



Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral

Gradación de los materiales : Vidrio

Tamiz	Tamiz	Masa Retenida	Porcentaje			Especificación diseño	
			Retenido (%)	Ret. Acum.	Pasa (%)	superior	inferior
3/8	9,5	94,4	3,6%	3,6%	96,4%	100%	100%
No.4	4,76	682,7	26,0%	29,6%	70,4%	100%	95%
No.8	2,38	761,4	29,0%	58,6%	41,4%	100%	80%
No16	1,19	323,2	12,3%	70,9%	29,1%	85%	50%
No.30	0,59	346,9	13,2%	84,1%	15,9%	60%	25%
No.50	0,297	171,6	6,5%	90,6%	9,4%	30%	10%
No.100	0,149	129,6	4,9%	95,6%	4,4%	15%	2%
No 200	0,1	68,8	2,6%	98,2%	1,8%	10%	0%
Fondo		47,6	1,8%	100,0%	0,0%		
Total		2626,2	100%				



Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral

Peso específico arena

PRUEBAS	1	2	3	Promedio
Peso en el aire muestra seca A	484,97	485,91	485,44	485,440
Peso en el aire muestra SSS S	500,00	500,00	500,00	500,000
Peso frasco + arena + agua C	971,52	962,42	971,52	968,487
Peso frasco + agua B	660,251	650,299	660,221	656,924
Volumen agua adicional $W = (C-B)$	311,269	312,121	311,299	311,563
Volumen frasco V	188,731	187,879	188,701	188,437
Volumen muestras $(A-W)$	173,701	173,789	174,141	173,877
Agua de absorción $(S-A)$	15,03	14,09	14,56	14,560
Peso específico $0,9975 \times A/(B+S-C)$	2,563	2,580	2,566	2,570
Peso específico aparente SSS $0,9975 \times S/(B+S-C)^2$	2,643	2,655	2,643	2,647
Peso específico nominal $0,9975 \times A/(B+A-C)$	2,785	2,789	2,781	2,785
Absorción % $((S-A)/A)*100$	3,10	2,90	3,00	2,999

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral

Peso específico vidrio

PRUEBAS	1	2	Promedio
Peso en el aire muestra seca A	400,00	400	400,000
Peso en el aire muestra SSS S	400,00	400,00	400,000
Peso frasco + arena + agua C	892,70	892,60	892,650
Peso frasco + agua B	654,900	654,100	654,500
Volumen agua adicional $W = (C-B)$	237,800	238,500	238,150
Volumen frasco V	162,2	161,500	161,850
Volumen muestras $(A-W)$	162,200	161,500	161,850
Agua de absorción $(S-A)$	0,00	0	0,000
Peso específico $0,9975 \times A/(B+S-C)$	2,460	2,471	2,465
Peso específico aparente sss $0,9975 \times S/(B+S-C)$	2,460	2,471	2,465
Peso específico nominal $0,9975 \times A/(B+A-C)$	2,460	2,471	2,465
Absorción % $((S-A)/A)*100$	0,00	0,00	0,000

Asentamientos

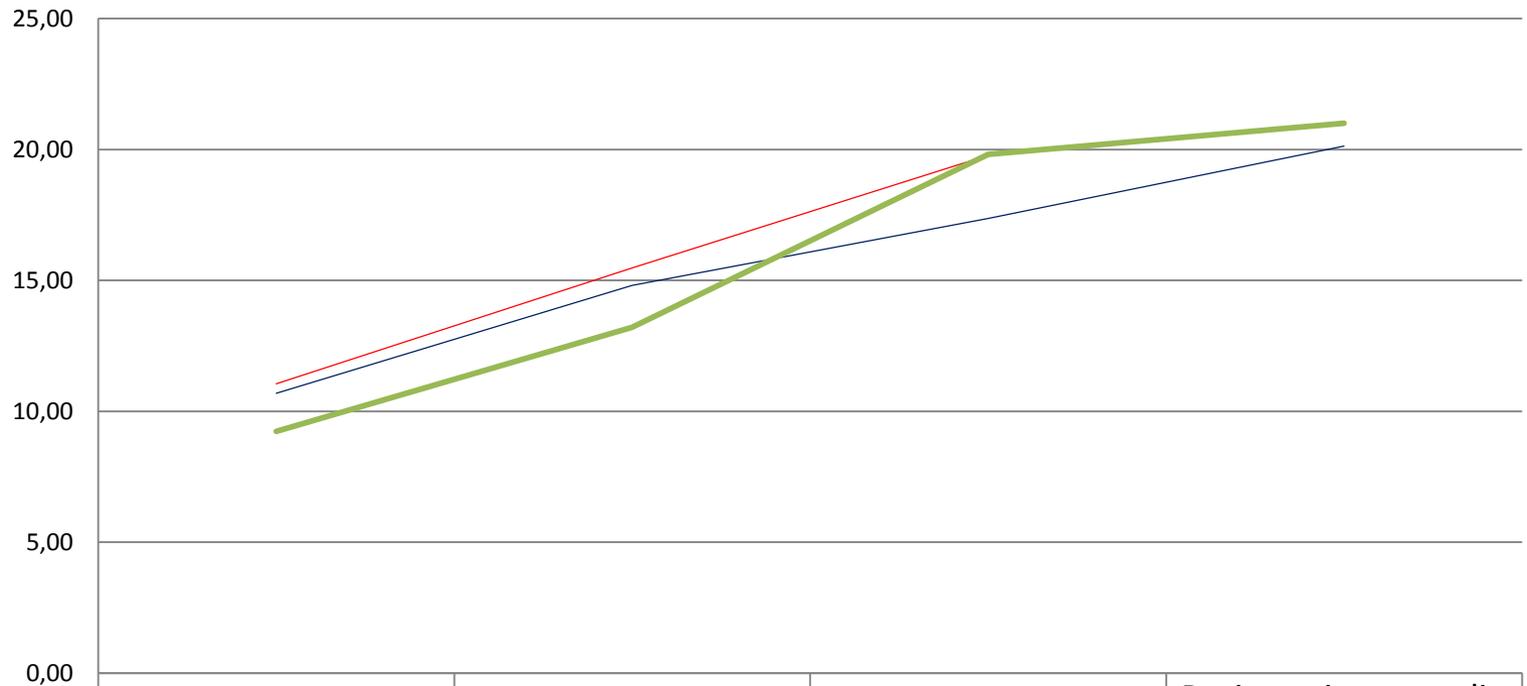
Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.	Con vibradores de formaleta; concretos de proyección neumática (lanzados).	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión.
Seca	20-35	Pavimentos.	Pavimentadoras con terminadora vibratoria.	Secciones sujetas a vibración intensa.
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Media (plástica)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.	Secciones bastante reforzadas con vibración.
Muy Húmeda	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ".	Tubo embudo tremie.	Secciones altamente reforzadas sin vibración.
Super Fluida	Más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse.

- Concreto tradicional: 10cm
- Concreto con vidrio 50%: 15cm

RESISTENCIAS CONCRETOS

Tipo de muestra	Resistencia promedio a 3 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 7 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 14 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 28 días en (MPa)
NORMAL	10,68	14,80	17,37	20,12
50% VIDRIO	11,05	15,47	19,78	21,07
SEGÚN NORMA	9,24	13,21	19,81	21,00

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral



	Resistencia promedio a 3 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 7 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 14 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 28 días en (MPa)
— NORMAL	10,68	14,80	17,37	20,12
— 50% VIDRIO	11,05	15,47	19,78	21,07
— SEGÚN NORMA	9,24	13,21	19,81	21,00

CONCRETO NORMAL



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila

CONCRETO CON VIDRIO



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila

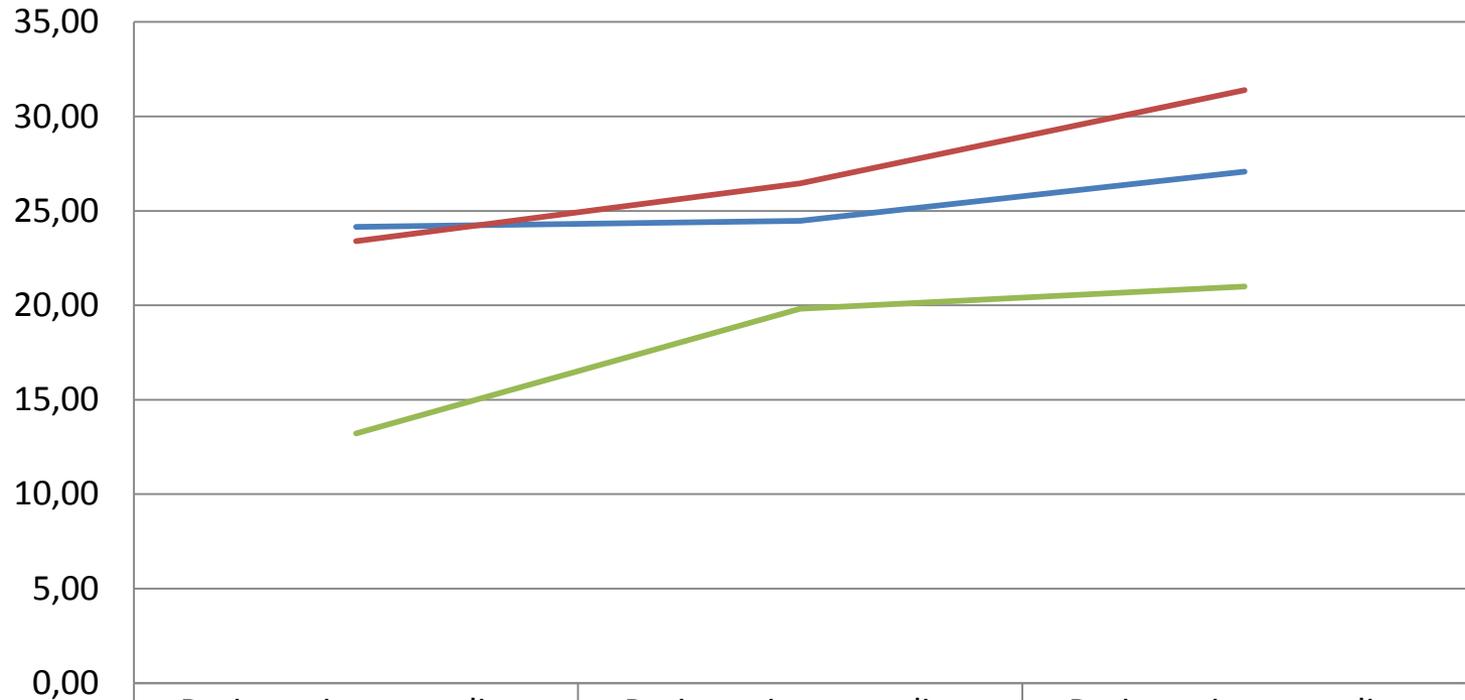
PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS OBTENIDOS

- RESISTENTE
- TRABAJABLE
- ADHERENTE
- TENAZ

MORTEROS

RESISTENCIA A COMPRESIÓN CUBOS			
Tipo de muestra	Resistencia promedio a los 7 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 14 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 28 días en (MPa)
NORMAL	24,16	24,47	27,07
100% VIDRIO	23,40	26,46	31,39
SEGÚN NORMA	13,21	19,81	21,00

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral



	Resistencia promedio a los 7 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 14 días en (MPa)	Resistencia promedio a los 28 días en (MPa)
— NORMAL	24,16	24,47	27,07
— 100% VIDRIO	23,40	26,46	31,39
— SEGÚN NORMA	13,21	19,81	21,00

- Según NSR-10, capítulo D Mampostería Estructural y las normas NTC 3329 y NTC 3365; los morteros al ensayo de compresión deben cumplir a 28 días las siguientes resistencias:

Mortero tipo	Resistencia a la compresión 28 días MPa
H	22,5
M	17,5
S	12,5
N	7,5

MORTERO CON VIDRIO



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila

Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila

MORTERO NORMAL



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila

PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS OBTENIDAS

- RESISTENTE
- IMPERMEABLE
- TRABAJABLE (FLUIDEZ)
- ADHERENTE
- TENAZ

Capitulo II

- Comparar los costos del mortero o concreto tradicional con el mortero o concreto producido con el vidrio molido reciclado.

Volumen caneca:

Diámetro caneca= 0.285m.

Altura caneca= 0.36m.

Volumen= $0.064\text{m}^2 \cdot 0.36\text{m} = 0.023\text{m}^3$

Peso de caneca mas vidrio= 34kg

Peso caneca sola= 1kg

Peso total vidrio por volumen de caneca= $34\text{kg} - 1\text{kg} = 33\text{kg}$

Cantidad de canecas por un metro cubico de vidrio:

$1\text{m}^3 / 0.023\text{m}^3 = 43.5$ canecas por m^3

Valor comercial peso del vidrio reciclado triturado= \$150

Peso total m^3 de vidrio= 43.5 canecas x 33 kg/caneca = 1435.5kg

Valor m^3 de vidrio= 1435.5 kg x \$150 = \$215325

Capitulo III

- Realizar un diseño de mezcla de concreto y mortero con vidrio si los resultados del análisis anterior son favorables.

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral

-	TRABAJO DE GRADO	CODIGO:	
		FECHA	: ABRIL 5 2014
		HORA	:
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA 3000 PSI			13:30

MEZCLA	DISEÑO N° 2	RESISTENCIA DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
DOSIFICACION :	410,0 0,45 3/8"	RESISTENCIA CARACTERIST.	273 Kg/cm ²
		CONCRETO CLASE:	3000 PSI

MATERIAL	FUENTE	% Agreg	PESO UNIT gr/cc	GRAV. ESPEC S.S.S.	PESO S.S.S. Kg	VOLUMEN LITROS	CORRECCION			CORR.	CANTIDAD	LITROS
							% HUMEDAD				CORREGID	35,0
							TOTAL	ABSOR	LIBRE			
Cemento Tipo I	Argos		1,060	3,100	410,0	132,26					410	14350
Arena lavada	Conasfaltos	47,8	1,375	2,714	1091,03	320,19	2,28	1,89	0,39	4,3	1095,29	38335
		0,0	0,000	2,747	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0
Grava 3/8"	Conasfaltos	52,2	1,733	2,747	839,46	342,5	1,56	1,03	0,53	4,4	843,9	29537
Grava 1/2"		0,0	0,000	2,747	0,00	0,0	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0
Agua	EPM			1,00	185,0	185,0				-8,7	176,3	6170
% Aire		2,0				20,0					0,0	0,0
		100,0			2525,49	1000,0					2525	88427

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral

TRABAJO DE GRADO	CODIGO:	
	FECHA	: ABRIL 5 2014
	HORA	:
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA 3000 PSI		13:28

MEZCLA **DISEÑO N° 2** RESISTENCIA DE DISEÑO **210** Kg/cm²
 DOSIFICACION : **410,0** **0,45** **3/8"** RESISTENCIA CARACTERIST. **273** Kg/cm²
 CONCRETO CLASE: **3000 PSI**

MATERIAL	FUENTE	% Agreg	PESO UNIT gr/cc	GRAV. ESPEC S.S.S.	PESO S.S.S. Kg	VOLUMEN LITROS	CORRECCION			CORR.	CANTIDAD	LITROS
							% HUMEDAD				CORREGID	35,0
							TOTAL	ABSOR	LIBRE			1 m ³
Cemento Tipo I	Argos		1,060	3,100	410,0	132,26					410	14350
Arena lavada	Conasfaltos	23,9	1,375	2,714	545,52	211,09	2,28	1,89	0,39	2,1	547,65	19168
		0,0	0,000	2,747	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0
Grava 3/8"	Conasfaltos	52,2	1,733	2,747	839,46	451,7	1,56	1,03	0,53	4,4	843,9	29537
Vidrio	Reciclaje	23,9	1,326	2,658	545,52	0,0	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0
Agua	EPM			1,00	185,0	185,0				-6,6	178,4	6245
% Aire		2,0				20,0					0,0	0,0
		100,0			2525,50	1000,0					1980	69334

RESULTADOS ESPERADOS

- Elaborar un artículo con fines de publicación.
- Realizar ponencias en diferentes actividades extra académicas.
- Asesorar proyectos de investigación enfocados en materiales alternativos de construcción.



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



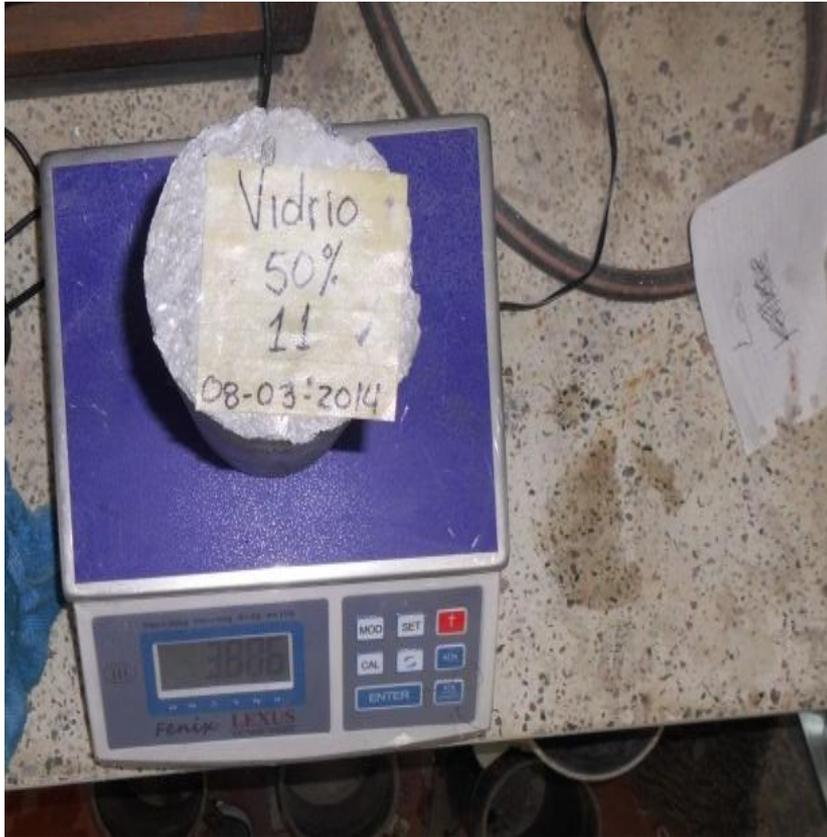
Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila



Fuente: Camilo Toro, Noria Marín y Leandro Ardila

BIBLIOGRAFÍA

- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de concreto. México D.F: Portland Cement Association (PCA).
- Sánchez, Diego (1997). Tecnología y Propiedades del Concreto. Medellín: Revista ASOCRETO.
 - Bedoya, M. (2011). *Construcción Sostenible: para volver al camino*. Medellín. Biblioteca Jurídica Díke.
 - Rojas, M. I. (2008). Sostenibilidad de la explotación de materiales de Construcción en el Valle de Aburrá. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
 - Salazar, A. (2000). Implicaciones de la investigación tecnológica. Un estudio de caso: desarrollo de nuevos materiales para la construcción.

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 2 - No 1-2014 Publicación Semestral

GRACIAS

Organizadora y Compiladora del Evento
Olgalicia Palmett Plata
Mayo de 2014

Facultad de Arquitectura e Ingeniería – 12 al 16 de Mayo - Medellín- Antioquia - Colombia