

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Evaluación del comportamiento en bloque hueco de mortero cemento puzolánico con contenido de ceniza de hojas de maíz

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Civil
Por el Br. Cova C. Jesús Rafael

Caracas, Octubre de 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Evaluación del comportamiento en bloque hueco de mortero cemento puzolánico con contenido de ceniza de hojas de maíz

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Trino Baloa

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Civil
Por el Br. Cova C. Jesús Rafael

Caracas, Octubre de 2009

El día _____ se reunió el jurado formado por los profesores:

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: “**Evaluación del comportamiento en bloque hueco de mortero cemento puzolánico con contenido de ceniza de hojas de maíz**”. Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que el (la, las, los) bachiller(es) hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Jesús Rafael Cova Camino		

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO

Caracas, ____ de ____ de 200_

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a quien agradezco mis logros.

A mis padres, hermanos y a mi esposa, quienes siempre estuvieron atentos y me ayudaron en la medida de sus posibilidades.

A los profesores Trino Baloa, Celia Herrera, Cesar Peñuela y Maria Eugenia Korody, quienes me brindaron todo su apoyo y conocimiento durante el proceso de la investigación.

A mis compañeros de carrera por sus recomendaciones.

A la Universidad Central de Venezuela, a quien le debo mi formación personal y profesional.

En la concretera Shalom Alejem C.A: al Director Salvador Torrealba y sus obreros por su apoyo y colaboración.

En el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME): al Técnico Eleone Barrios, de igual manera, a la compañía Ofinova Ingeniería C.A. por la gran confianza que depositaron en mí durante los años de carrera.

A la Arq. Odalys Alcantara y al maestro de obra Juan Ferreira por su apoyo y colaboración.

A todos los que no pude nombrar...

MIL GRACIAS...

Cova C. Jesús R.

Evaluación del comportamiento en bloque hueco de mortero cemento puzolánico con contenido de ceniza de hojas de maíz

Tutor Académico: Prof. Trino Baloa.

Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2009, nº de pág. 107.

RESUMEN

Palabras Claves: Bloque, Puzolana, Maíz, Cemento, Mortero.

A nivel mundial el bloque de mampostería es la estructura más utilizada en obras de edificación, debido a su versatilidad de aplicación y a los niveles de resistencia que con él se pueden obtener. Actualmente en Venezuela existe un incremento de la materia prima en esta industria, específicamente en el cemento Pórtland debido a la demanda que tiene el país en el ámbito de desarrollo; por esta razón es que nos vemos en la necesidad de hacer una investigación de los componentes del bloque. Esta investigación propone la sustitución de 10% y 30% del contenido de cemento Pórtland de una mezcla de mortero cemento Pórtland, por ceniza de hojas de maíz. Con esta sustitución se busca la disminución de los costos que implica el uso del cemento Pórtland en las partidas de construcción, el cual es uno de los más altos y el resultado de la evaluación quedará simplificado a la posibilidad de emplear o no estas mezclas de mortero cemento y la estimación de un porcentaje óptimo de ceniza a sustituir.

Tabla de contenido

Capitulo I

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Objetivos de la Investigación.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.2.3 Aportes.....	5

Capitulo II

MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Mortero de Cemento.....	6
2.2 Cemento Pórtland.....	6
2.3 Peso Específico.....	8
2.4 Diseño de Mezclas.....	9
2.5 Bloque Mortero Cemento.....	10
2.5.1 Sección Bruta.....	10
2.5.2 Sección Neta.....	11
2.5.3 Materiales de diseño y fabricación.....	11
2.6 Clasificación de los bloques.....	11
2.6.1 Según agregado.....	11
2.6.1.1 Bloques pesados.....	11
2.6.1.2 Bloques semipesados.....	11
2.6.1.3 Bloques livianos.....	11
2.6.2 Según su uso.....	12
2.6.2.1 Tipo A.....	12
2.6.2.1.1 Clase A1.....	12
2.6.2.1.2 Clase A2.....	12
2.6.2.2 Tipo B.....	12

2.6.2.2.1 Clase B1.....	12
2.6.2.2.2 Clase B2.....	12
2.7 Apariencia y acabados.....	13
2.7.1 Para bloques tipo A.....	13
2.7.2 Para bloques tipo B.....	13
2.8 Dimensionales.....	13
2.9 Espesores.....	14
2.10 Absorción de agua.....	15
2.10.1 Índice de absorción.....	15
2.10.2 Coeficiente de absorción.....	15
2.10.3 Esponjamiento.....	16
2.11 Resistencia a la compresión.....	16
2.12 Origen del término “PUZOLANA”.....	17
2.12.1 Puzolana.....	17
2.12.2 Clasificación de puzolana según su origen.....	18
2.12.2.1 Puzolanas naturales.....	18
2.12.2.2 Puzolanas artificiales.....	19
2.12.2.3 Puzolanas mixtas o intermedias.....	19
2.13 Método FRATINI.....	20
2.14 Combinación de cemento Pórtland con puzolana.....	20
2.14.1 Reactividad de la puzolana.....	21
2.14.2 Índice de actividad puzolánica.....	21
2.15 Principios del análisis de tamaño de partículas.....	22
2.15.1 Partícula.....	22
2.15.2 Tamaño de partícula.....	22
2.15.3 Analizador de partículas MASTERSIZER 2000.....	23
2.15.3.1 Resultados rápidos y fiables.....	24
2.15.3.2 Amplia gama de tipos de muestra.....	24
2.15.3.3 Nueva posibilidad de alineación rápida.....	25

2.15.3.4	Amplia gama de mediciones.....	25
2.15.3.5	Precisión y Reproducibilidad.....	25
2.15.3.6	Selección de unidades de dispersión de muestra.....	25
2.15.3.7	Reproducibilidad asegurada.....	26
2.16	La agricultura de maíz.....	26
2.16.1	Características Morfológicas. Botánica.....	27
2.16.2	Botánica.....	27
2.16.3	El Tallo.....	27
2.16.4	Inflorescencia.....	27
2.16.5	Las Hojas.....	28
2.16.6	Las Raíces.....	28
2.17	Producción de maíz en Venezuela.....	28
Capitulo III		
	MARCO METODOLÓGICO.....	30
3.1	Obtención de las hojas de maíz.....	30
3.2	Proceso de secado de la hoja de maíz.....	31
3.3	Obtención de la ceniza mediante la incineración (controlada) de la hoja de maíz.....	32
3.4	Molienda de la ceniza.....	39
3.5	Selección del tamaño de partículas de ceniza de hoja de maíz.....	42
3.6	Diseño de mezclas para la elaboración de los bloques.....	44
3.6.1	Diseño de mezcla de bloque hueco sustituyendo el 10% y 30% del contenido de cemento Pórtland por ceniza de hoja de maíz.....	47
3.6.2	Diseño de mezcla de bloque hueco de la mezcla patrón.....	50
3.6.3	Ensayo de absorción de agua.....	50
3.6.4	Elaboración de mortero de cemento puzolánico con ceniza de hoja de maíz en bloque hueco de mortero de cemento.....	52
3.6.5	Realizar los bloques huecos de mortero cemento patrón, con 10 % y 30% del contenido de hoja de maíz.....	54

3.6.6 Realizar los bloques huecos de mortero cemento con la muestra patrón.....	55
3.7 Determinación de peso unitario del mortero de cemento seco de los distintos diseños de mezclas.....	56
3.8 Preparación de la muestra para el ensayo a compresión.....	57
3.8.1 Bloques individuales.....	57
3.8.2 Murete o bloque de tres.....	58
3.9 Ensayo de resistencia a compresión de un bloque y tres bloques.....	59
3.10 Expresión de los resultados.....	62
Capitulo IV	
Resultados.....	63
Capitulo V	
Análisis de resultados.....	78
5.1 Incineración de las hojas de maíz.....	78
5.2 Molienda de la ceniza hoja de maíz.....	79
5.3 Análisis del tamaño de las partículas.....	80
5.4 Peso específico.....	80
5.5 Absorción del agua.....	81
5.6 Índice de actividad puzolánica.....	81
5.7 Resistencia a compresión.....	82
5.8 Análisis económico de los bloques.....	83
5.8.1 Comparación de precio por unidad de bloque.....	83
5.8.2 Comparación de precio por cantidad de bloques.....	83
Conclusiones y Recomendaciones.....	85
Referencias.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Resistencia a compresión Norma Covenin 42-82.....	14
Tabla 2.2 Resistencia a compresión Norma Covenin 42-82.....	14
Tabla 2.3 Resistencia a compresión Norma Covenin 42-82.....	15
Tabla 2.4 Resistencia a compresión Norma Covenin 42-82.....	16
Tabla 2.5 Resistencia a compresión Norma Covenin 42-82.....	17
TABLA 3.1 Dosificación del fabricante.....	46
Tabla 3.2 Mezcla con 10% de ceniza.....	47
Tabla 3.3 Mezcla con 10% de ceniza.....	48
Tabla 3.4 Mezcla con 30% de ceniza.....	49
Tabla 3.5 Mezcla Patrón.....	50
Tabla 3.6 Absorción de agua de los bloques.....	52
Tabla 3.7 Diseño de la caja para la arena.....	53
TABLA 3.8 Peso unitario.....	54
TABLA 4.1 Dosificación del fabricante.....	65
TABLA 4.2 Cemento para mezcla del 10% de ceniza.....	66
TABLA 4.3 Cemento para mezcla del 30% de ceniza.....	66
TABLA 4.4 Dosificación de cemento y cenizas.....	67
TABLA 4.5 Dosificación general.....	67
TABLA 4.6 Diseño de caja para la dosificación de arena.....	69
TABLA 4.7 Diseño de mezclas de todos los ensayos.....	69
TABLA 4.8 Peso unitario de las muestras.....	70
TABLA 4.9 Absorción de agua.....	73
TABLA 4.10 Ubicación de los bloques en cada ensayo por su peso unitario.....	74
TABLA 4.11 Resistencia a compresión para la muestra patrón.....	75
TABLA 4.12 Resistencia a compresión para la muestra 10% cenizas de hojas de maíz.....	76

TABLA 4.13 Resistencia a compresión para la muestra 30% cenizas de hojas de maíz.....	76
TABLA 4.14 Precio y ahorro por unidad de bloques.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Dimensiones de bloque de 15 cms.....	10
Fig. 3.1 Traslado del material utilizado como materia prima.....	31
Fig. 3.2 Proceso de secado de la hoja de maíz.....	32
Fig. 3.3 Pesado de las hojas secas, peso de 4 kg.....	33
Fig. 3.4 Dispositivo de quemado.....	33
Fig. 3.5 Otros dispositivos de quemado.....	34
Fig. 3.6 Temperatura leídas en el Multímetro.....	35
Fig. 3.7 Material de desperdicio.....	35
Fig. 3.8 Alcohol isoprópilico.....	36
Fig. 3.9 Incineración de las hojas secas.....	37
Fig. 3.10 Gaveta Metálica con ceniza de maíz.....	37
Fig. 3. 11 Cenizas de hojas de maíz y pesado del material.....	38
Fig.3.12. Balanza de 2 Kg.....	40
Fig. 3.13. Molino de bolas.....	40
Fig. 3.14. Carga moledora, esferas de acero.....	40
Fig. 3.15. Bancada giratoria.....	40
Fig. 3.16 Analizador de partículas.....	43
Fig. 3.17 HYDRO 2000 S.....	43
Fig. 3.18. Programa informático controlador del MASTERSIZER 2000, en proceso de operación.....	44
Fig. 3.19 Concretera Shalon Alejem, C.A.....	45
Fig. 3.20 Concretera Shalon Alejem, C.A.....	45
Fig. 3.21 Curado de los bloques al aire libre.....	46
Fig. 3.22 Bolsas de cemento.....	47
Fig. 3.23 Bolsas de ceniza de hoja de maíz.....	47
Fig. 3.24 Maquina COMPACTA utilizada en la elaboración de los bloques.....	48

Fig. 3.25 Mezcla con 10% de ceniza.....	49
Fig. 3.26 Mezcla con 30% de ceniza.....	50
Fig. 3.27 Caja de 35x35x34 para la dosificación de arena.....	54
Fig. 3.28 Diferencia de color entre mezcla ensayo 1 y ensayo 2.....	55
Fig. 3.29 Bloques muestra patrón.....	56
Fig. 3.30 Balanza Digital de 30 kg.....	57
Fig. 3.31 Peso de los bloque.....	58
Fig. 3.32 Yeso dental para nivelar los bloques.....	59
Fig. 3.33 Murete de bloques.....	59
Fig. 3.34 Nivelación de los bloques.....	60
Fig. 3.35 Ensayo a compresión de un bloque patrón.....	61
Fig. 3.36 Ensayo a compresión de un bloque 10% ceniza de hojas de maíz.....	62
Fig. 3.37 Ensayo a compresión de un bloque 30% ceniza de hojas de maíz.....	63
Fig. 4.1 Falla a compresión.....	82
Fig. 4.2 Falla de borde.....	82
Fig. 4.3 Falla a compresión de murete.....	82
Fig. 4.4 Falla a compresión de murete.....	82
Fig. 5.1 Cenizas de hojas de maíz.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Dosificación de Arena.....	70
Gráfico 4.2 Dosificación de Cemento.....	70
Gráfico 4.3 Dosificación de Cenizas de Hojas de Maíz.....	71
Gráfico 4.4 Pesos específicos de los bloques.....	72
Gráfico 4.5 Pesos específico Promedio.....	72
Gráfico 4.6 Absorción de agua.....	73
Gráfico 4.7 Resistencia a compresión en muretes.....	76
Gráfico 4.8 Resistencia a compresión en bloques.....	77
Gráfico 4.9 Resistencia a compresión en bloques de ripio.....	77
Gráfico 4.10 Comparación de Resistencia a compresión en bloques de ripio de cantera con bloques de ceniza de maíz.....	78
Gráfico 4.10 Precio y ahorro por unidad de bloques.....	79
Gráfico 4.11 Precio y ahorro por cantidad de bloques.....	80

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

A lo largo de los años se ha evidenciado que el uso del bloque como construcción es una de las herramientas más utilizadas en las obras civiles, debido a su alta demanda y costo. A nivel mundial el bloque de mampostería es la estructura más utilizada en obras de edificación, debido a su versatilidad de aplicación y a los niveles de resistencia que con él se pueden obtener. Actualmente en Venezuela existe un incremento de la materia prima en esta industria, específicamente en el cemento Pórtland debido a la demanda que tiene el país en el ámbito de desarrollo.

“El bloque de mampostería es un elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal y posee dos secciones una bruta y otra neta. La sección bruta es el área proveniente de la multiplicación de las dos dimensiones perpendiculares al plano de carga, y la sección neta es la sección bruta descontando el área máxima de los huecos”, (Norma Covenin 42-1982); aunado a lo anterior se puede establecer que es un material muy versátil, permite construir casa completas, ya que, presentan dimensiones similares, y se puede levantar paredes uniformes en muy poco tiempo.

Existen diferentes dimensiones y diseños de bloques de acuerdo al fabricante, aplicación particular, posición en la pared, ambiente de utilización, entre otras; que en líneas generales corresponden a las normas o estándares de construcción de cada país.

El cemento Pórtland es el material que más se utiliza en la preparación y diseño de mezclas, con la característica principal de ser uno de los materiales que constituye el mayor costo en las partidas de construcción, además la disminución de este material ayudaría a reducir el impacto ambiental a nivel mundial, por esta razón es que nace la búsqueda del equilibrio entre resistencia obtenida y su viabilidad económica.

Existen algunas investigaciones que recientemente se han interesado por estudios de materia agrícola; por ejemplo Águila et al. (2001), del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), emprende una investigación, que además de explorar el uso de ceniza de la cascarilla de arroz y la caña de azúcar en la producción de cementos puzolánicos, presenta la innovación de usar la ceniza de hoja de maíz con la finalidad de poseer características físicas y químicas que le confieren propiedades puzolánicas; esto indica que probablemente la ceniza de la hoja de maíz podría ser empleada como sustituto de cierta fracción de dosis del cemento Pórtland en bloques de morteros puzolánicos a ser usados con fines para paredes de mampostería, premisa que amerita una mayor investigación.

Una alternativa es el uso de materiales silíceos o aluminio-silíceos denominados puzolanas, por su capacidad de desarrollar propiedades cementantes al reaccionar con hidróxido de calcio en presencia de agua. Las puzolanas pueden ser de origen natural tales como rocas volcánicas y suelos, de

orígenes artificiales, provenientes de cenizas volcánicas, arcillas calcinadas artificialmente, escoria de fundición y cenizas de residuos agrícolas (cascarilla de arroz, ceniza de caña de azúcar, hoja de maíz), lo cual resulta de interés primordial en la presente investigación.

En tal sentido, el propósito de esta investigación es obtener valores de resistencia a compresión para bloque hueco con contenido de ceniza de hoja de maíz cercanos a la resistencia de las muestra patrón de 55 kg/cm^2 , lo cual permitirá seleccionar el diseño de mezcla óptimo y proponer su uso como bloque de mortero cemento puzolánico. Como se espera una disminución en los costos de producción, se deja la posibilidad de extender esta investigación en futuros trabajos especiales de grado e investigación en el área.

Por consiguiente, se busca responder en el marco de este trabajo especial de grado las siguientes interrogantes: ¿Es posible dar uso para bloque hueco de morteros con contenido de ceniza de hojas de maíz?; de ser así, ¿Que porcentaje de cemento es posible sustituir por ceniza de hoja de maíz para obtener los niveles de resistencia a compresión esperados?, ¿Existe una variación significativa de la resistencia a compresión para los diferentes diseños respecto a una muestra patrón?, ¿Es la evaluación de la resistencia a compresión del bloque mortero de cemento puzolánico elaborados con contenido de ceniza de hoja de maíz una opción económica posible?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la resistencia a compresión en bloque hueco de mortero de cemento puzolánico con contenido de ceniza de hoja de maíz

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Calcular la resistencia a compresión en bloque hueco liviano tipo A1 de mortero de cemento, elaborados con mezclas donde se sustituye el 10% y 30% del cemento Pórtland por ceniza de hojas de maíz.
2. Contrastar la resistencia a compresión de los bloques huecos livianos tipos A1 y un mortero puzolánico elaborado con 10% y 30% de ceniza de hojas de maíz.
3. Establecer las características de los bloques elaborados con contenido de ceniza de hojas de maíz especificando su uso.
4. Proponer un diseño de mezcla óptimo para la disminución parcial de la dosis de cemento Pórtland en la construcción de los bloques de mortero de cemento puzolánico elaborados con ceniza de hojas de maíz.

1.3 APORTES

Al finalizar este trabajo de investigación, enfocado en la evaluación de la resistencia para bloques de mortero de cemento con contenido de ceniza de hojas de maíz se crearán importantes aportes para diversas áreas; entre estas encontramos:

- 1.3.1 Para la sociedad: La posibilidad de emplear bloques con contenido de hojas de maíz como sustituto de una dosis de cemento Pórtland sería una opción a considerar para la construcción de viviendas de interés social, debido a que se espera una disminución de los costos de producción del bloque hueco.
- 1.3.2 Relevancia para la ciencia e ingeniería: El desarrollo de nuevos conocimientos en materiales de construcción, a partir de residuos de la industria agrícola.
- 1.3.3 A la institución: La evaluación de la resistencia a compresión de los bloques con contenido de ceniza de hojas de maíz en elementos de mampostería permitirá enriquecer la línea de investigación de nuevos materiales de construcción del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) y adicionalmente será un documento informativo para el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), como complemento de sus estudios basados en el empleo de residuos de la industria agrícola como material puzolánico. Así mismo, podría impulsar el desarrollo de trabajos de investigación con bases a nuevos materiales de construcción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Una forma de situar la investigación dentro de un resumen de teorías ya existente y reducir su forma de improvisación, es la presentación de un marco teórico, esto nos permite obtener una pesquisa detallada de cada uno de los aspectos teóricos usados en el perfeccionamiento de la investigación y la dependencia entre los mismos.

2.1 Mortero de Cemento

Se define como una mezcla homogénea de agregados finos, cemento y agua, en proporciones convenientes para asegurar una resistencia adecuada, creando así una mezcla uniforme, manejable y plástica capaz de fraguar y endurecer al reaccionar con el agua. (NORMA VENEZOLANA COVENIN 483:1992).

2.2 Cemento Pórtland

Según la Norma Venezolana COVENIN 28 (2003), Se define como el producto obtenido por la pulverización de Clinker Portland, el cual consiste esencialmente en silicatos de calcio hidráulico, con la adición de agua y sulfato de calcio.

Según Martínez (2004) es un polvo químico finamente molido, compuesto principalmente por silicatos de calcio y en menor proporción de aluminatos de calcio, que mezclados con agua se combina, fragua y endurece a temperatura ambiente, tanto en el aire como en agua.

Según Porrero (2004) el Cemento Pórtland se clasifica en cinco tipos según su uso:

Tipo I: construcciones de concreto en general. El cemento Pórtland blanco entra en esta clasificación.

Tipo II: obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos.

Tipo III: construcciones que requieran altas resistencias iniciales.

Tipo IV: obras donde sea necesario un bajo calor de hidratación.

Tipo V: construcciones que requieran alta resistencia a los sulfatos.

Pero en Venezuela, los tipos y variedades de cemento más usados por los clientes son cementos Pórtland gris, Pórtland blanco, cemento para albañilería o mortero, cemento Pórtland puzolana, y nuestro cemento para pozos petroleros

El cemento Portland gris es un material de construcción costo-efectivo de alta calidad que se compone de 95% de clinker y 0-5% de generalmente sulfato de calcio. El cemento Portland gris cumple con todos los requerimientos químicos y físicos aplicables y se usa en prácticamente todas las formas de construcción, desde hospitales hasta viviendas y escuelas, túneles y aeropuertos.

El cemento blanco es una variedad de cemento con piedra caliza, caolín y yeso. Los clientes utilizan el cemento blanco en obras arquitectónicas que requieren gran brillantez y acabados artísticos, para crear mosaicos y granito

artificial, para moldes esculturales y otras aplicaciones en las que predomina el color blanco.

El cemento Portland puzolana es una variedad de cemento que se hace moliendo clinker, yeso y puzolana natural, una materia prima de cenizas y rocas volcánicas. Los clientes utilizan el cemento puzolánico en todo tipo de construcciones; sin embargo, su uso óptimo es para proyectos que están en constante contacto con agua o que se construyen en terreno húmedo o salitroso.

El cemento para pozos petroleros es una variedad especialmente diseñada de cemento hidráulico que se produce con clinker de Portland gris. Generalmente fragua lentamente y se puede manejar a altas temperaturas y presiones. El cemento para pozos petroleros, que se produce en las clases de la A a la H y la J, tiene aplicaciones según cada profundidad, agresión química o presión.

2.3 Peso específico

Según el sitio Web Peso específico - Wikipedia, la enciclopedia libre, [Citado 27 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: http://es.wikipedia.org/wiki/Peso_específico

El peso específico de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen.

Se calcula dividiendo el peso de la sustancia entre el volumen que ésta ocupa. En el Sistema Técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico (kp/m^3).

En el Sistema Internacional de Unidades, en newton por metro cúbico (N/m^3).

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

Donde:

γ = peso específico

P = es el peso de la sustancia

V = es el volumen que la sustancia ocupa

ρ = es la densidad de la sustancia

g = es la aceleración de la gravedad

Como en la superficie de la Tierra el kilopondio representa el peso de un kilogramo, esta magnitud expresada en kp/m³ tiene el mismo valor numérico que la densidad expresada en kg/m³.

El término específico, aplicado a una magnitud física, significa por unidad de masa. Otros usos del término “*específico*” no se permiten en el contexto del Sistema Internacional de Unidades y, en consecuencia, son reprobables.

2.4 Diseño de mezclas

Según Porrero (2004) es un proceso más delicado que el de un concreto normal ya que se requieren numerosas mezclas de prueba hasta lograr un diseño óptimo, consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el mortero, con el fin de obtener los mejores resultados.

Hay infinitos modelos de alternativa para preparar el mortero, pero Porrero señala dos tipos:

- a) Mortero de cemento, con una parte de cemento y cinco partes de arena
- b) Mortero de cal y cemento, con una parte de cal, una de cemento y nueve de arena.

2.5 Bloque mortero de cemento

La Norma Venezolana COVENIN 42 (1982), define al bloque hueco como un elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas (ver fig. 1)

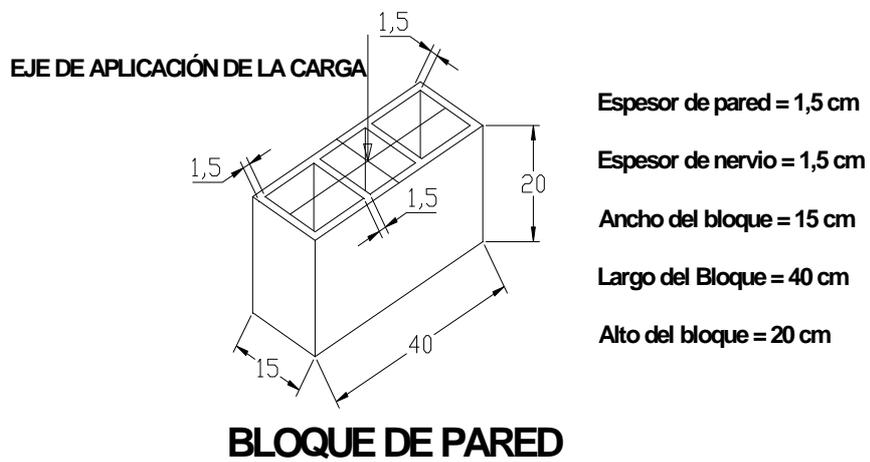


Fig. 2.1 Dimensiones de bloque de 15 cms

2.5.1 Sección bruta

Es el área resultante de multiplicar las dos dimensiones que están contenidas en el plano perpendicular a la aplicación de la carga.

2.5.2 Sección neta

Es la sección bruta, descontando el área máxima de los huecos.

2.5.3 Materiales de diseño y fabricación

Los bloques deben elaborarse con cemento Pórtland y agregados inertes inorgánicos adecuados. El tamaño del modulo del bloque es igual a las dimensiones normales más un centímetro. Las superficies del bloque destinadas a recibir un friso deben ser suficientemente ásperas para asegurar una buena adherencia. Cuando el bloque se va a utilizar a la vista, las superficies deben ser uniformes y las aristas bien definidas y sin roturas.

2.5.4 Clasificación de los bloques

2.5.4.1 Según agregado:

2.5.4.1.1 Bloques pesados

Agregados normales y su peso unitario de concreto es 2000 Kg/cm³.

2.5.4.1.2 Bloques semipesados

Agregados normales y livianos. Peso unitario 1400 – 2000 Kg/cm³.

2.5.4.1.3 Bloques livianos

Agregados livianos. Peso unitario 1400 Kg/cm³.

2.5.4.2 Según su uso:

2.5.4.2.1 Tipo A

Bloques para paredes de carga, expuestas o no a la humedad.

2.5.4.2.1.1 Clase A1

Paredes exteriores expuestas a la humedad.

2.5.4.2.1.2 Clase A2

Paredes exteriores no expuestas a la humedad.

2.5.4.2.2 Tipo B

Bloques para paredes que no soportan carga o paredes divisorias.

2.5.4.2.2.1 Clase B1

Paredes expuestas a la humedad.

2.5.4.2.2.2 Clase B2

Paredes no expuestas a la humedad.

2.5.5 Apariencia y acabados

Los bloques deben ser sólidos y libres de grietas que no sean las especificadas a continuación:

2.5.5.1 Para bloques tipo A

No deben presentar grietas paralelas a la carga. Si aparecen imperfecciones estas no deben ser más del 5% del pedido, siempre y cuando las grietas perpendiculares a la carga que aparezcan no tengan una longitud mayor de 2,5 cm.

2.5.5.2 Para bloques tipo B

Pueden presentarse grietas menores producidas en la fabricación o fragmentos producidos en el manejo.

2.5.6 Dimensiones

Las dimensiones usuales de los bloques huecos de concreto son las indicadas en la tabla 2.1. Pueden fabricarse bloques con otras dimensiones siempre y cuando cumplan con lo especificado en esta la norma Covenin 42-82.

Tabla 2.1 Dimensiones de los bloques Norma Covenin 42-82

DIMENSIONES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO		
Denominación Ordinaria (cm)	Dimensiones Normales (cm)	Dimensiones Modulares (cm)
10	39x19x9	40x20x10
15	39x19x14	40x20x15
20	39x19x19	40x20x20
25	39x19x24	40x20x25
30	39x19x29	40x20x30

2.5.7 Espesores

Los espesores mínimos son los especificados en las tablas 2.2 y 2.3

Tabla 2.2 Espesores mínimos Norma Covenin 42-82

ESPESORES MÍNIMOS PARA BLOQUE TIPO A		
Tipo de Bloque (cm)	Espesor de Pared (cm)	Espesor de nervios (cm)
10	1,9	1,9
15	2,2	2,2
20	2,5	2,5
25	2,8	2,8
30	3,2	2,8

Tabla 2.3 Espesores mínimos Norma Covenin 42-82

ESPESORES MÍNIMOS PARA BLOQUE TIPO B		
Tipo de Bloque (cm)	Espesor de Pared (cm)	Espesor de nervios (cm)
10	1,3	1,3
15	1,5	1,5
20	1,7	1,7
25	1,9	1,9
30	2,2	1,9

2.6 Absorción de agua

Según el sitio Web Diccionario de arquitectura y Construcción. [Citado 03 Septiembre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-agua+de+absorci%F3n>

Agua que contiene un cuerpo o material sólido, que posee unas propiedades físicas que apenas se diferencian de las del agua corriente a la misma temperatura y presión.

2.6.1 Índice de absorción

Medida, expresada en forma de porcentaje, de la cantidad de agua absorbida por un bloque empleado en albañilería, sumergido totalmente en agua.

2.6.2 Coeficiente de absorción

Peso del agua que absorbe un ladrillo al ser sumergido en agua fría o caliente por un período de tiempo estipulado.

2.6.3 Esponjamiento

Aumento del volumen de un material, causado por la absorción de agua o vapor, por encima de su volumen normal cuando está seco. También llamado dilatación por humedad.

La máxima absorción determinada para cada tipo de bloque es la indicada en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Absorción Máxima Norma Covenin 42-82

ABSORCIÓN MÁXIMA			
Tipo de Bloque (cm)	Pesado %	Semipesado %	Liviano %
A1 - A2 y B1	14	16	12
B2	No tiene ensayo de absorción		20

2.7 Resistencia a la compresión

Esfuerzo máximo que presenta un material a la compresión sin romperse.

La resistencia mínima a la compresión a los 28 días de fabricados es la indicada en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Resistencia a compresión Norma Covenin 42-82

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
Tipo de Bloque (cm)	Promedio 3 Bloques (kg/cm ²)	Mínimo 1 Bloque (kg/cm ²)
A1	70	55
A2	50	40
B1 - B2	30	25

Los bloques después de ser convenientemente curados por métodos aprobados, deben tener una resistencia a la compresión igual o mayor al 80 % de la especificada en la tabla 2.5.

2.8 Origen del termino “PUZOLANA”

Según el sitio Web PUZOLANAS EN LOS ALREDEDORES DE IRRA, [Citado 27 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www2.unalmed.edu.co/dyna2005/129/puzolanas.pdf>

Los griegos y romanos, primeros en conocer “La Cal” con sus propiedades cementicias le agregaron materiales naturales que estaban a su alcance, quizás con el objeto de que participasen como áridos (inertes), y como es sabido el suelo donde florecieron estas civilizaciones tiene una importante cobertura de material piroclástico, obteniendo morteros de alta resistencia y mayor durabilidad lo que llevo a que el uso de estos aditivos volcánicos se generalizara, éstos se encontraban principalmente en la localidad de Puzzuoli de donde derivan su nombre.

2.8.1 Puzolana

Son productos naturales o artificiales, silíceos o sílicioaluminosos que en si mismos poseen poca o ninguna propiedad aglomerante ni de actividad hidráulica, pero finamente molidas, a temperaturas ordinarias y en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio formando compuestos que sí tienen propiedades aglomerantes e hidráulicas.

Las puzolanas presentan en virtud de su inestabilidad química, reflejo del desorden estructural, alta susceptibilidad de reaccionar con otras sustancias para formar nuevos compuestos más estables, es así como atrapan la cal libre en el clinker.

En la Norma Venezolana COVENIN 3135 (1994), la puzolana es producto natural que, finamente molido, es capaz de fijar cal a temperatura ambiente, en presencia de agua, formando compuestos con propiedades hidráulicas. Por extensión, el término de la puzolana se aplica también a otros productos naturales o artificiales que tiene propiedades análogas, tales como la tierra de diatomeas, las arcillas activas, las cenizas volantes u otras.

2.8.2 Clasificación de puzolana según su origen

Se clasifican en dos grandes grupos: naturales y artificiales, aunque existe un grupo intermedio constituido por puzolanas naturales que necesitan tratamientos térmicos de activación, con el objeto de aumentar su reactividad.

2.8.2.1 Puzolanas naturales

Son productos minerales con características de composición (silico-aluminosos), estructurales (estructura imperfecta o amorfa) y texturales (grano fino) que los hacen aptos para su uso como aditivos activos en la industria del cemento, entre éstas están:

Las acumulaciones de cenizas generadas durante las erupciones volcánicas explosivas, que por su alto contenido de materiales vítreos son propensas a sufrir reacciones como las requeridas para las puzolanas. Más tarde por procesos geológicos de enterramiento estas cenizas se convierten en tobas, las cuales son rocas volcánicas bastante porosas, característica que les confiere una gran superficie interna favoreciendo su reactividad, entonces, como puzolana sirve tanto el sedimento como la roca. En rocas y materiales volcánicos hay que considerar dos factores diferentes controladores de la actividad puzolánica; por una parte, la composición química del magma originario que determina la de los productos, y por otra, la constitución y textura de los minerales de dichas rocas, las cuales dependen de la velocidad de enfriamiento y de los procesos de meteorización que los hallan afectado.

2.8.2.2 Puzolanas artificiales

Son materiales que deben su condición puzolánica a un tratamiento térmico adecuado. Dentro de esta denominación se incluyen los subproductos de determinadas operaciones industriales; tales como, residuos de bauxita, polvos de chimeneas de altos hornos, cenizas volantes, etc. Las de mayor peso en la actualidad, en el mundo, son las cenizas volantes en función de las ventajas económicas y técnicas que ofrecen ya que es un material de desecho y los

cementos aumentan la trabajabilidad y disminuyen el calor de hidratación porque son muy buenas puzolanas. Mineralógicamente las cenizas volantes se componen de:

- _ Sílico-aluminatos vítreos
- _ Compuestos cristalinos de Fe, Na, K y Mg entre otros
- _ Carbón no quemado

La reactividad de las cenizas volantes como puzolanas depende del tipo y origen del carbón, composición química y mineralógica de éste, del contenido de fase vítrea después de quemado y de la granulometría principalmente.

2.8.2.2 Puzolanas mixtas o intermedias

Son aquellas puzolanas que, naturales por su origen, se someten a un tratamiento térmico con el objeto de cambiar sus propiedades para aumentar su reactividad química. Dentro de éstos se incluyen las zeolitas, suelos, rocas, cascarilla de arroz y las arcillas, un representante típico de éstas últimas es el polvo de ladrillo, obtenido como producto de desecho de la industria de la cerámica roja. La factibilidad de que un material arcilloso sometido a un tratamiento térmico permita la formación de compuestos puzolánicamente activos depende principalmente de:

- _ Estructura y constitución mineralógica
- _ Composición química
- _ Temperatura
- _ Tiempo de cocción y de enfriado

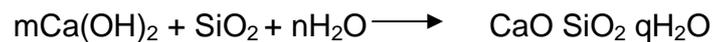
Dentro de éstos están el ópalo, el trípoli y las diatomitas.

2.8.3 Método FRATINI

Es el método más difundido para ensayar cementos puzolánicos, consiste en comparar la cantidad de hidróxido de calcio presente en una solución acuosa en contacto con el cemento hidratado, con la cantidad de hidróxido de calcio capaz de saturar un medio de la misma alcalinidad. En un cemento puzolánico la concentración de hidróxido de calcio en solución es siempre menor que la concentración de saturación.

2.8.4 Combinación de cemento Pórtland con puzolana

Durante el proceso de hidratación del cemento Pórtland se genera una cantidad importante de hidróxido de calcio, producido de la reacción del silicato tri cálcico y silicato bicalcico con el agua, para formar hidrosilicato de calcio, además desde su fabricación el cemento trae una pequeña cantidad de cal libre (CaO) que al mezclarse con agua se transforma en hidróxido calcio.



$\text{Ca}(\text{OH})_2$: hidróxido de calcio

SiO_2 : sílice

H_2O : Agua

$\text{CaO SiO}_2 q\text{H}_2\text{O}$: hidrosilicato de calcio

2.8.5 Reactividad de la puzolana

El hidróxido de calcio reacciona con la sílice en presencia de agua para formar hidrosilicato de calcio el cual aporta a las mezclas de concreto dureza y resistencia.

Esto con el objetivo de alcanzar un diseño de mezcla óptimo para la disminución parcial de dosis de cemento Pórtland en la construcción de los bloques de mortero de cemento puzolánico elaborados con ceniza de hojas de maíz.

2.8.6 Índice de actividad puzolánica

La Norma Venezolana COVENIN 3135 (1994), define al índice de actividad puzolánica de morteros como un índice que mide la actividad de las puzolanas en base a la resistencia a compresión de las mezclas conteniendo cemento hidráulico y arena normalizada, con y sin puzolana. En general se especifica que dicho índice no debe ser menor a 75% de la resistencia a compresión de la muestra patrón.

2.9 Principios del análisis de tamaño de partículas

2.9.1 Partícula

Según el sitio Web Tamaño de Partícula, [Citado 27 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: [http:// www.si-mex.com.mx/BOLETINES/TecMicromeritics.pdf](http://www.si-mex.com.mx/BOLETINES/TecMicromeritics.pdf)

Se llama partícula a cualquier parte o cuerpo muy pequeño de algo. Entre los ejemplos de partículas que podemos dar se encuentran los granos minerales y las partículas subatómicas.

En el caso del grano es porque toda su estructura está conformada por pequeñísimos elementos, los granos resultan casi imperceptibles para el ojo humano. El tamaño del grano o partícula puede ir desde lo más pequeño, como ser unos pocos nanómetros, hasta varios milímetros, pero nunca se excede de esta media. Las playas dan un buen ejemplo de esto que decía, ya que las mismas están compuestas por miles y miles de partículas (granos) sueltos, aunque a la distancia y en una visión global den esa sensación compacta.

2.9.2 Tamaño de partícula

Suele ser conveniente expresar el tamaño de una partícula por medio de una sola dimensión lineal, por ejemplo $d = 50$ micras. Pero una sola dimensión resulta insuficiente para descubrir objetos irregulares a menos que sea acompañada por otra información. Las esferas, cubos y otras formas regulares se describen por medio de una sola dimensión siempre que se especifique la forma. Las partículas de polvo raramente exhiben una forma uniforme si bien pueden encontrarse ocasionalmente formas esféricas y cúbicas. La masa, el volumen y el área superficial describen una partícula irregular, pero estos parámetros no son fácilmente mesurables individualmente (especialmente para los tamaños menores). Se gana muy poco procediendo así aún cuando esto sea factible puesto que el comportamiento real de la partícula todavía involucra su forma.

El tamaño de la partícula se puede establecer de una manera mucho más útil midiendo una propiedad característica de una partícula irregular que pueda ser

relacionada con la misma propiedad de una partícula con forma regular. Se elige una esfera como forma regular de referencia. Los tamaños, tanto de partículas regulares como irregulares, pueden ser entonces descritos confiablemente como “equivalentes a una esfera de diámetro d ”, combinando de esta manera los parámetros de tamaño y forma e incorporando las variaciones de tamaño aparente. Se establece por lo tanto con esta definición un tamaño de partícula reproducible e inequívoca que tiene una sola dimensión.

Por lo general, se encuentra que la distribución de tamaños de partículas de polvo se extiende sobre varios órdenes de magnitud. Esta dispersión o frecuencia relativa de ocurrencia de tamaños individuales tiene enormes consecuencias. La dispersión puede ser (1) caracterizada en términos de un único diámetro medio, (2) presentada como un listado de valores de una tabla, (3) representada como un gráfico, o (4) descrita matemáticamente. La presentación gráfica suele ser la más aceptable a raíz de la inmediata información visual que proporciona y a la facilidad con que pueden compararse distintos conjuntos de datos.

2.9.3 Analizador de partículas MASTERSIZER 2000

Según el sitio Web Mastersizer 2000 - Determinacion tamaño de particulas [Citado 24 Septiembre 2009], Disponible en la World Wide Web: www.cas-instrumental.com.ar/ms2000.htm

El Mastersizer 2000 de Malvern Instruments hace avanzar el análisis del tamaño de partícula hasta convertirlo en una tarea sencilla, directa y verdaderamente rutinaria. Y lo hace sin poner en peligro la integridad y la fiabilidad de los resultados.

Este equipo se ha desarrollado para satisfacer las crecientes necesidades de la industria en cuanto a comparabilidad global de los resultados, localización, cumplimiento de las reglamentaciones, eficacia en el laboratorio y empleo óptimo del personal calificado.

En apoyo a estos requerimientos, el Mastersizer 2000 está totalmente automatizado, es fácil de utilizar y proporciona una información clara y basada en procedimientos estandarizados que están diseñados para eliminar la variabilidad de un usuario a otro.

2.9.3.1 Resultados rápidos y fiables

La total automatización permite mediciones rápidas con la mínima intervención del operador.

2.9.3.2 Amplia gama de tipos de muestra

Un sólo sistema para emulsiones, suspensiones, pastas y polvos secos

El cambio rápido de las unidades de dispersión de la muestra, con reconocimiento automático por el software, hace fácil y rápido el cambio entre tipos de muestras.

2.9.3.3 Nueva posibilidad de alineación rápida

El sistema analizador de partículas Mastersizer fue siempre bien conocido por la excepcional estabilidad de su óptica - la velocidad y precisión del nuevo sistema "RapidAlign" permite realizar una alineación antes de cada medida para

mejorar más aún la reproducibilidad de los resultados sin un alargamiento perceptible en los tiempos de medición.

2.9.3.4 Amplia gama de mediciones

El sistema óptico integrado permite la medición de materiales en un solo paso, desde 0,02 a 2000 micras sin cambiar objetivos ni ajustes.

2.9.3.5 Precisión y Reproducibilidad

Precisión: $\pm 1\%$ en el Dv50 utilizando el Estándar de Auditoría de Calidad Malvern.

Reproducibilidad de un instrumento a otro: Mejor que el 1% RSD (Desviación Estándar Relativa) en el Dv50 utilizando el Estándar de Auditoría de Calidad Malvern.

2.9.3.6 Selección de unidades de dispersión de muestra

Unidades de dispersión de muestra de pequeño volumen, manuales y automáticas; Unidades de dispersión de muestra de gran volumen, manuales y automáticas; Alimentador Automático de polvo seco.

Un sistema de cassettes 'Plug and Play' permite la conexión simultánea de dos unidades de dispersión de muestras. Cambio rápido, con una sola mano, entre unidades con reconocimiento automático y configuración del software.

2.9.3.7 Reproducibilidad asegurada

Los Procedimientos Estándar de Operación (SOPs) controlados por software eliminan la variabilidad del usuario y permiten una selección global de los métodos.

2.10 La agricultura de maíz

Según el sitio Web Agricultura. El cultivo del maíz. 1ª parte. [Citado 13 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>.

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz. Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí.

2.10.1 Características Morfológicas. Botánica

Nombre común: Maíz

Nombre científico: Zea mays

Familia: Gramíneas

Género: Zea

2.10.2 Botánica

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

2.10.3 El Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

2.10.4 Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florcilla que compone la panícula se presentan tres estambres

donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

2.10.5 Las Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

2.10.6 Las Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

2.11 Producción de maíz en Venezuela

Según el sitio Web “Venezuela duplicó producción de maíz en últimos 10 años” [Citado 27 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://boletininformativo.blogia.com/.../092802-venezuela-duplico-produccion-de-maiz-en-ultimos-10-anos.php>

Caracas, Venezuela duplicó su producción de maíz en el transcurso de los últimos 10 años, la cual rebasa hoy los dos millones de toneladas del cereal, confirmó Tatiana Pugh, viceministra de Agricultura y Tierras.

Pugh manifestó durante la primera jornada de debates del Encuentro Latinoamericano Somos de Maíz, con sede en esta capital, que en 1996 la producción venezolana de este cereal apenas alcanzó el millón de toneladas en 365 mil hectáreas dedicadas a su cultivo.

Apuntó la viceministro de Desarrollo Agroproductivo que sin concluir el actual año, la cosecha supera los dos millones de toneladas en alrededor de 700 mil hectáreas en explotación.

El ministro Elías Jaua destacó durante la apertura del evento que en 2006 la producción de maíz en Venezuela sobrepasó los 2,3 millones de toneladas, superior al millón 149 mil que se produjo en 1999.

Venezuela producirá maíz sólo para abastecimiento alimentario directo de la población e indirecto como forraje o pienso para los animales, puntualizó Jaua.

El Gobierno venezolano decidió que sólo producirá etanol a través de la caña de azúcar, el cual se empleará en lugar del plomo en la gasolina, pero no para sustituir a esta como combustible para los automóviles.

Guárico, Portuguesa, Barinas, Anzoátegui, Yaracuy y Aragua son los principales estados productores de maíz, concentrándose en ellos el 88 por ciento de la producción nacional.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el marco del desarrollo de la línea de investigación "Nuevos Materiales de Construcción" del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) se evaluaron bloques puzolánicos con contenido de cenizas de hoja de maíz, para mampostería. La investigación propuso la sustitución de 10% y 30% del contenido de cemento Pórtland de una mezcla de mortero de cemento Pórtland, por cenizas de hojas de maíz. Con esta sustitución se busco la disminución de los costos que implica el uso del cemento Pórtland en las partidas de construcción, el cual es uno de los más altos y el resultado de la evaluación quedará simplificado a la posibilidad de emplear o no estas mezclas de mortero cemento y la estimación de un porcentaje óptimo de ceniza a sustituir. Para el cumplimiento de esta propuesta y su abordaje de una manera sistemática, se planteó la siguiente metodología:

3.1 Obtención de las hojas de maíz

Para la obtención de las hojas de maíz se procedió en la búsqueda de mercados populares (El mercado periférico de Coche) donde se vende el maíz tierno o crudo en bolsas, aquí se consiguieron las hojas de la mazorca en desecho de basura, también se pudo ubicar en las cachaperas del municipio El Hatillo hacia la zona rural, estas se consiguieron muy poco ya que las tienen preparadas en sacos para negociarlas como comida de ganado, otro sitio fundamental que se consiguió fue un sembradío de maíz donde se pudo aprovechar completamente la mata de maíz, el tallo y sus hojas.

Para el traslado de las hojas se contrató un camión 350, desde el Municipio El Hatillo hasta los depósitos del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) en la Universidad Central de Venezuela. Fig. 3.1



Fig 3.1 Traslado del material utilizado como materia prima

3.2 Proceso de secado de la hoja de maíz

Se trasladaron las hojas a los depósitos del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) y se ubicaron en láminas de metal para su proceso de secado, quedando a la intemperie.

Las hojas de maíz se extendieron en el depósito del IMME, formando una capa, en la cual se trató de dejar expuestas al sol el mayor volumen posible (Fig. 3.2). El período de secado fue de 2 semanas, ya que después que se cortaron, se dejaron una semana en la cachapera y otra semana en los depósitos del IMME.



Fig. 3.2 Proceso de secado de la hoja de maíz.

3.3 Obtención de la ceniza mediante la incineración (controlada) de la hoja de maíz.

Para realizar la incineración se tuvo que realizar una clasificación del material recolectado ya seco, en bolsas de 4 kilos (Fig 3.3) para llevar un control del mismo, se utilizó un peso de cocina de apreciación 20 gr, se diseñó un dispositivo de quemado (Fig. 3.4), este dispositivo es simplemente un tambor metálico de 200 lts de capacidad capaz de soportar altas temperaturas abierto por ambos lados con cierta cantidad de agujeros para oxigenación del material a quemar y poder remover con una cabilla las cenizas de fondo, en este tambor se le colocó un dispositivo medidor de temperatura llamado termocupla que a su vez va conectado a un tester o multímetro proporcionado por el IMME (Fig 3.6), el tambor fue colocado encima de una malla metálica (1/4"x1/4"), utilizado como tamiz para recolección de las cenizas, encima de bloques y bien sellados a los lados, se le colocó una lamina de metal donde se recibió las cenizas de maíz.(Fig 3.7)



Fig 3.3 Pesado de las hojas secas, peso de 4 kg



Fig 3.4 Dispositivo de quemado

En este proceso se tuvo que quemar demasiada materia prima, debido a esto se consiguió otros dispositivos de quemado para acelerar la quema del material. Fig 3.5



Fig. 3.5 Otros dispositivos de quemado

La oxigenación también juega un papel importante tanto en el proceso de combustión del material, como en el de enfriamiento de la ceniza, debido a que su aplicación genera una ceniza más blanquecina, lo cual se toma como un índice de contenido de carbón, éste indicador será menor mientras la ceniza tienda al color blanco.

La temperatura medida a través de la termocupla oscilaba entre 500 °C y 700 °C Fig. 3.6



Fig. 3.6 Temperatura medida con el Multímetro

Después de la quema, queda un material de desperdicio en la malla metálica debido a que el material se encontraba dentro del tallo verde. Fig 3.7



Fig 3.7 Material de desperdicio

El alcohol isoprópilico fue el material inerte utilizado en el proceso de combustión. (Fig 3.8)



Fig 3.8 Alcohol isoprópilico

Se realizó un proceso repetitivo y continuo de incineración, el cual consistió en introducir el paquete de hojas secas en el contenedor del horno (Fig. 3.9), rociarlo con 200ml de alcohol aproximadamente, tapar el horno y encender el paquete; desde ese instante comienza el proceso de combustión el cual se daba por concluido luego de 10 minutos, durante ésta etapa se realizaba la oxigenación asistida del material en combustión, lo cual se lograba de dos maneras, al introducir una barra de acero por un orificio del contenedor y oscilándola, también al sacudir hacia a delante y atrás el horno, de ambas formas se genera el movimiento del material y en consecuencia su oxigenación, esto permitió la aceleración del proceso de combustión, se estimó que en el horno se obtuviera un rango de temperatura entre 500 y 700 °C, lo que garantizó una rápida eliminación de toda la materia orgánica.(Fig 3.9)



Fig 3.9 Incineración de las hojas secas

Obtención de las cenizas de maíz en una gaveta metálica. (Fig 3.10)



Fig. 3.10 Gaveta Metálica con ceniza de maíz

Material obtenido de cenizas de hoja de maíz después de la incineración. (Fig 3.11)



Fig. 3. 11 Cenizas de hojas de maíz y pesado del material

El proceso se repitió varias veces, se incineró un total de 84 Kgf de hojas de maíz, cuando la gaveta contenedora se colmaba de ceniza, se vaciada en bandejas metálicas para su enfriamiento y se removía constantemente para oxigenar, una vez fría se almacenó en una bolsa plástica.

Se pesó la ceniza obtenida, sacando la cantidad de 5,600 Kgf, siendo esta un 6,66% del peso total de las hojas de maíz recolectadas.

3.4 Molienda de la ceniza

Los ensayos de molienda se realizaron en el laboratorio de: Geología y Minas, Fundición y Taller Mecánico, ubicado en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencias de los Materiales, de la facultad de Ingeniería, UCV.)

La ceniza de la hoja de maíz es un sustituto parcial del cemento Portland en las mezclas de concretos puzolánicos diseñadas en esta investigación, considerando esto, se procuró que el tamaño de las partículas de ambos materiales fuese bastante similar, lo cual se logro mediante un proceso de molienda de las hojas de maíz.

Se llevó botellas de vidrio para el curado del molino y las bolas metálicas según indicaciones del técnico a cargo del laboratorio de ensayos ubicado en la escuela de Metalúrgica, se lleno el molino con las cenizas de maíz por hora y media, y se colocó en las planchas giratorias para su funcionamiento.

Equipos y materiales empleados en la molienda:

Balanza de 2kgf (Fig.3.12).

Molino de bolas de 30 cm de diámetro y 30 cm de largo (Fig. 3.13) capacidad del molino es de 5 kgf, gira a una velocidad de 60 r.p.m., con 18kg de carga moledora conformada por esferas de acero de diversos diámetros (Fig. 3.14).

La velocidad de rotación de la Bancada giratoria es: 1725 R.P.M. (Fig.3.15)



Fig.3.12. Balanza de 2 Kg



Fig. 3.13. Molino de bolas.



Fig. 3.14. Carga moledora, esferas de acero.



Fig. 3.15. Bancada giratoria.

Procedimiento:

Se pesó una muestra de 18 Kgf de carga moledora, seleccionando esferas de acero de diferentes tamaños, considerando que la carga de ceniza usada sería 1/6 de la carga moledora (3 Kgf).

Se colocó en la bancada giratoria el molino de bolas durante un tiempo de 10 min. con vidrio para su curado.

Se extrajo todo el contenido de vidrio del barril, después de curado y se le colocó unos 100 gramos de la muestra a ensayar para finalizar el curado de las bolas y el molino.

Se limpió con una brocha el interior del barril y cada una de las esferas que conforman la carga moledora.

Se tomó una muestra de 1,100 Kgf de ceniza (1/6 de la carga moledora), se introdujo en el barril 1,100 Kgf de ceniza y los 18 Kgf de carga moledora, fue cerrado firmemente y posteriormente colocado en la bancada giratoria durante 1 ½ hora.

Se repitió el proceso cinco veces, debido a que las cenizas obtenidas fue de 5,600 Kgf, para así poder moler toda la ceniza obtenida producto de la incineración.

3.5 Selección del tamaño de partículas de ceniza de hoja de maíz.

Para la selección de las partículas de cenizas se llevó dos muestras representativas al laboratorio de separaciones mecá



Fig. 3.26 Mezcla con 30% de ceniza

3.6.2 Diseño de mezcla de bloque hueco de la mezcla patrón

El diseño de mezcla para el cuarto ensayo del bloque patrón

Tabla 3.5 Mezcla Patrón

4to ensayo:

	Cemento (Kgf)	Cenizas (Kgf)	Cem+Cen (Kgf)	Arena (m ³)	Bloques (und)
Bloque Patrón	10,700	0,000	10,700	0,0833	12

En la Concretera Shalon Alejem, C.A. ubicada en la zona industrial de Mamera, vía la Cantera Nacional Antimano se realizó para el cuarto ensayo doce (12) bloques patrón con una relación de mezcla de 10,700 kgf de cemento, 0,083 m³ de arena lavada y la menor cantidad posible de agua.

3.6.3 Ensayo de absorción de agua

Se utilizó un horno ubicado en el IMME, ventilado de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Una balanza digital EPELSA de capacidad 30 kgf y apreciación 1 grf.

Procedimiento:

Se sumergió las muestras completamente en agua destilada o agua de lluvia cuyo uso no afecta los resultados del ensayo durante 24 horas a una temperatura ambiente.

Se sacaron las muestras después de haber transcurridos las 24 horas y se secaron con toallas absorbentes y se pesaron inmediatamente.

Se secaron las muestras en el horno a una temperatura de 100°C durante un período no menor de 24 horas hasta que dos pesadas sucesivas, efectuadas a intervalos de horas mostrasen una pérdida de peso no mayor de 0,2% del peso anterior.

La absorción de agua del concreto del bloque expresada como un porcentaje del peso se calcula para cada muestra, según la formula:

$$A = ((P2 - P1) / P1) \times 100$$

A= Absorción de agua

P2= Peso de la muestra después de 24 horas

P1= Peso seco de cada muestra

El valor promedio del coeficiente de absorción (A) se calculó de las tres (3) muestras de ensayo.

Tabla 3.6 Absorción de agua de los bloques

Tabla Absorción de Agua							Fecha	20/10/2009
Bloque Patrón								
	Nº	Peso Original (kgf)	P1 (kgf)	P2 (kgf)	P2-P.orig (kgf)	P2-P1 (kgf)	$A = ((P2 - P1) / P1) \times 100$ (%)	Promedio A (%)
1	7	11,286	11,199	12,198	0,912	0,999	8,920	
2	9	12,083	11,937	12,912	0,829	0,975	8,168	8,291
3	5	12,022	11,919	12,847	0,825	0,928	7,786	
Bloque 10%								
	Nº	Peso Original (kgf)	P1 (kgf)	P2 (kgf)	P2-P.orig (kgf)	P2-P1 (kgf)	$A = ((P2 - P1) / P1) \times 100$ (%)	Promedio A (%)
1	11	11,810	11,149	12,255	0,445	1,106	9,920	
2	12	11,362	10,631	11,825	0,463	1,194	11,231	10,686
3	6	11,847	11,121	12,334	0,487	1,213	10,907	
Bloque 30%								
	Nº	Peso Original (kgf)	P1 (kgf)	P2 (kgf)	P2-P.orig (kgf)	P2-P1 (kgf)	$A = ((P2 - P1) / P1) \times 100$ (%)	Promedio A (%)
1	7	10,404	9,999	11,288	0,884	1,289	12,891	
2	11	10,617	10,005	11,358	0,741	1,353	13,523	13,276
3	6	9,840	9,356	10,611	0,771	1,255	13,414	

3.6.4 Elaboración de mortero de cemento puzolánico con ceniza de hoja de maíz en bloque hueco de mortero de cemento.

Para la elaboración del mortero para cada ensayo se utilizó maquinaria de la Concretera Shalon Alejem, C.A. ubicada en la zona industrial de Mamera, vía la Cantera Nacional Antimano tales como pala, carretilla y para la dosificación de la

arena se diseñó una tabla para la medida de arena a utilizar según la comodidad y manejo del material, especificada en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Diseño de la caja para la arena

Tabla 3.7					
DISEÑO DE CAJA PARA DOSIFICACIÓN DE ARENA					
A (m)	B (m)	C (m)	M3	A*B	M3/(A*B)
1	1	0,0417	0,0417	1	0,0417
0,9	0,9	0,0514	0,0417	0,81	0,0514
0,8	0,8	0,0651	0,0417	0,64	0,0651
0,7	0,7	0,0850	0,0417	0,49	0,0850
0,6	0,6	0,1157	0,0417	0,36	0,1157
0,5	0,5	0,1667	0,0417	0,25	0,1667
0,4	0,4	0,2604	0,0417	0,16	0,2604
0,35	0,35	0,3401	0,0417	0,1225	0,3401
0,3	0,3	0,4630	0,0417	0,09	0,4630
0,25	0,25	0,6667	0,0417	0,0625	0,6667
0,2	0,2	1,0417	0,0417	0,04	1,0417
0,1	0,1	4,1667	0,0417	0,01	4,1667
0	0	0,0000	0,0417	0	

Como los metros cúbicos de arena a utilizar fueron 0,04166667 m³, se diseñó una tabla fijando dos valores A, B y M3 para obtener un valor manejable para la construcción del valor C, valor de la altura de la caja a diseñar. (Fig. 3.27)

Cálculos para las dimensiones de la caja a usar para la dosificación de la arena.

$$A \times B \times C = 0,0417 \text{ m}^3 \text{ de arena}$$

$$C = (0,0417) / (0,35 \times 0,35) = 0,3401$$

Diseño de caja para la dosificación de arena

A= ancho de la caja = 0,35 cm

B= largo de la caja = 0,35 cm

C= alto de la caja = 0,34 cm



Fig. 3.27 Caja de 35x35x34 cm³ para la dosificación de arena.

3.6.5 Realizar los bloques huecos de mortero cemento patrón, con 10 % y 30% del contenido de hoja de maíz.

En la Concretera Shalon Alejem, C.A. ubicada en la zona industrial de Mamera, vía la Cantera Nacional Antimano se realizó un primer ensayo con la dosificación calculada teóricamente, 9,600 kgf de cemento, 1,100 kgf de ceniza de hojas de maíz, arena lavada 0,0467 m³, este diseño de mezcla fue insuficiente para realizar los 12 primeros bloques, se obtuvo 6 bloques y por ende su dosificación para alcanzar los 12 bloques cambió, modificando la dosis de mortero pero la dosis de cemento y ceniza permanecieron similar, esta decisión fue tomada en conjunto con el dueño de la bloquera (el Sr. Salvador Torrealba) y los obreros allí presentes, debido a que los seis (6) bloques que se hicieron

primordialmente a simple vista se encontraron cargados de cemento por su textura y color. (Fig. 3.28)



Fig. 3.28 Diferencia de color entre mezcla ensayo 1 y ensayo 2.

Motivado por la situación se tuvo que hacer el ensayo numero dos (2) rediseñando la mezcla y utilizando 9,600 kgf de cemento, 1,100 kgf de ceniza de hoja de maíz, variando la arena al doble 0,083 m³.

Para el tercer ensayo de los 12 bloques con una mezcla de ceniza del 30% se utilizó 7,500 kgf de cemento, 3,200 kgf de ceniza de hoja de maíz, 0,083 m³ de arena lavada.

3.6.6 Realizar los bloques huecos de mortero cemento con la muestra patrón.

Para el cuarto ensayo se realizaron doce (12) bloques patrón con una relación de mezcla de 10,700 kgf de cemento, 0,083 de arena lavada. (Fig. 3.29)



Fig 3.29 Bloques muestra patrón

3.7 Determinación de peso unitario del mortero de cemento seco de los distintos diseños de mezclas.

Para la determinación de los pesos unitarios se llevaron los bloques al depósito de los talleres del IMME y se utilizó una balanza digital EPELSA (Fig. 3.27 y Fig. 3.28) de 30 kgf y apreciación 1 grf, prestada por el mismo instituto, obteniendo la siguiente tabla:

TABLA 3.8 Peso unitario en Kgf.

	Bloque Patrón (Kgf)	Bolque 10% (Kgf)	Bolque 30% (Kgf)	Otra Dosificación (Kgf)
1	13,19	11,29	12,18	13,03
2	11,66	11,43	10,96	13,13
3	11,85	11,18	11,38	12,75
4	12,16	11,51	10,72	12,84
5	12,02	11,64	11,83	13,03
6	12,13	11,84	9,84	13,06
7	11,28	11,61	10,40	
8	12,16	11,92	10,98	
9	12,08	11,84	10,90	
10	11,90	11,77	10,90	
11	11,83	11,81	10,61	
12	12,11	11,36	11,86	
Promedio	12,03	11,60	11,05	12,97



Fig. 3.30 Balanza Digital de 30 kg



Fig. 3.31 Peso de los bloque.

3.8 Preparación de la muestra para el ensayo a compresión.

3.8.1 Bloques individuales:

Las superficies de los bloques ensayados donde se les fue aplicada la carga se revistieron con una capa de yeso dental de resistencia mayor a 245 kg/cm^2 (capping) (Fig. 3.32), se colocó uniformemente la pasta sobre la superficie rígida, soportando que no ocurrieran deflexiones visibles durante el proceso. Se apoyó la cara que se sometió a compresión sobre la pasta y se presionó firmemente en la prensa universal de 200 toneladas BALDWIN TATE-EMERY hacia abajo con un solo movimiento, manteniéndolo perpendicularmente a la superficie. El espesor promedio de la capa fue 2.5 mm aproximadamente



Fig. 3.32 Yeso dental para nivelar los bloques

3.8.2 Murete o bloque de tres:

Para la elaboración de los muretes se utilizó un mortero de relación 1 de cemento, 6 de arena y agua hasta que la mezcla quede homogénea, se colocó un bloque sobre otro y después de tener los tres unidos se les hizo el “capping” o nivelación por debajo y por arriba para luego hacerle la compresión en la maquina de prensa universal de 200 toneladas BALDWIN TATE-EMERY. (Fig 3.33)



Fig. 3.33 Murete de bloques

Para la nivelación de un lado de los bloques se utilizó el nivel por los costados después de 15 minutos se hizo el “capping” para el otro lado pero esta vez se colocó el nivel por encima ya que ese lado se encontraba nivelado. (Fig. 3.34)



Fig 3.34 Nivelación de los bloques

3.9 Ensayo de resistencia a compresión de un bloque y tres bloques.

Ensayo a compresión de mortero de cemento puzolánico con ceniza de hoja de maíz con distintos diseños de mezcla.

- Con 100% de dosis de cemento Pórtland I

Se trajeron 9 bloques originales de la Concretera Shalon Alejem, C.A. para su respectivo ensayo de compresión en la prensa de 200 toneladas ubicada en el IMME.

Se colocaron los bloques de ensayo de manera que la carga se aplicó en la misma dirección en que las cargas actúen sobre ellas en la construcción. Se hizo coincidir el centro de la superficie esférica de la rótula con el centro del plato de carga que se puso en contacto con el bloque de ensayo. Como la superficie de los platos no fue suficiente para cubrir el área de ensayo de los bloques se utilizaron placas adicionales. Se le aplicó la carga gradualmente a una velocidad constante en un período de dos (2) minutos aproximadamente. (Fig. 3.35)



Fig. 3.35 Ensayo a compresión de un bloque patrón

- Con 90% de dosis de cemento Pórtland I y 10 % de ceniza de hoja de maíz.

Se trajeron 9 bloques originales de la Concretera Shalon Alejem, C.A. para su respectivo ensayo de compresión en la prensa de 200 toneladas ubicada en el IMME.

Se colocaron los bloques de ensayo de manera que la carga se aplicó en la misma dirección en que las cargas actúan sobre ellas en la construcción. Se hizo coincidir el centro de la superficie esférica de la rótula con el centro del plato de carga que se puso en contacto con el bloque de ensayo. Como la superficie de los platos no fue suficiente para cubrir el área de ensayo de los bloques se utilizaron placas adicionales. Se le aplicó la carga gradualmente a una velocidad constante en un período de dos (2) minutos aproximadamente (Fig. 3.36)

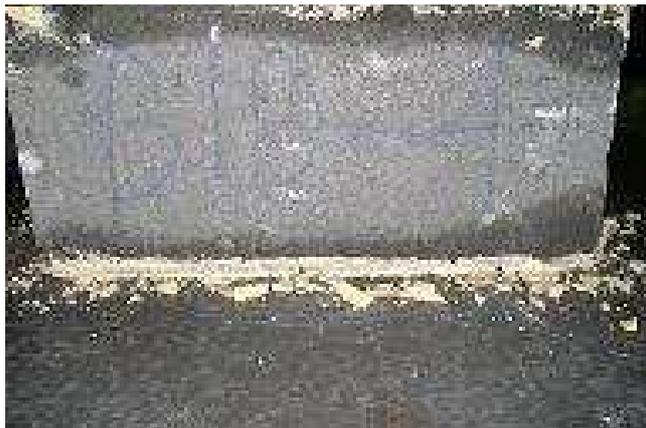


Fig. 3.36 Ensayo a compresión de un bloque 10% ceniza de hojas de maíz

- Con 70% de dosis de cemento Pórtland I y 30 % de ceniza de hoja de maíz.

Se trajeron 9 bloques originales de la Concretera Shalon Alejem, C.A. para su respectivo ensayo de compresión en la prensa de 200 toneladas ubicada en el IMME.

Se colocaron los bloques de ensayo de manera que la carga se aplicó en la misma dirección en que las cargas actúen sobre ellas en la construcción. Se hizo coincidir el centro de la superficie esférica de la rótula con el centro del plato de carga que se puso en contacto con el bloque de ensayo. Como la superficie de los platos no fue suficiente para cubrir el área de ensayo de los bloques se utilizaron placas adicionales. Se le aplicó la carga gradualmente a una velocidad constante en un período de dos (2) minutos aproximadamente (Fig. 3.37)



Fig. 3.37 Ensayo a compresión de un bloque 30% ceniza de hojas de maíz

3.10 Expresión de los resultados.

3.10.1 La resistencia a compresión de cada bloque se calculó por la siguiente formula:

$$R_c = C_m / S_b$$

Donde:

R_c = Resistencia a compresión, kg/cm^2

C_m = Carga máxima aplicada, kg

Sb = Superficie bruta del bloque expresada en cm^2

La resistencia a compresión de cada bloque fue el cociente entre la carga máxima y el área de la superficie bruta del bloque. El resultado del ensayo es el promedio de las resistencias de los bloques por cada condición de ensayo.

Debido a que no se tomó la dosificación o medidas del agua se sacó por fórmulas de acuerdo a la resistencia obtenida a los 7 días de ensayo.

Relación agua/cemento

$$\alpha = a / C$$

A partir de la resistencia ensayada a los 7 días

$$\alpha = 3,147 - 1,065 * \log (R_7)$$

Como la relación agua cemento para todos los días es igual

$$\alpha_7 = \alpha_{28}$$

$$\text{Ahora; } R_{28} = 902,5 / 8,69^\alpha$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

TABLA 4.1 DOSIFICACIÓN DEL FABRICANTE				
CEMENTO	Peso (kgf)	Material		Producción
6 saco de cemento	255	1 m ³ arena, 6 saco de cemento		272 Bloques
1 saco de cemento	42.5	1/6 m ³ arena, 1 saco de cemento		$272/6=45.33$ =>46 Bloques
1/2 saco de cemento	21.25	1/12 m ³ arena, 1/2 saco de cemento		24 Bloques
1/4 saco de cemento	10.625	1/24 m ³ arena, 1/4 saco de cemento		12 Bloques
1/8 saco de cemento	5.3125	1/48 m ³ arena, 1/8 saco de cemento		6 Bloques

TABLA 4.2 Cemento para mezcla del 10% de ceniza

CEMENTO	Peso (kgf)	Para 10%
1 saco de cemento	42,50	4,25
1/2 saco de cemento	21,25	2,12
1/4 saco de cemento	10,62	1,06
1/8 saco de cemento	5,31	0,53

TABLA 4.3 Cemento para mezcla del 30% de ceniza

CEMENTO	Peso (kgf)	Para 30%
1 saco de cemento	42,50	12,75
1/2 saco de cemento	21,25	6,37
1/4 saco de cemento	10,62	3,18
1/8 saco de cemento	5,31	1,59

TABLA 4.4 Dosificación de cemento y cenizas

Dosificación	kgf
90% cemento	9,56
10% ceniza	1,06
Total	10,62
70% cemento	7,43
30% ceniza	3,18
Total	10,62
% de ceniza utilizada	
10%	1,06
30%	3,18
Total	4,25

TABLA 4.5 Dosificación general

Muestra Patrón 12 bloq	Muestra 10% cenizas 12 bloq	Muestra 30% cenizas 12 bloq
1/24 m3 arena	1/24 m3 arena	1/24 m3 arena
10.62 kgf cemento	9.56 kgf cemento	7.43 kgf cemento
	1.06 kgf cenizas	3.18 kgf cenizas

Fig. 4.1: Análisis físico de la ceniza de hoja de maíz en el Mastersizer 2000.

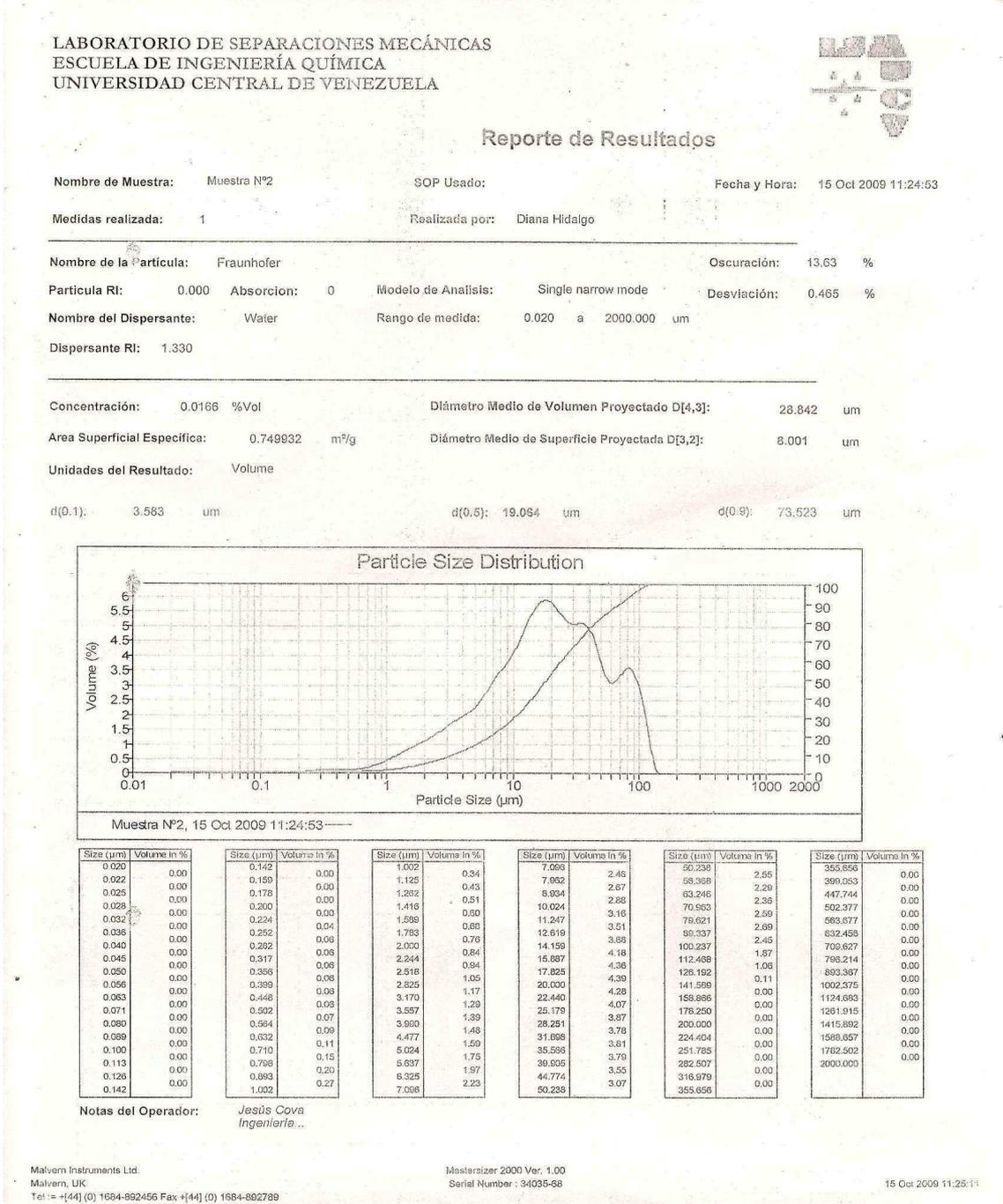


TABLA 4.6 Diseño de caja para la dosificación de arena

DISEÑO DE CAJA PARA DOSIFICACIÓN DE ARENA					
A (m)	B (m)	C (m)	M3	A*B	M3/(A*B)
1	1	0,04	0,04	1,00	0,04
0,9	0,9	0,05	0,04	0,81	0,05
0,8	0,8	0,06	0,04	0,64	0,06
0,7	0,7	0,08	0,04	0,49	0,08
0,6	0,6	0,11	0,04	0,36	0,11
0,5	0,5	0,16	0,04	0,25	0,16
0,4	0,4	0,26	0,04	0,16	0,26
0,35	0,35	0,34	0,04	0,12	0,34
0,3	0,3	0,46	0,04	0,09	0,46
0,25	0,25	0,66	0,04	0,06	0,66
0,2	0,2	1,04	0,04	0,04	1,04
0,1	0,1	4,16	0,04	0,01	4,16
0	0	0,00	0,04	0	

TABLA 4.7 Diseño de mezclas de todos los ensayos

1er ensayo:	Cemento (Kgf)	Cenizas (Kgf)	Cem+Cen (Kgf)	Arena (m ³)	Bloques (und)
Bloque 10%	9,600	1,100	10,700	0,041	6

2do ensayo:	Cemento (Kgf)	Cenizas (Kgf)	Cem+Cen (Kgf)	Arena (m ³)	Bloques (und)
Bloque 10%	9,600	1,100	10,700	0,083	12

3er ensayo:	Cemento (Kgf)	Cenizas (Kgf)	Cem+Cen (Kgf)	Arena (m ³)	Bloques (und)
Bloque 30%	7,500	3,200	10,700	0,083	12

4to ensayo:	Cemento (Kgf)	Cenizas (Kgf)	Cem+Cen (Kgf)	Arena (m ³)	Bloques (und)
Bloque Patrón	10,700	0,000	10,700	0,083	12

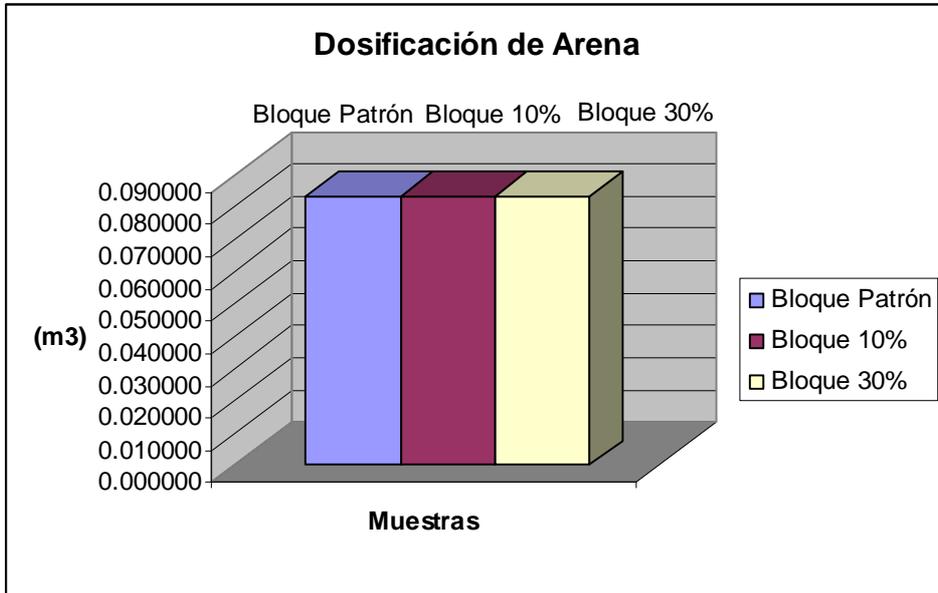


Gráfico 4.1 Dosificación de Arena

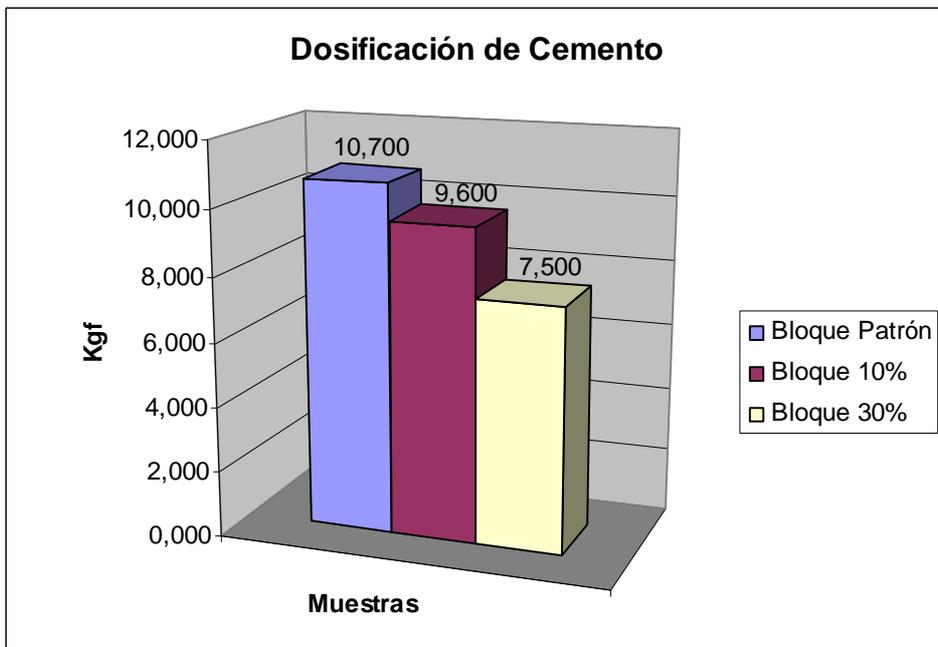


Gráfico 4.2 Dosificación de Cemento (Kg)

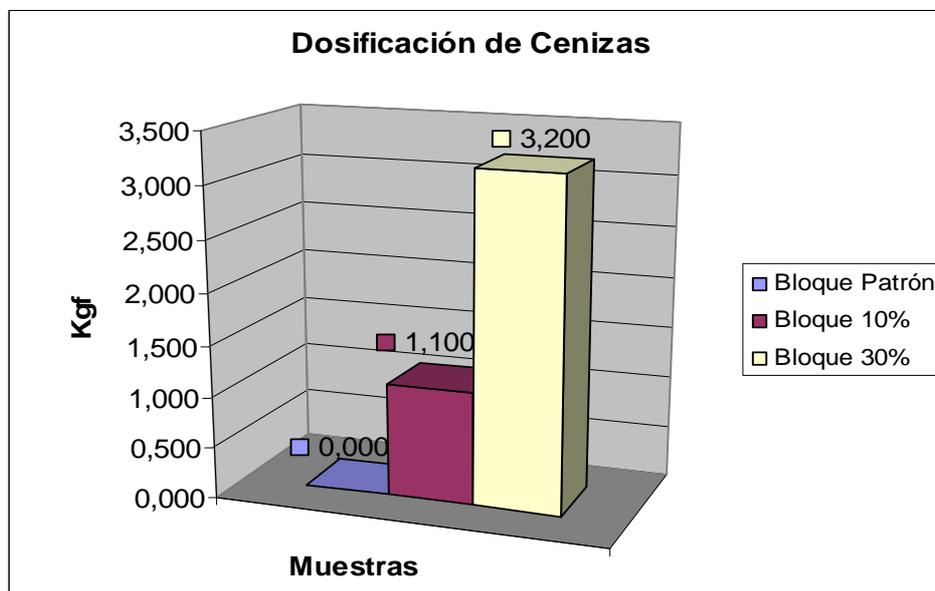


Gráfico 4.3 Dosificación de Cenizas de Hojas de Maíz

TABLA 4.8 Densidad de las muestras

Densidad de los bloques									
	Bloque Patrón (kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (kg/m3)	Bolque 10% (kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (kg/m3)	Bolque 30% (kg)	Volumen (m3)	Peso Unitario (kg/m3)
1	13,190	0,012	1099,167	11,298	0,012	941,500	12,183	0,012	1015,250
2	11,663	0,012	971,917	11,431	0,012	952,583	10,969	0,012	914,083
3	11,855	0,012	987,917	11,181	0,012	931,750	11,387	0,012	948,917
4	12,167	0,012	1013,917	11,515	0,012	959,583	10,723	0,012	893,583
5	12,022	0,012	1001,833	11,642	0,012	970,167	11,834	0,012	986,167
6	12,137	0,012	1011,417	11,847	0,012	987,250	9,840	0,012	820,000
7	11,286	0,012	940,500	11,610	0,012	967,500	10,404	0,012	867,000
8	12,167	0,012	1013,917	11,923	0,012	993,583	10,988	0,012	915,667
9	12,083	0,012	1006,917	11,841	0,012	986,750	10,906	0,012	908,833
10	11,904	0,012	992,000	11,777	0,012	981,417	10,905	0,012	908,750
11	11,831	0,012	985,917	11,810	0,012	984,167	10,617	0,012	884,750
12	12,118	0,012	1009,833	11,62	0,012	946,833	11,866	0,012	988,833
	12,035		1002,938	11,603		966,924	11,052		920,986

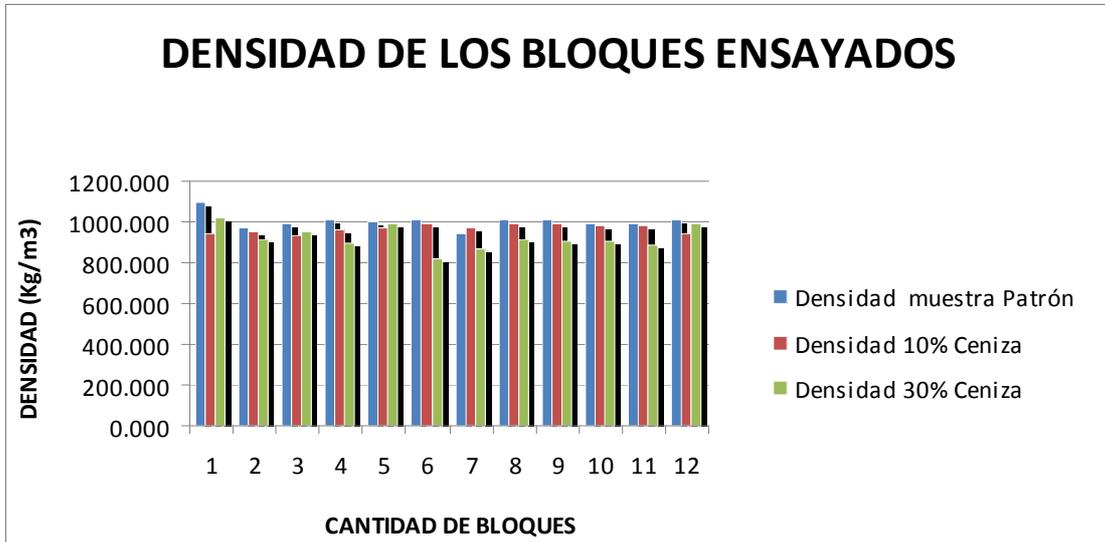


Gráfico 4.4 Densidad de los bloques (Kgf/m3)

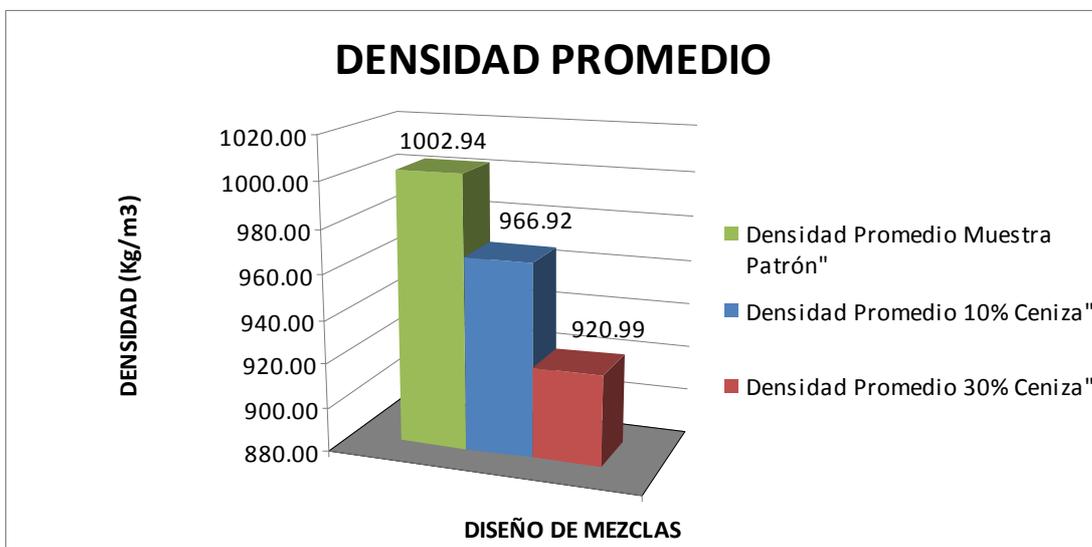


Gráfico 4.5 Densidad Promedio (Kgf/m3)

TABLA 4.9 Absorción de agua

Tabla Absorción de Agua							Fecha	20/10/2009
Bloque Patrón								
	Nº	Peso Original (kgf)	P1 (kgf)	P2 (kgf)	P2-P.orig (kgf)	P2-P1 (kgf)	$A = ((P2 - P1) / P1) \times 100$ (%)	Promedio A (%)
1	7	11,28	11,19	12,19	0,91	0,99	8,92	
2	9	12,08	11,93	12,91	0,82	0,97	8,16	8,29
3	5	12,02	11,91	12,84	0,82	0,92	7,78	
Bloque 10%								
	Nº	Peso Original (kgf)	P1 (kgf)	P2 (kgf)	P2-P.orig (kgf)	P2-P1 (kgf)	$A = ((P2 - P1) / P1) \times 100$ (%)	Promedio A (%)
1	11	11,81	11,14	12,25	0,44	1,10	9,92	
2	12	11,36	10,63	11,82	0,46	1,19	11,23	10,68
3	6	11,84	11,12	12,33	0,48	1,21	10,90	
Bloque 30%								
	Nº	Peso Original (kgf)	P1 (kgf)	P2 (kgf)	P2-P.orig (kgf)	P2-P1 (kgf)	$A = ((P2 - P1) / P1) \times 100$ (%)	Promedio A (%)
1	7	10,40	9,99	11,28	0,88	1,28	12,89	
2	11	10,61	10,00	11,35	0,74	1,35	13,52	13,28
3	6	9,84	9,35	10,61	0,77	1,25	13,41	

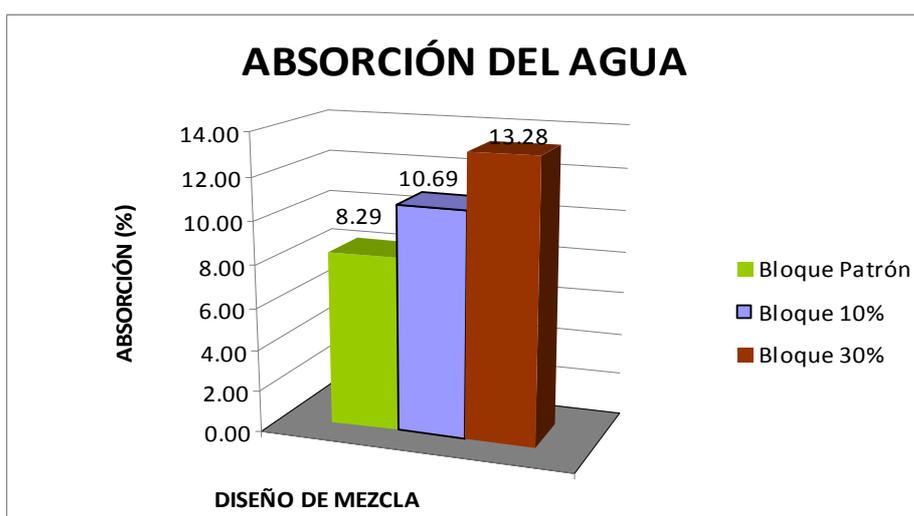


Gráfico 4.6 Absorción de agua

TABLA 4.10 Ubicación de los bloques en cada ensayo por su peso unitario.

Bloque Patrón	Bolque 10%	Bolque 30%	Leyenda:		
11,28	11,18	9,84		9,84	absorción
11,66	11,29	10,40	10,72	Individual	
11,83	11,36	10,61	10,61	Murete 1	
11,85	11,43	10,72	10,90	Murete 2	
11,90	11,51	10,90			
12,02	11,61	10,90			
12,08	11,64	10,96			
12,11	11,77	10,98			
12,13	11,81	11,38			
12,16	11,84	11,83			
12,16	11,84	11,86			
13,19	11,92	12,18			

TABLA 4.11 Resistencia a compresión para la muestra patrón

Edad del Ensayo (días)	Bloque Patrón	Área (cm ²)	Carga Max (Kg)	Rc (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
7	BP-11				
7	BP-10	546	8.300	15,20	
7	BP-8				
					13,87
7	BP-3				
7	BP-12	546	6.850	12,55	
7	BP-6				
7	BP-1	546	9.150	16,76	
7	BP-2	546	7.240	13,26	14,92
7	BP-4	546	8.050	14,74	

TABLA 4.12 Resistencia a compresión para la muestra 10% cenizas de hojas de maíz

Edad del Ensayo (días)	Bloque 10%	Área (cm ²)	Carga Max (Kg)	Rc (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
7	B10-3				
7	B10-5	546	4.900	8,97	
7	B10-8				
					7,23
7	B10-1				
7	B10-2	546	3.000	5,49	
7	B10-10				
7	B10-4	546	3.700	6,78	
7	B10-7	546	2.140	3,92	5,27
7	B10-9	546	2.790	5,11	

TABLA 4.13 Resistencia a compresión para la muestra 30% cenizas de hojas de maíz

Edad del Ensayo (días)	Bloque 30%	Área (cm ²)	Carga Max (Kg)	Rc (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
7	B30-9				
7	B30-5	546	4.100	7,51	
7	B30-1				
					7,69
7	B30-10				
7	B30-8	546	4.300	7,88	
7	B30-12				
7	B30-2	546	6.200	11,36	
7	B30-3	546	4.820	8,83	9,45
7	B30-4	546	4460	8,17	

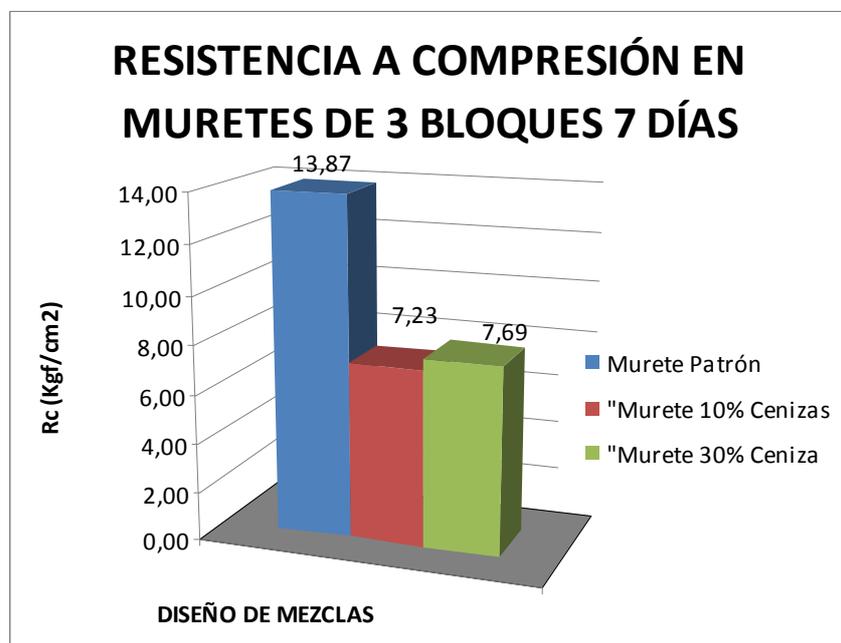


Gráfico 4.7 Resistencia a compresión en muretes

Debido a que no se midió la dosificación de agua en la mezcla de los muretes se calculó a partir de la resistencia obtenida a los 7 días de ensayo, de igual manera se hizo para los bloques individuales. Et al Porrero (2004). Manual de Concreto Estructural.

Tabla 4.14 Calculo de dosificación del agua para muretes

Calculo de agua a partir de la resistencia en muretes							
Muestras	Rc 7 días (Kg/cm ²)	$\alpha = 3.147 - 1.065 \times \log(R_7)$	$\alpha_7 = \alpha_{28}$	Cemento (Kgf)	$a = \alpha \times C$ (Kgf)	a (Lts)	Rc 28 días (Kg/cm ²)
Bloque Patron	13,87	1,93	1,93	10,700	20,66	20,66	13,88
Bloque 10%	7,23	2,23	2,23	10,700	23,88	23,88	7,24
Bloque 30%	7,69	2,20	2,20	10,700	23,58	23,58	7,70

Asumiendo que la resistencia de la muestra patrón en bloques individuales (13,87 Kg/cm²) fuese él especificado en la norma (55 Kg/cm²), ¿que uso se le daría a las muestras ensayadas? ; Para ello se saco sus respectivos porcentajes y las resistencias, obteniéndose de la forma siguiente:

Cálculo tipo:

Si 13,87 Kg/cm² ----- 100%

7,23 Kg/cm² ----- x ; x= 52,13%

Si 13,87 Kg/cm² ----- 55 Kg/cm²

7,23 Kg/cm² ----- X ; x= 28,67 Kg/cm²

Tabla 4.15 Resistencia a compresión asumido para muretes

Muestras	Rc original (Kg/cm ²)	Rc asumido (Kg/cm ²)	%
Bloque Patron	13,87	55,00	100
Bloque 10%	7,23	28,67	52,13
Bloque 30%	7,69	30,49	55,44

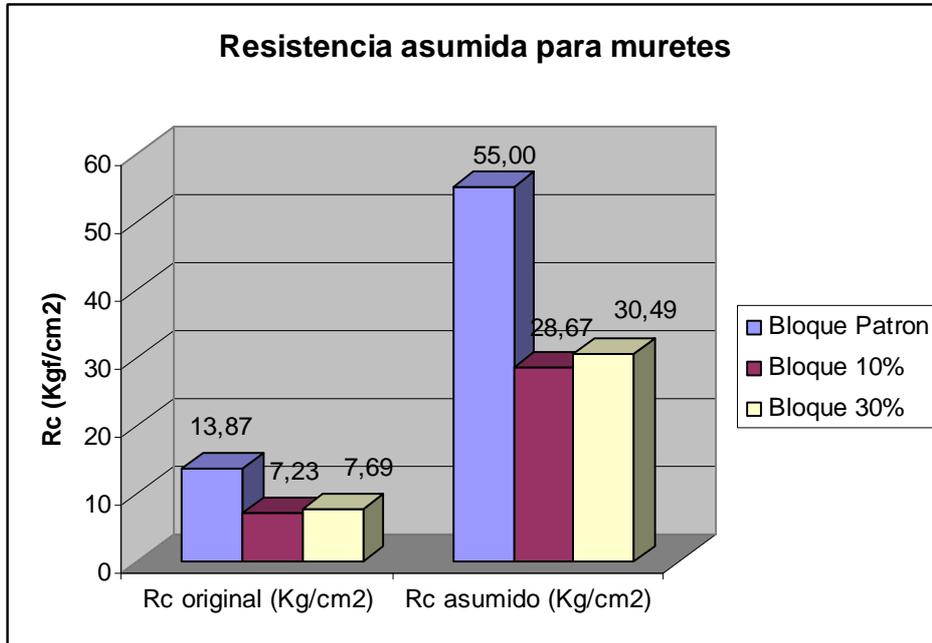


Gráfico 4.8 Resistencia asumida en muretes

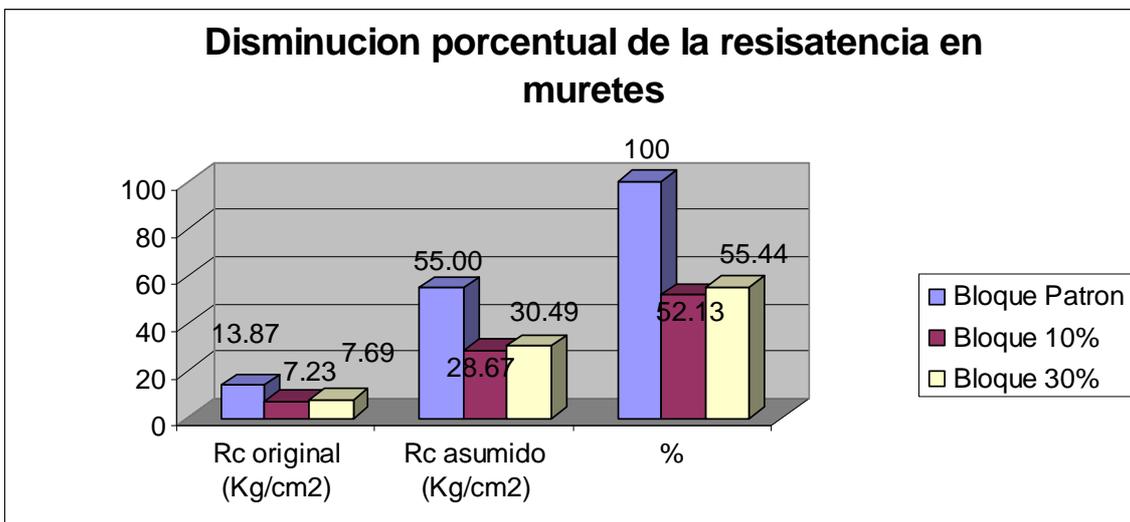


Gráfico 4.9 Disminución porcentual de la resistencia en muretes

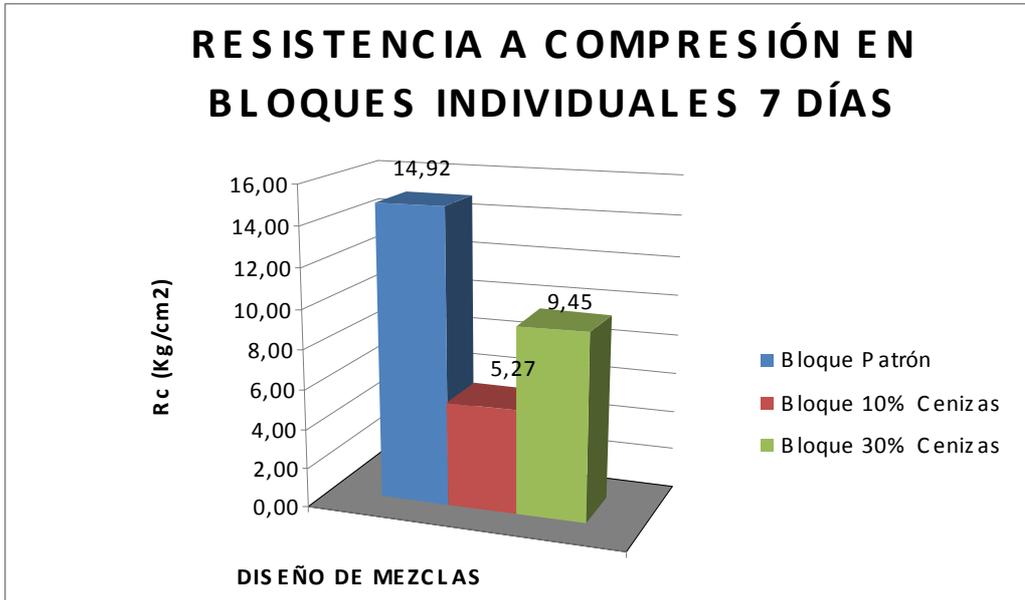


Gráfico 4.10 Resistencia a compresión en bloques

Tabla 4.16 Calculo de dosificación del agua para bloques individuales

Calculo de agua a partir de la resistencia en muretes							
Muestras	Rc 7 dias (Kg/cm ²)	$\alpha = 3.147 - 1.065 \times \log(R_7)$	$\alpha_7 = \alpha_{28}$	Cemento (Kgf)	a= $\alpha \times C$ (Kgf)	a (Lts)	Rc 28 dias (Kg/cm ²)
Bloque Patron	14,92	1,90	1,90	10,700	20,30	20,30	14,93
Bloque 10%	5,27	2,38	2,38	10,700	25,45	25,45	5,27
Bloque 30%	9,45	2,11	2,11	10,700	22,56	22,56	9,46

Tabla 4.17 Resistencia a compresión asumido para bloques individuales

Muestras	Rc original (Kg/cm ²)	Rc asumido (Kg/cm ²)	%
Bloque Patron	14,92	55,00	100
Bloque 10%	9,45	34,84	63,34
Bloque 30%	5,27	19,43	35,32

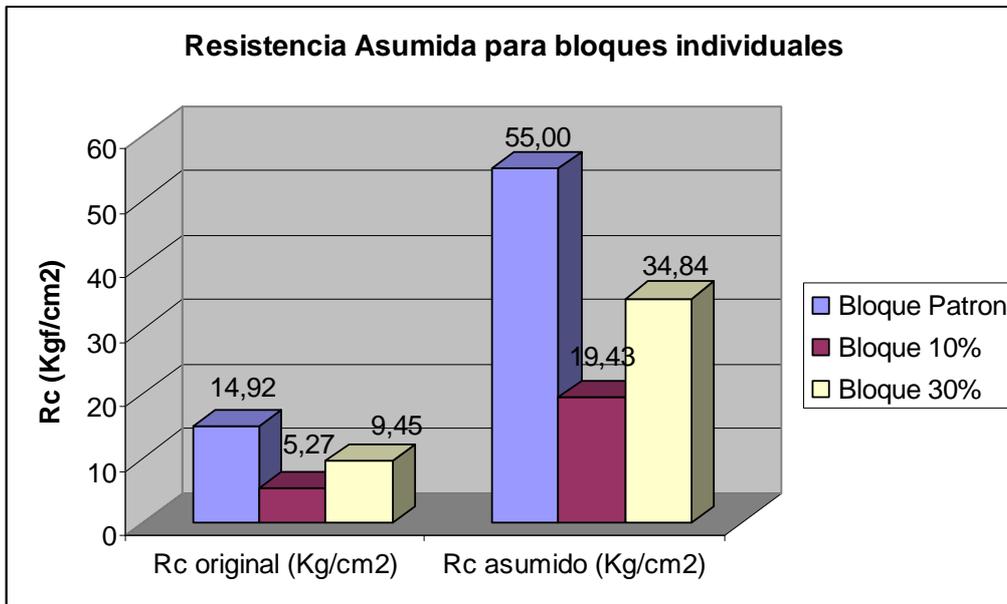


Gráfico 4.11 Resistencia a compresión asumida en bloques individuales

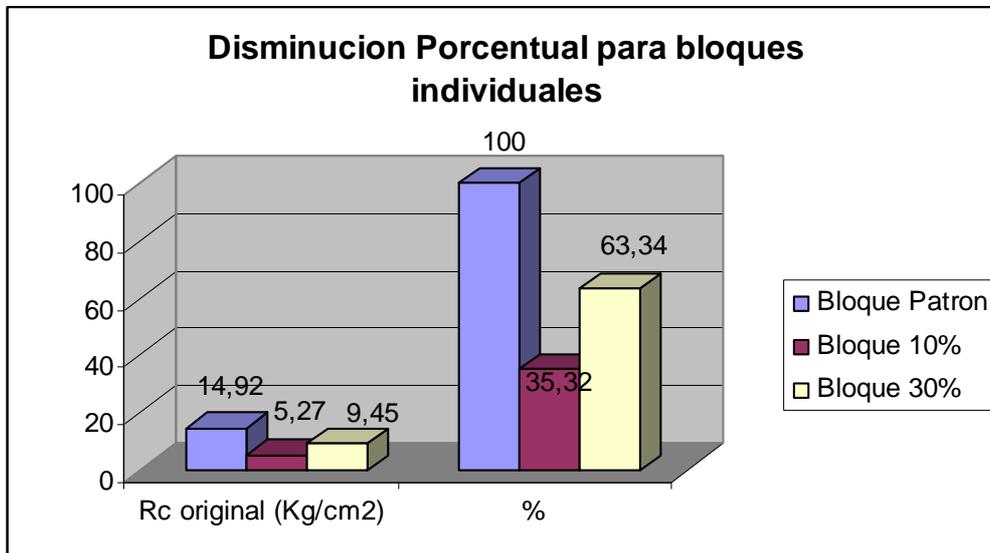


Gráfico 4.12 Disminución porcentual en bloques individuales

Según Korody, María Eugenia (2000). En el estudio de la factibilidad de utilización del ripio de cantera como material estructural para viviendas de bajo costo, publicado en la revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela. vol 15, N° 2, se estudiaron resistencia a compresión de algunas muestras, obteniendo el grafico siguiente:

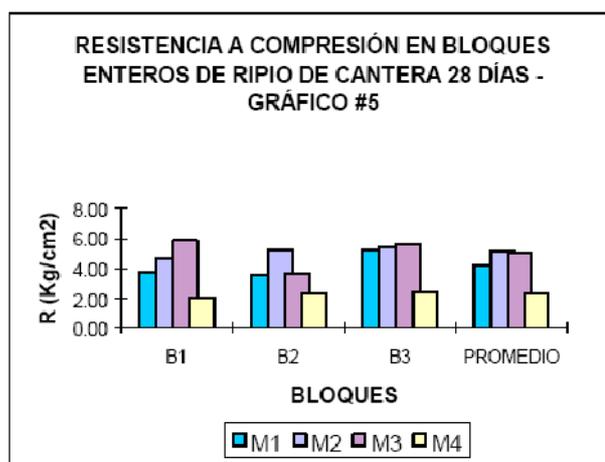


Gráfico 4.13 Resistencia a compresión en bloques de ripio

Leyenda:

M1: Proporción 6:1 (6 carretillas planas de Ripio, 1 saco de cemento y 3 cuñetes de agua (aproximadamente 57 lts)).

M2: Proporción 3:1 (3 carretillas planas de Ripio, 1 saco de cemento y 3 cuñetes de agua (aproximadamente 57 lts)).

M3: Proporción 6:1 (6 carretillas planas de Ripio, 1 saco de cemento y 3 cuñetes de agua (aproximadamente 57 lts)). Las carretillas de Ripio para la preparación de esta mezcla, se obtuvieron a partir de 20 bloques molidos de Ripio, de proporción 7:1, fabricados con tres años de anterioridad.(M:4)

Este gráfico es utilizado para hacer una comparación de resistencia a compresión de bloques de ripio de cantera con bloques de ceniza de maíz.

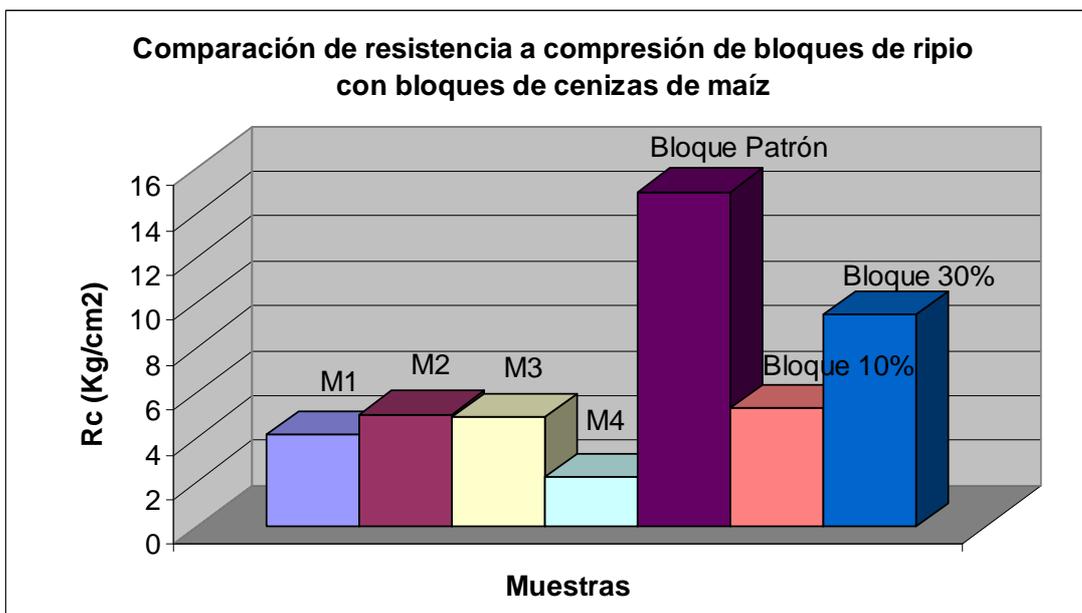


Gráfico 4.14 Comparación de Resistencia a compresión en bloques de ripio de cantera con bloques de ceniza de maíz

Para el cálculo de los precios no se hizo por material, se llamo a varias bloqueras ubicadas en la ciudad de Caracas y se pidió presupuesto del bloque de concreto de 15 cm sacando un promedio de ellos, nos quedo a 2,40 Bsf por unidad de bloque. Como se hizo por unidad, el costo de transporte y material inerte para la incineración (alcohol isopropílico) no fue tomado en cuenta, se asume que el costo de la ceniza es cero (Bsf. 0), por ende la disminución en bolivares es lineal y el ahorro va a ser el porcentaje de ceniza del diseño.

TABLA 4.14 Precio y ahorro por unidad de bloques

Cantidad	Bloque Patrón	Bloque 10%	Bloque 30%	Ahorro 10 %	Ahorro 30 %
1	Bsf 2,40	Bsf 2,16	Bsf 1,68	Bsf 0,24	Bsf 0,72

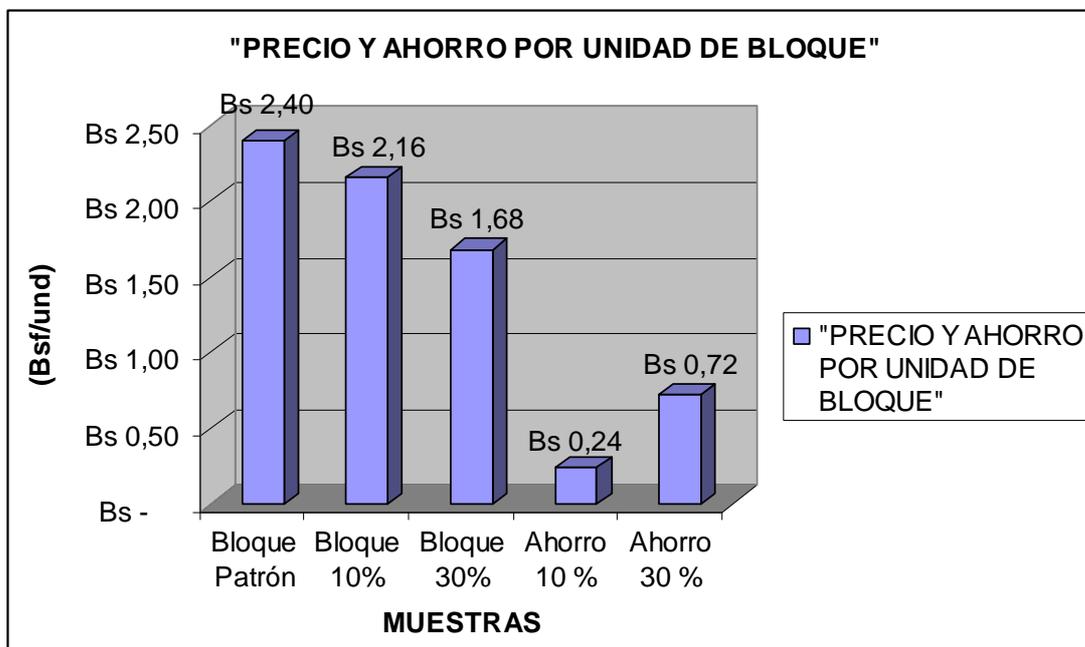


Gráfico 4.15 Precio y ahorro por unidad de bloques

Tipos de fallas obtenidas en las muestras



Fig 4.1 Falla a compresión



Fig. 4.2 Falla de borde



Fig 4.3 Falla a compresión de murete



Fig 4.4 Falla a compresión de murete

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Incineración de las hojas de maíz

Físicamente se puede palpar que la ceniza de hoja de maíz pesa menos que la del cemento, en ciertos aspectos podría ser una ventaja pues se elaborarían bloques más livianos, en la tabla 3.7 del peso unitario se puede ver que el bloque elaborado con la muestra patrón es más pesada que la elaborada con ceniza de hoja de maíz, así mismo se puede ver que la muestra hecha con la dosis del 30% de ceniza de hoja de maíz es la mas liviana, otro aspectos es la superficie especifica (cm²/grf), esta nos da un índice de la finura del material, para la muestra estudiada la finura de la ceniza de hoja de maíz es menor (0,81 m²/grf) equivalente a decir 8100 cm²/grf, esto es importante a la hora de medir la adherencia del material. Se utilizó el dispositivo de quemado (tambor metálico de 200lts) para facilitar la medición de la temperatura de incineración a través de la termocupla dando los valores promedios oscilantes entre 500 ° C y 700 ° C.

De todas las cenizas obtenidas se observó distintos colores después de la incineración, el color negro, gris y blanco; siendo predominante el color gris y el color blanco, lo cual nos indica un resultado favorable referente al bajo contenido de carbón en la ceniza y buena actividad puzolánica. (Fig. 5.1)



Fig. 5.1 Cenizas de hojas de maíz

5.2 Molienda de la ceniza hoja de maíz

En la elaboración de la molienda de las cenizas hojas de maíz se pudo alcanzar un material con un color gris oscuro parecido al cemento Portland, pero después de evaluado las muestras en el Laboratorio de separaciones mecánicas de la escuela de Ingeniería Química con el analizador de partículas Mastersizer 2000 fue que se determinó si en la molienda se obtuvieron los resultados adecuados del tamaño de partículas; la ceniza sometida al proceso de molienda durante 1 1/2 hora le faltó poco para cumplir con los parámetros establecidos en el análisis físico ($d(0,9) = 74,434 \mu\text{m}$), el cual se basó en la obtención de una muestra de ceniza donde más del 90% de su contenido fuesen partículas de $75\mu\text{m}$, pero comparando con la de un tipo de cemento se encontró que estaba muy por encima del valor ($d(0,9) = 54,485 \mu\text{m}$), procediendo a continuar con los ensayos respectivos. Esta finura es importante a la hora de medir la reactividad del material, ya que mientras más pequeña sea la partícula mayor va a ser la adherencia entre ellas durante el proceso de mezclado.

5.3 Análisis del tamaño de las partículas

Los resultados hechos con equipo analizador de partículas Mastersizer 2000 no considera la absorción de agua en la muestra estudiada, este tipo de ensayo (absorción) se hizo directamente en las muestras de los bloques ensayados.

En la hoja de resultados del equipo analizador de partículas Mastersizer 2000 se origina una grafica de distribución del tamaño de partículas contra el volumen en porcentaje de la muestra estudiada, en el gráfico se especifica el rango del tamaño de partículas donde estuvo la muestra estudiada, los picos representan la uniformidad en el tamaño de las muestra, mientras más picos menor es la uniformidad en la muestra, así también ocurre pero en sentido contrario con la medida del rango de tamaño, mientras más pequeño la muestra tendrá una mejor distribución en su tamaño.

5.4 Densidad (Peso específico)

En el gráfico 4.2 de densidad promedio se puede apreciar claramente que los bloques realizados con la muestra patrón son más pesados que las muestras con las cenizas de hojas de maíz, esto es favorable ya que se pueden realizar morteros más ligeros y a su vez bloques más livianos, caso favorable en la elaboración de viviendas.

5.5 Absorción del agua

El diseño de mezcla con el 30% de ceniza de hojas de maíz tiene la mayor absorción de agua con un índice de 13,27%, por lo cual tienden a absorber mayor cantidad de agua que los bloques patrón (8,29%), y como se debía de esperar la mezcla del 10% se encuentra intermedia con un valor de 10,68% de absorción, estos dos últimos valores se encuentran por debajo de la absorción máxima indicada en la tabla 2.5 que refleja la norma COVENIN 42-82 para bloques livianos, y la muestra con más contenido de ceniza (30%) tiene un valor de 1,28% por encima de la absorción máxima.

5.6 Índice de actividad puzolánica

Según Águila (2005) Evaluación de la hoja del maíz como posible fuente de material puzolánico. El término “puzolana” se ha extendido a todo material silíceo o sílico-aluminoso que por sí solo poseen baja o nulas propiedades cementantes, pero en presencia de humedad y cal pueden reaccionar químicamente y formar compuestos que sí tienen interesantes propiedades cementantes e hidráulicas. Por ello utilizamos un índice de actividad puzolánica definido como la relación de resistencias a la compresión de un mortero con adición de material puzolánico y la de un mortero a base de cemento Portland. En general se especifica que dicho índice no debe ser inferior a 0,75 lo que quiere decir que el material puzolánico debe tener al menos el 75% de la resistencia del bloque patrón. En el presente trabajo de investigación la actividad puzolánica fue por debajo del 75% de la muestra patrón, quedando la muestra del 30% de contenido de ceniza en 2,71 Kg/cm² por debajo del 75% de la muestra patrón en los

muretes de 3 bloques y para los bloques individuales en $1,74 \text{ Kg/cm}^2$ por debajo de la muestra patrón.

5.7 Resistencia a compresión

En el ensayo de los muretes (bloques de 3) de la muestra patrón ensayado a los siete (7) días de curado, se obtuvo una resistencia a compresión de $13,87 \text{ Kgf/cm}^2$, no cumpliendo con lo establecido en la norma, pudiendo afectar el valor de la resistencia los espesores de nervio y pared, los moldes utilizados en la Concretera Shalom Alejem C.A. tienen un espesor de $1,5 \text{ cm}$ siendo este 7 cm menos que el especificado en la norma covenin 42-82. ($2,2 \text{ cm}$) para los bloques de 15 cm .

Asumiendo que el valor de $14,92 \text{ Kgf/cm}^2$ en los ensayos de bloques individuales fuese el 55 kg/cm^2 especificado en la norma 42-82, se obtienen que la muestra de bloque realizado con 10% de ceniza según su resistencia ($19,43 \text{ Kgf/cm}^2$) no cumple con la norma por ende no se le asigna ningún tipo ni uso, pero la muestra de bloque realizado con el 30% de ceniza obtuvo una resistencia de $34,84 \text{ Kgf/cm}^2$ ubicándose alrededor de los bloques tipo A2 para paredes externas no expuestas a la humedad. Para los muretes se tienen que las dos muestras se ubicarían de tipo B1 - B2 ya que poseen una resistencia alrededor de los 30 Kgf/cm^2 , utilizándose estos bloques para paredes que no soportan cargas pero expuestas o no a la humedad.

Para los bloques individuales de 10% de ceniza hubo una disminución del $64,68\%$ de la resistencia a compresión en comparación con la muestra patrón y para los bloques realizados con el 30% de ceniza hubo una disminución de $36,66\%$ obteniéndose una mejor resistencia en estos bloques.

En los ensayos de muretes del 10% y 30% de ceniza encontramos una disminución de aproximadamente el 50% de la resistencia a compresión en comparación con la muestra patron.

Tomando referencia anterior del autor Korody, María Eugenia (2000). En el estudio de la factibilidad de utilización del ripio de cantera como material estructural para viviendas de bajo costo, se hizo una comparación de muestras de bloques hechas con material ripio de cantera con los bloques ensayados en este trabajo.

Los valores de los bloques M1, M2, M3 y M4 elaborados con material de ripio de cantera obtuvieron valores respectivos de 4,1 Kgf/cm², 5,0 Kgf/cm², 4,9 Kgf/cm², 2,2 Kgf/cm², valores que no superan al menor valor (5,27 Kgf/cm²) de los bloques elaborados con 10% de ceniza de hoja de maíz.

5.8 Análisis económico de los bloques

Para el análisis económico se realizó la búsqueda de precios actuales de los bloques en Venezuela tomando como promedio el valor 2,40 Bsf para el bloque concreto de dimensiones modulares 40x20x15 cms llamado bloque de 15 usando distintos tipos de muestras.

5.8.1 Comparación de precio por unidad de bloque

Para el cálculo de los precios no se hizo por material, se llamo a varias bloqueras ubicadas en la ciudad de Caracas y se pidió presupuesto del bloque de concreto de 15 cm sacando un promedio de ellos, para el bloque patrón se obtuvo un precio de 2,40 Bsf y para los distintos tipos de diseño de mezcla del 10% y 30% de ceniza de hojas de maíz se obtuvo 2,16 Bsf y 1,68 Bsf respectivamente por

unidad, como se hizo por unidad, el costo de transporte y material inerte para la incineración (alcohol isopropílico) no fue tomado en cuenta, se asume que el costo de la ceniza es cero (Bsf. 0), por ende la disminución en bolívares es lineal y el ahorro va a ser el porcentaje de ceniza del diseño obteniéndose un ahorro lineal de 0,24 Bsf y 0,72 Bsf por unidad de bloque. (Tabla 4,14)

5.8.2 Comparación de precio por cantidad de bloques

Para reflejar una diferencia significativa en bolívares se hizo el cálculo para distintas cantidades de bloques obteniendo que para 100 unidades de bloques patrón se gastaría 240,00 Bsf, para un bloque con 10% ceniza de hoja de maíz se gastaría 216,00 Bsf y para un bloque con 30% de ceniza de hoja de maíz se gastaría 168,00 Bsf, esto nos lleva a concluir que para construir una casa de 10.000,00 bloques se gastarían 24.000,00 Bsf y para los bloques de 30% de ceniza de hoja de maíz 16.800,00 Bsf ahorrando 7.200,00 Bsf , es decir que en bolívares se ahorra un 30% de lo que se gastaría normalmente en construir una vivienda con 10.000 bloques.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo para la recolección y preparación del material agrícola es poco productivo para la obtención de cenizas a ser ensayadas, debido al proceso que tenemos que seguir de manufactura, secado, deshojamiento para llegar al producto a ser molido.

Para obtener las hojas de maíz se recomienda buscar en sitios fuera de la ciudad de Caracas, ya que hay que conseguir un sembradío para obtener una proporción favorable para la producción de bloques.

Las hojas de maíz dependiendo como se encuentren hay que esparcirla en un amplio terreno para tener un secado rápido de las mismas y no tener que esperar por lo menos dos semanas a que el material seque.

En el proceso de quemado se tuvo que diseñar otros dispositivos de quemado para acelerar un poco este proceso, se podría ampliar el diámetro del cilindro de metal para una mayor movilidad de los desperdicios en la malla utilizada como filtro. La relación obtenida del proceso de incineración fue 1:15, es decir por cada 15 kgf de hojas de maíz se obtuvo 1 kgf de cenizas.

El proceso de la molienda es bueno pero si se pudiera realizar en maquinas industriales daría un mejor resultado, porque se colocaría más cantidad de material a la misma razón de tiempo y se obtendría mayor productividad al momento de emprender una construcción, se recomienda dejar el proceso de molienda unos 15 minutos más del tiempo ensayado (1:30 min) debido a la finura de tamaño de la ceniza obtenida (74,434 micrómetros), para así obtener una mayor adherencia de las partículas en la mezcla.

Con los ensayos realizados en los laboratorios se contrastaron que la ceniza de hojas de maíz puede sustituir en ciertas proporciones al cemento Pórtland en la elaboración de bloques hueco de concreto para uso de viviendas.

Las proporciones de mezclas fueron factibles en comparación con otros bloques de muestras con material de ripio de cantera, pero el porcentaje óptimo de los ensayos realizados nos llevan a que el 30% de ceniza hoja de maíz es el más favorable debido a la dosificación de agua en la otra mezcla quedando a futuro para un nuevo trabajo de investigación el añadir un nuevo diseño de mezcla con 40% o 50% de ceniza de hoja de maíz y midiendo la proporción de agua a utilizar.

En los ensayos de resistencia a compresión la velocidad fue constante pero las fallas de los bloques se produjeron en un tiempo mayor del estipulado en la norma Covenin 42-82 (1-2 min), esto nos dice que se utilizó una velocidad lenta, según Porrero et al (2004) velocidades de carga mayores a la normalizada, producen resultados de resistencia mayores; por el contrario, los valores del ensayo son menores si la velocidad es más lenta. Esto pudo afectar un poco el valor real de los ensayos pero manteniéndose los márgenes.

Las características básicas de los bloques fueron parecidas a las de un bloque diseñado con la muestra patrón, las superficies destinadas a recibir algún tipo de friso fueron suficientemente ásperas para asegurar una buena adherencia, los bloques fueron uniformes y sus aristas bien definidas, se presenciaron algunas grietas pero no mayor de 2,5 cm especificados en la norma Covenin 42-82 perpendiculares a la aplicación de la carga, la notoria diferencia fue en el color, estos se tornaron un poco más oscuros que los bloques patrones, es decir el gris claro del cemento Pórtland fue un gris oscuro y en conclusión los bloques se encontraron sólidos y libres de grietas.

Con la resistencia asumida se puede concluir que para los bloques individuales el valor de la muestra 30% ceniza se ubica en bloques tipo A2 para paredes de carga en exteriores no expuestas a la humedad y para los muretes las dos muestras (10% y 30% cenizas) serian bloques tipo B1-B2, paredes que no soportan cargas y puede que estén expuestas o no a la humedad.

El valor de la resistencia en las muestras de ceniza del 10% dieron mas bajo debido a que se utilizó mas cantidad de agua en la preparación de la mezcla, debido a esa interrogante se hizo los respectivos cálculos basándose en la resistencia a compresión calculada a los 7 dias y obteniendo efectivamente que la mayor cantidad de agua fue usada en el mortero de ceniza del 10%, extrapolando la resistencia a los 28 dias no hubo mucha diferencia en la resistencia por lo que no se realizo mayor investigación.

El uso de los bloques realizados con contenido de ceniza puede ser utilizado en construcción de viviendas ahorrando un porcentaje del 10% para bloques con contenido de cenizas de maíz de 10% y un 30% para bloques con contenido de cenizas de maíz de 30%, esto quiere decir que el ahorro utilizando bloque del 10% es 0,24 Bsf por unidad mientras que con el bloque de 30% ceniza de hoja de maíz es 0,72 por unidad.

Los bloques realizados con el 30% de ceniza de hojas de maíz tuvo la mayor absorción, rebasando 1,28% de la absorción máxima (12%) indicado en la Norma Covenin 42-82 para bloques livianos, mientras que los realizados con la muestra patrón y con el 10% de ceniza de hoja de maíz se encontraron valores por debajo de la norma obteniendo buenos resultados.

Se pudo confirmar por los ensayos realizados en los laboratorios que la ceniza de hoja de maíz puede sustituir parcialmente al cemento Portland en diseño de mezclas para la elaboración de bloques de concreto.

Se recomienda muy ampliamente realizar trabajos de investigación de esta índole con más de dos personas, hay que tomar muy en cuenta el trabajo de carga y descarga, de tanto material agrícola para transformarlo a cenizas.

BIBLIOGRAFÍA

- Agricultura. El cultivo del maíz. 1ª parte. [Citado 13 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>

- AGUILA ARBOLAEZ, Idalberto y SOSA GRIFFIN, Milena. Evaluación de la hoja del maíz como posible fuente de material puzolánico. Tecnología y Construcción. [online]. sep. 2005, vol.21, no.3 [citado 27 Octubre 2009], p.9-17. Disponible en la World Wide Web: <http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012005000300002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0798-9601.

- Boletín Técnico. Experiencias Recientes en Mampostería. [Citado 24 Enero 2009], Disponible en la World Wide Web: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0376-723X2003000200002&script=sci_arttext

- Cemex. [Citado 24 Enero 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.ceemxvenezuela.com>

- Cemex. [Citado 25 Septiembre 2009], Disponible en la World Wide Web: http://www.cemex.com/espa/ps/ps_ce_tc.asp

- Código ASTM C 618(2003). Especificación estándar para carbón y cenizas volantes en bruto o Calcinadas de puzolanas natural para uso en hormigón.

- Definición de Partícula y concepto » Definición ABC, [Citado 03 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.definicionabc.com/general/particula.php>
- Diccionario de arquitectura y Construcción. [Citado 03 Septiembre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-agua+de+absorci%F3n>
- Grases José y Gutiérrez Arnaldo (2008) Normas y especificaciones para el análisis, diseño y ejecución de obras civiles. Volumen XL. Caracas
- Martines Vicente (2004), Arquitectura técnica: Materiales de construcción Modulo II.
- Mastersizer 2000 - Determinacion tamaño de particulas [Citado 24 Septiembre 2009], Disponible en la World Wide Web: www.cas-instrumental.com.ar/ms2000.htm
- Norma Venezolana Covenin 28:2003, Cemento Pórtland. Requisitos.
- Norma Venezolana Covenin 42:1982, Bloques Huecos de Concreto.
- Norma Venezolana Covenin 483:1992, Cementos y sus Constituyentes.
- Norma Venezolana Covenin 484:2003, (7ma Revisión) Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayos (3ra Revisión).
- Porrero Joaquín, Ramos Carlos, Grases José, Velazco Gilberto (2004) Manual del Concreto Estructural. Caracas. SIDETUR.

- Página nueva 3. Fotos de bloques y preparación. [Citado 24 Enero 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.ventools.com/Paginastips/a10.htm>

- Peso específico - Wikipedia, la enciclopedia libre, [Citado 27 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: http://es.wikipedia.org/wiki/Peso_específico

- PUZOLANAS EN LOS ALREDEDORES DE IRRA, [Citado 27 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www2.unalmed.edu.co/dyna2005/129/puzolanas.pdf>

- Korody, María Eugenia (2000). Estudio de la factibilidad de utilización del ripio de cantera como material estructural para viviendas de bajo costo. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela. vol 15, N° 2, [Citado 11 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.revele.com.ve/programas/indice/ria.php?...>

- Tamaño de Partícula, [Citado 27 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web: <http://www.si-mex.com.mx/BOLETINES/TecMicromeritics.pdf>

- Tecnología y Construcción. [online].sep. 2005, vol.21, N° 3 [Citado 08 julio 2008], p9-17. Disponible en la World Wide Web:http://www2.scielo.org.ve/cielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012005000300002&lng=es&nrm=iso>.ISSN0798-9601.
<http://www.artifexbalear.org/piramide.htm>

- Venezuela duplicó producción de maíz en últimos 10 años [Citado 27 Octubre 2009], Disponible en la World Wide Web:

<http://boletinformativo.blogia.com/.../092802-venezuela-duplico-produccion-de-maiz-en-ultimos-10-anos.php>