

**SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ
QUEMADA LA 100% SUSTITUYENDO EL 20% DE CEMENTO**

**DIANA JAZMÍN BENÍTEZ PINZÓN
JHON ALEXANDER MUÑOZ FIGUEROA**



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA: TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ D. C
JUNIO DE 2016**

**Silla Urbana en Argamasa Cementante con Cascarilla de Arroz Quemada al
100% Sustituyendo el 20% de Cemento**

Elaborado por:

Diana Jazmín Benítez Pinzón

Jhon Alexander Muñoz Figueroa

**Trabajo de presentado para optar el título de: Tecnólogo en Construcciones
Arquitectónicas**

Arquitecto Edgar Mauricio Carvajal
Asesor Disciplinar

Universidad La Gran Colombia
Facultad de Arquitectura
Programa: Tecnología en Construcciones Arquitectónicas
Bogotá D. C
Junio de 2016

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., Junio de 2016

Dedicatoria

A Isabella Rodríguez y Matías Mican, que son el motor de mi vida.

Diana Jazmín Benítez Pinzón

A Gladys Figueroa, gracias a sus esfuerzos, dedicación y amor; porque me enseñó que el estudio es la herramienta y el tesoro máspreciado e importante en la vida de todo hombre.

A Viviana Ardila que me apoyó y me impulso a tomar la decisión de superarme profesionalmente.

Jhon Alexander Muñoz Figueroa

Agradecimientos

Damos gracias a Dios porque este proyecto es la culminación de la primera etapa para llegar a nuestra meta, la cual es ser profesionales.

Queremos agradecer a la universidad la gran Colombia por darnos la oportunidad de crecer no solo profesional mente sino también humanamente.

Gracias a sus profesores y a su dedicación y paciencia, porque con ello lograron que llegáramos hasta aquí, y gracias a nuestras familias por impulsarnos a llegar más lejos de lo que creímos.

Tabla de Contenido

Resumen	11
Introducción	12
Antecedentes	13
Justificación.....	14
Objetivos.....	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco de Referencia	17
Marco Teórico.....	17
Argamasa cementante.....	17
Concreto no estructural.....	17
Recomendaciones para la correcta mezcla en obra del concreto no estructural.....	18
El vibrado del concreto.....	20
El fraguado.	21
El curado.....	22
Duración del endurecimiento.....	23
Dosificación para mezclas de concreto.	24
Fallas de los cilindros.	25
Asentamientos de Materiales	27
Marco Histórico	29
Origen de la Argamasa	29
Historia del Concreto	29

Llegada del Concreto a Colombia.....	32
Marco Legal	34
Resultados	35
Preparación Mezcla de Argamasa Reemplazando un % del Cemento	35
Mezcla 01-A.	35
Mezcla 02-A.	38
Mezcla 03-A.	38
Mezcla 04-A.	39
Resultados pruebas de resistencia.....	39
Apu silla en argamasa cementante.....	40
Diseño de Silla para Mobiliario Urbano.....	43
Diseño de la silla.	43
Formaleta.	44
Estructura de la silla.	45
Despiece.....	45
Acabado.	46
Elaboración de la silla.....	47
Elementos utilizados en la mezcla de la argamasa cementante.	52
Conclusiones.....	56
Referencias	57
Anexos.....	60

Índice de Anexos

Anexo 1. Oferta comercial Argos.....	60
Anexo 2. NSR 10 título c y b	61
Anexo 3. Resultados mezcla base.....	62
Anexo 4. Resultados muestras para argamasa cementante.....	63
Anexo 5. Cartilla de mobiliario urbano	64
Anexo 6. NTC 454 Y 396.....	65

Índice de Figuras

Figura 1. Vista frontal de la silla	43
Figura 2. Vista lateral de la silla	43
Figura 3. Planta de la silla	44
Figura 4. Vista frontal de la silla	45
Figura 5. Vista lateral de la silla	46
Figura 6. Planta de la silla	46
Figura 7. Acabados.....	47

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Mobiliario urbano en Bogotá.....	14
Fotografía 2. Mezcla de materiales.....	17
Fotografía 3. Dosificación agua potable.....	18
Fotografía 4. Vibrado manual con martillo de caucho	20
Fotografía 5. Fraguado de concreto	22
Fotografía 6. Curado de cilindros.....	22
Fotografía 7. Cilindros desencofrados.....	23

Fotografía 8. Fallas de los cilindros Muestra #1	25
Fotografía 9. Fallas de los cilindros Muestra #2	26
Fotografía 10. Fallas de los cilindros Muestra #3	26
Fotografía 11. Cono de Abrams.	27
Fotografía 12. Asentamiento de cemento- 5”	28
Fotografía 13. Asentamiento de cascarilla de arroz- 1 ½ “	28
Fotografía 14. Pirámide Keops en Egipto.	30
Fotografía 15. Coliseo Romano.....	30
Fotografía 16. Catedral – Salisbury.....	31
Fotografía 17. Bóvedas de Cartagena – Colombia.....	33
Fotografía 18. Remplazando el 10% de cemento por cascarilla de arroz.....	35
Fotografía 19. Mezcla de cemento, cascarilla de arroz, grava, arena de río y agua.	36
Fotografía 20. Toma de muestras	36
Fotografía 21. Enrase de muestra y vibrado.....	37
Fotografía 22. Desencofre de muestras y marcado	37
Fotografía 23. Curado de cilindros	38
Fotografía 24. Remplazando 20% de cemento.....	38
Fotografía 25. Remplazando 30% de cemento.....	39
Fotografía 26. Remplazando 40% de cemento.....	39
Fotografía 27. Formaleta para silla en madera RH.....	45
Fotografía 28. Amarrado de parrilla en varilla corrugada de 3/8”	47
Fotografía 29. Parrilla en varilla de 3/8.....	48
Fotografía 30. Estructura de la silla montada en la formaleta	48
Fotografía 31. Mezcla 02-A	49
Fotografía 32. Vaciado de la silla para mobiliario urbano.	49
Fotografía 33. Vibrado manual.....	50
Fotografía 34. Aseguración de la formaleta	50
Fotografía 35. Desencofre y curado de la silla	51
Fotografía 36. Silla terminada	51
Fotografía 37. Taza medidora.....	52
Fotografía 38. Camisas para cilindros de concreto de 4” x 8”	52

Fotografía 39. Martillo de caucho	53
Fotografía 40. Varilla lisa de ¾”	53
Fotografía 41. Varilla lisa de 5/8”	54
Fotografía 42. Palustre.....	54
Fotografía 43. Recipiente.	55

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Dosificación de materiales	19
Ilustración 2. Vibrador de inmersión.....	21

Índice de Tablas

Tabla 1. Oferta comercial precio Argos.	14
Tabla 2. Comparación de precios cascarilla de arroz y cemento.....	15
Tabla 3. Dosificación para mezclas de concreto	24
Tabla 4. Resultados de mezcla fallados a los siete días.....	25
Tabla 5. Resultados de resistencia.....	40
Tabla 6. APU argamasa cementante.....	41
Tabla 7. APU silla en argamasa cementante.	42

Resumen

La siguiente investigación está orientada al uso de la cascarilla de arroz en la elaboración de argamasa cementante para la producción de una silla de mobiliario urbano; para el proceso se realizaron diferentes mezclas a las cuales se les realizó pruebas de laboratorio para determinar su resistencia a la compresión.

De acuerdo a los resultados obtenidos de dichas pruebas de resistencia, se pudo establecer, que la mezcla 02-A de argamasa cementante cumple la resistencia del concreto de 14 Mpa (2000PSI), de acuerdo con el estándar establecido por la Norma Técnica Colombiana NTC 396.

Así las cosas, el uso de materiales no biodegradables como la cascarilla de arroz que proviene de la industria alimenticia, es excelente materia prima para usar en la construcción ya que se ha demostrado que es compatible con el concreto, convirtiéndose en una alternativa más económica; específicamente para esta investigación, se reemplaza el 20% del aglomerante “cemento” por cascarilla de arroz quemada al 100%.

Esta investigación también demuestra que el uso de esta materia prima genera un impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente, ya que se han vuelto eficientes en la elaboración de productos reciclables y resistentes a las condiciones medioambientales (Biodisol Energías alternativas, energías renovables, energías limpias, Bioenergías, 2009).

Introducción

El mobiliario urbano en las ciudades está compuesto de toda una serie de elementos que forman parte del paisaje de estas y están situados en el espacio público, entre estos se encuentran: bancos, mesas, bolardos, postes, paraderos... etc.; estos objetos están orientados con un propósito común, servir al ciudadano.

En general, muchos de estos objetos están fabricados en concreto no estructural pero capaz de resistir las condiciones climáticas y la intemperie, este tipo de concreto premezclado de unos 14Mpa o 2000 psi, se encuentra en el mercado por valor de cerca de \$ 209.200 pesos mcte m3, tomando como base el precio una concretera reconocida como Argos.

Es así, que la argamasa cementante resultado de esta investigación se convierte en una alternativa económica, ya que el proceso de fabricación del producto final “Silla urbana” se hacen modificaciones a los compuestos, donde se reemplaza el 20% del cemento, que es el material más costoso en la elaboración del concreto por cascarilla de arroz quemada al 100%, debido a que el kilo de esta cuesta menos de la mitad de lo que cuesta un kilo de cemento. Siendo el costo de esta argamasa cementante de \$184.082 mcte m3, utilizable como sustituto del concreto no estructural de 14Mpa o 2000psi para la fabricación de mobiliario urbano, ya que tiene la misma resistencia a la compresión.

Antecedentes

Desde hace ya varios años se ha venido estudiando qué hacer con los desechos de la industria arrocera de Colombia y de otros países, se ha identificado que estos generan en gran cantidad dentro de los procesos de fabricación de sus productos.

En la revisión de algunas investigaciones efectuadas acerca del tema, se evidencia que la cascarilla de arroz quemada se puede utilizar en gran parte de la construcción; un estudio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo [UEES] (El Universo. Vida y estilo, 2009), asegura que la cascarilla de arroz quemada puede remplazar la arena de río en la fabricación de bloques en concreto.

En otro estudio de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Chur, 2010), se realizaron pruebas a morteros de mampostería y los resultados arrojaron que remplazando a un nivel media la arena por cascarilla de arroz contribuye a la capacidad de aislamiento térmico de los morteros ensayados.

En Uruguay un grupo de jóvenes del Liceo Río Branco – Cerró Largo – Uruguay (Elizay Miguel. Notas de Eliza, 2009), realizaron algunas pruebas con este material usando: probeta, cono de Abrams, ensayo brasileño, estudio térmico, aislación de humedad y corrosión por ácidos, para demostrar que el material que inventaron compuesto por arena, cascarilla de arroz, cemento y algunos aditivos, era un material liviano, apto para ser utilizado en la construcción de viviendas prefabricadas (Construmática, s.f.).

Muchos otros estudios revisados dan cuenta que la cascarilla de arroz es altamente compatible con los distintos materiales que conforman el concreto y que puede generar diferentes resultados.

Justificación

Durante el desarrollo del tema de investigación, fue necesario tener como guía el concreto no estructural, ya que este concreto tiene diversas utilidades en el entorno. En la actualidad se puede encontrar haciendo parte del entorno urbano, como en: andenes, sardineles, bordillos, adoquines, bolardos y gran parte del mobiliario urbano de las ciudades.

Tabla 1. Oferta comercial precio Argos

Resistencia especificada a 28 días		Normal
Kg / cm ²	Mpa	Asent 4"/+1"
105	10.0	194,560
140	14.0	209,200
175	17.0	224,950

Fuente: elaboración propia

Lo anterior, permitió especificar el uso de la argamasa cementante como material opcional para la fabricación de una silla urbana y que además ofrece la posibilidad de bajar los costos, debido a que reemplaza parte del aglomerante “cemento”, recurriendo a subproductos de la industria colombiana.

Fotografía 1. Mobiliario urbano en Bogotá



Elemento de alta resistencia. Norma D.A.P.D (Mobiliario urbano. Imagen Bogotá S.A.S, 2010).

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

En este caso se tomó la decisión de trabajar con la cascarilla de arroz, ya que es un subproducto abundante en la industria molinera resultante de la producción de arroz en Colombia; la cantidad de cascarilla que se genera, año tras año en la región puede superar las 100.000 ton / año, es por esto que se considera material de bajo costo y de fácil acceso.

Tabla 2. Comparación de precios cascarilla de arroz y cemento

Comparación de precios de materiales			
Material	Presentación Kg por bulto	Precio por bulto	Precio por Kg
Cemento	50	\$ 25.000,00	\$ 500,00
Ca quemada al 100%	10	\$ 2.000,00	\$ 200,00

Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y elaborar una silla para mobiliario urbano con una argamasa cementante de 14Mpa o 2000 psi.

Objetivos Específicos

- Diseñar la silla para mobiliario urbano.
- Bajar los costos de producción de mobiliario urbano.
- Utilizar la cascarilla de arroz quemada en la elaboración de la silla.
- Identificar una argamasa cementante con una resistencia de 14Mpa o 2000 psi.

Marco de Referencia

Marco Teórico

Argamasa cementante.

La argamasa cementante es la mezcla de cemento, arena de río, agua, grava y en nuestro caso cascarilla de arroz quemada al cien por ciento.

Fotografía 2. Mezcla de materiales



Fuente: elaboración propia

Concreto no estructural.

El concreto no estructural es el resultante de la mezcla de materiales aglomerantes “cemento” con agregados (grava, gravilla y arena) y agua, con una resistencia mínima de 10 MPA y una máxima para este tipo de concreto de 17 MPA.

Entre las aplicaciones del concreto no estructural esta: concretos ciclópeos, concretos de limpieza, rellenos, andenes de paso peatonal, bolardos, sardineles, bordillos, tope llantas y mobiliario urbano como mesas y sillas.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

El cemento, mezclado con agua, se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece convirtiéndose en un material de consistencia pétrea.

Recomendaciones para la correcta mezcla en obra del concreto no estructural.

El concreto se puede mezclar en obra y obtener una calidad muy buena, comparable con la del concreto producido en plantas de mezclas, siempre y cuando se sigan ciertas recomendaciones; el agua que se va a usar para la mezcla de concreto no estructural debe ser limpia, generalmente el agua que se puede beber.

Fotografía 3. Dosificación agua potable



Fuente: componentes del hormigón (Constructora Industrial y Minas, 2012).

Se debe recordar que la arena y la grava no se deben medir a paladas ni a carretilladas ya que siempre quedan llenas con cantidades diferentes; para medir se debe usar un mismo recipiente.

Ilustración 1. Dosificación de materiales

Mezclas de concreto. Fuente: (Arquigráfico. Arquitectura, ingeniería y decoración, s.f.).

Las mezclas no deben contaminarse con tierra, por eso hay que prepararlas en una superficie limpia, de preferencia en una tarima de madera; los agregados (arena y grava) deberán también estar limpios, libres de tierra, barro, madera, raíces u otro material o residuo vegetal o animal.

Antes de hacer cualquier mezcla necesitara saber la resistencia ($f'c$) del concreto no estructural por centímetro cuadrado.

Se debe respetar la proporción indicada al realiza la mezcla de concreto no estructural, pues si se usa demasiada agua, la resistencia es menor y si se usa demasiado cemento, la resistencia queda muy alta y se vuelve más costoso.

El concreto no estructural es un material de construcción muy popular que, gracias a que toma la forma del recipiente en donde se vierta y la resistencia de su forma sólida, resulta ser el material ideal para el trabajo en exteriores.

El vibrado del concreto.

El vibrado, que tiene un papel fundamental en la resistencia final del concreto, es el proceso por medio del cual se logra un mayor contacto entre los granos de la mezcla, para eliminar en lo posible, el aire atrapado dentro de esta, puede llevarse a cabo por medios mecánicos o manuales, de acuerdo con la sección y los requisitos de calidad que deban cumplirse (El vibrado en el concreto, 2008).

Fotografía 4. Vibrado manual con martillo de caucho

Fuente: elaboración propia.

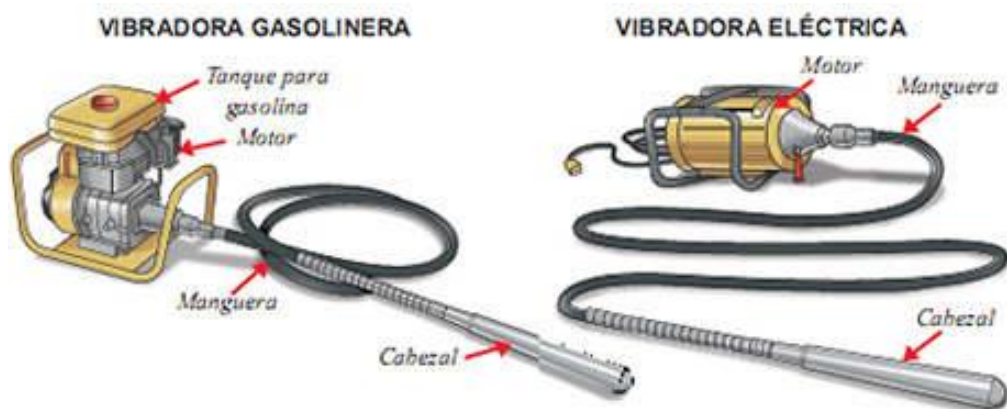
Los diversos procesos que se llevan a cabo durante su producción y la calidad de cada uno de sus componentes influyen en el resultado y en la resistencia final que alcanzará una vez endurecido (Universidad de Costa Rica, 2011).

Al elegir buenos agregados y con la granulometría adecuada, se procura que la mezcla logre una mejor acomodación de los granos y una uniformidad que garantice la resistencia adecuada, para ello la compactación juega un papel fundamental en la resistencia final que se logre.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

El equipo más empleado en la mayoría de los procesos de construcción es el vibrador de inmersión o atizador, sus resultados son excelentes, porque trabaja directamente sobre el concreto y sus características permiten cambiar rápidamente de una posición a otra.

Ilustración 2. Vibrador de inmersión



Equipos recomendados para trabajar con la mezcla. Fuente: (Aceros Arequipa, s.f.).

El fraguado.

El fraguado consiste en el paso del estado de concreto fresco al estado sólido, su duración varía entre 4 y 10 horas aproximadamente; la velocidad de fragüe está regulada por el tenor de aluminatos tricálcico, que de los tres componentes del cemento, es el de reacción más rápida, interviniendo como factores importantes la humedad y la temperatura que cuando aumentan aceleran el proceso de fragüe.

En cambio las temperaturas bajas lo retardan y puede asegurarse que por debajo de los 5°C prácticamente se detiene, siendo la temperatura ideal de fragua estimada en 20°C.

Fotografía 5. Fraguado de concreto

Fuente: elaboración propia.

El curado.

Es la reacción química entre el cemento y el agua requiere tiempo y buenas condiciones de humedad y temperatura, se debe mantener húmedo el concreto y protegido de temperatura extremas mínimo durante 7 días, contados desde su colocación. Se recomienda la hidratación directa unas dos veces al día, o colocarle fundas de papel o plásticos mojados, estos deben mantenerse húmedos mediante riego; no se debe olvidar que el concreto fresco es un material “recién nacido”, y como tal es sumamente delicado.

Fotografía 6. Curado de cilindros

Fuente: elaboración propia.

Duración del endurecimiento.

Aunque la resistencia crece rápidamente y en el primer mes alcanza aproximadamente el 95% de resistencia total, el período de endurecimiento continuo luego durante algunos años, aunque con mucha más lentitud por la reacción de los aluminatos bicalcicos.

De esta manera, el proceso concluye ya sea cuando se completa la hidratación de todas las partículas de cemento, o bien cuando se agota toda el agua en las masa de concreto, es por esta razón que es muy importante la hidratación del concreto para evitar que se interrumpa el proceso de hidratación, en especial en los primeros días cuando las reacciones químicas son más intensas.

Fotografía 7. Cilindros desencofrados

Fuente: elaboración propia.

Dosificación para mezclas de concreto.**Tabla 3. Dosificación para mezclas de concreto**

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO										
SEGÚN RESISTENCIA DEL CONCRETO										
MEZCLA			CEMENTO		ARENA (M3)	PIEDRA (M3)	AGUA (LTS)		RESISTENCIA OBTENIDA	
C	A	P	KILOS	SACOS x 50 kg	TRITURADA		CUANDO EL AGREGADO ESTA HUMEDO	CUANDO EL AGREGADO ESTA SECO	A LOS 28 DIAS EN CONDICIONES NORMALES Y SIN ADITIVOS	
									KG / CM2	LBS / PULG2
1	2	2	420	8,500	0,670	0,670	170	190	250	3.555
1	2	2,5	380	7,500	0,600	0,760	160	180	240	3.400
1	2	3	350	7,000	0,555	0,835	150	170	220	3.130
1	2	3,5	320	6,500	0,515	0,900	155	170	210	3.000
1	2	4	300	6,000	0,475	0,950	145	160	200	2.850
1	2,5	4	280	5,260	0,555	0,890	140	160	190	2.700
1	2,5	4,5	260	5,500	0,520	0,940	130	150	180	2.560
1	3	3	300	6,000	0,715	0,715	140	160	170	2.400
1	3	4	260	5,250	0,625	0,825	130	175	160	2.280
1	3	5	230	4,500	0,555	0,920	170	150	140	2.000

Nota: Dosificación del concreto de acuerdo a la resistencia requerida. Fuente: (Arq.com.mx, s.f.).

En este caso, para las primeras pruebas de laboratorio se manejó la dosificación para el concreto de 2.400 LBS/PULG2 pero al fallar los cilindros a los siete días de fundida la mezcla, estaban dando solo el 16% de resistencia, se identificó con pruebas que a los siete días de fundida la mezcla debe dar un 60 a 70 % de resistencia al fallarlos, por este motivo se realizaron tres mezclas más, diferentes para hallar la que concordara con la información ya obtenida.

Las mezclas que se realizaron fueron la catalogada número 1 de 2400 LBS/PULG2, la numero 2 de 3.555 LBS/PULG2, se hizo una tercera mezcla que no se incluyó dentro del cuadro de dosificación, ya que se le agrego más cemento para asegurar su resistencia final, la dosificación usada para esta número 3 es de 1 ½; 2,2., y los resultados para concreto de 2500LBS/PULG2 para estas mezclas fueron los siguientes (véase anexo 3).

Tabla 4. Resultados de mezcla fallados a los siete días

	DOSIFICACION	PROMEDIO EN psi	PORCENTAJE ALCANZADO
1	1;3;3	515	21%
2	1;2;2	730	29%
3	1 1/2 ; 2;2	1,651	66%

Nota: Pruebas de laboratorio. Fuente: elaboración propia

Con estos resultados es claro que la única mezcla que está dentro del rango para concreto de 2500 LBS/PULG2 es la número 3.

Esta dosificación es la que se trabajará durante las pruebas de nuestra argamasa cementante.

Fallas de los cilindros.

- Mezcla 1. Dosificación 1; 3; 3.

Fotografía 8. Fallas de los cilindros muestra #1

Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

- Mezcla 2. Dosificación 1; 2; 2.

Fotografía 9. Fallas de los cilindros muestra #2



Fuente: elaboración propia

Mezcla 3. Dosificación 1 1/2; 2; 2.

Fotografía 10. Fallas de los cilindros Muestra #3



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Después de tener identificada la mezcla con la que se va trabajar para hacer las pruebas para la argamasa cementante del producto, se procede a realizar el asentamiento de materiales que se requieren para el proceso.

Asentamientos de Materiales

El asentamiento es la medida en milímetros entre la parte superior del cono o molde y el punto medio de la superficie superior del concreto o material a medir, este se realiza con el cono de Abrams y una varilla lisa de 5/8" de cabeza redonda.

Fotografía 11. Cono de Abrams



Fuente: (Guestee075bf9, s.f.)

El asentamiento del cemento fue de 5" pulgadas.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Fotografía 12. Asentamiento de cemento- 5”



Fuente: elaboración propia

El asentamiento de la cascarilla de arroz quemada al 100% fue de 1½” pulgada.

Fotografía 13. Asentamiento de cascarilla de arroz- 1 ½ “



Fuente: elaboración propia

Marco Histórico

Origen de la Argamasa

A lo largo de la historia se ha identificado que los romanos no fueron quienes inventaron el cemento, pero si se puede decir que fueron los primeros en explotar sus posibilidades.

La argamasa romana se elaboró de cal y de puzolana (roca volcánica pulverizada), utilizada considerablemente desde el s. III a.C. y que resultaba apta para unir grandes bloques de formas rectangulares de piedra; muy seguido, la piedra era sólo un revestimiento mientras que el lado interno del muro se rellenaba con cemento: capas de ladrillo picado, cascajo y argamasa. Los artesanos más hábiles se encargaban de construir la parte exterior e inspeccionaban el relleno de la parte central, que quedaba a cargo de soldados o esclavos (Mercedes, 2010).

Al identificar las capacidades de la argamasa, las piedras exteriores las empezaron a poner más delgadas y pequeñas llegando a carecer de toda importancia estructural; con el tiempo las piedras exteriores fueron cortadas en forma cuadrada (de 10 cms de lado) y puestas según un esquema diagonal. Este modo evolucionó posteriormente con el uso de ladrillos especiales moldeados, en lugar de piedras.

Historia del Concreto

La historia del concreto hace parte fundamental de la vida cotidiana de hoy, parte de la necesidad del hombre de poder levantar construcciones más grandes, imponentes y que soportaran más las inclemencias del tiempo.

En la antigüedad fueron utilizados grandes bloques de piedra, los cuales dependían de su colocación para tener estabilidad.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

En Egipto se utilizan mampuestos elaborados de barro o adobe secados al sol, después se colocan de una manera regular con una capa de arcilla del Nilo, para crear una pared solida de barro seco.

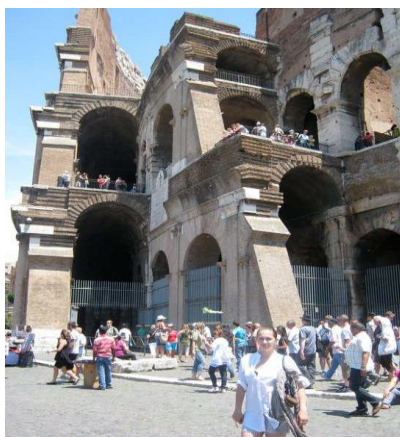
Fotografía 14. Pirámide Keops en Egipto.



Fuente: (Microcemento, s.f.).

Los griegos, hace más de 2.300 años, utilizaron como aglomerante, tierra volcánica que extrajeron de la isla de Santorín. También existen indicios para decir que utilizaron caliza calcinada que mezclaron con arcilla cocida y agua añadiendo piedras trituradas, al igual que tejas rotas o ladrillos. Esto dio origen al primer hormigón de la historia.

Fotografía 15. Coliseo Romano



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Los antiguos Romanos emplearon tierra o ceniza volcánica, también conocidas como puzolana, la cual contiene sílice y alúmina que al combinarse químicamente con la cal dan como resultado el denominado cemento puzolánico, también añadiendo en su masa jarras o materiales de baja densidad como la piedra pomes se dio origen al primer concreto aligerado, del cual están hechos los arcos de coliseo romano y la cúpula del panteón de Agripa de unos 43 metros de diámetro, la de mayor luz durante siglos (Hormigonar, 2009).

Después de la caída del Imperio Romano el hormigón fue poco utilizado debido a la falta de personas que tuvieran el conocimiento de su apropiada elaboración, solo hasta el siglo XIII se encuentran muestras de su uso, en la que se vuelve a utilizar en los cimientos de la Catedral Salisbury, o en la Torre de Londres, en Inglaterra.

Fotografía 16. Catedral – Salisbury



Catedral-salisbury. Fuente: (Arquitectura asombrosa, s.f.)

En el siglo XVIII Se erige el faro de Eddystone en Inglaterra; se reconoce el valor de la arcilla sobre las propiedades hidráulicas de la cal.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

En el siglo XIX durante el año 1824 James Parker y Joseph Aspdin (S T N Microcement Evolution, s.f.), patentaron el cemento Portland, obtenido de caliza arcillosa y carbón calcinados a alta temperatura; luego en 1845 Isaac Johnson fabrica el prototipo del cemento moderno, elaborado de la mezcla de caliza y arcilla calcinada a alta temperatura.

El francés Joseph Monier patentó varios métodos en la década de 1860, pero fue François Hennebique quien ideó un sistema convincente de hormigón armado, patentado en 1892, que utilizó en la construcción de una fábrica de hilados en Tourcoing, Lille, en 1895.

En el siglo XX Se comienzan a introducir las innovaciones del concreto armado a la Arquitectura e Ingeniería; y es a partir de este momento cuando alcanza un gran desarrollo en la sistematización de sus técnicas, métodos constructivos y cálculos, con este crecimiento tecnológico nacen industrias relacionadas o derivadas del cemento, para controlar mejor su uso y para su empleo más eficiente, se crean industrias como: del concreto premezclado, de la prefabricación, del pre esfuerzo, tubos, blocks, entre otros.

En 1904 se funda la Institución Británica de Estándares, se publica la primera especificación del Cemento Portland por la American Society for Testing Materials (A. S. T. M.) y comienzan las investigaciones sobre las propiedades del cemento en una base científica y sistemática.

Llegada del Concreto a Colombia

El ingeniero J.M Davison (Asocreto, 2006, pág. 20), explica sus experiencias desde 1865 con el uso de arenas de origen volcánico, estanques y sus estaciones de concreto, se cree que es la primera vez que se ensaya en este país el concreto, pero sin embargo ya al final de la colonia en su memoria de 1796 sobre las 47 bóvedas de Cartagena, el teniente general Antonio de Arévalo, quien fue un ingeniero militar español, nos habla de sus concretos.

Fotografía 17. Bóvedas de Cartagena – Colombia

Las Bóvedas - Cartagena (World66, s.f.)

Panamá laboratorio de edificios hoteleros, hospitales, estaciones y casas prefabricadas desde 1855, habrá sido ya lugar de iniciales aplicaciones francesas del cemento armado; hasta cuando con el reglamento de construcciones de 1907, se definieran en los edificios de almacén de madera como tipología común, gradualmente transmutada en las tres décadas siguientes a construcciones en concreto.

Marco Legal

Para que un concreto sea apto y no sea estructural debe estar mínimo en 10 Mpa y máximo 17 Mpa, (NSR 10 título C), (ver anexo 2).

Los elementos no estructurales son aquellos que no son parte de la estructura, sino que son complementos que no la afectan, como: mesones, antepechos, ventanas, puertas, tejas, cielos rasos, alistados etc., (NSR 10 título B), (ver anexo 2).

El mobiliario urbano es un conjunto de objetos como: sillas, bolardos, mesas, luminarias, barandas etc. Que son destinados a prestar un servicio a los ciudadanos. (Cartilla de Mobiliario Urbano IDU y DAPD). (Ver anexo 5)

Para cada clase de concreto utilizado se debe tomar 1 muestra por cada 40 m³ o mínimo una vez por día. (NTC 454)(NTC 550 – ASTM C31M) (Ver anexo 6)

La toma de asentamiento se realiza para verificar la calidad del concreto. (NTC 396). (Ver anexo 6).

Resultados

Preparación Mezcla de Argamasa Remplazando un % del Cemento

Para realizar las mezclas correspondientes de argamasa y así poder encontrar una mezcla acorde con la resistencia se necesita, en este caso 14 Mpa para la silla de mobiliario urbano, se va a utilizar la dosificación para concreto de 17 Mpa ósea la mezcla número 3, (1 ½; 2; 2) identificada en la tabla número 2.

En esta investigación se irá reduciendo cemento y a la vez el porcentaje de cemento reducido se remplazara por cascarilla de arroz quemada al cien por ciento la cual se va a denominar a cada mezcla así: 01-A, 02-A, 03-A Y 04-A

Mezcla 01-A.

Remplazando 10% del cemento por cascarilla de arroz quemada.

Paso 1. Se inicia con la mezcla remplazando el 10% del cemento por cascarilla de arroz quemada al 100%.

Fotografía 18. Remplazando el 10% de cemento por cascarilla de arroz



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Paso 2. Se procede a mezclar con el resto de materiales, (grava, arena de río y agua).

Fotografía 19. Mezcla de cemento, cascarilla de arroz, grava, arena de río y agua.



Fuente: elaboración propia

Paso 3. Después de mezclar homogéneamente se procede a fundir los cilindros, hay que recordar que este tipo de cilindros se funden en dos capas y cada capa se compacta con 25 golpes uniformemente repartidos con la varilla lisa de $\frac{3}{4}$ ".

Fotografía 20. Toma de muestras



Fuente: elaboración propia

Paso 4. Luego de fundir los cilindros se enrasan con el palustre y se da a cada camisa golpecitos con el mazo de caucho para sacarle el exceso de aire.

Fotografía 21. Enrace de muestra y vibrado

Fuente: elaboración propia

Paso 5. Después de que estén listos se deja en un lugar libre de vibraciones, del sol y de la intemperie y después de 24 horas mínimo se puede desencofrar y marcar.

Fotografía 22. Desencofre de muestras y marcado

Fuente: elaboración propia

Paso 6. Al terminar todo el proceso con cada una de las mezclas, se sumergen los cilindros en agua para que empiece el proceso de curado, deben mantenerse en agua hasta que se lleve a fallar cada muestra o cilindro.

Fotografía 23. Curado de cilindros

Fuente: elaboración propia

Para las tres mezclas restantes solo se pondrán las imágenes de las tomas de muestras y fraguado ya que todo el proceso visto anteriormente en las imágenes se repite, con la excepción que en cada mezcla va aumentando el porcentaje de cemento a remplazar por cascarilla de arroz quemada al cien por ciento.

Mezcla 02-A.

Remplazando 20% del cemento por cascarilla de arroz quemada.

Fotografía 24. Remplazando 20% de cemento

Fuente: elaboración propia

Mezcla 03-A.

Remplazando 30% del cemento por cascarilla de arroz quemada.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Fotografía 25. Remplazando 30% de cemento



Fuente: elaboración propia

Mezcla 04-A.

Remplazando 40% del cemento por cascarilla de arroz quemada.

Fotografía 26. Remplazando 40% de cemento



Fuente: elaboración propia

Resultados pruebas de resistencia.

Es necesario recordar que se tomaron de cada mezcla cuatro muestras, de las cuales se falló una a los siete días, otra a los 14 y dos a los 28 días.

Estas muestras fueron falladas en los laboratorios de Contecon – Urbar; resultando como evidencia los resultados arrojados. (Ver anexo 4).

Tabla 5. Resultados de resistencia

numero de muestra	Edad en días	Resistencia nominal (Mpa)	RESULTADO		Porcentaje alcanzado
			Mpa	psi	
01-A	7	17,2	7,7	1,125	45%
01-A	14	17,2	9,9	1,440	58%
01-A	28	17,2	16,1	2,344	94%
01-A	28	17,2	17,2	2,504	100%
02-A	7	17,2	6,0	872	35%
02-A	14	17,2	9,1	1,323	53%
02-A	28	17,2	13,7	1,994	80%
02-A	28	17,2	13,14	1,958	78%
03-A	7	17,2	4,6	669	27%
03-A	14	17,2	7,4	1,073	43%
03-A	28	17,2	11,9	1,741	70%
03-A	28	17,2	11,7	1,704	68%
04-A	7	17,2	5,1	741	30%
04-A	14	17,2	6,2	904	36%
04-A	28	17,2	9,2	1,346	54%
04-A	28	17,2	9,2	1,348	54%

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados, la mezcla 02-A de dosificación 1 1/2; 2; 2 remplazando el 20% de cemento por cascarilla de arroz quemada, está en el rango de 14 Mpa o 2000 psi de resistencia a la compresión a los veintiocho días de fundida la mezcla. Es decir que esta es la mezcla indicada para la elaboración de la silla urbana, es por esto que esta será la dosificación a utilizar.

Apu silla en argamasa cementante

Al identificar la argamasa cementante con la cual se va a elaborar la silla urbana, procedemos a hacer el análisis de precios unitarios para saber el costo de la silla y la argamasa cementante y verificar si es más económica que el concreto de 14 Mpa o 2000 psi.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Tabla 6. APU argamasa cementante

		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
Versión		Vigencia		Código	Hoja 1 de 1
0		0		0	
FECHA		DICIEMBRE 6 DE 2012		0	
CONTRATO N°					
DESCRIPCION ITEM: ARGAMAZA CEMENTANTE, REMPLAZANDO EL 20% DE CEMENTO POR CASCARILLA DE ARROZ QUEMADA AL 100%					
CAPITULO	ITEM		1	UNIDAD	M3
DESCRIPCION		UND	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
1. MATERIALES					
CEMENTO		KL	193,20	500	96.600
GARVILLA		M3	1,01	37.000	37.370
ARENA DE RIO		M3	0,62	35.700	22.134
CASCARILLA DE ARROZ		KL	50,00	200	10.000
AGUA		LT	196,00	\$ 20	3.920
OBSERVACIONES:		SUMAN			170.024,00
		TOTAL MATERIALES			170.024,00
DESCRIPCION		UND	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
2. EQUIPOS					
HERRAMIENTA MENOR DE OBRA		D	0,0600	32.000,00	1.920,00
					-
					-
OBSERVACIONES:		SUMAN			1.920,00
		TOTAL EQUIPOS			1.920,00
DESCRIPCION		UND	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
3. TRANSPORTE					
					-
OBSERVACIONES:		SUMAN			-
		TOTAL TRANSPORTES			-
DESCRIPCION		UND	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
4. MANO DE OBRA					
AYUDANTE DE ALBAÑILERIA		hh	2,00	6.069	12.138,00
					-
					-
OBSERVACIONES:		SUMAN			12.138,00
		TOTAL MANO DE OBRA			12.138,00
TOTAL COSTO DIRECTO				184.082,00	

Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Tabla 7. APU silla en argamasa cementante.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Versión		Vigencia		Código	Hoja 2 de 2
0		0		0	
FECHA		DICIEMBRE 6 DE 2012		0	
CONTRATO N°					
DESCRIPCION ITEM: SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE					
CAPITULO	ITEM		1	UNIDAD	M3
DESCRIPCION		UND	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
1. MATERIALES					
ARGAMAZA CENETANTE AL 20% DE CASCARILLA DE ARROZ A LA VISTA DE 2000 PSI		M3	0,06	184.082	11.045
LAMINA MADERA RH		M3	0,50	44.900	22.450
TORNILLO DE 2"		und	58,00	25	1.450
ALAMBRE NEGRO # 18		K	0,50	2.400	1.200
VARILLA CORRUGADA 3/8"		KL	5,78	\$ 2.000	11.558
ACPM		GL	0,15	\$ 8.500	1.275
OBSERVACIONES:		SUMAN			48.978,32
		TOTAL MATERIALES			48.978,32
DESCRIPCION		UND	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
2. EQUIPOS					
HERRAMIENTA MENOR DE OBRA		GLB	1,00	2.500,00	2.500,00
TALADRO ATORNILLADOR		DD	0,25	14.000,00	3.500,00
PULIDORA		DD	0,15	20.000,00	3.000,00
OBSERVACIONES:		SUMAN			9.000,00
		TOTAL EQUIPOS			9.000,00
DESCRIPCION		UND	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
3. TRANSPORTE					
					-
OBSERVACIONES:		SUMAN			-
		TOTAL TRANSPORTES			-
DESCRIPCION		UND	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
4. MANO DE OBRA					
AYUDANTE DE ALBAÑILERIA		hh	2,00	6.069	12.138,00
					-
					-
OBSERVACIONES:		SUMAN			12.138,00
		TOTAL MANO DE OBRA			12.138,00
TOTAL COSTO DIRECTO				70.116,00	

Fuente: elaboración propia

Diseño de Silla para Mobiliario Urbano.

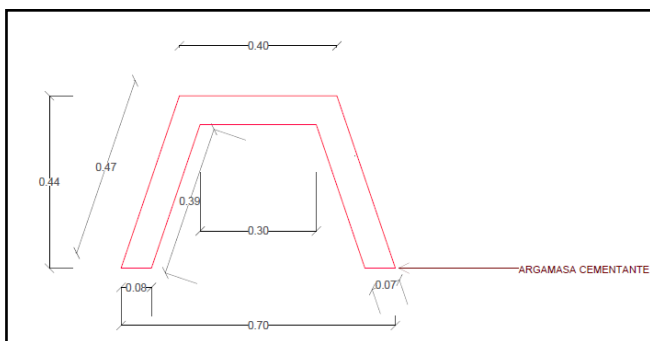
Al comprobar que la argamasa resultante de 14Mpa o 2000 psi es más económica que el concreto no estructural de 14 Mpa o 2000 psi, se continúa con el diseño, armada y fundida de la silla.

Diseño de la silla.

La silla está diseñada, de acuerdo a las normas antropométricas de Neufret (Neufret, 1995).

- Corte 1. Vista frontal.

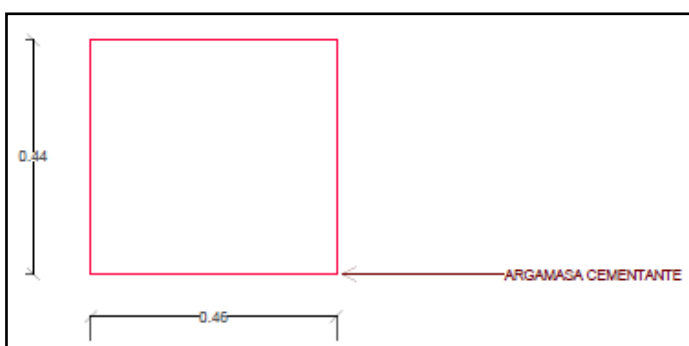
Figura 1. Vista frontal de la silla



Fuente: elaboración propia

- Corte 2. Vista lateral.

Figura 2. Vista lateral de la silla

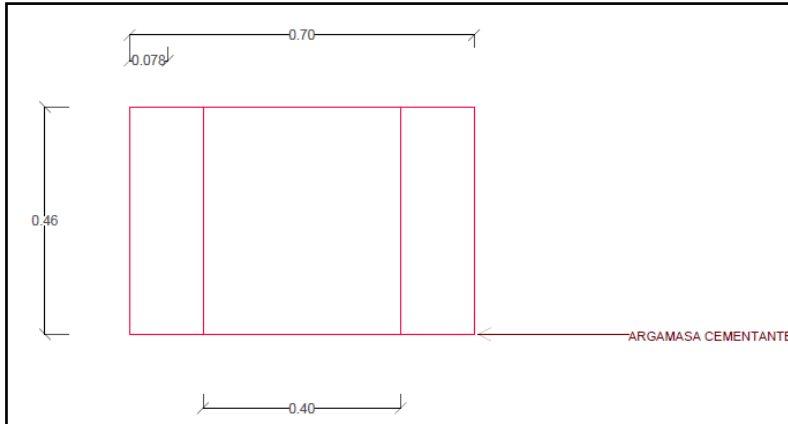


SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Fuente: elaboración propia

- Corte 3. Planta.

Figura 3. Planta de la silla



Fuente: elaboración propia

Formaleta.

La formaleta o encofrado que se elaboró para la silla es en madera aglomerada (RH), La madera RH es una lámina capaz de resistir condiciones de ambientes húmedos o contactos ocasionales con el agua, esta lámina está formada por tres capas de partículas de madera aglomeradas mediante la adición de resinas especiales de termo fraguado y la aplicación de procesos de alta presión y temperatura, esto hace que supere las condiciones presentes en la madera maciza, eliminando inconvenientes característicos de su estado natural.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Fotografía 27. Formaleta para silla en madera RH

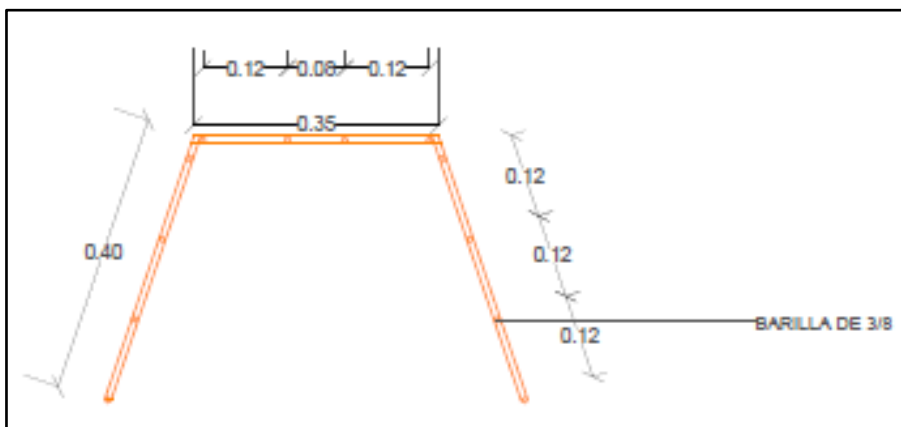
Fuente: elaboración propia

Estructura de la silla.

La silla estará reforzada con varilla corrugada de 3/8", en cuadrículas de 12 cm por 12 cm formadas por alambre negro.

Despiece.

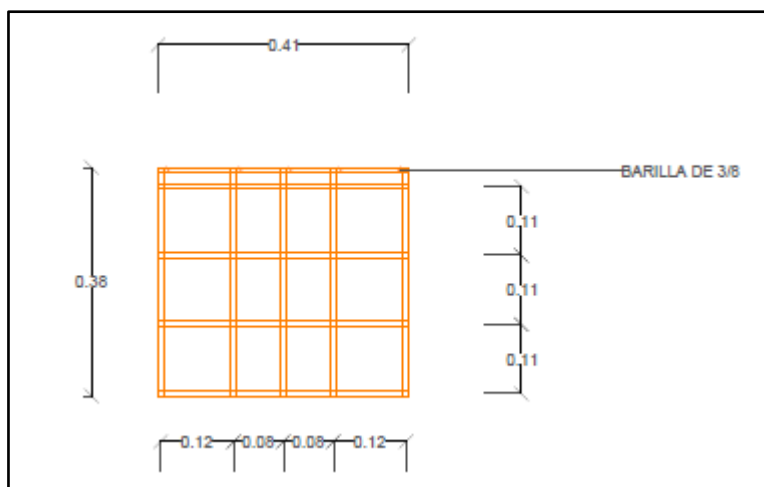
- Corte 1. Vista frontal.

Figura 4. Vista frontal de la silla

Fuente: elaboración propia

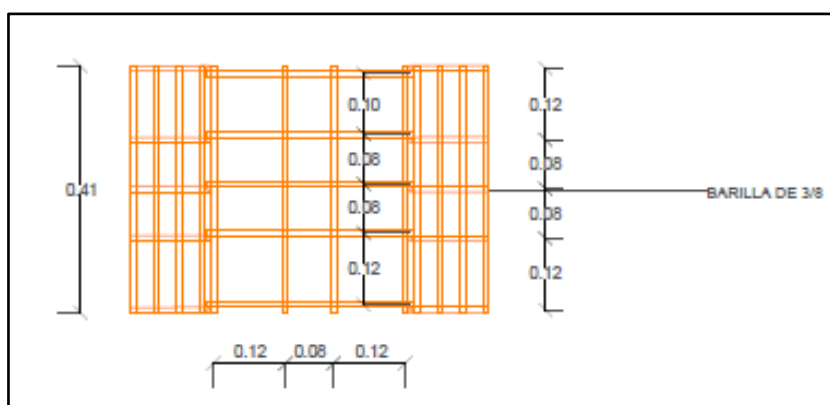
- Corte 2. Vista lateral.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Figura 5. Vista lateral de la silla

Fuente: elaboración propia

Corte 3. Planta.

Figura 6. Planta de la silla

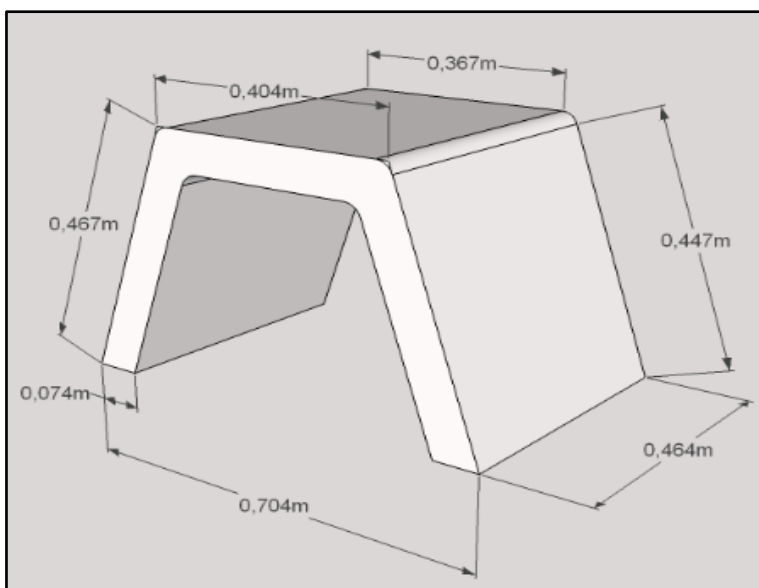
Fuente: elaboración propia

Acabado.

El acabado de la silla para mobiliario urbano, será en concreto a la vista, ya que una de las ventajas de la madera RH es el acabado liso que deja al desencofrar.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Figura 7. Acabados.



Fuente: elaboración propia

Elaboración de la silla.

- Paso 1. Se arma la parrilla que va a hacer la estructura y que va a soportar la silla con varilla corrugada de 3/8".

Fotografía 28. Amarrado de parrilla en varilla corrugada de 3/8".



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Fotografía 29. Parrilla en varilla de 3/8



Fuente: elaboración propia

- Paso 2. se arma la formaleta para la silla de mobiliario urbano y se procede a montar la estructura de la silla en la formaleta, en este caso, se rompió uno de los cilindros a los cuales les fallo la prueba y se utilizaron los trozos de concreto como panelas para distanciar la parrilla de la formaleta.

Fotografía 30. Estructura de la silla montada en la formaleta



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

- Paso 3. Una vez teniendo lista la formaleta con la estructura dentro, se procede a elaborar la argamasa cementante, con la mezcla **02-A** que previamente seleccionamos.

Fotografía 31. Mezcla 02-A



Fuente: elaboración propia

- Paso 4. Cuando está lista la mezcla de argamasa cementante, el paso siguiente es realizar el vaciado de concreto.

Fotografía 32. Vaciado de la silla para mobiliario urbano.



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

- Paso 5. A medida que se va vaciando la argamasa cementante, es necesario realizar vibración manual con la varilla lisa de 5/8" y el martillo de caucho.

Fotografía 33. Vibrado manual



Fuente: elaboración propia

- Paso 6. Una vez terminado el vaciado, es importante asegurar con un listón de lado a lado la formaleta para evitar que se abra, y también asegura con tornillos de 1 ½" alrededor de toda la formaleta para darle más estabilidad a la misma.

Fotografía 34. Aseguración de la formaleta



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

- Paso 7. Pasadas 24 horas se puede desencofrar la silla para que empiece el curado, como la silla es bastante grande para sumergirla en un recipiente de agua, procedemos a envolverla en plástico dejando partes descubiertas para poder hidratarla entre dos a tres veces al día.

Fotografía 35. Desencofre y curado de la silla



Fuente: elaboración propia

- Silla en argamasa cementante, terminada.

Fotografía 36. Silla terminada



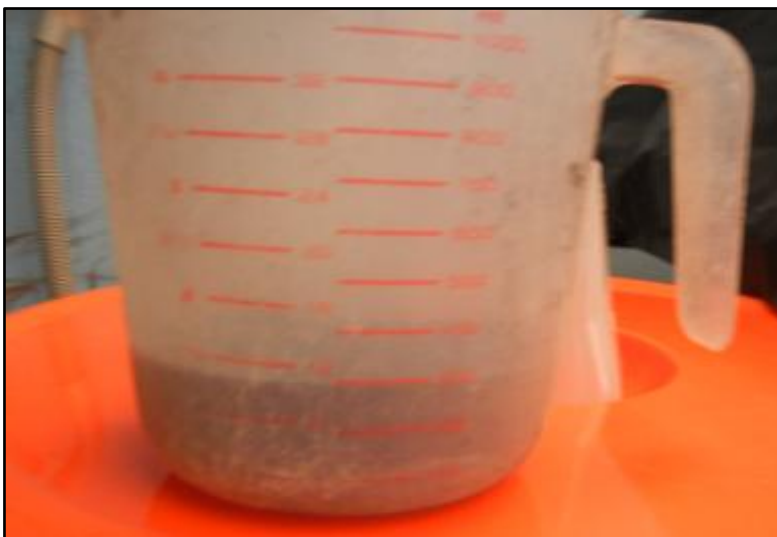
Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Elementos utilizados en la mezcla de la argamasa cementante.

Elemento 1. La taza medidora se utiliza para sacar la medida del cemento, la arena, la grava, la cascarilla de arroz y el agua.

Fotografía 37. Taza medidora



Fuente: elaboración propia

Elemento 2. Las camisas se utilizaron para realizar las muestras que posterior mente se llevaron a fallar al laboratorio.

Fotografía 38. Camisas para cilindros de concreto de 4" x 8"



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Elemento 3. El martillo de caucho necesario para el vibrado manual del concreto.

Fotografía 39. Martillo de caucho



Fuente: elaboración propia

Elemento 4. La varilla lisa de $\frac{3}{4}$ “se utilizó para el vibrado del concreto de las muestras de 4” x 8” para el laboratorio.

Fotografía 40. Varilla lisa de $\frac{3}{4}$ ”



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Elemento 5. La varilla lisa de 5/8 “se utilizó para el vibrado de la silla.

Fotografía 41. Varilla lisa de 5/8”



Fuente: elaboración propia

Elemento 5. El palustre se utilizó para mezclar los materiales para la muestra y la silla, también para enrazarlas.

Fotografía 42. Palustre



Fuente: elaboración propia

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Elemento 6. El recipiente se utilizó para mezclar todos los componentes de las mezclas de concreto que se realizaron.

Fotografía 43. Recipiente.



Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Se observó que a mayor cantidad de cemento remplazado por cascarilla de arroz, baja la resistencia a la compresión inicial, es por esto que es importante establecer un nivel medio para la sustitución del cemento.

Se concluyó que para elaborar argamasa cementante con resistencia a la compresión de 14 Mpa o 2000 psi la dosificación a utilizar es 1 ½; 2; 2., remplazando un 20% de cemento por cascarilla de arroz quemada al 100%.

Se observó que a mayor cantidad de cascarilla de arroz, la argamasa cementante deja un acabado con tonalidad más oscura que el concreto no estructural normal.

Se demostró que se puede bajar el costo del mobiliario urbano en un 10%, manteniendo una resistencia de 14 Mpa utilizando la argamasa cementante de dosificación 1 ½ ; 2; 2., remplazando el 20% del cemento por cascarilla de arroz quemada al 100%.

Se evidencio que la madera RH deja un acabado a la vista liso y es fácil de desencofrar.

Referencias

- Aceros Arequipa. (s.f.). *Manual de construcción para propietarios. Equipos*. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com/manual-para-propietarios/equipos/la-vibradora.html>
- Arq.com.mx. (s.f.). *Dosificación del concreto*. Recuperado de <http://documentos.arq.com.mx/Detalles/54399.html>
- Arquigráfico. Arquitectura, ingeniería y decoración. (s.f.). *Normas para hacer un Concreto de Calidad*. Recuperado de <http://www.arkigrafico.com/normas-para-hacer-un-concreto-de-calidad/>
- Arquitectura asombrosa. (s.f.). *Catedral de Salisbury (Cathedral Church of the blessed Virgin Mary) [archivo de blog]*. Recuperado de <http://asombroaarquitectura.blogspot.com.co/2013/12/catedral-de-salisbury-cathedral-church.html>
- Asocreto. (2006). *La construcción del concreto en Colombia: apropiación, expresión, proyección*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos. Recuperado de <http://documents.mx/documents/historia-del-concreto-asocreto2006.html>
- Biodisol Energías alternativas, energías renovables, energías limpias, Bioenergías. (15 de diciembre de 2009). *Hormigón ecológico: un buen uso para la cáscara de arroz*. Recuperado de <http://www.biodisol.com/medio-ambiente/hormigon-ecologico-un-buen-uso-para-la-cascara-de-arroz-medio-ambiente-construccion-sostenible/>
- Chur, G. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería [Tesis]*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

San Carlos de Guatemala. Recuperado de
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3173_C.pdf

Constructora Industrial y Minas. (14 de febrero de 2012). *Materiales de construcción, técnicas de construcción*. Recuperado de
<http://constructoraindustrialyminas.com/blog/componentes-del-hormigon-agua/>

Construmática. (s.f.). *Clasificación de elementos prefabricados*. Recuperado de
http://www.construmatica.com/construpedia/Clasificaci%C3%B3n_de_Elementos_Prefabricados

El Universo. Vida y estilo. (29 de 11 de 2009). *Un proyecto con la cascarilla de arroz ayuda al ambiente*. Recuperado de <http://www.eluniverso.com/2009/11/29/1/1430/un-proyecto-cascarilla-arroz-ayuda-ambiente.html>

El vibrado en el concreto. (2008). *Revista Construir*(113). Recuperado de
<http://www.revistaconstruir.com/obra-gris/tecnologia-del-concreto/113-el-vibrado-en-el-concreto>

Elizay Miguel. Notas de Eliza. (16 de 12 de 2009). *Ciencia, Tecnología y Compromiso juvenil. Los Arquí - Locos de Río Branco [archivo de blog]*. Recuperado de
http://blogs.montevideo.com.uy/blognoticia_32624_1.html

Guestee075bf9. (s.f.). *Prueba de asentamiento en el concreto [Slideshare]*. Recuperado de
<http://www.slideshare.net/guestee075bf9/prueba-de-asentamiento-en-el-concreto>

Hormigonar. (30 de septiembre de 2009). *El Panteón Romano. Una de las primeras construcciones en hormigón*. Recuperado de
http://www.hormigonelaborado.com/sistema/web/default_popup.asp?IDSEC=62&IDC ONTPRI=582

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Mercedes. (2010). *Arquitectura Romana. Sistemas constructivos y aparejos [slideshare]*.

Recuperado de <http://es.slideshare.net/rosarmer/arquitectura-romana-sistemas-constructivos-y-aparejos>

Microcemento. (s.f.). *Historia del hormigon*. Recuperado de

<http://www.microcemento.org/historia-hormigon>

Moviliario urbano. Imagen Bogotá S.A.S. (2010). *Productos: banca en concreto con espaldar*.

Recuperado de http://mobiliariourbanoimagenbogota.com/open_m-30.html

Neufret, E. (1995). *El arte de proyectar en arquitectura* (14 ed.). Barcelona: Gustavo Gili.

S T N Microcement Evolution. (s.f.). *El hormigón a lo largo de la historia [archivo de Blog]*.

Recuperado de <http://microcemento.org/el-hormigon-a-lo-largo-de-la-historia/>

Universidad de Costa Rica. (19 de septiembre de 2011). *¿Qué son los componentes*

estructurales y no estructurales? Recuperado de

<http://www.lis.ucr.ac.cr/index.php?id=39>

World66. (s.f.). *Las Bovedas*. Recuperado de

<http://www.world66.com/southamerica/colombia/cartagena/shopping/lasbovedas>

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Anexos

Anexo 1. Oferta comercial Argos

OFERTA COMERCIAL										
CONCRETO GRIS SEGÚN RESISTENCIA DE DISEÑO - Tamaño máximo nominal 1"										
RESISTENCIA ESPECIFICADA A 28 DÍAS		NORMAL	BOMBEO	PLÁSTICO	FLUIDO	CARACTERÍSTICAS ADICIONALES				
Kg/cm ²	MPa	Asent. 4" +/- 1"	Asent. 5" +/- 1"	Asent. 6" +/- 1"	Asent. 9" +/- 1"	ACELERADO 3 DÍAS	ACELERADO 7 DÍAS	BAJA PERMEABILIDAD	FRAGUADO RETARDADO	SILICA
105	10.0	194,560		195,600	202,720					
140	14.0	209,200		210,320	217,360	41,600	35,360	4,880	3,440	
175	17.0	224,960	225,600	226,160	233,120	41,600	35,360	4,880	3,440	
210	21.0	241,920	242,560	243,200	250,080	41,600	35,360	4,880	3,440	40,000
245	24.0	246,720	247,440	248,080	255,120	51,600	43,840	5,280	3,680	43,200
280	27.0	256,640	257,280	257,920	264,800	55,760	47,360	5,680	4,000	46,800
315	31.0	277,200	277,840	278,560	286,000	60,240	51,120	6,160	4,320	50,400
350	34.0	299,360	300,080	300,880	308,880	65,040	55,200	6,640	4,640	54,400
385	38.0				333,600		59,600	7,200	5,040	58,400
420	41.0				360,320		64,400	7,760	5,440	63,200
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 3/4"										
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 1/2"		4,000	4,000	4,000	4,000					
SERVICIO										
TIPO DE SERVICIO:						\$/M ³				
SERVICIO DE BOMBEO						30,000				
PEAJES										

Anexo 2. NSR 10 título c y b**NSR 10 TITULO C**

En el título C de la NSR 10 dice que Para el concreto estructural no debe ser inferior a 17 MPa, que equivale a 2500 PSI.

TITULO B**B.3.4 — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

Para el cálculo de las cargas muertas producidas por materiales de construcción no estructurales, estos elementos se dividen en horizontales y verticales.

B.3.4.1 — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES HORIZONTALES — Los elementos no estructurales horizontales son aquellos cuya dimensión vertical es substancialmente menor que sus dimensiones horizontales, y están aplicados, soportados, fijados o anclados a las losas o a la cubierta de la edificación. Estos elementos incluyen, entre otros: formaletería permanente para losas o viguetas, morteros de afinado de piso, rellenos de piso, acabados de piso, rellenos en cubiertas inclinadas, elementos de cubiertas, tejas, membranas impermeables, aislamientos térmicos, claraboyas, cielo raso, alistados, y ductos para servicios.

B.3.4.2 — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES VERTICALES — Los elementos no estructurales verticales son aquellos cuya dimensión vertical es substancialmente mayor que su mínima dimensión horizontal y se encuentran erguidos libremente o soportados por los elementos estructurales verticales o fijados a ellos o anclados solamente a las losas de entrepiso. Tales elementos incluyen, entre otros: fachadas, muros no estructurales, particiones, recubrimiento de muros, enchapes, ornamentación arquitectónica, ventanas, puertas, y ductos verticales de servicios. En las edificaciones en las cuales se puedan disponer particiones, se debe hacer provisión de carga para ellas, ya sea que estas figuren o no, en los planos arquitectónicos.

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Anexo 3. Resultados mezcla base.



ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

NTC 673

Consulta General de Elementos

* El presente informe afecta únicamente a las muestras referenciadas en el mismo y esta sujeto a verificación.

** Este informe no deberá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Contecon Urbar S.A.

Número de Muestra	Dimensión probeta (cm)	Fecha de muestreo	Asent. (mm)	Edad	Fecha de rotura	Resistencia Nominal (Mpa)	RESULTADO			Porcentaje Alcanzado	Observaciones	Tipo Falla
							psi	Mpa	kg/cm²			
B-11446 CONTROL DE CALIDAD - TRABAJO DE TESIS												
01	15 x 30	20-Sep-12 07:00 am		8	28-Sep-12	17.2	515	3.5	36	21%	Proyección Bajo	3
	Localización: PRUEBA 1;3;3											
02	15 x 30	20-Sep-12 07:30 am		8	28-Sep-12	17.2	730	5.0	51	29%	Proyección Bajo	5
	Localización: PRUEBA 1;2;2											
03	15 x 30	20-Sep-12 08:00 am		8	28-Sep-12	17.2	1,651	11.3	116	66%		5
	Localización: PRUEBA 1 1/2 ;2,2											

Los tipos de falla corresponden a los indicados en la norma NTC 673 figura 2 "Esquema de los Modelos de Fractura Típicos"

Anexo 4. Resultados muestras para argamasa cementante.



ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

NTC 673

Consulta General de Elementos

* El presente informe afecta únicamente a las muestras referenciadas en el mismo y esta sujeto a verificación.

** Este informe no deberá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Contecon Urbar S.A.

Número de Muestra	Dimensión probeta (cm)	Fecha de muestreo	Asent. (mm)	Edad	Fecha de rotura	Resistencia Nominal (Mpa)	RESULTADO			Porcentaje Alcanzado	Observaciones	Tipo Falla
							psi	Mpa	kg/cm²			
B-11446 CONTROL DE CALIDAD - TRABAJO DE TESIS												
01-A	10 x 20	04-Oct-12 10:07 am		7	11-Oct-12	17.2	1,125	7.7	79	45%	Proyección Bajo	4
	Localización:											
01-A	10 x 20	04-Oct-12 10:07 am		14	18-Oct-12	17.2	1,440	9.9	101	58%	Proyección Bajo	
	Localización:											
01-A	10 x 20	04-Oct-12 10:07 am		28	01-Nov-12	17.2	2,344	16.1	164	94%	Bajo	4
	Localización:											
01-A	10 x 20	04-Oct-12 10:07 am		28	01-Nov-12	17.2	2,504	17.2	175	100%		5
	Localización:											
02-A	10 x 20	04-Oct-12 11:26 am		7	11-Oct-12	17.2	872	6.0	61	35%	Proyección Bajo	4
	Localización:											
02-A	10 x 20	04-Oct-12 11:26 am		14	18-Oct-12	17.2	1,323	9.1	93	53%	Proyección Bajo	4
	Localización:											
02-A	10 x 20	04-Oct-12 11:26 am		28	01-Nov-12	17.2	1,994	13.7	140	80%	Bajo	4
	Localización:											
02-A	10 x 20	04-Oct-12 11:26 am		28	01-Nov-12	17.2	1,958	13.4	137	78%	Muy Bajo	5
	Localización:											
03-A	10 x 20	05-Oct-12 10:40 am		7	12-Oct-12	17.2	669	4.6	47	27%	Proyección Bajo	4
	Localización:											
03-A	10 x 20	05-Oct-12 10:40 am		14	19-Oct-12	17.2	1,073	7.4	75	43%	Proyección Bajo	4
	Localización:											
03-A	10 x 20	05-Oct-12 10:40 am		28	02-Nov-12	17.2	1,741	11.9	122	70%	Muy Bajo	4
	Localización:											BAJA ADHERENCIA
03-A	10 x 20	05-Oct-12 10:40 am		28	02-Nov-12	17.2	1,704	11.7	119	68%	Muy Bajo	3
	Localización:											Y POROSOS
04-A	10 x 20	05-Oct-12 12:06 pm		7	12-Oct-12	17.2	741	5.1	52	30%	Proyección Bajo	3
	Localización:											
04-A	10 x 20	05-Oct-12 12:06 pm		14	19-Oct-12	17.2	904	6.2	63	36%	Proyección Bajo	4
	Localización:											
04-A	10 x 20	05-Oct-12 12:06 pm		28	02-Nov-12	17.2	1,346	9.2	94	54%	Muy Bajo	4
	Localización:											BAJA ADHERENCIA
04-A	10 x 20	05-Oct-12 12:06 pm		28	02-Nov-12	17.2	1,348	9.2	94	54%	Muy Bajo	4
	Localización:											Y POROSOS

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

Anexo 5. Cartilla de mobiliario urbano



Cartilla de Mobiliario Urbano
Secretaría Distrital de Planeación.
Taller del Espacio Público.

Criterios de diseño

Imagen Propia para Bogotá.
Aunque existía la posibilidad de utilizar elementos urbanos de línea de algunos fabricantes locales o internacionales, se consideró que Bogotá al igual que muchas otras ciudades merece tener una imagen propia que la caracterice y defina, una imagen digna y acorde con nuestro contexto.

Unidad y Continuidad Espacial
Se planteó la utilización de un único mobiliario para toda la ciudad. El objeto es lograr unidad y claridad, para modificar los hábitos actuales de uso de mobiliario desarrollado casualmente, sin consulta a las entidades competentes, anárquica y de baja calidad. Al usarse un único mobiliario se obtiene también como resultado la repetición de elementos ordenadores en la ciudad, generando un sistema que permite obtener continuidad en el espacio público.

Sencillez y Neutralidad
Se ha buscado que el mobiliario conforme un grupo de elementos que acompañe y dote los espacios. El diseño de cada elemento se ha planteado austero sin tener en cuenta modas o estilos de época. La sencillez en los elementos permite obtener un carácter neutro y adaptable a cualquier contexto urbano, las diferentes piezas se perciben entonces como un componente más del entorno y no como objetos impuestos sobre el mismo.

Funcionalidad y Confort
Para la elaboración del paquete de mobiliario se ha tenido especial cuidado en que las piezas sean funcionales, ergonómicas y apropiadas para exteriores. Se ha buscado también que cumplan su función con el mínimo número de elementos y se ha evitado colocar elementos decorativos sin propósito alguno.

Robustez y durabilidad
En las soluciones constructivas y especificaciones se hizo énfasis en garantizar la permanencia del elemento en el tiempo, su resistencia frente al vandalismo y su fácil limpieza.

Se tuvo especial cuidado en cómo llegan los elementos al piso ya que este es uno de los puntos más vulnerables de todo mobiliario. Se escogieron materiales de gran resistencia frente al agua y a posibles golpes, así como materiales que hicieran factible un buen mantenimiento. Así mismo, se evitaron tornillos visibles y se desarrollaron anclajes ocultos evitando que las piezas y sus partes puedan ser desbaratadas o robadas.

Resolución Constructiva Racional y Materiales.
Se racionalizó y estandarizó en lo posible los elementos para que su fabricación sea sencilla. Se tuvo en cuenta también, que las medidas planteadas correspondieran con estándares existentes en el mercado para optimizar el proceso de producción.

Para cada elemento se implementó una opción constructiva, que ha sido complementada por planos de desarrollo industrial para los elementos de mobiliario que demandan información adicional aparte de la incluida en las fichas básicas. Sin embargo es importante aclarar que la solución constructiva presentada es una alternativa y cada fabricante en particular puede desarrollar su propia solución, siempre y cuando esta no cambie la apariencia, forma específica, materiales y especificaciones del elemento de mobiliario.

Los elementos compuestos se han despieceado en varias partes permitiendo su fácil mantenimiento y posibilitando su reemplazo por secciones en caso de avería parcial. Las piezas son entonces modulares, de fácil instalación en el lugar, y permiten ser reemplazadas sin desmontar todo el elemento.

Los anclajes a piso se han planteado embebidos en la mayoría de los casos para evitar que se conviertan en tropezaderos y en elementos sucios y oxidados (Esta optimización sin embargo conlleva que para una reposición general de la pieza se deba retirar el acabado de piso para llegar hasta los pernos de anclaje. Sin embargo esta es la única forma de obtener los resultados mencionados anteriormente, y es la manera típica como se anclan la gran mayoría de los elementos de mobiliario en los casos estudiados).

Los materiales utilizados se especificaron resistentes al uso exterior y al vandalismo garantizando la durabilidad del elemento. Por esta razón se plantearon materiales como metal con pintura electrostática en la gran mayoría de los casos, y acero inoxidable mate en elementos especiales; material que aunque resulta un poco más costoso garantiza que el elemento requiera de menor mantenimiento. (Inclusiva las ralladuras pueden ser reparadas con pulido). La inversión inicial es un poco mayor pero se justifica como mecanismo de ahorro a mediano plazo.

Color neutral.
Reforzando todos los aspectos anteriormente mencionados, la pintura también ha sido escogida pensando en presencia neutral de los elementos en el entorno. Se han previsto dos alternativas: para parques se utiliza el color verde RAL 6028 y para zonas urbanas duras el gris RAL 7010.

Anexo 6. NTC 454 Y 396.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

NTC396

1992-01-15

INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR ELASENTAMIENTO DEL CONCRETO.

E: STANDARD TEST METHOD FOR SLUMP OF HIDRAULICCEMENT CONCRETE.
CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: hormigón; ensayo de asentamiento; ensayo de comprensión; ensayo mecánico; ensayo I.C.S: 91.100.30

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en la obra y en el laboratorio.

1.2 Esta norma puede involucrar materiales, maniobras y equipos peligrosos; sin embargo, no implica referirse a los problemas de seguridad asociados con su empleo. Es responsabilidad del usuario constatar antes de su empleo las prácticas y condiciones tanto de seguridad como desanidad y, además, determinar la aplicación de éstas.

2. REFERENCIAS

NTC 454, Hormigón fresco. Toma de muestras.

3. RESUMEN DEL MÉTODO

3.1 Una muestra de concreto fresco se coloca en un molde tronco cónico y se compacta mediante una varilla. El molde se levanta permitiendo que el concreto se asiente. El

SILLA URBANA EN ARGAMASA CEMENTANTE CON CASCARILLA DE ARROZ

asentamiento corresponde a la diferencia entre la posición inicial y la desplazada de la superficie superior del concreto. Las mediciones se deben tomar en el centro de la cara superior. El valor resultante debe incluirse en el informe como el asentamiento del concreto.

4.1MOLDE

La muestra debe elaborarse en un molde resistente al ataque de la pasta de cemento. El calibre mínimo del metal debe ser No.16 (BWG); si el molde se ha elaborado mediante el proceso de repujado ningún punto de la pared de éste debe tener un espesor menor de 1,14 mm. El molde debe tener la forma de la superficie lateral de un tronco de cono de $203 \text{ mm} \pm 3,0 \text{ mm}$ de diámetro en la base mayor, $102 \text{ mm} \pm 3,0 \text{ mm}$ de diámetro en la base menor y $305 \text{ mm} \pm 3,0 \text{ mm}$ de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono.