

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA, DEL
USO DE CENIZAS DE MATERIAL ORGÁNICO COMO
ALTERNATIVA PARA LA PREPARACIÓN DE MORTEROS
ALIGERADOS PARA REVESTIMIENTO.”**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LAS BACHILLERES
LUISANA ESCOBAR Y
ANA RAMOS PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

CIUDAD BOLÍVAR, ENERO DE 2013

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA, DEL USO DE CENIZAS DE MATERIAL ORGÁNICO COMO ALTERNATIVA PARA LA PREPARACIÓN DE MORTEROS ALIGERADOS PARA REVESTIMIENTO”, presentado por las bachilleres **LUISANA S. G. ESCOBAR L. Y ANA T. RAMOS A.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Jesús Martínez

(Asesor Académico)

Profesor Giovanni Grieco

(Jurado)

Profesora Ana Romero

(Jurado)

Profesor Javier Ramos Madrid
Jefe del Departamento de Ingeniería Civil

Ciudad Bolívar, Enero de 2013

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen por ayudarme a seguir adelante, disfrutando los logros y aprendiendo de los malos momentos.

Especialmente a mis padres Luis Escobar y Zorayma León de Escobar, los amo, gracias por estar conmigo siempre, por apoyarme y confiar en mí. Mis hermanos, a Inés porque aunque no la vea a diario siempre está preocupada como mi segunda mamá y darme la dicha de ser tía por primera vez, Dani te amo grandote; y a Luis Miguel porque sé que si lo necesito, ahí está aunque sea para sacar un chiste de todo y de igual forma por darme a mi princesa Paula, te amo mi niña. A mis tíos Beatriz y Ventura, porque a pesar de la distancia se que cuento con su apoyo incondicional.

A ti mi novio hermoso, Ivan gracias, por estar allí, por acompañarme en los buenos y malos momentos, por tu apoyo, por tu comprensión, por alegrar todos mis días, te amo mi precioso.

A mi fea, yo se que la tesis es de las dos, pero en estos años encontré a mi única amiga y más que eso, hermana, gracias por todo, y a mi muñeca Luci. A la abuela Herminia, gracias por todos sus consejos, la adoro. A mi gordo, mi niño sabes que me ayudaste a reír y has estado conmigo siempre, lo adoro futuro Doctor Ramos. Asimismo, a las familias Ramos y Rojas, por ser parte de nuestras celebraciones, gracias.

A mi abuela Mercedes, que se que donde quiera que este me está cuidando y siempre la tengo presente.

Luisana Escobar

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen del Valle, por siempre estar a mi lado, darme la fuerza, voluntad, paciencia, inteligencia, por siempre atender a mis pedidos, porque solo ustedes saben lo que hay dentro de mi corazón y mi mente.

A dos ángeles maravillosos que hay en mi vida, mis abuelas. Herminia Tomedes, tu mi ángel guardián aquí en la tierra, mi concejera, mi amiga, mi madre, a ti este logro porque querías verme así, y así me veras viejita linda. Y a ti Antonia Guzmán, mi ángel que desde el cielo sé que me cuidas, y estoy segura que aunque no estés aquí conmigo disfrutando de esta gran alegría, desde arriba me ves y disfrutas de esto. Las AMOO.! A ustedes, que hicieron lo que soy, los que me formaron y siempre me apoyaron en cada decisión tomada, José Rafael Ramos y Libia Acibe, disfruten de este logro porque es suyo, porque siempre perdonaron mis errores, y seguí a pesar de todo siendo su princesa, nunca duden que los amo. A toda mi familia, Luis Manuel el mejor hermano que nadie puede tener gracias por tu apoyo, mis tíos, primos, abuelito bello, a ustedes les dedico mi triunfo, porque en cada caída estuvieron ahí para ayudarme, aguantando cada estrés sin nunca dejar de quererme.

Al mejor regalo que la vida me pudo dar, este triunfo y todos los que vengan son tuyo hija, Ana Lucia Brizuela porque por ti son estas ganas de salir adelante y de ser la mejor profesional y madre del mundo. Gracias Carlos Brizuela, mi amor, por levantarme en cada caída, y por compartir cada lágrima y cada triunfo durante 4 años. Finalmente y no menos importante, a ti, mi amiga, hermana, compañera de tesis, mi fea, Luisana Escobar porque este logro también es gracias a ti amiga te quiero enorme.

Ana Teresa Ramos

AGRADECIMIENTOS

Ante todo a Dios y a la Virgen del Valle, por estar siempre con nosotras, darnos la paciencia, sabiduría y fuerzas que necesitamos en todo este camino que recorrimos. Gracias por nunca desampararnos.

A nuestros padres por apoyarnos y orientarnos en las decisiones tomadas, cuidarnos y ser parte de cada etapa en nuestras vidas, este logro es Gracias a ustedes. También a nuestros hermanos, y demás familiares por aguantar cada ataque de estrés y por su apoyo incondicional.

Gracias a nuestro tutor y amigo Jesús Martínez, por toda tu paciencia, apoyo y colaboración no solamente en la elaboración de nuestro trabajo de grado, sino en cada materia y a cada hora, siempre estaremos agradecidas.

Un profundo agradecimiento al personal de la empresa SIMPCA- Bolívar, en especial a Leus Caña, Juan, y gerente, por darnos su apoyo y por tener toda la disposición de ayudarnos en todo este proceso.

Por último pero no menos importante a nuestra casa de estudio la Universidad de Oriente por abrirnos sus puertas y ofrecernos esta gran oportunidad, a todos nuestros profesores y maestros. Gracias por ayudarnos a forjar nuestro futuro.

Luisana Escobar y Ana Teresa Ramos

RESÚMEN

El cemento es el principal elemento que compone el mortero como material constructivo, el cual hace que su elaboración sea muy costosa debido al mercado tan reducido donde este se encuentra, por ello actualmente se buscan alternativas que puedan sustituirlo parcial y hasta totalmente, como por ejemplo las perlas de poliestireno expandido, usadas en construcción. Indagando materiales alternativos que disminuyan costos, cuiden el ambiente, y den al mortero sus características básicas. Por dicha razón en este trabajo de grado se realizó un estudio cuyo objetivo general fue “Estudiar la factibilidad técnica y económica, del uso de cenizas de material orgánico como alternativa para la preparación de morteros aligerados para revestimiento”, con disminución en costos y un $f'c = 210\text{kg/cm}^2$. La investigación es de tipo descriptiva, basado en un diseño de campo. Las técnicas utilizadas para la recolección de datos durante el estudio fueron: observación directa e indirecta, revisión documental y consultas tanto académicas como profesionales. La investigación consistió en realizar ensayos a muestras de mortero con disminución en el contenido de cemento, cumpliendo tradicionalmente con la Norma COVENIN 497:1995, para poder realizar las comparaciones. Se hicieron un total de cinco muestras, incluyendo la mezcla patrón y añadiendo progresivamente cinco, diez, quince y veinte por ciento de cenizas volantes. Los resultados de dicha investigación permiten afirmar que con un quince por ciento de cenizas volantes se crea una mezcla absoluta, con una disminución de costos y resistencias que se amoldan a la norma. Además de un fraguado más rápido y un contenido de aire ideal ofreciendo mejor manejabilidad para morteros de revestimiento.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESÚMEN	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
LISTA DE ANEXOS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación de la investigación.....	6
1.4 Alcance de la investigación	7
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación geográfica del área	8
2.2 Acceso al área de estudio	9
2.3 La empresa.....	10
2.3.1 Misión	10
2.3.2 Visión.....	11
2.3.3 Reseña Histórica	12
2.4 Descripción del proceso productivo de la empresa SIMPCA	13
2.4.1 Materia prima.....	13
2.4.2 Diseño de mezcla	15
2.4.3. Orden de carga	15
2.4.4. Dosificación de la mezcla	16
2.4.5. Control de calidad	17
2.4.6 Transporte y entrega	18
2.4.6.1 Comprobante de entrega	18
2.4.6.2 Transporte y entrega del producto	18

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO..... 19

3.1 Antecedentes de la investigación.....	19
3.2 Bases teóricas	22
3.2.1 Mortero	23
3.2.2 Cemento	23
3.2.3 Tipos de cementos según las normas A.S.T.M C 150	25
3.2.3.1 Tipo I	25
3.2.3.2 Tipo II	25
3.2.3.3 Tipo III	25
3.2.3.4 Tipo IV	25
3.2.3.5 Tipo V	26
3.2.4 Arena	26
3.2.5 Agua	28
3.2.5.1 Agua de mezclado.....	29
3.2.5.2 Agua evaporable	29
3.2.5.3 Agua de absorción	30
3.2.5.4 Agua capilar	30
3.2.5.5 Agua libre	30
3.2.5.6 Agua de curado	31
3.2.5.7 Calidad del agua	31
3.2.6 Aditivos.....	31
3.2.7 Características de los morteros	32
3.2.7.1 Morteros en estado fresco	32
3.2.7.2 Mortero en estado endurecido	35
3.2.8 Calidad del mortero	37
3.2.9 Granulometría	37
3.2.10 Módulo de finura	39
3.2.11 Peso por unidad de volumen.....	40
3.2.12 Peso unitario	40
3.2.13 Peso unitario suelto	40
3.2.14 Peso unitario compacto	40
3.2.15 Peso específico.....	41
3.2.16 Absorción.....	41
3.2.17 Impurezas.....	42
3.2.18 Materia Orgánica	42
3.2.19 Humedad	42
3.2.20 Diseño de mezcla de mortero para revestimiento	43
3.2.21 Dosificación.....	44
3.2.22 Tipos de Mortero	44
3.2.22.1 Morteros livianos	44
3.2.22.2 Mortero tradicional con cal hidráulica.....	45
3.2.22.3 Mortero predosificado o premezclado seco en planta	45

3.2.22.4 Mortero tradicional con aditivos sobre la base de micro sílice	45
3.2.22.5 Mortero tradicional con incorporación de arcilla expandida	46
3.2.22.6 Mortero tradicional con incorporación de agentes espumantes....	46
3.2.22.7 Mortero de yeso	46
3.2.23 Cenizas volantes	47
3.2.24 Características químicas de las cenizas volantes	48
3.2.25 Granulometría de las cenizas volantes.....	48
3.3 Basamento legal.....	49
3.4 Definición de términos básicos	50

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO 54

4.1 Tipo de investigación	54
4.2 Diseño de la investigación.....	54
4.3 Población y muestra de la investigación	55
4.3.1 Población	55
4.3.2 Muestra	55
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	56
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	56
4.4.1.1 Observación directa	56
4.4.1.2 Entrevista no estructurada.....	57
4.4.1.3 Revisión literaria.....	57
4.4.1.4 Revisión documental	58
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	58
4.5 Flujograma de la metodología.....	59
4.5.1 Recopilación bibliográfica del tema	60
4.5.2 Diseño, elaboración y ajuste de la mezcla patrón.....	61
4.5.2.1 Ensayos de los agregados	61
4.5.2.2 Diseño de mezcla	62
4.5.2.3 Elaboración de la mezcla	63
4.5.3 Ensayos	66
4.5.3.1 Comportamiento del mortero fresco	66
4.5.3.2 Comportamiento del mortero endurecido	72
4.5.4 Redacción y elaboración del informe final.....	76

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .. 77

5.1 Describir las propiedades físicas y químicas de las cenizas volantes utilizadas	77
5.1.1 Propiedades físicas.....	77
5.1.2 Propiedades químicas	78
5.2 Establecer las proporciones del mortero: cemento-arena-cenizas	79
5.2.1 Descripción de los componentes de las mezclas	79

5.2.1.1 Ensayos realizados para observar las características físicas y químicas de los componentes de las mezclas	81
5.2.2 Diseño de las mezclas	85
5.2.2.1 Estimación del agua de mezclado, contenido de aire y relación agua-cemento	85
5.2.2.2 Cálculo del contenido de agregado fino	86
5.2.2.3 Cálculo del contenido de cemento	86
5.3 Evaluar el efecto de las cenizas en el mortero en estado fresco	87
5.4 Ensayar la resistencia a la compresión de los morteros	89
5.5 Analizar la factibilidad técnico-económico de los morteros con cenizas	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
Conclusiones	101
Recomendaciones	102
REFERENCIAS	104
APÉNDICES	107
ANEXOS	130

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación de Ciudad Bolívar.	9
2.2 Ubicación de SIMPCA Bolívar y sucursales.....	10
2.3 Secuencia de ubicación de las tolvas.	16
3.1 Fabricación del cemento portland (www.ecodez.es).....	24
3.2 Tipos de Granos en la arena (Porrero. J, 2004).	27
3.3 Arena (es.m.wikipedia.org/wiki/Arena).	28
3.4 Comportamiento del agua en la pasta de cemento (Porrero. J, 2004).	30
3.5. Mortero en estado fresco (www.mixercon.pe).	35
3.6 Mortero en estado endurecido.	36
3.7 Especificaciones granulométricas de la arena (COVENIN 277- 2000).	38
3.8 Cenizas volantes (www.wikipedia.com).	47
3.9 Distribución granulométrica de las cenizas volantes (Vassilev S.V. y Vassileva C.G, 2007).....	49
4.1 Flujo grama de la metodología de trabajo.	60
4.2 Agregados de la mezcla.	64
4.3 Mezcla cemento y mitad de agua requerida.	65
4.4 Mezclado de todos los componentes.	65
4.5 Llenado del cono de Abrams.	67
4.6 Medición de asentamiento.	68
4.7 Molde con mezcla para ensayo de peso unitario.	69
4.8 Molde de contenido de aire.	71
4.9. Desencofrado de los cilindros.	73
4.10 Probetas extraídas de la piscina.	74
4.11 Colocación de la probeta en la prensa hidráulica.	74
4.12 Compresión de cilindro en la máquina de ensayo.	75
4.13 Ruptura de la probeta cilíndrica.	76
5.1 Cenizas.	78
5.2 Tamizadora 81	
5.3 Granulometría del agregado fino.	82
5.4 Resistencia de M-1 en comparación con la resistencia de TR.	91
5.5 Resistencia de M-2 en comparación con la resistencia de TR.	92
5.6 Resistencia de M-3 en comparación con la resistencia de TR.	93
5.7 Resistencia de M-4 en comparación con la resistencia de TR.	94
5.8 Resistencia de las muestras con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por cenizas en comparación con la resistencia de la muestra tradicional.....	95
5.9 Contenido de aire en los diseños de mezclas de mortero ajustadas con diferentes porcentajes de inclusión de cenizas.....	96

5.10 Costos de diseños de mortero para 1 m ³	99
5.11 Reducción de costos en mortero con inclusión de cenizas con respecto a la muestra tradicional.	99

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Cedazos utilizados y porcentajes pasantes (COVENIN 255:1997).	39
3.2 Valores usuales de relación peso/volumen de los agregados no livianos (Porrero, 2004).	41
5.1 Propiedades físicas de las cenizas.	78
5.2 Composición química de cenizas.	79
5.3 Descripción de los componentes de la mezcla.	80
5.4 Ensayo granulométrico de la arena.....	82
5.5 Módulo de finura del agregado fino.	83
5.6 Peso Específico y porcentaje de absorción del agregado fino.....	83
5.7 Peso unitario del agregado fino.	84
5.8 Humedad de la arena.	85
5.9 Diseños y códigos de las mezclas.....	86
5.10 Diseño de las mezclas.....	87
5.11 Resultados de los ensayos en estado fresco.....	88
5.12 Resistencia de las probetas cilíndricas.	90
5.13 Costos de 1 m ³ de cada diseño de mezcla (www.APVcostos.com, 2012).	97

LISTA DE APÉNDICES

Página

A. ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS REALIZADOS AL AGREGADO FINO	108
A.1 Ensayo granulométrico de la arena lavada.	109
A.2 Ensayo granulométrico de la arena lavada.	110
A.3 Ensayo granulométrico de la arena lavada.	111
A.4 Ensayo granulométrico de la arena lavada.	112
A.5 Ensayo granulométrico de la arena lavada.	113
B. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	114
B.1 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.	115
B.2 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.	116
B.3 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.	117
B.4 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.	118
B.5 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.	119
C. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS	120
C.1 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.	121
C.2 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.	122
C.3 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.	123
C.4 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.	124
C.5 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.	125
D. HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	126
D.1 Humedad de la arena lavada.	127
E. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	128
Tabla E.1 Resumen de resultados obtenidos en los ensayos de las mezclas	129

LISTA DE ANEXOS

1. NORMAS VENEZOLANAS COVENIN 497:1994; 268:1998; 339:2003; 270:1998; 273:1998; 221:2001; 2385:2000; 496:1987; 3134:04; 494:1993
2. ILUSTRACIONES DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XIX, el cemento como componente de morteros es uno de los materiales más usados por el hombre, por dicha razón se ha creado a través del tiempo un mercado totalmente oligopolista, permitiendo a los vendedores especular en el precio de dicho material, haciendo cada día las obras civiles más costosas.

A medida que el precio del cemento va aumentando, con este incrementan las ideas para reducir su consumo, añadiendo a las mezclas tradicionales, diversidad de materiales. Uno de los materiales en estudio que puede ser usado en sustitución parcial, del cemento son las cenizas volantes las cuales son residuos sólidos provenientes de la combustión de materiales como el carbón. Éstas son un sub producto industrial, generado durante los procesos de producción de materia prima en empresas básicas como la Siderúrgica del Orinoco (SIDOR)

Según el trabajo de grado titulado, “LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN”, elaborado por Carlos Molina en el año 2008, en morteros se puede hacer una sustitución de hasta un 20% de cenizas volantes, lo cual repercute significativamente en el precio de su elaboración. De igual manera la investigación y uso de este tipo de puzolanas ayuda a disminuir los desperdicios y contaminación causante por las empresas que usan este tipo de proceso.

El siguiente trabajo procura buscar un porcentaje ideal de cenizas volantes como sustituto parcial del cemento en mezclas tradicionales de morteros para revestimiento, logrando resistencias mínimas de 210Kg/cm² y disminución en costos de producción. Así mismo se desarrollaran más a fondo las razones y maneras en que

se llevó a cabo la investigación. Para cumplir con los objetivos planteados, se estructuró el proyecto por capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I. Situación a investigar: el cual hace referencia de forma clara y precisa sobre el planteamiento del problema a estudiar, los objetivos de la investigación, la justificación y alcance de la investigación.

Capítulo II. Generalidades: en esta fase se describe la zona en la cual se realizó el estudio, la ubicación geográfica, las características físicas y naturales, así como también el acceso a la empresa SIMPCA en Ciudad Bolívar.

Capítulo III. Bases teóricas: se establece específicamente los fundamentos teóricos y legales relacionados con el tema de investigación

Capítulo IV. Metodología de trabajo: se describe la metodología empleada en la investigación, indicando la importancia y factores que constituyen el proyecto.

Capítulo V. Análisis e interpretación de datos: en este capítulo se describen los materiales a utilizar, se presentan los resultados de los análisis de los ensayos realizados a las muestras de las mezclas, así como también se analizan los costos de 1m^3 de mezcla con el contenido ideal de cenizas.

Conclusiones y recomendaciones: en énfasis sobre los resultados de la investigación y de acuerdo con la secuencia de objetivos planteados en la investigación se disponen las conclusiones del trabajo realizado y a partir de dichas conclusiones se establecen las recomendaciones.

Finalmente se mostraran las referencias y se insertan los apéndices y anexos que ayudan a una mejor comprensión del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del Problema

A través de los años la construcción de obras civiles ha ayudado a el desarrollo de las ciudades del mundo, éstas al igual que el hombre han ido evolucionando exponencialmente, llegando así a realizarse estructuras de gran envergadura, siendo atractivas a nivel internacional, tal es el caso de El Burj Khalifa, ubicado en Dubai, el cual en el 2010 fue considerado como el edificio más alto del mundo.

En la actualidad, la construcción de obras civiles es la solución para la organización y progreso de las poblaciones a nivel internacional, bien sea en el ámbito comercial, industrial, de vivienda u otros, sin embargo, con ellas trae un inconveniente el cual es generado por los elevados costos que constituyen la elaboración las mismas.

En Latinoamérica, también se pueden encontrar construcciones importantes como el Canal de Panamá, ubicado en Panamá, no obstante, no se escapa de la realidad debido al incremento de los precios de los materiales los cuales aumentaron hasta en un 18%, en diciembre de 2011, de acuerdo el Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá.

Es por eso que se han buscado materiales alternativos que suplanten de forma adecuada a los que se utilizan comúnmente y que a su vez y dentro de sus características puedan disminuir el alza en costo que va en ascenso día a día.

En Venezuela, se ha promovido la construcción de obras entre las cuales resaltan; La Línea I del Metro de Los Teques, estado Miranda y el Tercer Puente sobre el Río Orinoco, en Caicara del Orinoco, estado Bolívar, actualmente en construcción, pero en la última década, ha predominado la demanda de construcción de viviendas a nivel nacional, pese a esto desafortunadamente la producción de las mismas ha resultado compleja debido a la falta de materiales de construcción para la realización de éstas.

Una de las mezclas que se necesitan para realizar estructuras ingenieriles es el mortero, el cual se constituye fundamentalmente de cemento, arena, áridos y agua, el material fundamental de la misma es el cemento el cual aporta la resistencia que es la propiedad primordial del éste. Es por ello que se han buscado alternativas para su sustitución total o parcial, tratando de lograr, con otros materiales, resistencias iguales o si es posible mayores a las obtenidas con éste.

El aserrín, las fibras de aluminio, el polietileno expandido o las puzolanas son algunas de las nuevas opciones para el remplazo total o parcial del cemento.

Las puzolanas son materiales que contienen sílice reactiva y/o aluminio, que en sí mismas tienen poca o ninguna calidad aglomerante, pero mezcladas con cal en presencia de agua, fraguan y endurecen como un cemento. Asimismo, son ingredientes importantes en la producción de materiales alternativos al cemento Portland.

La incorporación de materiales suplementarios, tales como las puzolanas, contribuyen a la disminución de la permeabilidad y por ende al incremento de la durabilidad de los morteros; entre este tipo de materiales se encuentran las cenizas volantes. Éstas son un sub producto industrial, generado durante los procesos de

producción y gasificación del carbón, que en la mezcla de los morteros disminuye la cantidad de aglomerante que este pueda contener.

Existen ciertas hipótesis basadas en trabajos experimentales previos que afirman que se puede reemplazar hasta un 30% de cemento por cenizas volantes en aplicaciones estructurales y hasta un 50% en no estructurales, y al mezclar en ciertas proporciones un mortero aligerado con cenizas del tipo volátil, le suministran a éste ciertas propiedades, que pueden influir en sus parámetros resistentes y trabajabilidad.

En este sentido surge la siguiente interrogante:

¿Es factible desde el punto de vista Técnico- económico la incorporación de cenizas de material orgánico como alternativa para la preparación de morteros aligerados para revestimiento?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Estudiar la factibilidad técnica y económica, del uso de cenizas de material orgánico como alternativa para la preparación de morteros aligerados para revestimiento.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las propiedades físicas y químicas de las cenizas volantes utilizadas en morteros.
2. Establecer las proporciones del mortero: cemento- arena- cenizas.

3. Evaluar el efecto de las cenizas en el mortero en estado fresco.
4. Ensayar la resistencia a la compresión de los morteros aligerados para revestimiento.
5. Analizar la factibilidad económica de los morteros aligerados para revestimiento.

1.3 Justificación de la investigación

La inquietud de realizar la investigación nace de buscar una alternativa diferente para la realización de morteros de revestimiento, la cual pueda igualar o superar las características de las mezclas ya conocidas y unida a eso, puedan disminuir los costos que genera la realización de las mismas.

La importancia del presente estudio radica en el hecho de que las cenizas volantes pueden ser muy diferentes en función su origen y por ello se debe estudiar el comportamiento de estas al ser combinadas con la mezcla de agua-cemento y de esta manera identificar las características que esta posee y las diferencias que pueden hacer que este mortero se considere superior en resistencia al compararlo con el mortero tradicional, trayendo como consecuencia una disminución de los costos en los materiales.

Así mismo cabe destacar, que los resultados obtenidos en esta investigación servirán como base para futuros estudios y como antecedentes a trabajos de grados para aspirantes a ingenieros civiles.

1.4 Alcance de la investigación

El punto de partida del presente trabajo consiste en la búsqueda de información de todos aquellos estudios relacionados con el tema. Para ello se utilizarán las bases de datos de revistas científicas relacionadas con este ámbito. Además también se buscarán todas las normas que se necesitarán más adelante para la realización de los ensayos.

Se empezó con la determinación del porcentaje de cenizas que producen un mejor comportamiento en los morteros. Para ello se prepararán mezclas con diferentes porcentajes de cemento con cenizas para ensayarlas. Luego se compararan los resultados y se anotara la mejor proporción obtenida.

A partir de estos resultados, se hizo un mortero donde se optimizó la resistencia y mantuvo la trabajabilidad. Para luego realizar comparaciones con morteros tradicionales, tanto en funcionalidad como en economía.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área

El estado Bolívar limita por el Norte con el río Orinoco que lo separa de los estados Monagas, Anzoátegui y Guárico; por el Sur con el estado Amazonas y Brasil; por el Este con Guyana y el estado Delta Amacuro y por el Oeste con el río Orinoco que lo separa del estado Apure. La frontera con Guyana esta en litigio y la zona en reclamación se extiende hasta el río Esequibo.

La entidad se divide, según la Ley de División Político - Territorial del 29 de diciembre de 1995 en once (11) municipios, y cuarenta (40) parroquias. Ocupa el 26.24 % del territorio Nacional, con una superficie de 240528 Km², es el estado con mayor superficie del país.

Ciudad Bolívar, capital del Estado Bolívar, al sureste de Venezuela. Fue mudada por última vez y fue rebautizada con el nombre de Santo Tomás de la Nueva Guayana de la Angostura del Orinoco en 1764, y sería renombrada en 1846 como Ciudad Bolívar. Para el 2012 tiene una población de 550.362 habitantes. Es uno de los principales puntos de comercio de la Cuenca del Orinoco, una de sus mayores ventas (además del petróleo) son el oro, maderas de varios tipos de árboles, productos pesqueros, entre otros. (Figura 2.1).

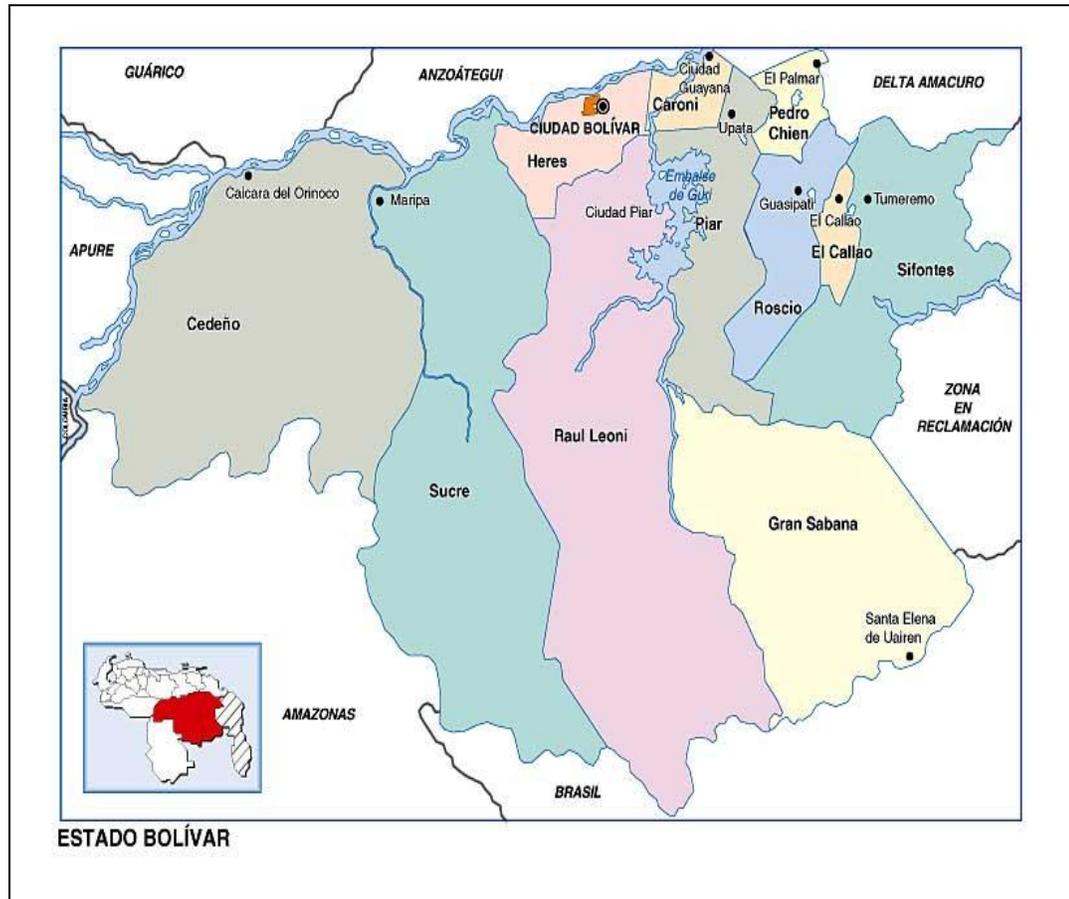


Figura 2.1 Ubicación de Ciudad Bolívar.

2.2 Acceso al área de estudio

La empresa SIMPCA, está ubicada en la carrera Vía Maripa, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, Venezuela. Además en el Oriente del país se encuentran las cinco (05) sucursales de la empresa tal y como se muestra en la figura 2.2.

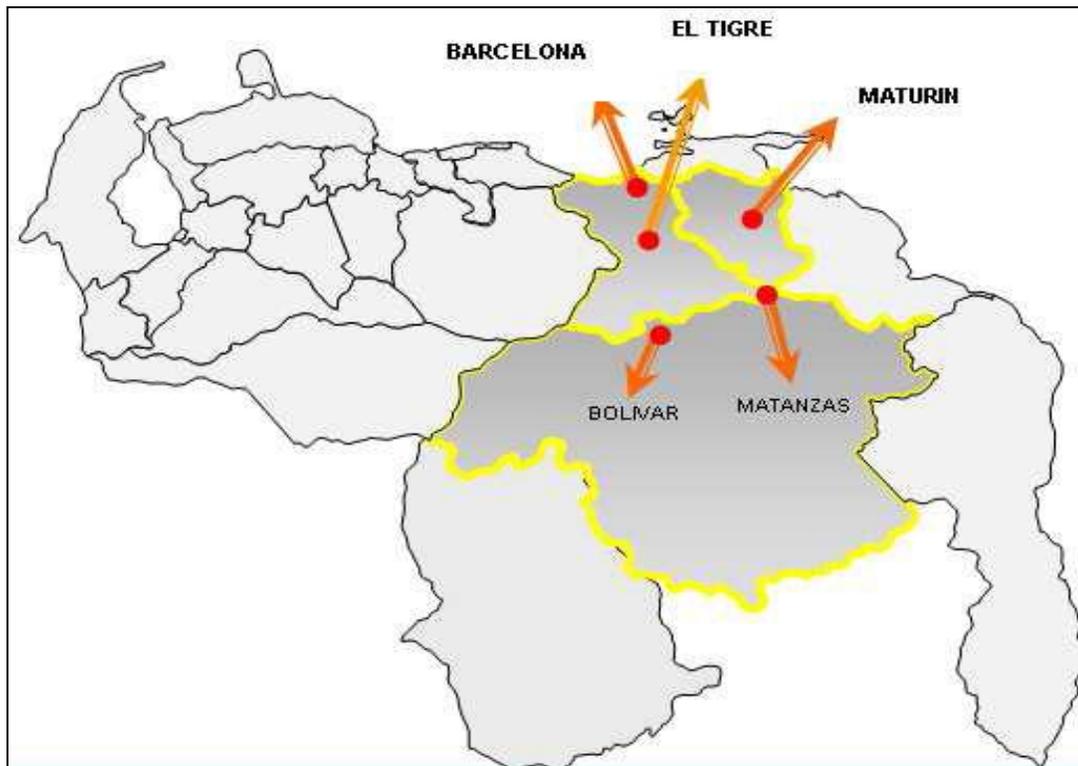


Figura 2.2 Ubicación de SIMPCA Bolívar y sucursales.

2.3 La empresa

SIMPCA es una empresa que busca contribuir con el desarrollo técnico, económico del país a través del mejoramiento continuo del servicio a sus clientes y calidad del producto para constituirse como una empresa con un elevado margen de competitividad y rentabilidad en los mercados de concreto premezclado.

2.3.1 Misión

SIMPCA, tiene como función, la satisfacción de los clientes y la preparación de las personas que laboran en la empresa, mediante un conjunto de principios, conceptos y criterios que nacieron y se perfeccionaron en la práctica cotidiana de

servir a los clientes. Esta empresa cumple con su responsabilidad social llevando a cabo el trabajo con calidad y productividad, observando los siguientes principios:

1. Satisfacer las necesidades de los clientes con productos y servicios que resulten en la mejora de la calidad de vida en las comunidades en las cuales se encuentra operando.
2. Contribuir para el desarrollo socioeconómico, tecnológico y empresarial en los sectores en los cuales actúa.
3. Crear para las personas oportunidades de trabajo y de desarrollo, inclusive con reinversión de los resultados logrados.
4. Asegurar el respeto permanente al medio ambiente en las actividades de la empresa.

2.3.2 Visión

Las exigencias del mundo actual, hacen que nuevas tecnologías y procedimientos se empleen en el campo de la construcción para lograr la durabilidad de las estructuras. Es por ello y de interés general de SIMPCA, es seguir visualizado en la evolución y avance de investigaciones relacionadas a mejorar y crear alternativas referentes a las mezclas de concreto, para así ser referencia en el tema del concreto en Venezuela y dar siempre a sus clientes el mejor servicio con la más alta calidad.

2.3.3 Reseña Histórica

El Taller de Maquinarias Pesadas, denominada “Servicios Industriales de Maquinarias Pesadas, C.A.” (S.I.M.P.C.A.), tuvo su origen en Ciudad Guayana y nace como empresa de concreto premezclado en la zona industrial de Chirica, en el mes de marzo de 1966, siendo su actividad principal para ese entonces el mantenimiento de maquinaria pesada, lo cual le dio su nombre.

Tres años más tarde, el Consorcio Morgado, da el primer paso en sus proyectos de aplicación, adquiriendo en la zona industrial de Matanzas un espacio cuya única finalidad es la elaboración, comercialización y distribución de concreto premezclado, concreto asfáltico y agregados de cantera. Material clave en el campo de la construcción ya sea desde construcciones pequeñas hasta obras de gran envergadura en el campo de la ingeniería civil. Siendo esto una actividad interminable dentro de nuestra sociedad ya que esto implica el desarrollo y crecimiento poblacional y/o hasta comercial de la región.

Debido al empuje de la zona con las instalaciones de las fábricas de acero, la operatividad de la explotación minera de hierro, y posteriormente las plantas de aluminio, la participación de SIMPCA en el mercado se ha incrementado significativamente como consecuencia de su gran producto y de la excelente reputación que se ha ganado, logrando mantenerse como la empresa más importante de su ramo en el Estado Bolívar, alcanzando una participación en ventas del 65% del mercado en el área de concreto premezclado, concreto asfáltico y agregados de cantera.

Hoy en día la empresa cuenta con cuarenta y seis (46) años sin interrupción laboral, convirtiéndose en el eje principal del desarrollo de la construcción en la zona sur-oriental del país participando significativamente en los desarrollos más

importantes de la región. La empresa S.I.M.P.C.A, tiene su sede matriz en Puerto Ordaz, Matanzas, pero cuenta con plantas en todo el oriente del país, entre las cuales mencionamos a continuación según sus inicios en la producción de concreto:

- a) 1983 Fundación Planta El Tigre, estado. Anzoátegui.
- b) 1990 Fundación La Arenera La Ceiba, estado. Bolívar.
- c) 1991 Fundación Planta Bolívar, Ciudad Bolívar.
- d) 1993 Fundación Planta Monagas, Maturín.
- e) 1995 Fundación Planta La Concepción, estado. Bolívar.
- f) 1997 Fundación Planta Barcelona, estado. Anzoátegui.

A partir de su fundación hasta la fecha, SIMPCA ha suministrado más de 5 millones de metros cúbicos en concretos premezclado y desde octubre de 1997 introdujo en las mezclas el uso del aditivo sólido (micro-sílice), ubicándose como la única empresa de este tipo en Venezuela.

2.4 Descripción del proceso productivo de la empresa SIMPCA

2.4.1 Materia prima

Para la elaboración del concreto en la empresa S.I.M.P.C.A, Bolívar se empieza con la selección y manejo de la materia prima, estas son: a) piedra, b) arena, c) cemento, d) agua, e) aditivos, y f) microsílíce.

Los proveedores de materia primas deben cumplir con las exigencias de calidad para la producción de nuestros productos. Las materias prima se programan con base en las necesidades de nuestros clientes. Riggiéndose a un estricto control de calidad que garanticen un producto final que cumpla las normas de aseguramiento de calidad exigidos por SIMPCA.

1. Transporte y almacenamiento de la materia prima:
2. La arena es transportada por camiones desde la arenera La Ceiba.
3. La piedra llega por camiones desde las canteras Conpiedra y La Concepción.
4. El cemento es traído de las cementeras Guayana y Pertigalete.
5. El agua es suministrada por tuberías de alta magnitud.
6. Los aditivos son traídos en envases cerrados y sellados herméticamente.
7. El microsílíce es traído por camiones cisternas desde la empresa Ferroven.
8. Las piedras se clasificarán según su granulometría para luego ser almacenadas.
9. Los agregados (piedra y arena) se almacenan en los patios de la planta.
10. El cemento para su almacenamiento es vaciado del camión hacia los diferentes silos de la planta, es decir, por medio de aire seco en cisternas.
11. El microsílíce es almacenado de la misma forma que el cemento.

Los aditivos se almacenan en tanques herméticos, los cuales permiten garantizar que no se contaminen y a su vez conserven las características técnicas de los aditivos, éstos se clasifican en: a) retardo de fraguado, b) acelerador de fraguado, c) plastificante, d) súper plastificante, y e) incorporador de aire.

2.4.2 Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se realiza utilizando el método A.C.I 311. Su modificación sólo se posibilita al personal autorizado para garantizar que la dosificación se realice de acuerdo al método anteriormente nombrado.

2.4.3. Orden de carga

En SIMPCA se utiliza la más moderna tecnología para la programación y despacho de la planta de producción de concreto.

1. El operador de planta maneja los despachos del día basado en una programación, en donde se encuentran registrado de manera controlada el número de viajes que se deben efectuar durante el día.
2. Se planifica y se programa la fecha, la hora de envío y el lugar en que se debe hacer la entrega del producto, dependiendo de las exigencias y necesidades (calidad, resistencia, tensión, entre otros aspectos) de los clientes.
3. El operador de planta valida que todos los componentes (aditivos, agregados, cemento y agua) estén listo para realizar la mezcla y el correspondiente envío.

2.4.4. Dosificación de la mezcla

La dosificación de la mezcla se realiza de manera automatizada, por peso de material y con un banco de fórmulas alimentadas en la memoria del computador que opera el sistema.

1. La fabricación del concreto depende de:
2. La solicitud del cliente.
3. Las especificaciones de la obra.
4. Tipo de resistencia, puesto que, no es igual fabricar cemento premezclado para un piso que para una pared.

Una vez establecidas las especificaciones al sistema sobre los agregados. Se procede al llenado de las tolvas. Las tolvas están ubicadas en el orden que se muestra en la figura 2.3.

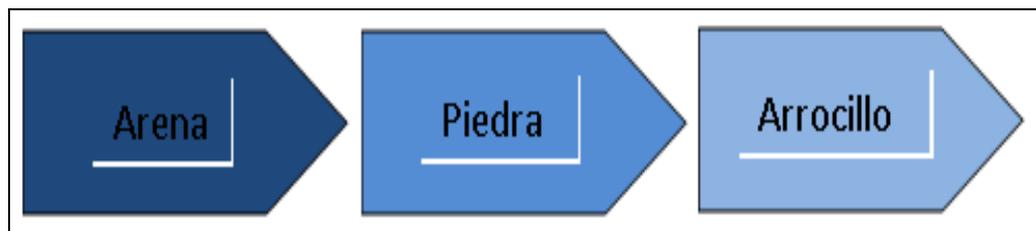


Figura 2.3 Secuencia de ubicación de las tolvas.

Por un sistema automatizado, abrirán las compuertas que se encuentran debajo de las tolvas y agregarán cada uno de los elementos según las especificaciones que se enviaron o asignaron a cada tolva. Luego que esté completada la operación anterior, todo el material agregado sube a través de una cinta transportadora hacia el Mixer

(trompo mezclador grande) a mezclarse por 5 minutos. Se verifica que la mezcla este homogénea

Durante la etapa de mezclado, los diferentes componentes se unen para formar una masa uniforme de concreto. El tiempo de mezclado es registrado desde el momento en que los materiales y el agua son vertidos en la revolvedora de cemento y esta empieza a rotar.

La mezcla es agregada o pasada por medio de un cono o embudo hacia las unidades donde serán transportadas (camión mezclador), el cual va a estar colocado debajo de este. El camión mezclador es llevado a la charca donde es lavado y se le quita el material derramado.

2.4.5. Control de calidad

SIMPCA cumple con los más altos estándares de calidad, de acuerdo a las normas técnicas, controlando en sus laboratorios la calidad de los productos a entregar a los clientes.

A través de su personal altamente calificado y entrenado, la empresa ofrece a sus clientes resultados de calidad de los productos elaborados en el día, así como la capacitación para el personal en cuanto al manejo y control del concreto en la obra.

Por último se realiza la prueba de revestimiento, para luego tomar muestras necesarias para el control de calidad en el laboratorio y se le coloca un precinto de seguridad. Cabe destacar que el precinto tiene un serial único. Y el mismo indica que el material no ha sido alterado una vez que salió de la planta.

2.4.6 Transporte y entrega

2.4.6.1 Comprobante de entrega: el comprobante de entrega, es la identificación del producto que se está enviando al cliente, pues contiene toda la información técnica y operativa pertinente al despacho, información como: tipo de mezcla, camión que la transporta, operador de planta que lo cargo, entre otros.

El número del comprobante permite identificar el registro de cargue que emite el computador donde queda registrado todo lo que los equipos de dosificación realizaron en la fabricación de cada uno de los m³ producido en la planta.

2.4.6.2 Transporte y entrega del producto: los conductores son los responsables por la entrega de producto en las obras y se encuentran capacitados en el manejo y colocación del concreto. Al transportar el concreto, la unidad revolvedora se mantiene en constante rotación, con la velocidad de 2 a 6 vueltas por minutos.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

A continuación se destacarán los antecedentes más importantes y la base teórica relativa, además de las normas y definiciones básicas requeridas para reforzar la debida comprensión del presente tema de investigación.

3.1 Antecedentes de la investigación

Sánchez, L. (2001), en su publicación titulada: “SE REUTILIZAN CENIZAS DE BIOMASA DEL OLIVAR PARA FABRICAR MORTERO DE CONSTRUCCIÓN”, se menciona que: “La fabricación de los morteros para la construcción cuenta desde hoy con un nuevo componente más respetuoso con el medio ambiente y de eficacia ya probada donde se concluye que las cenizas resultantes de quemar biomasa de olivar para producir energía son un ingrediente eficaz para los morteros”. “Los morteros de construcción se componen fundamentalmente de cemento, arena, áridos y agua. De todos, el cemento es el más costoso en precio y en coste ambiental, dado que en su fabricación emite cantidades importantes de CO₂. Por eso, cualquier componente que venga a reducir la cantidad de cemento en las mezclas resulta bienvenido. Los investigadores Cordobeses han demostrado que las cenizas de biomasa de olivar, residuo reutilizado en parte por la agricultura, pueden reducir el cemento del mortero hasta en un 10 por ciento sin perjudicar la resistencia de la pasta resultante. La clave está, según han comprobado los científicos de la Universidad de Córdoba, en el tamaño de grano específico y alto contenido de aluminosilicatos, un tipo de mineral que contienen las cenizas y que favorecen la reacción de fraguado del cemento, lo que deriva en una masa especialmente fuerte.”. La investigación mencionada se considera relevante para la investigación presente ya que pone en evidencia las características que necesitan tener

las cenizas, para obtener los mismos resultados con la mezcla de cemento. Lo cual es uno de los objetivos a alcanzar (p.5).

En la investigación realizada por Fernández M., Jiménez R., Miranda C, Gonzales, Palomo, en su trabajo de grado titulado: ‘ESTABILIDAD DEL ESTADO PASIVO DEL ACERO EN MORTEROS DE CENIZAS VOLANTE ACTIVADA’, se concluyó que: ‘Los resultados obtenidos muestran que los morteros de ceniza volante activada alcalinamente pueden pasivas los refuerzos de acero, si bien la estabilidad del estado pasivo ante cambios en las condiciones ambientales parece mostrar una fuerte dependencia de la disolución activadora empleada’. ‘En ausencia de cloruros: el mortero de ceniza volante activado con la disolución NW presenta Ecorr, Rp y Icorr comparables a los observados para el mortero de cemento Pórtland garantizado con ello la permanecía del estado pasivo de los refuerzos, incluso al variar las condiciones ambientales (humedad-secado-humedad). En general, los morteros de ceniza volante activada alcalinamente tienen un comportamiento muy similar al observado en el mortero fabricado con el cemento Pórtland tradicional’. Consideramos importante la investigación realizada ya que deja en claro el comportamiento de la mezcla de cemento al añadir cenizas volantes activadas. Comportamiento al cual se quiere llegar para obtener resultados deseados (p.43).

Valdez, Duran, Fajardo, San Miguel y Juárez. (2009), en su estudio titulado: ‘INFLUENCIA DE LA CARBONATACIÓN EN MORTEROS DE CEMENTO PÓRTLAND Y CENIZA VOLANTE’, se plantearon las siguientes conclusiones: ‘Al reemplazar el 25% del CPO por CV tipo F en la producción de morteros curados de forma estándar por 28 días, se observa que la resistencia mecánica a la compresión es similar a los morteros sin cenizas’. Los morteros con ceniza manifiestan un incremento en la porosidad total para las cuatro relaciones A/C con relación a los morteros sin cenizas, especialmente aquellos con alta relación A/C.’ ‘Los morteros con y sin ceniza presentan coeficientes de permeabilidad al agua del mismo orden de

magnitud”. .”En los morteros con y sin CV el efecto de la carbonatación produjo una reducción en la porosidad total”. ”La disminución de alcalinidad debido a la carbonatación es menor en los morteros que contienen ceniza volante, comparados con aquellos que no contienen ceniza”. ”El conjunto de resultados a los 28 días de curado, indican que el uso de ese tipo de puzolanas requiere un mayor tiempo de reactividad para lograr desarrollar al máximo su actividad puzolánica”. Las conclusiones a las que se llegó con la investigación mencionada se consideraron importantes para la nuestra, ya que deja en claro la manera en que reaccionan las mezclas de cemento a las 28 días con cierta cantidad de cenizas y sin ellas. También da una recomendación de la cantidad de tiempo de reacción para q la misma tenga los efectos deseados (p.22).

Molina, C. (2008), en su trabajo de grado titulado, “LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN”, llegó a las siguientes conclusiones: “La durabilidad del hormigón, especialmente del hormigón armado, está muy influenciada por la capacidad de transporte de líquidos y gases a través de su red porosa. El uso de cenizas volantes como adición del hormigón está ampliamente extendido por dos razones: el ahorro económico que supone la reducción del cemento empleado y los cambios microestructurales motivados por la adición. Sobre este segundo punto existe consenso en considerar que las cenizas generan un hormigón más compacto y una reducción del tamaño medio del poro. Sin embargo, la importancia relativa de los cambios de composición y microestructurales en las propiedades mecánicas y la durabilidad del material no están completamente claras. Este trabajo estudia la influencia de las cenizas volantes y las propiedades del cemento en el comportamiento mecánico y durable del hormigón. Se ha estudiado el uso de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento en distintas condiciones. Por un lado, se ha investigado la influencia de dos contenidos de cemento: 250 y 350 Kg por m³ de hormigón. Además, se han empleado dos cementos

de igual designación pero distinto origen. En todos los casos se han empleado distintos contenidos de cenizas. Para este fin se prepararon probetas de hormigón a las que se les examinaron los mecanismos de transporte a través del hormigón, las propiedades mecánicas y las características físico-químicas. El estudio de los mecanismos de transporte expuso las muestras del hormigón a tres tipos de ataque: penetración de dióxido de carbono, penetración del ión cloruro y penetración de agua bajo presión. Los ensayos de las propiedades mecánicas comprobaron las resistencias a compresión y tracción indirecta y el módulo de elasticidad en compresión. La caracterización físico-química incluyó análisis térmicos (termogravimétricos y termodiferenciales) y porosimetría por intrusión de mercurio. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la incorporación de cenizas como sustituto parcial del cemento Pórtland varía el comportamiento del hormigón en función de las características físicas y químicas de los cementos empleados, a pesar de que éstos estén catalogados bajo la misma designación de cementos comunes. Las cenizas volantes, empleadas adecuadamente, constituyen una adición activa que puede mejorar las propiedades durables y mecánicas de los hormigones en la mayoría de los casos. Sin embargo, el empleo de la ceniza volante, sin estudiar los efectos de la misma en el cemento que reemplaza, puede ocasionar comportamientos inesperados y adversos en el hormigón.”. La importancia de dicha investigación radica en que nos muestra las características de las cenizas y su influencia en las mezclas de concreto, una de las bases principales en la investigación (p.34).

3.2 Bases teóricas

A continuación se desarrollaran una serie de conceptos los cuales darán el sustento teórico a la investigación. Se presentan distintas ideas sobre el mortero, sus componentes entre los cuales se encuentran las cenizas, así como también diversos puntos que ayudaran a la comprensión del presente estudio.

3.2.1 Mortero

Se denomina morteros a las mezclas que se obtienen cuando se somete la arena, un conglomerante y el agua, a un batido intenso, hasta conseguir llegar al estado pastoso, y con la capacidad de adquirir la resistencia de una piedra más o menos dura tras el fraguado. Los morteros para revestimiento han de tener buena adherencia, adecuada resistencia a los agentes agresores e invariabilidad al volumen. El conglomerante habitualmente utilizados es el cemento el cual es un polvo finísimo, de color gris, que mezclado con agua, constituye una pasta que endurece tanto al aire como bajo el agua. Por la segunda, de estas características y por necesitar agua para su fraguado se le define como un aglomerante hidráulico. La arena, material que interviene en la formación del mortero tiene como misión principal la de proporcionar un armazón al conglomerante y minimizar la pérdidas de volumen que se puedan producir, las arenas más utilizadas para los morteros de los revestimientos son provenientes de piedra triturada, teniendo así las mismas propiedades que las de la roca madre. Los áridos más recomendables son los sillicos calcáreos y la arena de río. El agua para amasar los morteros ha de ser clara y limpia, no debe tener ni sales ni yesos. No es conveniente dosificarla en exceso, pues puede provocar una disminución en la resistencia final de la pasta fraguada, en el caso de utilizar aditivos estos se definen como aquellos productos que incorporados al mortero en estado fresco y/o endurecido modifican algunas de sus características como la trabajabilidad, impermeabilidad, entre otros (Bastidas M., 2006).

3.2.2 Cemento

Es un material con propiedades adhesivas y cohesivas las cuales dan la capacidad de aglutinar otros materiales para formar un todo, sólido y compacto.

El cemento se obtiene a partir de materias primas abundantes en la naturaleza. Su elaboración se realiza en plantas industriales de gran capacidad, en donde debe ser controlado estrictamente, lo que redonda en su calidad y en la confiabilidad que sobre él pueda tener el usuario (Porrero. J, 2004) (Figura 3.1).



Figura 3.1 Fabricación del cemento portland (www.ecodez.es).

El cemento Portland o cemento simplemente, es una especie de cal hidráulica perfeccionada. Se produce haciendo que se combinen químicamente unas materias de carácter ácido (sílice y alúmina principalmente) provenientes de arcillas, con otras de carácter básico (primordialmente cal) aportadas por calizas. Esta reacción tiene lugar entre las materias primas, finamente molidas, calentadas en hornos a temperaturas de semifusión. El cemento Portland utilizado en la fabricación de morteros debe cumplir con lo especificado en la Norma COVENIN 28 “Cemento Portland Especificaciones”. El tipo de cemento a utilizarse debe ser Portland Tipo I y su dosificación estarán determinadas por las características del trabajo a realizar, ya que este le dará a la mezcla mayor resistencia.

3.2.3 Tipos de cementos según las normas A.S.T.M C 150

Los cementos Portland por lo general se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de las especificaciones de Normas para el Cemento Portland según ASTM 150. Los tipos se distinguen según los requisitos tanto físicos como químicos:

3.2.3.1 Tipo I: cemento para usos generales, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas por los otros tipos de cemento.

3.2.3.2 Tipo II: cemento modificado para usos generales y se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un moderado calor de hidratación. Estas características se logran al imponer limitaciones en el contenido de C_3A y C_3S del cemento. El cemento tipo II adquiere resistencia con más lentitud que el tipo I, pero al final de cuentas, alcanza las mismas resistencias.

3.2.3.3 Tipo III: cemento de alta resistencia inicial, recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en 7 días, igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I y II. Dado que el cemento tipo III tiene un gran desprendimiento de calor no debe ser usado en vaciados de concretos masivos.

3.2.3.4 Tipo IV: cemento de bajo calor de hidratación. Se ha desarrollado para usarse en concreto masivo. Si se utiliza como cemento tipo I en colados masivos que no puedan perder calor por radiación, el cemento libera suficiente calor durante la hidratación aumentando la temperatura del concreto hasta unos 50 °F o 60 °F. Esto

causa un aumento relativamente grande de las dimensiones mientras el concreto está todavía en estado plástico; posteriormente, su enfriamiento diferencial después de endurecer ocasiona que se produzcan grietas por contracción.

3.2.3.5 Tipo V: cemento resistente a los sulfatos, se especifica cuando hay exposición severa a estos compuestos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y en estructuras expuestas al agua de mar. La resistencia al sulfato del cemento tipo V se logra minimizando el contenido de C_3A , pues compuesto es el más susceptible al ataque de los sulfatos. Las arena, también denominados áridos finos, deben ser de río (lavada), cuya finalidad es dotar la mezcla de ciertas características favorables, entre las cuales se destacan la disminución de la retracción plástica, y que participan en las propiedades físicas y químicas del mortero endurecido, razón por la cual éstas resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla.

3.2.4 Arena

Se pueden utilizar arenas de río o de machaqueo, incluso mezclas de ambas. La arena debe carecer de materias orgánicas que alteren las propiedades del mortero. En estado natural, o después de lavadas deberán cumplir las siguientes condiciones: la forma de los granos será redonda o poliédrica, rechazándose las arenas cuyos granos tengan forma de laja o acícula, se limitará el contenido en finos, el contenido total de materias perjudiciales (mica, yeso, feldespato descompuesto, piritas) no será superior al 2% (figura 3.2) (Porrero J., 2004).

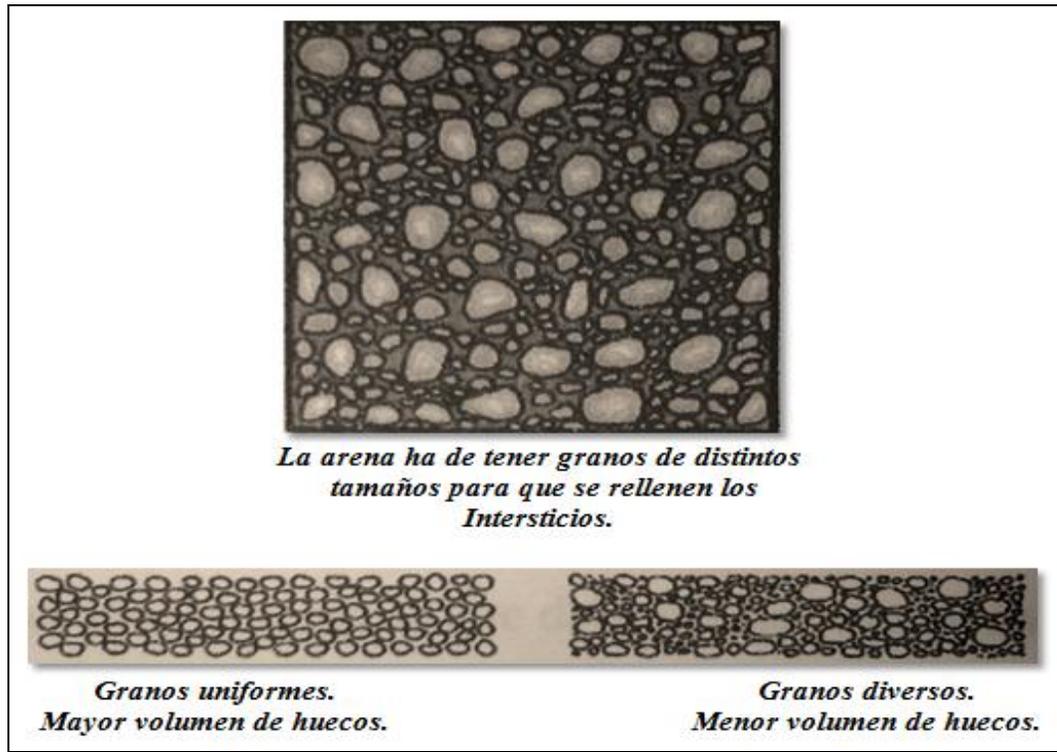


Figura 3.2 Tipos de Granos en la arena (Porrero. J, 2004).

La resistencia del mortero depende en gran medida de la distribución granulométrica de la arena, debiendo utilizar arenas que presenten la mayor capacidad posible, es decir, huecos que dejen los granos mayores, se rellenen con los granos inferiores y así sucesivamente.



Figura 3.3 Arena (es.m.wikipedia.org/wiki/Arena).

3.2.5 Agua

Es imprescindible en las etapas de la elaboración del mortero: mezclado, fraguado y curado. El agua de mezclado ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen de mortero fresco y, conjuntamente con el cemento, forman un producto coherente, pastoso y manejable, que lubrica y adhiere el agregado. Simultáneamente esta agua reacciona químicamente con el cemento, hidratándolo y produciendo el fraguado en su acepción más amplia, desde el estado plástico inicial, pasando por lo que llamamos endurecimiento, hasta el desarrollo de resistencia a largo plazo. Por otra parte, el agua de curado es necesaria para reponer la humedad que se pierde por evaporación luego que el mortero ha sido colocado, compactado y alisado en su superficie. Tanto el agua de mezclado como el agua de curado deben estar libres de contaminantes que puedan perjudicar el fraguado o que reaccionen negativamente, en estado fresco o en estado endurecido.

3.2.5.1 Agua de mezclado: el agua de mezclado cumple dos funciones: hidratar el cemento y proporcionar fluidez y lubricación al mortero. Es el causante de la formación de conductos capilares que interconecta poros; estos se llenan parcialmente de aire y producen morteros menos resistentes y menos durables, por lo que debe usarse el menor volumen de agua que sea posible para obtener la fluidez requerida. Ciertas impurezas en el agua pueden causar reacciones perjudiciales al mortero o alteraciones en sus propiedades como trabajabilidad, tiempo de fraguado, resistencias mecánicas, adherencia entre mortero y refuerzo, durabilidad, entre otros.

Para la elaboración de morteros se debe usar agua potable, es decir, aquella que por sus características químicas y físicas es útil para el consumo humano o que cumplan con los requisitos de calidad establecidos en la norma, careciendo de impurezas tales como arcilla y cloruros que alteren su durabilidad y aspecto estético, y ácidos que puedan reaccionar.

3.2.5.2 Agua evaporable: el agua restante que existe en la pasta, es agua que puede evaporarse a 0% de humedad relativa del ambiente y 110° C de temperatura, pero no se encuentra libre en su totalidad. La pasta de cemento cuya característica sobresaliente es un enorme desarrollo superficial interno, ejerce atracción molecular sobre una parte del agua evaporable y la mantiene atraída.

El agua evaporable puede estar en tres condiciones distintas, de acuerdo con su proximidad a la superficie de la pasta y los diferentes comportamientos del agua, dependiendo del lugar que ocupe dentro de la masa de mortero.

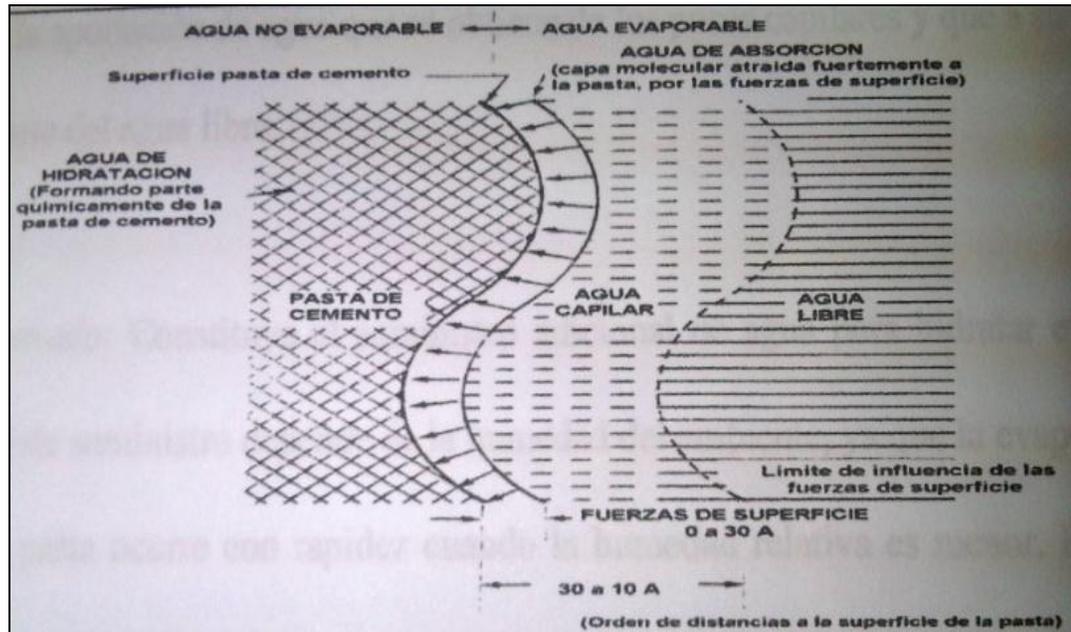


Figura 3.4 Comportamiento del agua en la pasta de cemento (Porrero, J, 2004).

3.2.5.3 Agua de absorción: es una capa molecular de agua que se halla fuertemente adherida a las superficies de la pasta por fuerzas intermoleculares de atracción.

3.2.5.4 Agua capilar: es el agua que ocupa los poros capilares de la pasta, a distancias que suelen estar comprendidas en el intervalo de 30 a 10^7 Angstrom, (1 Angstrom = 0,0000001 mm) de manera que parte de ella está sujeta (aunque débilmente) a la influencia de las fuerzas de superficie de la pasta.

3.2.5.5 Agua libre: es la que se encuentra fuera de la influencia de las fuerzas de la, de tal modo que tiene completa movilidad y puede evaporarse con facilidad. Con cierta aproximación, la porción de agua no evaporable que existe en la pasta puede ser una medida del grado de hidratación que ha alcanzado. Durante el proceso de hidratación de los granos de cemento se produce una especie de desplazamiento de agua del exterior al interior de estos. Ya que lo primero que se hidrata es la superficie,

se forma así en la periferia de cada grano una estructura hidratada o pasta. Para que la hidratación continúe hacia el núcleo de los granos es necesaria la aportación de agua que se obtiene de los poros capilares y que a su vez es respuesta por una parte del agua libre.

3.2.5.6 Agua de curado: constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento. Este suministro depende de la humedad del ambiente, ya que la evaporación del agua libre de la pasta ocurre con rapidez cuando la humedad relativa es menos. Por otra parte, el agua y el cemento al mezclarse ocupan un espacio inicial que permanece constante y que tiende a ser llenado gradualmente por los productos de hidratación (pasta).

3.2.5.7 Calidad del agua: de acuerdo con las Normas COVENIN 2385:2000 el agua potable es siempre apta para la elaboración de morteros por sus características en cuanto a cantidades presentes de sólidos en suspensión, valores de pH, sólidos disueltos, materia orgánica, cloruros y sulfatos.

3.2.6 Aditivos

Son sustancias o materiales añadidos, antes o durante la mezcla del mortero, en pequeñas cantidades con relación a la masa del cemento (su proporción no supera el 5% en masa del contenido de cemento). Su función es aportar a las propiedades del mortero, tanto en estado fresco como endurecido, determinadas modificaciones bien definidas con carácter permanente. En el caso de utilizar aditivos debe comprobarse que no afecten de forma desfavorable a la calidad del mortero, de la fábrica, y a la durabilidad.

Los aditivos se clasifican según el efecto principal es decir, la característica que se quiera mejorar, en plasticidad, inclusores de aire, hidrófugos. También se utilizan aditivos para modificar los tiempos de fraguado (Carrillo H., 2007).

3.2.7 Características de los morteros

3.2.7.1 Morteros en estado fresco: es cuando se adiciona agua al cemento, se da origen a la pasta de cemento, la cual pasa por una etapa inicial, en la que se desarrolla el proceso de hidratación del cemento, durante el cual presenta una consistencia plástica. Posteriormente se inicia su endurecimiento, en el que adquiere progresivamente las características de sólido.

Dado que la pasta de cemento es el componente activo del mortero, estas mismas características le son transmitidas, razón por la cual, el mortero presenta en su etapa inicial un estado plástico.

En esta etapa, el mortero acepta deformaciones con pequeños aportes de energía externa, para producir estos cambios de deben vencer principalmente dos reacciones internas: una constituida por el frotamiento de las partículas granulares, cuya medida denominaremos fluidez del mortero, y la otra proveniente de la cohesión de la masa, cuya medida denominaremos consistencia. El conjunto de ambas características constituye la trabajabilidad del mortero, designada también con el nombre de docilidad. (Según Porrero J., 2004).

❖ **Trabajabilidad:** este concepto es fundamental en la etapa en que el mortero se mantiene en estado plástico, puesto que condiciona sus características en dicha etapa, la que a su vez corresponde a la de su empleo en obra. Es una característica que contribuye a evitar la segregación y facilitar el manejo previo durante la colocación

de la mezcla. Para que la mezcla pueda colocarse fácilmente en las formas y se obtenga un vaciado compacto y denso, es necesario que sea suficientemente plástico.

❖ **Plasticidad:** es la propiedad que define la trabajabilidad del mortero. Depende de la consistencia de la granulometría de la arena y de la cantidad de finos que contenga la misma. Se puede mejorar con el uso de aditivos plastificantes o aireantes. Los morteros en los que se utiliza cal, mejora notablemente la plasticidad, ya que aumenta el número de finos actuando como lubricante.

❖ **Retención de agua:** es la propiedad que tienen los morteros para mantener la trabajabilidad cuando están en contacto con piezas absorbentes, evitando que pierda el agua de forma rápida, lo que además podría dar problemas en el fraguado del cemento pudiéndose producir el ahogado del mismo.

❖ **Segregación:** es la separación de los componentes del mortero, lo que origina morteros disgregados. Se evita añadiendo agua en exceso y utilizando arenas con tamaños no muy grandes.

❖ **Adherencia:** es la propiedad que mide la facilidad o resistencia que presenta el mortero al deslizamiento sobre la superficie del soporte en la que se aplica. Se mejora mediante un mayor incremento de cemento y cal y mediante el uso de finos arcillosos en la arena (Según Porrero, J, 2004).

❖ **Contenido de aire:** es siempre perjudicial y se encuentra como impureza gaseosa en cantidades dependientes principalmente del tamaño máximo de los agregados, y secundariamente de las características de este. Para fines de cálculo suele estimarse en un 9% el volumen de aire naturalmente incorporado por los morteros.

❖ Exudación: el proceso de exudación se produce por que los morteros están constituidos por materiales de distinto peso específico, razón por la cual los materiales más pesados (sólidos) tienden a decantar y los más livianos como el agua tienden a ascender.

❖ Fraguado: es el cambio de estado físico que sufre una pasta desde una condición blanda hasta una condición de rigidez. El proceso de fraguado comienza desde el momento en que se inicia la fase activa del proceso químico exotérmico que culminará con la solidificación (carente de resistencia) dentro de las cuatro o cinco horas siguientes desde la preparación del mortero.

❖ Agrietamiento plástico: el agua de amasado en la mayoría de los casos se evapora poco a poco, lo cual hace que el mortero se vaya secando desde la superficie hacia el interior de este, produciendo de esta manera una contracción, por lo cual la superficie se contrae más rápidamente que el resto, derivando como consecuencia un agrietamiento del mortero cuando aún está en estado plástico, lo cual se denomina agrietamiento plástico.

Este efecto debe ser evitado, puesto que produce una superficie débil en el mortero. El agrietamiento plástico se produce principalmente cuando existe una temperatura elevada o sí hay viento en el lugar de colocación, porque de esta manera el secado superficial se hace más rápido.

❖ En estos casos se recomienda para evitar el agrietamiento plástico mantener un ambiente relativamente húmedo y fresco alrededor del mortero, si de igual forma se produjera el agrietamiento, se puede proceder a alisar el mortero tratando de esta forma cerrar las grietas producidas (Maldonado B., 1968).



Figura 3.5. Mortero en estado fresco (www.mixercon.pe).

3.2.7.2 Mortero en estado endurecido: en esta etapa, las propiedades de los morteros evolucionan con el tiempo, en una forma que depende de las características y proporcionan de los materiales componentes y de las condiciones ambientales a que estará expuesto durante su vida útil. (Batista M., 2006).

❖ **Densidad:** se define como el peso por unidad de volumen. Esta depende del peso específico y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del mortero (Maldonado B., 1968).

❖ **Resistencia mecánica:** viene expresada por su resistencia a la compresión en kg/cm^2 a la edad de 28 días sobre probetas cúbicas de 50,8 mm de lado (Norma COVENIN 494:93)

❖ **Adherencia:** es la relación directa de la resistencia a tracción del mortero y de la correcta puesta en obra del mismo. Una buena adherencia produce mayor resistencia global del muro y mayor impermeabilidad (Maldonado B., 1968).

❖ Heladicidad: es la resistencia que presenta el mortero a ciclos de hielo-deshielo. Se consigue una buena resistencia a las heladas realizando morteros compactos, utilizando aditivos adecuados y mediante un proceso cuidadoso en la ejecución.

❖ Retracción: fenómeno de encogimiento o disminución de volumen que sufre el material con el tiempo, debido principalmente a la pérdida parcial de agua en las primeras horas y puede producir grietas en el material. La retracción depende de numerosos factores tales como la geometría de las piezas, condiciones atmosféricas, humedad, temperatura tanto del ambiente como del mortero y de la proporción de los componentes de la mezcla (Porrero J., 2004).

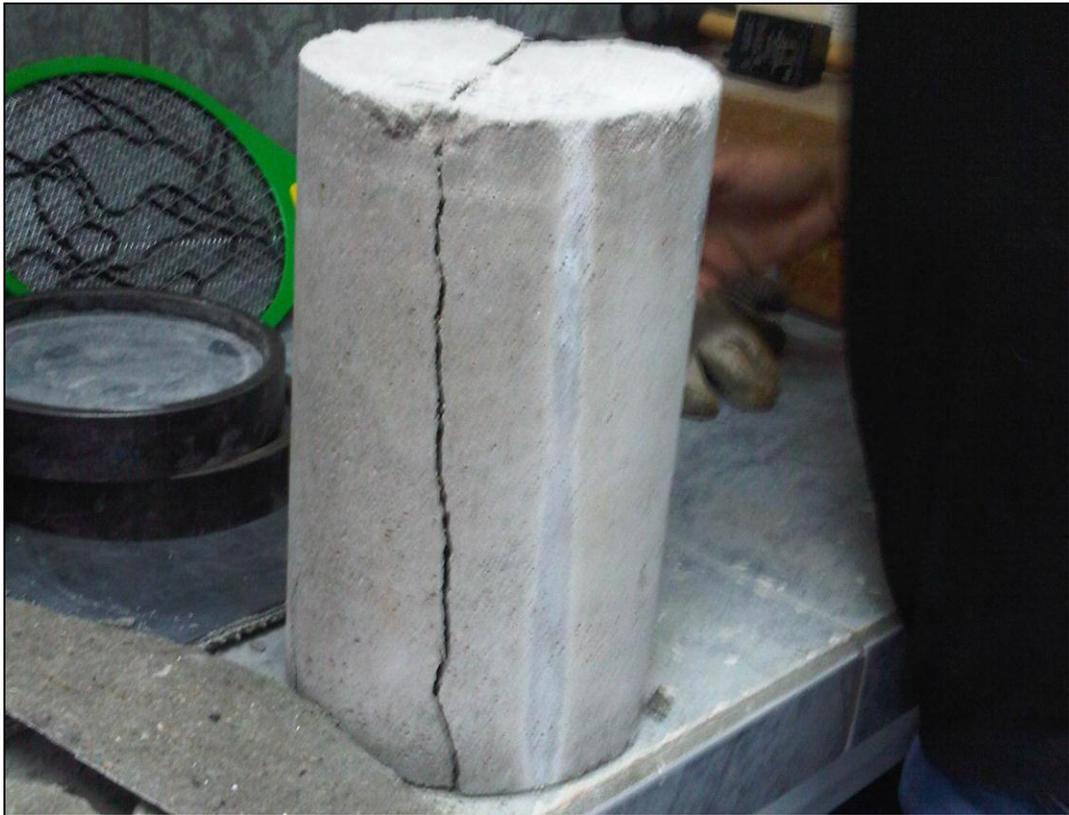


Figura 3.6 Mortero en estado endurecido.

3.2.8 Calidad del mortero

La industria de la construcción, al igual que todas las actividades productivas, ha reconocido la importancia de aplicar los criterios y prácticas del control de calidad, tanto en beneficio del usuario de la obra como del constructor de la misma.

La calidad de los morteros va a depender de la calidad de sus componentes, de la calidad de su diseño de mezcla y su posterior preparación y manejo, de los cuidados de uso y mantenimiento, y del grado de satisfacción de las exigencias de su uso. Se mide la calidad del material con los ensayos previos sobre los componentes, con las observaciones y pruebas del mortero fresco, y con los ensayos sobre el mortero endurecido, bien en el laboratorio o en la propia obra. El análisis, conservación y empleo de los registros de todos los ensayos y observaciones dice mucho de la calidad profesional de quienes han intervenido en la ejecución de una obra.

Este factor importante va a depender de la calidad de sus componentes y del diseño de mezcla según sea la exigencia de uso (Batista M., 2006).

3.2.9 Granulometría

Es la composición del material en cuanto a la distribución del tamaño de los granos que lo integran. Esta característica decide, de manera muy importante, la calidad del material. Se puede expresar de varias formas: retenidos parciales en cada cedazo, expresado en peso o en porcentaje, retenidos acumulados o pasantes, principalmente en porcentaje, siendo la forma usual y conveniente la que expresa el pasante total por cada cedazo como porcentaje en peso.

La granulometría está directamente relacionada con las características de manejabilidad del mortero fresco, la demanda de agua, la compacidad y la resistencia mecánica del mortero endurecido. El tamaño de los granos se mide indirectamente mediante cedazos de diferentes aberturas calibradas según la Norma COVENIN 254 “Cedazos de Ensayos”, los cuales son colocados en cascada, con el de mayor abertura arriba, decreciendo progresivamente hasta disponer el de menos abertura abajo. Al tamizar el material por agitación según lo descrito en la Norma CONVENIN 255 “Agregados. Determinación de la composición granulométrica”, sus granos se distribuyen según sus tamaños en cada tamiz. (Carrillo H., 2007).

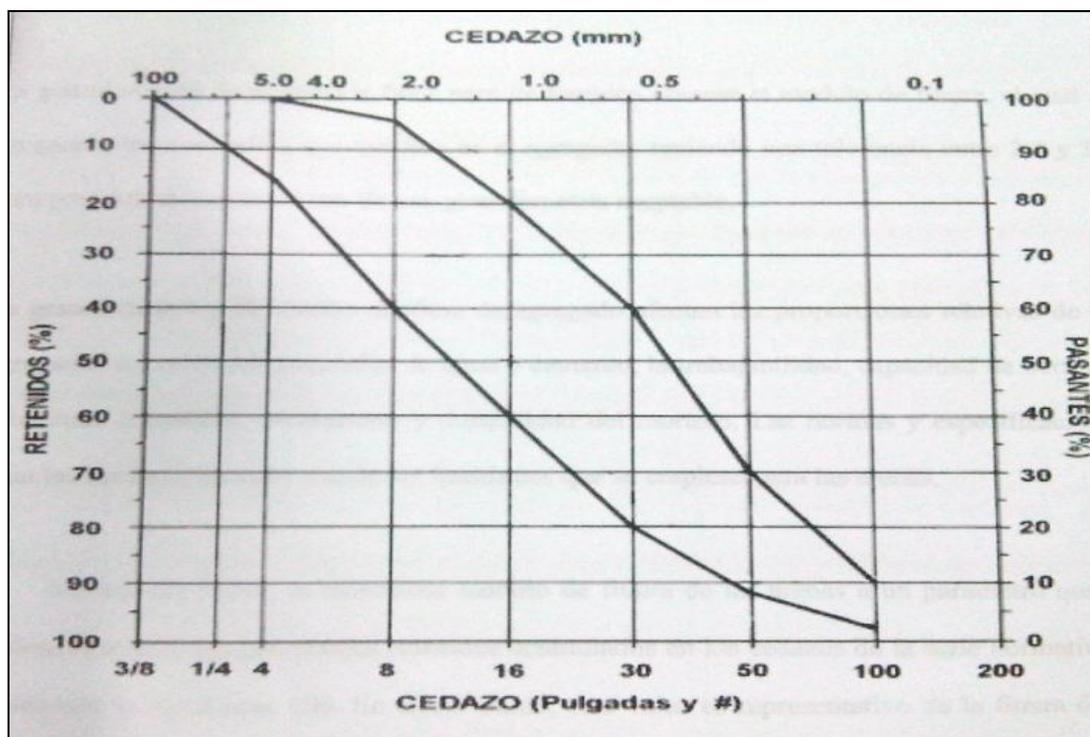


Figura 3.7 Especificaciones granulométricas de la arena (COVENIN 277-2000).

Tabla 3.1 Cedazos utilizados y porcentajes pasantes (COVENIN 255:1997).

CEDAZO	PASANTE %
3/8"	100
4"	85-100
8"	60-95
16"	40-80
30"	20-60
50"	8-30
100"	2-10
200"	0-5

La granulometría de agregados finos permite también obtener el módulo de finura, el cual es un parámetro que indica que tan fino es el agregado, teniendo una tolerancia entre 2,3 y 3,3 para producir morteros dentro de una granulometría aceptable.

La granulometría y el tamaño máximo de agregados afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, contracción y durabilidad del mortero. Las normas y especificaciones fijan los límites para cada una de las fracciones que se emplean para las arenas.

3.2.10 Módulo de finura

Es un parámetro que se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados en los cedazos de la normativa y dividiendo la entre 100. En cierto modo, este valor es representativo de la finura de la arena; se considera que el módulo adecuado de finura de una arena para producir morteros dentro de una granulometría aceptable, debe ser entre 2,3 y 3,0 donde un valor de 2,0 indica una arena fina, 2,5 una arena

media y más de 3,0 una arena gruesa. Por otra parte el módulo de finura puede considerarse como el tamaño promedio ponderado de un cedazo del grupo en el cual el material es retenido (Merrit. F, 1995).

3.2.11 Peso por unidad de volumen

Es el uso principal de las relaciones peso/volumen es para la selección y manejo de los agregados, por lo que se relaciona mucho con su calidad.

3.2.12 Peso unitario

Se denomina peso volumétrico del agregado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Cuando se trata de agregados, este valor es importante cuando se requiere convertir cantidades de peso en volumen y viceversa.

3.2.13 Peso unitario suelto

Se determina llenando un recipiente de volumen conocido y estable, con el agregado, dejándolo caer libremente desde una cierta altura. Después se pesa y se establece la relación peso/volumen Norma CONVENIN 263, “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados.

3.2.14 Peso unitario compacto

Se realiza mediante un proceso parecido al anterior, pero compactando el material dentro del molde Norma COVENIN 268:1998, “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”.

3.2.15 Peso específico

Es el peso del volumen absoluto de la materia sólida del agregado, sin incluir huecos entre granos.

La Norma COVENIN 268, “Agregado fino. Determinación de la densidad y la absorción”, establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino. (P. 23)

Los valores usuales de estos pesos normativos en relación con el volumen, con los agregados no livianos empleados habitualmente (Porrero J., 2004).

Tabla 3.2 Valores usuales de relación peso/volumen de los agregados no livianos (Porrero, 2004).

PROPIEDAD	GRUESOS	ARENA
Peso Unitario Suelto (kg/litro)	1,4 a 1,5	1,5 a 1,6
Peso Unitario Compacto (kg/litro)	1,5 a 1,7	1,6 a 1,9
Densidad (peso específico)	2,5 a 2,7	2,5 a 2,7

3.2.16 Absorción

Es el proceso mediante el cual un líquido penetra y trata de ocupar los vacíos permeables existentes en un sólido poroso. También se puede definir como la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas.

Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentra el material saturado superficialmente seco (Merrit. F, 1995).

3.2.17 Impurezas

El contenido de material vegetal en el agregado fino pudiese resultar nocivo para el mortero por hacer disminuir su resistencia, producir retrasos en el fraguado y alterar la trabajabilidad de la mezcla. Es imprescindible que el material empleado esté limpio de impurezas, sin restos de ramos, barro u otros, para obtener una masa sólida.

3.2.18 Materia Orgánica

La materia orgánica en descomposición puede producir trastornos en las reacciones del cemento. El fraguado puede ser alterado, e incluso impedido, como es el caso de la presencia de azúcares. También se pueden ver alterados el endurecimiento y, a veces, la reacción de los aditivos químicos. Algunos tipos de materia orgánica no llegan a producir alteraciones importantes por lo cual, en términos generales, lo más recomendable es hacer las pruebas directas en mezclas de estudios con los materiales que se pretendan usar, como los métodos que recomienda la Norma COVENIN 275, “Método de ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas del agregado fino en la resistencia de morteros”.

3.2.19 Humedad

Los agregados suelen retener algunas cantidades de agua en forma de humedad. La humedad se considera como la diferencia en peso entre el material húmedo y el mismo secado al horno. Se suele expresar como porcentaje en peso, referido al material seco. La humedad en la arena afecta la dosificación de las mezclas, tanto si

se hacen en peso como en volumen. Para la determinación de la humedad y de la absorción, tanto de los agregados gruesos como de las arenas, hay ensayos normativos Norma CONVENIN 268, “Agregado fino. Determinación de la densidad y la absorción”. El agregado más crítico respecto a la humedad suele ser la arena, debido a su capacidad de retención de agua (retiene mayor proporción y su secado es más lento). Cuando la arena está húmeda se debe pesar una mayor proporción de este material para compensar el agua que lleva y se debe descontar su contenido de agua a la de mezclado.

3.2.20 Diseño de mezcla de mortero para revestimiento

Se conoce como diseño de mezcla el procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades que debe haber de todos y cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla de mortero, para obtener de este material el comportamiento deseado, tanto en su estado plástico como en su estado endurecido.

Existen numerosos métodos para diseñar mezclas, que pueden asemejar o pueden diferir entre sí profundamente, de acuerdo con las variables que manejan y las relaciones que establezcan; esto indica que ninguno de ellos es perfecto. Además de cumplir su propósito específico de establecer las cantidades a usar de cada componente, el diseño de mezcla es una importante herramienta para el análisis teórico de la influencia que ciertos cambios en los materiales o las proporciones de uso pudieran tener sobre el mortero.

Inevitablemente, los diseños de mezcla tienen cierto grado de imprecisión debido a que las variables que condicionan la calidad y el comportamiento del mortero son numerosas y difíciles de precisar. Los ajustes que pueden dar más exactitud a las proporciones de los componentes solo pueden conseguir mediante “mezclas de prueba”, tanto de laboratorio como de obra. En algunas circunstancias, se

pueden usar algunas reglas sencillas, o generales, para establecer las proporciones entre los componentes, empleando “recetas” aplicables a esos casos.

Para la realización de las mezclas de mortero es necesario conocer la dosis de cemento necesaria las características del agregado fino tales como, su granulometría, porcentaje de humedad, absorción, con el fin de encontrar una relación agua-cemento adecuada para la dosificación a utilizar. La cantidad de agua debe aplicarse de manera tal que se mantenga la trabajabilidad de la mezcla, dado a que un exceso de agua disminuye la resistencia de la misma.

3.2.21 Dosificación

Se llama así a la relación o números de partes, en peso o en volumen, de los componentes: cemento (c); cal (ca); arena (a) y agua (w), expresándose en la forma: c:ca:a:w, dando normalmente el valor unidad al cemento. En el caso de un solo conglomerante sería: 1:a:w.

3.2.22 Tipos de Mortero

3.2.22.1 Morteros livianos: se define así ya que es preparado con agregados livianos tales como fibra de nylon, vidrio, madera, coco y arcilla expandida entre otros. Al ser incorporados en dicha mezcla se obtiene un refuerzo secundario (no estructural) que permite reducir drásticamente el agrietamiento por retracción plástica durante el período de fraguado. Un requisito esencial es que las fibras estén libres de toda impureza, como por ejemplo la grasa que interfiere en la adherencia entre la fibra y el mortero, y el azúcar (como en las fibras de bagazo) que retardan el fraguado del cemento.

3.2.22.2 Mortero tradicional con cal hidráulica: es un mortero de gran plasticidad, fácil de aplicar, flexible y untuoso, pero de menos resistencia e impermeabilidad que el mortero de cemento. La utilización de la cal hidráulica, es considerada como la primera incorporación de tecnología a los morteros fabricados en forma tradicional. Es importante destacar que el concepto de mortero de última generación o de alta tecnología se inicia con la utilización de la cal hidráulica como adición en los morteros de cemento tradicional. Al mencionar la cal, se debe tener en cuenta que ésta no contribuye a aumentar la resistencia mecánica, sino, por el contrario, si se emplea en una alta proporción puede producir una reducción de ella.

3.2.22.3 Mortero predosificado o premezclado seco en planta: la necesidad de morteros con calidad uniforme que faciliten los procesos de almacenamiento, traslado y puesta en obra, impulsó el desarrollo de morteros secos premezclados en planta mediante sistemas industrializados. Los morteros secos pre dosificados en planta permiten obtener un control exhaustivos de los áridos, tanto en su granulometría, limpieza y secado (punto débil de los morteros premezclados en obra) y, al igual que las plantas hormigoneras, cuentan con diversos aditivos y agentes que permiten obtener un aumento de adherencia y de resistencia mecánica. Además se obtiene control sobre el diseño y mezclas en laboratorio, medición de materias primas en peso, mezclado mecanizado y asesoría técnica. Estos morteros producidos por la industria cementera nacional se almacenan y se venden en sacos, a los cuales en obra sólo se les agrega agua en forma controlada y según lo indicado por el fabricante.

3.2.22.4 Mortero tradicional con aditivos sobre la base de micro sílice: este mortero se caracteriza porque posee un aditivo perteneciente a la nueva generación de productos. El micro sílice posee propiedades que mejoran las resistencias mecánicas, adherencias e impermeabilidad de los morteros de cemento tradicional. El uso de este tipo de mortero se recomienda en cualquier faena, dentro de las principales están:

reparaciones de estructuras (fisuras, grietas), nivelación de pisos sometidos a tránsito intenso y/o con ataque químico, reparación de pisos industriales.

3.2.22.5 Mortero tradicional con incorporación de arcilla expandida: este mortero se caracteriza porque posee las siguientes cualidades: se utiliza para producir morteros livianos, es decir, densidades entre 1500 – 1800 kg/m³, poseen menores densidades que los morteros tradicionales, por lo tanto son mejores aislantes térmicos, se utilizan principalmente para la confección de sobrelosas, su granulometría está comprendida entre 4 a 12 mm. , por lo tanto es factible de ser utilizado como elemento de revestimiento continuo sobre los muros.

3.2.22.6 Mortero tradicional con incorporación de agentes espumantes: este mortero se caracterizan porque los elementos de revestimiento continuo incrementan la impermeabilidad de los muros que los sustentan, poseen menores densidades que los morteros tradicionales, por lo tanto son mejores aislantes térmicos, poseen una mayor resistente a los ciclos hielo- deshielo, semejante a las que se produce con un aditivo incorporado de aire, poseen una elevada aislación acústica, dado que la intensidad de las ondas sonoras es amortiguada por su paso sucesivo a través de las paredes de las celdas y de las capas de aire encerradas en estas, por último, es importante destacar que los morteros de última generación que poseen menores densidades son los que tienen más posibilidades de mejorar térmicamente los actuales estándares de los muros perimetrales de nuestro país.

3.2.22.7 Mortero de yeso: se denomina así a aquel elaborado a base de yeso, arena y agua. Es menos resistente que otros morteros pero endurecen rápidamente. Normalmente no se utiliza para levantar tabiques de división interior: se emplea con mayor frecuencia para fijar elementos de obra. Nunca debe aplicarse en labores de enfoscado o revoco en los que se presuma la existencia de humedades (cuartos de

baño, aseos, sector de fregadero en las cocinas, entre otros), ya que el yeso tiene una gran capacidad de absorción, por lo que puede almacenar una gran cantidad de agua.

3.2.23 Cenizas volantes

Las cenizas volantes (CV) son residuos sólidos provenientes de la combustión de materiales como el carbón. Una de las características principales de estos residuos es la variada composición química y mineralógica, lo que implica diferentes comportamientos químicos. A pesar de ser las CV en gran parte reutilizadas en la industria de la construcción; los investigadores buscan nuevas alternativas para reutilizar éste residuo sólido (Vassilev S., 2007).



Figura 3.8 Cenizas volantes (www.wikipedia.com).

3.2.24 Características químicas de las cenizas volantes

Están ligadas al tipo de carbón que las originan, así como también a las transformaciones que se ocasionan mediante la combustión de los mismos a diversas temperaturas a que se les someten, por lo tanto se trata de un producto de gran heterogeneidad cuya matriz de composición está formada básicamente por varios componentes, algunos de los cuales se presentan en una mayor abundancia y que se definen como componentes mayoritarios de las cenizas volantes, estos son: sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3), óxido de hierro (Fe_2O_3), óxido de calcio (CaO) y carbón (C). En una proporción más reducida (aproximadamente entre el 0.1% y el 5.0% en peso) se presentan los componentes minoritarios como la magnesia (MgO), óxidos de azufre (SO_x) y álcalis en forma oxidada (Na_2O y K_2O). (P. 24)

3.2.25 Granulometría de las cenizas volantes

La finura media de las cenizas volantes brutas, es comparable a la del cemento portland ordinario y su tamaño de grano oscila entre 0,2 y 200 micras de diámetro, llegando en casos excepcionales a valores de hasta 500 micras. (Figura 3.9).

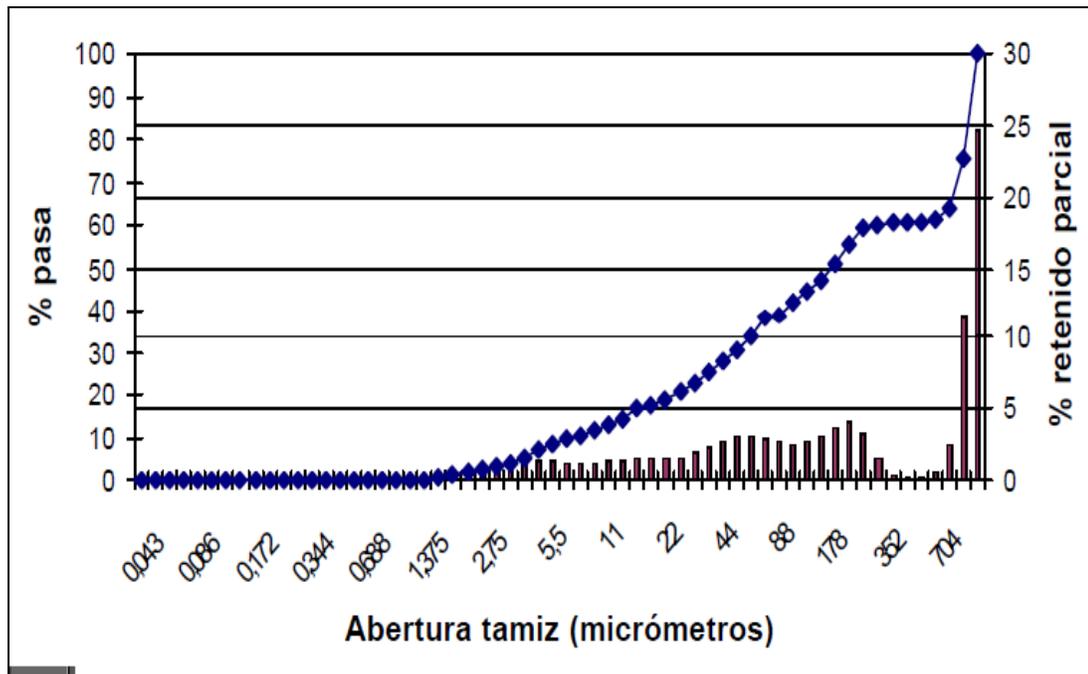


Figura 3.9 Distribución granulométrica de las cenizas volantes (Vassilev S.V. y Vassileva C.G, 2007).

3.3 Basamento legal

Las normas nacionales referidas a este trabajo son las siguientes:

1. Norma Venezolana COVENIN 497:1994 “Cemento portland. Determinación de la resistencia a la tracción por flexión de mortero” (3era revisión).
2. Norma Venezolana COVENIN 268:1998 “Agregado Fino. Determinación de la Densidad y la Absorción” (1era revisión).
3. Norma Venezolana COVENIN 339:2003 “Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams” (2da revisión).

4. Norma Venezolana COVENIN 270:1998 “Agregados. Extracción de muestras para morteros y concretos” (1ra revisión).
5. Norma Venezolana COVENIN 270:1998 “Concreto, mortero y componentes. Terminología” (1ra revisión).
6. Norma Venezolana COVENIN 221:2001 “Materiales de construcción. Terminología y definiciones” (1^{era} revisión).
7. Norma Venezolana COVENIN 2385:2000 “Concreto y mortero. Agua de mezclado. Requisitos” (1era revisión).
8. Norma Venezolana COVENIN 496:87 “Cemento portland. Determinación del contenido de aire en morteros” (2da revisión).
9. Norma venezolana COVENIN 3134:04 “Cemento Portland con adiciones. Requisitos” (2da revisión).
10. Norma venezolana COVENIN 3134:04 “Cemento Portland. Determinación de resistencia a la compresión de morteros en probetas cúbicas de 50,8mm de lado” (3ra revisión).

3.4 Definición de términos básicos

Para la fácil comprensión de la investigación es necesaria la definición de los siguientes términos:

Acabado: último tratamiento superficial que recibe un elemento de la construcción.

Albañilería: arte de construir y recubrir con materiales pétreos naturales o artificiales. Aplicase tanto a la construcción de estructuras o cerramientos de mampostería, como al acabado, revestimiento y reparación de las superficies de los pisos, paredes, techos o elementos decorativos.

Amortiguamiento: capacidad de los materiales y sistemas de disipar energía.

Asentamiento: también conocido como revenimiento, es la medida de la consistencia de una mezcla de concreto fresco realizada con el Cono de Abrams y se suele expresar en pulgadas. Se mide el descenso de la masa de concreto al quedar libre del cono en que fue moldeada con relación a la altura del mismo. Mientras mayor sea esta diferencia de altura, se puede llegar a concluir que la masa de concreto es muy fluida.

Calor de hidratación: se define como la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento deshidratado, generado después de una hidratación completa a una temperatura dada.

Cedazo: instrumento para separar las partes finas de las gruesas de un producto.

Combustión: es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.

Conglomerante: material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, que originan nuevos compuestos.

COVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales. Es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de normalización y calidad en Venezuela.

Curado: proceso de modificar mediante riego, inmersión, suministro de calor o vapor, las condiciones ambientales que rodea la pieza o bien aislarla del exterior mediante recubrimientos que impiden que emigre el agua libre.

Densidad: es una magnitud q nos dice que tanta cantidad de materia tiene cierta sustancia en un volumen determinado.

Diseño: en un miembro estructural, conocidas sus solicitaciones, la determinación racional y económica de sus dimensiones, así como la distribución de todos sus materiales y componentes, satisfaciendo a cabalidad las normas.

Diseño de mezclas: procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades de todos los componentes de una mezcla de concreto, para alcanzar e comportamiento deseado.

Ductilidad: en general, capacidad de deformación una vez rebasado el límite de proporcionalidad. En Ingeniería Sísmica, capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable de su capacidad resistente.

Edificación: construcción cuya función principal es alojar personas, animales o cosas.

Estructura: conjunto de miembros y elementos cuya función es resistir y transmitir las acciones al suelo a través de las fundaciones.

Fluidez: grado de movilidad o calidad de fluido que puede tener la mezcla de concreto.

Granulometría: distribución de los tamaños (diámetros) de los granos que constituyen un agregado.

Infraestructura: parte de la estructura necesaria para soportar la superestructura de la edificación por debajo de la cota superior de la base o losa de pavimento, o de la placa de fundación.

Materia prima: es la materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.

Manual: conjunto de pasos secuenciales de las nociones principales de un tema.

Mampostería: Construcción realizada con elementos de piedra, ladrillo, concreto, cerámica, etc., habitualmente puestos con las manos y unidos con mortero.

Mezcla: es la combinación de dos o más sustancias, sin que se produzca como consecuencia de esta una reacción química y las sustancias participantes de la mencionada mezcla conservarán sus propiedades e identidad.

Pérdida por ignición: se basa en determinar la pérdida de peso de un material al someterla a una temperatura de 439 °C en un horno durante 24 horas.

Resistencia: parte mecánica que estudia las dimensiones de los elementos de una construcción, para determinar los esfuerzos que este tendrá que soportar.

Superficie específica: relación entre la superficie total y la masa del sólido.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este capítulo describirá los métodos, técnicas y procedimientos aplicados, de tal modo que se pueda tener una visión clara de lo que se ha realizado y cómo se ha llevado a cabo, por medio de la metodología desarrollada en esta investigación.

4.1 Tipo de investigación

Se analizarán los resultados y detallarán las características de cada uno de las muestras de los ensayos realizados a los morteros con dosificaciones diferentes de modo de poder obtener un mortero cuyas especificaciones coincidan con las normas. De igual forma se hará un estudio económico y una comparación con el mortero tradicional. De esta manera el tipo de investigación que utilizaremos será Descriptiva.

Esto se puede corroborar con lo que expresa Tamayo, M. (2003), al respecto:

“La investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente”
(p. 46).

4.2 Diseño de la investigación

Los datos que se analizarán se obtendrán de los ensayos pertinentes que se le harán a las diferentes probetas de mortero es por ello que el diseño de nuestra investigación será Experimental.

Según Kerlinger, (1975):

“La investigación experimental es una investigación científica en la cual el observador manipula y controla una o más variables independientes y observa la variable dependiente en busca de la alteración concomitante a la manipulación de la variable independiente” (p. 25).

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población

El ámbito del presente estudio fue la nueva metodología de mezcla de mortero con inclusión de cenizas volantes para su uso en revestimiento, la totalidad del fenómeno que se estudió.

Según establece Galtung (1971), se entiende por población:

“La población representa la totalidad de elementos que conforman el ámbito de un estudio o investigación”. (p.54).

4.3.2 Muestra

La muestra es la parte significativa de la población en vista que tiene rasgos similares al de la totalidad. Desde el punto de vista cuantitativo, Hernández, R. (2003) expresa:

"La muestra es un subgrupo de la población de interés (sobre el cual se habrán de recolectar datos y que se define o delimita de antemano con precisión) y tiene que ser representativo de ésta" (p. 302).

De igual manera, desde un enfoque cualitativo, el mismo autor señala que:

“La muestra es una unidad de análisis o un grupo de personas, contextos, eventos, sucesos, comunidades, entre otros, de análisis; sobre el (la) cual se habrán de recolectar datos sin que necesariamente sea representativo(a) del universo o población que se estudia” (p. 302).

En el presente estudio la muestra predominante está determinada por los 15 cilindros que se sometieron al ensayo de compresión. Al ser tres (3) probetas por cada uno de los diseños, representados por la mezcla patrón y cuatro (4) de éstas con sustituciones parciales de cinco (5), diez (10), quince (15) y veinte (20) por ciento de cenizas volantes.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para poder obtener la mayor información posible que permita lograr los objetivos propuestos en toda investigación, Sabino, C. (1992), afirma:

“Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso del que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información”(p. 114).

Las técnicas e instrumentos manejados para la recolección de los datos necesarios en el presente estudio se describen a continuación.

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

4.4.1.1 Observación directa: se realizara un chequeo de la resistencia de las probetas mediante ensayos en equipo especializado.

Como lo expresa Sabino, C. (1988):

“La observación directa puede definirse el uso sistemático de nuestros sentidos, en la búsqueda de datos que necesitamos para resolver un problema de investigación”(p. 153).

Asimismo se obtuvo el estudio correspondiente mediante técnicas de observación indirecta tales como mediciones apoyadas en la utilización de los instrumentos de medición así como también el empleo de gráficas estadísticas que permitieron observar, detectar y analizar el comportamiento de las mezclas y los resultados de las variaciones en esta.

4.4.1.2 Entrevista no estructurada: se recolectaron datos mediante la opinión de expertos sobre la planeación y realización de los ensayos. Según Sabino (1992):

“De un modo general, una entrevista no estructurada o no formalizada es aquella en que existe un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas”. (p. 124)

Las entrevistas no estructuradas que definen los pasos previos a la obtención de la información general necesaria, se fundamentaron principalmente en consultas realizadas a técnicos de laboratorio, a tutores tanto académico como industrial y a otras personas profesionales que poseen suficiente conocimiento del tema.

4.4.1.3 Revisión literaria: es necesario obtener información sobre los antecedentes de la investigación, es decir, aquellos estudios previos y tesis que estén relacionado con el problema planteado.

Además de la revisión de textos que aportaron conceptos básicos y proposiciones relacionadas al tema de tesis, se consultó aquellos artículos de las

normas y se aplicaron los artículos necesarios en el proyecto, como lo expresa Tamayo, M. (2003):

“La Revisión Literaria, es el fundamento de la parte teórica de la investigación, y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado. Presenta la teoría del problema aplicada a casos y circunstancias concretas y similares a las que se investiga”. (p. 325).

4.4.1.4 Revisión documental: según Hernández, R (2000) define la revisión documental como:

“Los textos que nos proporcionan datos para el análisis y tratamiento del problema de investigación planteado.” (p.44).

Se consultó documentación bibliográfica relacionada con el tema de estudio, con el propósito de adquirir conocimientos de gran importancia que servirán de base para el desarrollo del trabajo de investigación.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Entre los instrumentos requeridos para llevar a cabo el presente estudio, se encuentran:

1. Equipos de Oficina: Papel Lápices Calculadora. Computadora. Impresora. Documentación de soporte. Pen driver.
2. Equipos de campo: Papel. Lápiz. Cámara fotográfica. Cucharas. Carretillas. Moldes de probetas. Trompo mezclador. Cono de abrams.

3. Equipo de Laboratorio: Prensa Hidráulica. Equipo medidor de aire. Balanza digital. Termómetro.

4.5 Flujograma de la metodología

Para el desarrollo del proyecto en cuestión, fue necesario realizar probetas cilíndricas de la mezcla del mortero, así como también realizar ensayos en la mezcla fresca y chequear que cumplieran con las Normas COVENIN establecidas. Se siguió el cronograma de trabajo establecido en la figura 4.1.

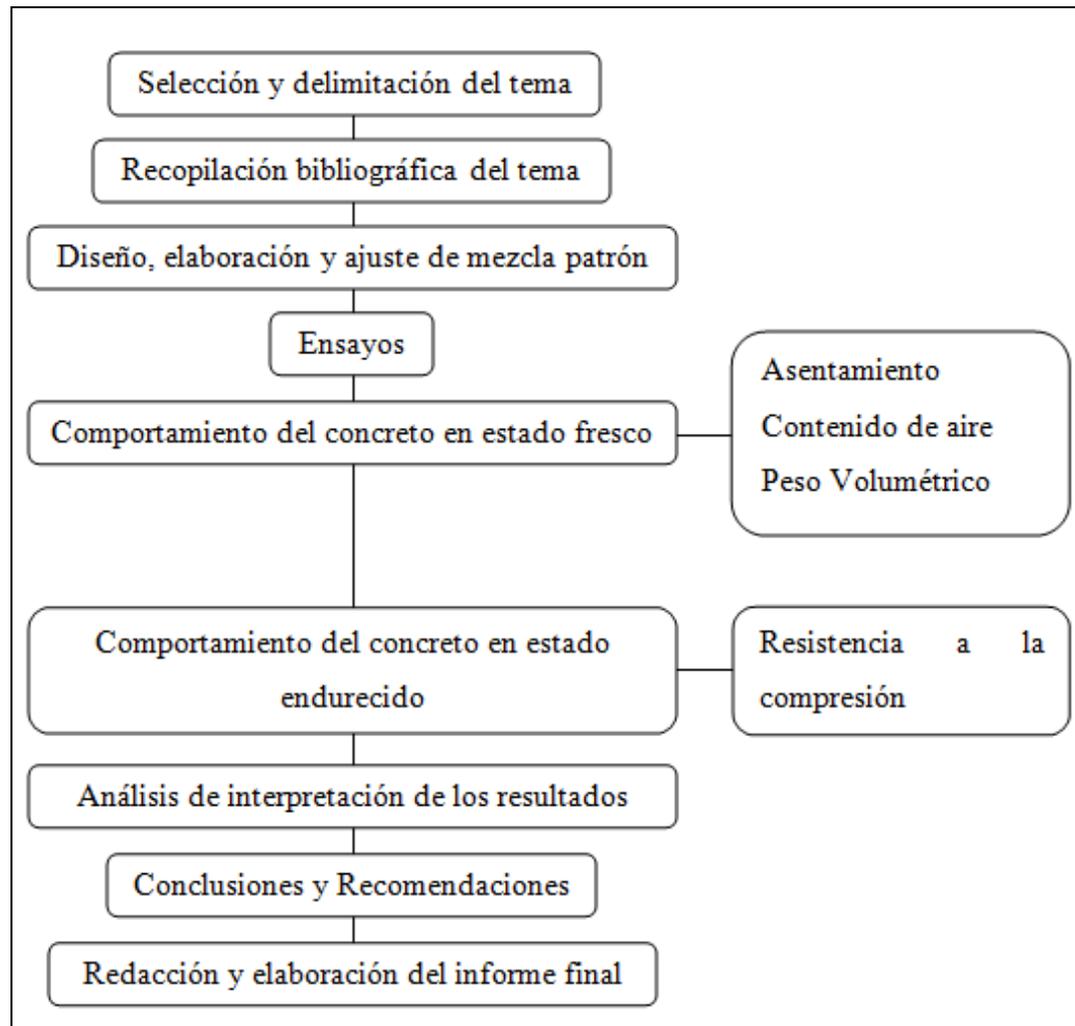


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de trabajo.

4.5.1 Recopilación bibliográfica del tema

Una vez que se seleccionó el diseño de investigación y la muestra adecuada, de acuerdo con el enfoque, la siguiente etapa consistió en recolectar los datos pertinentes sobre variables, sucesos involucrados en la investigación.

Se basó en la compilación de todo el material bibliográfico disponible, cuyo contenido determinó la relación que guarda con el aspecto específico de esta

investigación, ya sea general o especializada. Esto se hizo con el propósito de comprobar la confiabilidad y precisión de la información, comparando el contenido de varias fuentes y considerando factores como el prestigio académico de autores, casas editoras, artículos de revistas, publicaciones empresariales y sitios de internet.

4.5.2 Diseño, elaboración y ajuste de la mezcla patrón

Siendo uno de los pasos más cuidadosos de la investigación, la elaboración de la mezcla patrón consistió en:

4.5.2.1 Ensayos de los agregados: para la elaboración de la mezcla se realizaron ensayos según lo establecido en las Norma Venezolana COVENIN 268:1998 “Agregado Fino. Determinación de la Densidad y la Absorción” (1^{era} revisión).

❖ Densidad aparente: es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros saturables y no saturables, (sin incluir los vacíos entre partículas) y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura.

❖ Densidad nominal: es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, sin incluir los espacios de los poros saturables, pero sí los de los no saturables; y la masa de un volumen de agua igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

❖ Absorción: es el incremento de la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca.

Método de ensayo: Una muestra de agregado se sumerge en agua durante (24 ± 4) horas aproximadamente para saturar poros. Luego se remueve el agua y se seca en un recipiente adecuado, y se determina su masa una primera vez. Posteriormente, la muestra se sumerge en agua y se determina su masa una segunda vez. Finalmente, se seca al horno y se determina su masa una tercera vez. Con las masas obtenidas y las fórmulas de este método de ensayo, se calculan tres (3) formas de densidad y la absorción.

4.5.2.2 Diseño de mezcla: luego de realizar los ensayos de los agregados, se procedió al planteamiento del diseño de mezcla que sirvió para el inicio del estudio planteado.

❖ Selección de la relación agua – cemento: la relación agua – cemento requerida se determina no solamente, en razón a las exigencias de la resistencia, sino también por factores de durabilidad y propiedades determinantes del acabado. Ya que diferentes agregados y cementantes generalmente producen una variabilidad de resistencias con la misma relación agua - cemento, es muy deseable desarrollar las relaciones entre resistencia y relación agua – cemento para los materiales que ha de usarse.

Cuando no se tienen estos datos puede tomarse de la tabla de resistencia a la compresión y relación agua-cemento los valores aproximados y conservadores que ésta suministra, para concretos elaborados con cemento portland. Para condiciones de exposición severas, la relación agua -- cemento debe mantenerse baja, aun cuando las necesidades de agua deban satisfacerse con valores altos.

❖ Cálculo del contenido de cemento: la cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto, se fija de la relación agua – cemento obteniéndose de acuerdo al contenido estimado de agua y de la relación a/c prefijada. Si la especificación incluye, un límite mínimo en la cantidad de cemento, además de las exigencias de

resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en cualquier criterio que conduzca a la mayor cantidad de cemento.

❖ Estimación del contenido del agregado fino: el agregado fino se determina mediante dos procedimientos, los cuales se describen a continuación:

Método por peso: si se asume que el peso del concreto por unidad de volumen puede estimarse por experiencia, el peso necesario del agregado fino se determina simplemente por la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los otros ingredientes.

Método del volumen absoluto: un procedimiento más exacto para el cálculo de las cantidades requeridas de agregado fino, requiere el uso de los volúmenes desplazados por los ingredientes.

En éste caso, el volumen total de los ingredientes conocidos (agua, aire, cemento y agregado grueso) se resta del volumen unitario de concreto, para obtener el volumen del agregado fino necesario. El volumen ocupado en el concreto es igual a su peso dividido por la densidad de aquel material, siendo éste último el producto del peso unitario del agua por el peso específico del material.

4.5.2.3 Elaboración de la mezcla: para la elaboración de las mezclas se siguió el siguiente procedimiento, respetando los estándares establecidos por la norma COVENIN.

❖ Se evaluó las características de los agregados (granulometría de la arena y de las cenizas, humedad de la arena), para asegurar la calidad de la mezcla.

- ❖ Seguidamente fueron añadidos los agregados a una carretilla limpia, y se mezclaron con una cuchara para obtener mejor distribución de los mismos como se muestra en la figura 4.2.
- ❖ Luego se agregó el cemento más la mitad del agua requerida y se procedió a mezclar todos los componentes. (Figura 4.3).
- ❖ Se terminó de verter el agua y mezclamos hasta obtener una mezcla uniforme y homogénea. (Figura 4.4).



Figura 4.2 Agregados de la mezcla.



Figura 4.3 Mezcla cemento y mitad de agua requerida.



Figura 4.4 Mezclado de todos los componentes.

4.5.3 Ensayos

4.5.3.1 Comportamiento del mortero fresco

❖ Asentamiento: para la medición del asentamiento de las mezclas de concreto, se siguieron los procedimientos señalados en la Norma Venezolana COVENIN 339:2003 “Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams” (2da Revisión):

1. Se colocó un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas sobre la plancha de apoyo horizontal, ambos limpios y húmedos sólo con agua y seguidamente se situó sobre las pisaderas que trae consigo dicho molde para evitar el movimiento del mismo durante el llenado.

2. Se llenó el molde en tres capas de tal manera que la capa inferior se llenó hasta aproximadamente un tercio ($1/3$) de la altura total y la capa intermedia hasta aproximadamente $2/3$ de la altura del elemento, cada una apisonada con veinticinco (25) golpes de varilla distribuidas uniformemente. Al apisonar la capa inferior se dieron los primeros golpes con la varilla ligeramente inclinada alrededor del perímetro. Al apisonar la capa media y superior se dieron los golpes de tal modo que la varilla penetrara en la capa subyacente. Durante el apisonado de la última capa se mantuvo permanentemente un exceso de mortero sobre el borde superior del molde. (Figura 4.5).

3. Inmediatamente después de terminado el llenado, se enrasó la superficie de la capa superior y se limpió el mortero derramado en la zona adyacente al molde, éste se retiró sujetándolo por las asas dejando las pisaderas libres y se levantó en dirección vertical sin perturbar la masa de mortero en un tiempo de cinco (5) a doce (12) segundos.

4. Una vez levantado el molde, se midió inmediatamente la disminución de altura de la masa de mortero moldeado con respecto a la del molde (asentamiento), aproximando a 6 pulgadas. La medición se hizo en el eje central del molde en su posición original. De esta manera, la medida del asentamiento permitió determinar principalmente la fluidez para apreciar la consistencia del mortero. (Figura 4.6)



Figura 4.5 Llenado del cono de Abrams.



Figura 4.6 Medición de asentamiento.

❖ **Peso volumétrico:** para el cálculo del peso unitario del mortero fresco se tomó como referencia las especificaciones de la Norma Venezolana COVENIN 349:79 “Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire en el concreto”:

1. Se humedeció el interior de un recipiente cilíndrico metálico y se colocó en una superficie plana, nivelada y firme.

2. Se tomó una muestra representativa del mortero recién elaborado con una cuchara metálica y se llenó el recipiente con tres (3) capas de igual espesor, sobrellenando ligeramente la última capa. Cada capa se compactó con veinticinco (25) golpes de varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección del molde. Se compactó la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente con la barra

compactadora. De igual forma se compactó la segunda y tercera capa penetrando una pulgada aproximadamente (25 mm) en la capa anterior. (Figura 4.7)

3. Para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la muestra, se golpeó firmemente los lados del molde de diez (10) a quince (15) veces con una mazo de plástico luego de compactar cada capa y se enrasó el mortero sobrante utilizando la regla metálica apoyada sobre el borde superior del recipiente, limpiando a su vez el exceso de mortero en dicho borde.



Figura 4.7 Molde con mezcla para ensayo de peso unitario.

4. Se pesó el molde lleno de mortero en la balanza y se obtuvo el peso unitario del mismo mediante la fórmula:

$$P.U = \frac{W_t - W_m}{V_m} \times 1000 \quad (4.2)$$

Dónde:

P.U = Peso Unitario del mortero (Kg/m³).

W_t = Peso del molde más mortero (gramos).

W_m = Peso del molde (gramos).

V_m = Volumen del molde (cm³).

❖ Contenido de aire: los pasos que fueron seguidos para obtener el contenido de aire del mortero fresco están pautadas en la Norma Venezolana COVENIN 347:2004 “Concreto fresco. Determinación del contenido de aire. Método volumétrico” (1^{era} revisión):

1. Una vez que se pesó el molde lleno de mortero al finalizar el ensayo anterior, se limpió y humedeció el interior de la parte superior del medidor de aire (Humbolt) antes de acoplarla a dicho molde con la ayuda de las mordazas, las cuales se sujetaron en forma de cruz (dos a la vez).

2. Se abrieron las llaves laterales y se añadió agua con un embudo a través de una de ellas, con la válvula principal de aire previamente cerrada, hasta que se rebosó el agua en la otra llave. Esto se continuó haciendo mientras se movía y golpeaba el medidor para asegurarse de que todo el aire estuviera expulsado.

3. Después de cerrar muy bien ambas llaves, se procedió a bombear aire dentro de la cámara para que el manómetro se ubicara en la línea de presión inicial y se abrió la válvula principal (la cual comunica la cámara de aire con el molde) y se realizó la lectura correspondiente del porcentaje de aire.

4. Se cerró la válvula de aire principal y se abrieron las llaves laterales para poder descargar la presión antes de retirar el medidor de aire. Por último, se calculó el correspondiente contenido de aire expresado el mismo en forma de porcentaje. (Figura 4.8).



Figura 4.8 Molde de contenido de aire.

4.5.3.2 Comportamiento del mortero endurecido

❖ Resistencia a la compresión: siguiendo la serie de pasos a realizar de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 338:2002 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de los cilindros de concreto” (2^{da} revisión), se tiene:

Elaboración de probetas cilíndricas: una vez realizadas las mezclas, se usaron modelos cilíndricos de acero (de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura), los cuales previamente se limpiaron y se lubricaron con aceite mineral para luego proceder al llenado de los moldes en una secuencia de tres capas de un tercio (1/3) de altura del cilindro. Cada capa se consolidó apisonándola con veinticinco (25) golpes dados con una barra compactadora de dimensiones normalizadas, los cuales fueron distribuidos uniformemente en toda la masa con una penetración que apenas llegó a la capa que se encontraba inmediatamente debajo. Después de haber apisonado la capa superior, finalmente se enrasó el mortero sobrante con una regla metálica.

Curado de las probetas: una vez transcurridas veinticuatro (24) horas desde la elaboración de las probetas cilíndricas, se desencofran y se identifican previamente para luego introducirlas en la piscina de curado evitando así la pérdida de agua por evaporación (Figura 4.9). El agua de la piscina se mantuvo a una condición de temperatura de $23 \pm 3^\circ \text{C}$. (Figura 4.10). Al cumplir las edades establecidas para su ensayo a compresión (7, 15 y 28 días), las probetas fueron sacadas de la piscina de curado para facilitar su posterior secado.



Figura 4.9. Desencofrado de los cilindros.

Resistencia a la compresión: una vez que se encontraron lo suficientemente secas, se colocaron cuidadosamente centrados cada uno de los cilindros (para las edades correspondientes) en la máquina de ensayo y se comprimieron. (Figura 4.11) Posteriormente se obtuvieron los resultados requeridos de resistencia mecánica a compresión indicados por la máquina de ensayos, los cuales se expresan en Kg/cm^2 , a través de la siguiente expresión:

$$R_c = P/A \quad (4.3)$$

Dónde:

R_c = Resistencia a compresión (Kg/cm^2).

P = Carga máxima aplicada por la máquina de ensayo (Kg).

A = Área de la sección transversal del cilindro (cm^2).



Figura 4.10 Probetas extraídas de la piscina.



Figura 4.11 Colocación de la probeta en la prensa hidráulica.



Figura 4.12 Compresión de cilindro en la máquina de ensayo.



Figura 4.13 Ruptura de la probeta cilíndrica.

4.5.4 Redacción y elaboración del informe final

Luego de realizar la recopilación de la información tanto documental como de campo, se procedió a describir y analizar el comportamiento de las mezclas del mortero junto con las diferentes dosificaciones de cenizas, realizando los ensayos correspondientes tanto a su estado fresco como luego del fraguado. Los resultados obtenidos se interpretaron con la finalidad de llevar a cabo la extracción de conclusiones y recomendaciones para luego efectuar la redacción y elaboración del informe final.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados a las mezclas y la evaluación de las variables que influyen en la producción de éstas serán analizados y explicados por medio de tablas y gráficos con el fin de demostrar el alcance de los objetivos propuestos y responder la interrogante presentada en la investigación.

5.1 Describir las propiedades físicas y químicas de las cenizas volantes utilizadas

Las cenizas volantes fueron obtenidas de la quema de restos de árboles secos de diferentes tipologías.

5.1.1 Propiedades físicas

Este tipo de cenizas se presentan como arena o polvo muy fino de color gris más o menos claro, tal como se observa en la figura 5.1. La finura media de las cenizas es comparable con la del cemento portland y su tamaño de grano oscila entre 0,2 y 200 micras de diámetro, entre un 80 y un 95% de las partículas tienen tamaño de limo, a continuación se presentan en la tabla 5.1 las propiedades físicas establecidas de este tipo de material.



Figura 5.1 Cenizas.

Tabla 5.1 Propiedades físicas de las cenizas.

Propiedades físicas	
Peso específico	2,0258 kg/dm ³
Superficie específica	1993,53 cm ² /g
Humedad	0,55%
Pérdida por ignición	0,689%/0,627% - 0,69%/0,654%

5.1.2 Propiedades químicas

La composición química de este tipo de material obtenido de la quema de material orgánico representado por árboles de diferentes tipologías se presenta a continuación en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Composición química de cenizas.

% en peso por componente		
Óxido Férrico	4. 74	4. 66
Óxido de Manganeso	0. 04	0. 04
Dióxido de Titanio	1. 54	1. 52
Óxido de Calcio	2. 51	2. 52
Monóxido de Dipotasio	1. 26	1. 25
Pentóxido de Difosforo	0. 22	0. 21
Dióxido de Sílice	63 .01	62 .71
Trióxido de Dialuminio	24 .73	24 .67
Óxido de Magnesio	0. 79	0. 78
Óxido de Sodio (II)	0. 01<LL	0. 01<LL

5.2 Establecer las proporciones del mortero: cemento-arena-cenizas

5.2.1 Descripción de los componentes de las mezclas

Las características y los resultados obtenidos en los ensayos realizados a las mezclas en estado fresco y en estado endurecido dependerán directamente de la

calidad y características de los materiales utilizados para la elaboración de las mismas. En la preparación de las mezclas se utilizaron los materiales descritos a continuación en la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Descripción de los componentes de la mezcla.

Componente	Tipo	Observaciones
Arena	Arenera La Ceiba, Puerto Ordaz.	El material se encuentra bajo sombra, humedad constante y sin ser alterado por presencia de otro material.
Cemento	Portland Tipo III.	Se utilizó este tipo debido a su capacidad de adquirir su resistencia en menor tiempo. El material se encuentra almacenado, libre de humedad y a temperatura ambiente.
Agua	Abastecimiento de agua local.	Agua adecuada para realización de las mezclas.
Cenizas	Cenizas de material orgánico.	Producto de la incineración de restos de árboles secos de diferentes tipologías

5.2.1.1 Ensayos realizados para observar las características físicas y químicas de los componentes de las mezclas: para la elaboración de las mezclas de mortero se necesitó la realización de los ensayos que permitieran conocer las características y propiedades de los materiales que constituyeron la misma para de esta forma poder obtener los resultados en cada una de las mezclas. En la preparación de los ensayos fue necesario emplear ciertos equipos suministrados por la empresa SIMPCA.

❖ Granulometría: en primer se hicieron los ensayos granulométricos del agregado fino, empleando las tamizadoras tal y como se muestra en la figura 5.2. Luego de realizar los ensayos granulométricos del agregado fino se obtuvieron los resultados de la tabla 5.4, y la figura 5.3.



Figura 5.2 Tamizadora.

Tabla 5.4 Ensayo granulométrico de la arena.

Malla	Abertura	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificaciones A.S.T.M C330-2005
3/8"	9,51 mm	0	0,0	100,0	100 – 100
No.4	4,76 mm	0,4	0,1	99,9	95 – 100
No.8	2,36 mm	5,9	1,2	98,8	80 – 100
No.16	1,19 mm	81,3	16,3	83,7	50 – 85
No.30	595 μ m	204,0	40,8	59,2	25 – 60
No.50	297 μ m	387,7	77,5	22,5	5 – 30
No.100	149 μ m	461,8	92,4	7,6	0 – 10
No.200	74 μ m	487,4	97,5	2,5	0 – 3
Total (gr)	500,0	Módulo de finura		2,28	2.00 – 3.00

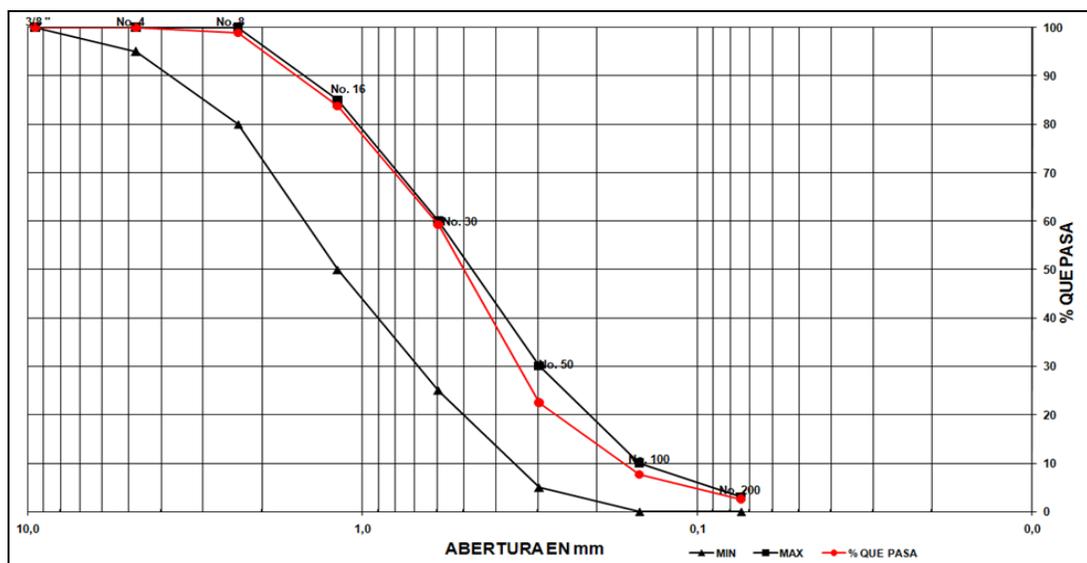


Figura 5.3 Granulometría del agregado fino.

La figura 5.3 indica que el agregado fino se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma COVENIN 277-2000 teniendo una tendencia hacia una mayor distribución de partículas finas. Estos resultados revelan que la arena es apta para ser usada en la fabricación de mezclas de mortero.

La arena utilizada en el estudio obtuvo un módulo de finura promedio de 2,28; los valores que permitieron obtener este promedio se pueden visualizar en las tablas 5.5 y 5.6.

Tabla 5.5 Módulo de finura del agregado fino.

Agregado fino	Módulo de finura
Arena lavada	2,28
Arena lavada	2,28
Arena lavada	2,29
Arena lavada	2,28
Arena lavada	2,29
Promedio	2,28

Tabla 5.6 Peso Específico y porcentaje de absorción del agregado fino.

Agregado fino	Peso Específico	Absorción
Arena lavada	2,66	0,40
Arena lavada	2,66	0,60
Arena lavada	2,65	0,50
Arena lavada	2,65	0,60
Arena lavada	2,65	0,60
Promedio	2,65	0,54

Para la realización de los ensayos el agregado fino se mantuvo almacenado de manera tal que no se presentara alteración en sus características. El peso específico resultó de 2,65 y el porcentaje de absorción de 0,54.

Estos datos se fueron suministrados por la empresa SIMPCA Ciudad Bolívar, debido a que son ensayos rutinarios que ellos le realizan a los agregados para poder determinar si las características de los mismos cumplen con las que se necesitan para la elaboración de las mezclas, en el apéndice C se especifican los resultados obtenidos.

❖ Peso unitario del agregado fino: de acuerdo a los ensayos realizados se determinó que el agregado fino posee un peso unitario suelto promedio de 1587 Kg/m³, y un peso unitario compacto promedio de 1693 Kg/m³.(Tabla 5.7).

Tabla 5.7 Peso unitario del agregado fino.

Agregado fino	P.U.S (Kg/m³)	P.U.C (Kg/m³)
Arena lavada	1569	1670
Arena lavada	1589	1696
Arena lavada	1598	1702
Arena lavada	1601	1713
Arena lavada	1578	1684
Promedio	1587	1693

Estos resultados se especifican en el apéndice D.

❖ Humedad del agregado fino: la humedad de la arena lavada resulto ser de 4,3%, la tabla 5.8 se encuentran los resultados del ensayo los cuales se especifican en el apéndice E.

Tabla 5.8 Humedad de la arena.

Agregado	Humedad (%)
Arena lavada	4,3

5.2.2 Diseño de las mezclas

Para la realización de la mezcla patrón o tradicional se utilizó la Norma Venezolana COVENIN 497:1995, la cual establece que por cada parte de cemento serán tres partes de arena y media de agua, la cual equivale a una relación agua-cemento de 0,50.

Por otra parte para la realización de la sustitución de los porcentajes de cemento por el de cenizas se manejaron datos descritos en los antecedentes de esta investigación y es por ello que se realizaron cuatro muestras en las que se sustituyeron 5%, 10%, 15% y 20% de cemento por cenizas respectivamente. Los pasos para el diseño de las mezclas se describen a continuación.

5.2.2.1 Estimación del agua de mezclado, contenido de aire y relación agua-cemento: la cantidad de agua requerida se estima de acuerdo a la calidad de los materiales, representada por sus características, dentro de las cuales se debe resaltar el porcentaje de absorción de cada uno de ellos.

Debido a la innovación de la inclusión de las cenizas en la mezcla de mortero se comenzó con una relación agua-cemento de 0,5 para la mezcla tradicional esto de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 497:199, y se fue ajustando la cantidad de agua según a lo que se necesitó para la homogenización de las mismas.

5.2.2.2 Cálculo del contenido de agregado fino: en el estudio realizado se utilizó la cantidad de 1452 Kg/m³, lo cual represento un 75% de los agregados de la mezcla.

5.2.2.3 Cálculo del contenido de cemento: la composición de la mezcla tradicional tuvo un diseño establecido de 484 Kg/m³, el cual se fue reduciendo a partir de que se le añadió la cantidad de cenizas respectivas a cada una de las mezclas. El cemento comprendió el 25% de los agregados en la mezcla patrón.

Se presenta en la tabla 5.9 los diferentes diseños de las mezclas y los códigos utilizados para cada una de ellas:

Tabla 5.9 Diseños y códigos de las mezclas.

Diseño de mezcla de mortero	Código
Tradicional	TR
Mezcla con 5% de inclusión de cenizas	M-1
Mezcla con 10% de inclusión de cenizas	M-2
Mezcla con 15% de inclusión de cenizas	M-3
Mezcla con 20% de inclusión de cenizas	M-4

A continuación se precisan los componentes de cada diseño de mezcla y la cantidad necesaria de cada material para la realización de 1m³ de cada mortero. En la tabla 5.10, se presentan detalladamente las cantidades de los materiales que se utilizaron en cada una de las mezclas.

Tabla 5.10 Diseño de las mezclas.

Diseño	TR	M-1	M-2	M-3	M-4
Cemento (Kg)	484	460	436	411	387
Arena (Kg)	1452	1452	1452	1452	1452
Cenizas (Kg)	-	24	48	73	97
Agua (Lts)	242	302	302	302	302

El diseño de mezcla patrón TR se realizó con una dosificación 1:3, como se observa en la tabla anterior, las mezclas M-1, M-2, M-3 y M-4 se elaboraron con sustituciones parciales distintas de cenizas, las cuales hicieron que las dosificaciones de las mismas variaran con respecto a la mezcla tradicional, y por lo tanto las cantidades de cemento a necesitar para la elaboración de cada uno de estos diseños fueron disminuyendo.

5.3 Evaluar el efecto de las cenizas en el mortero en estado fresco

Los ensayos a el mortero en estado fresco se realizaron inmediatamente después de realizadas cada una de los diseños de mezcla.

Seguidamente a la elaboración de cada diseño de mezcla se inició la ejecución del ensayo del Cono de Abrams para la medición del asentamiento que nos ayudó al control de la trabajabilidad de la muestras de mortero. A continuación se realizó el ensayo de peso unitario, colocando tres capas del mismo volumen en un molde normalizado. Del mismo modo se hizo el ensayo de contenido de aire en la mezcla,

los resultados de los ensayos en estado fresco se resumen en la tabla 5.11 que se presenta a continuación.

Tabla 5.11 Resultados de los ensayos en estado fresco.

Diseño	TR	M-1	M-2	M-3	M-4
Sustitución de Cenizas (%)	-	5	10	15	20
Contenido de aire (%)	4,0	3,5	3,8	4,0	4,5
Relación a/c	0,500	0,657	0,694	0,735	0,781
Asentamiento (pulg)	6"	4 ½ "	5 ¾ "	6"	6 ¾ "
Peso molde + mortero (g)	17000	16800	17000	17500	17800
Peso molde (g)	2340	2340	2340	2340	2340
Peso mortero (g)	14660	14460	14660	15160	15460
Volumen del molde (cm ³)	7071	7071	7071	7071	7071
Peso Unitario (Kg/cm ³)	2073	2045	2073	2144	2186

Los datos obtenidos en los ensayos del mortero en estado fresco arrojaron una serie de valores dentro de los cuales se pudo observar que a medida que el porcentaje de cenizas sustituido aumentaba, las características de los diseños se ajustaban a las de la muestra patrón hasta a llegar a valores iguales en el diseño de M-3 con respecto a el asentamiento y el contenido de aire.

5.4 Ensayar la resistencia a la compresión de los morteros

Los resultados obtenidos en las mezclas en estado fresco arrojaron que cumplieron con las especificaciones de las normas venezolanas COVENIN de acuerdo a cada uno de los ensayos. Se procedió a la realización de las probetas cilíndricas, las cuales luego de un día se sumergieron en piscinas para la obtención de su resistencia. Dichas probetas se sometieron al ensayo de compresión a los siete (7), quince (15) y veintiocho (28) días, en los cuales se observó una resistencia representativa a los siete días por parte de las muestras con inclusión de cenizas comparándolas con el de la muestra patrón, posteriormente en el ensayo a los 15 días la mezcla tradicional al ser ensayada arrojó resultados mayores a el de las muestras con la sustitución de las cenizas, seguida por la mezcla con 15% de inclusión de las mismas, se debe resaltar que ambas mezclas superaron la resistencia de 210 Kg/cm^2 .

A los 28 días los resultados arrojaron un aumento en todas las resistencias, siendo la mayor nuevamente la muestra tradicional, seguida de M-2 y M-3, que se debe resaltar, fueron las únicas muestras con inclusión de cenizas que superaron la resistencia requerida que fue de 210 Kg/cm^2 .

A continuación se presentan los resultados en la tabla 5.12.

Tabla 5.12 Resistencia de las probetas cilíndricas.

Tiempo	Muestra	Presión (Kg)	Área (cm²)	Resistencia (Kg/cm²)
7 Días	TR	29.664	176,72	168
	M-1	31.932	176,72	181
	M-2	34.195	176,72	193
	M-3	36.567	176,72	207
	M-4	30.178	176,72	171
15 Días	TR	37.887	176,72	214
	M-1	36.589	176,72	207
	M-2	36.943	176,72	209
	M-3	37.411	176,72	212
	M-4	30.525	176,72	173
28 Días	TR	45.264	176,72	256
	M-1	36.689	176,72	208
	M-2	37.128	176,72	210
	M-3	37.596	176,72	213
	M-4	33.647	176,72	190

En las figuras 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 se muestran las comparaciones de resistencia a la compresión de cada una de las muestras con sustitución de cenizas con la mezcla tradicional.

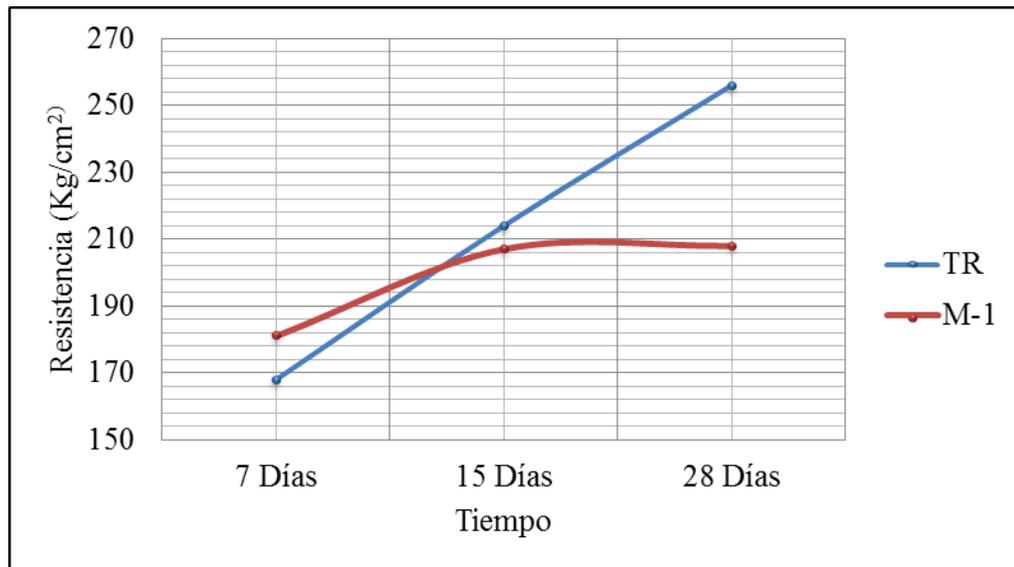


Figura 5.4 Resistencia de M-1 en comparación con la resistencia de TR.

El diseño de muestra M-1 a los 7 días obtuvo el 87% de su resistencia final, mientras el diseño tradicional llegó a el 66%, seguidamente este diseño a los 15 días aumentó en un 18% esta resistencia, superando la resistencia requerida final de 210Kg/cm² con un valor de 214Kg/cm², la muestra M-1 aumentó a los 15 días el 12% de su resistencia, a los 28 días ambos diseños llegaron a los valores finales de 256Kg/cm² y 208Kg/cm² para la muestra tradicional y M-1 respectivamente, observando que la muestra con 5% de inclusión de cenizas no obtuvo la resistencia que se requería en el ensayo.

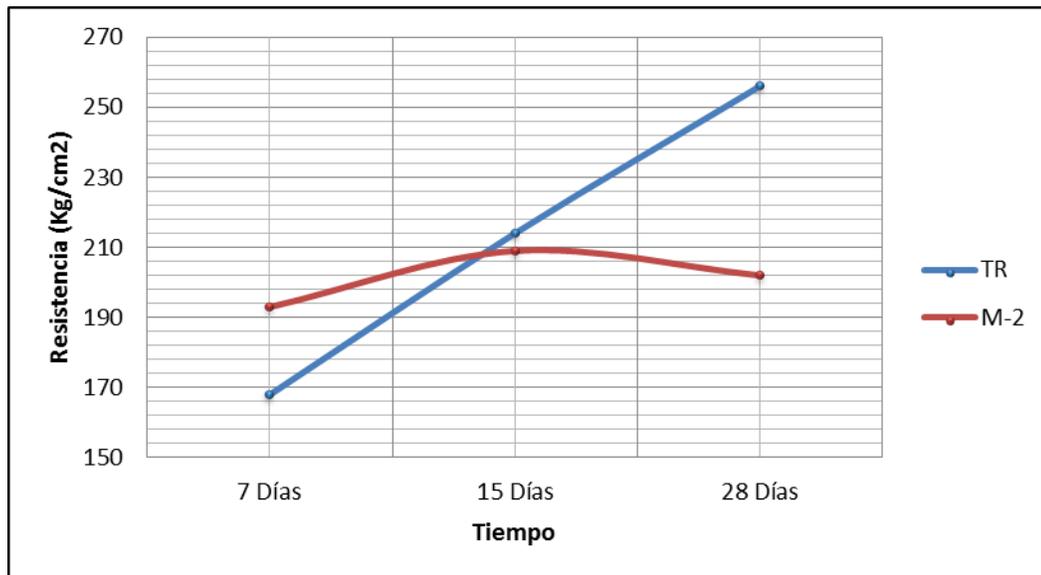


Figura 5.5 Resistencia de M-2 en comparación con la resistencia de TR.

El diseño de mezcla tradicional a los 7 días obtuvo una resistencia de 168Kg/cm^2 lo que representó un 66% de la totalidad de la misma, la muestra M-2 por su parte alcanzó el 92% de su resistencia, superando la resistencia de TR con un valor de 193Kg/cm^2 , a los 15 días las resistencias obtenidas por M-2 y TR fueron de 209Kg/cm^2 y 214Kg/cm^2 respectivamente, finalmente a los 28 días M-2 obtuvo la resistencia requerida en el ensayo con un valor de 210Kg/cm^2 , mientras TR superó en un 22% el valor final estipulado para el ensayo.

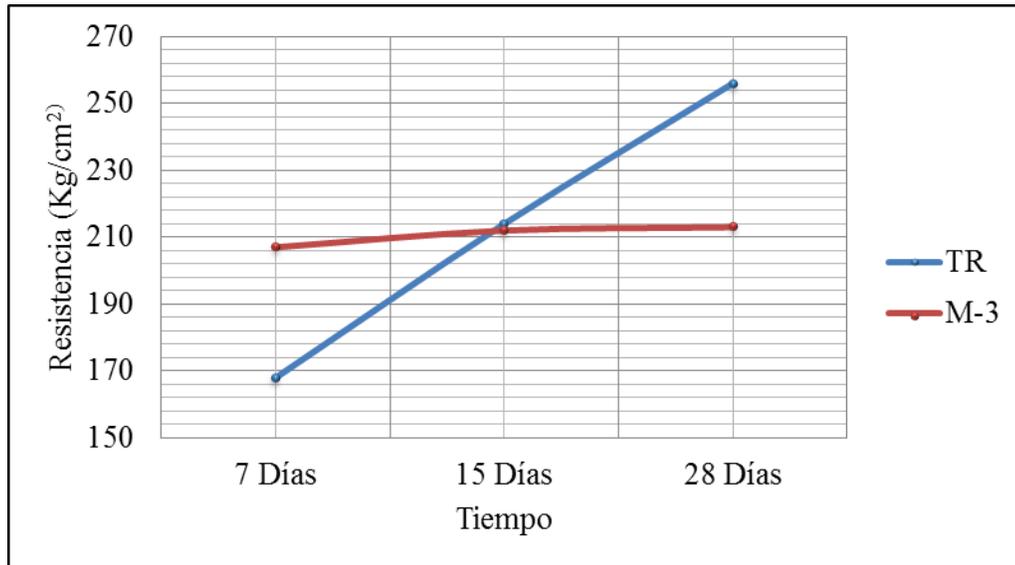


Figura 5.6 Resistencia de M-3 en comparación con la resistencia de TR.

La muestra M-3 obtuvo a los 7 días el 97% de su resistencia total, a los 15 días con un valor de 212Kg/cm^2 superó el valor establecido para el ensayo, siendo a los 28 días su resistencia final 213Kg/cm^2 , mientras el diseño de la mezcla tradicional aumentó progresivamente las resistencias obtenidas en los días de ensayo hasta llegar a la resistencia final de 256Kg/cm^2 , ambas mezclas superaron el valor de resistencia requerido en el ensayo.

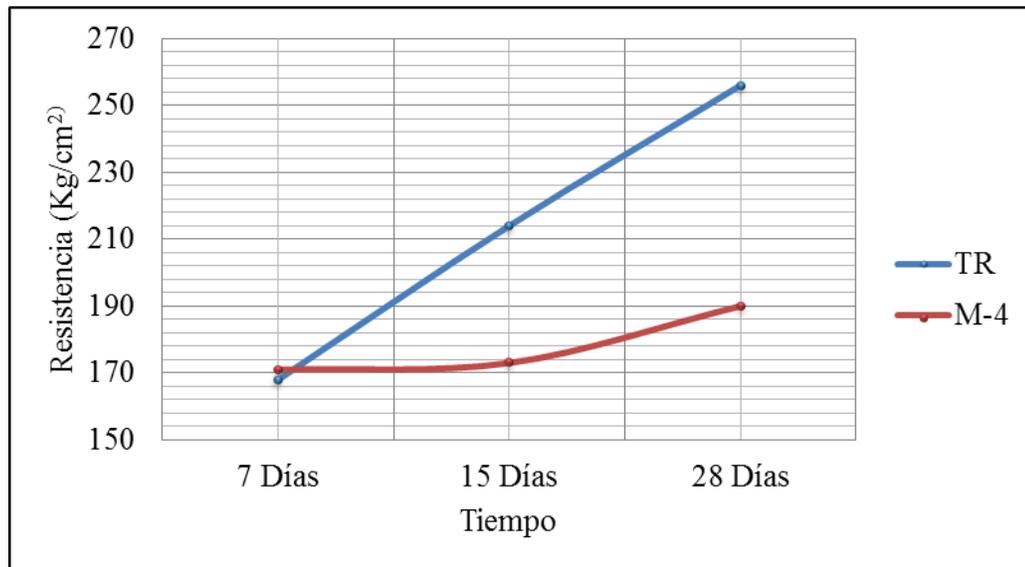


Figura 5.7 Resistencia de M-4 en comparación con la resistencia de TR.

En el día 7 el diseño M-4 obtuvo un valor que superó sólo en un 2% el obtenido por la mezcla tradicional, esta última en los días siguientes aumentó la resistencia hasta incluso superar la resistencia requerida en el ensayo, por su parte la mezcla M-4 adquirió una resistencia de 190Kg/cm^2 a los 28 días.

En estas gráficas se puede observar que las muestras con la inclusión de las cenizas fueron mayores en la primera prueba y en general aumentaron a medida que pasaron los días, sin embargo solo dos de las cuatro muestras con sustitución de las cenizas, específicamente M-2 y M-3 llegaron a la resistencia requerida que es de 210Kg/cm^2 , sin sobrepasar la resistencia de la muestra tradicional.

También es posible notar que a medida que se sustituyeron las cenizas las resistencias de la mezcla fueron aumentando hasta llegar al 15%, y luego hay una considerable disminución, la cual se atribuye al límite de sustitución de cenizas que puede resistir la mezcla de mortero, esta representación se puede observar en la figura

siguiente, en la cual se grafican las diferentes resistencias en las edades correspondientes de cada una de las mezclas realizadas.

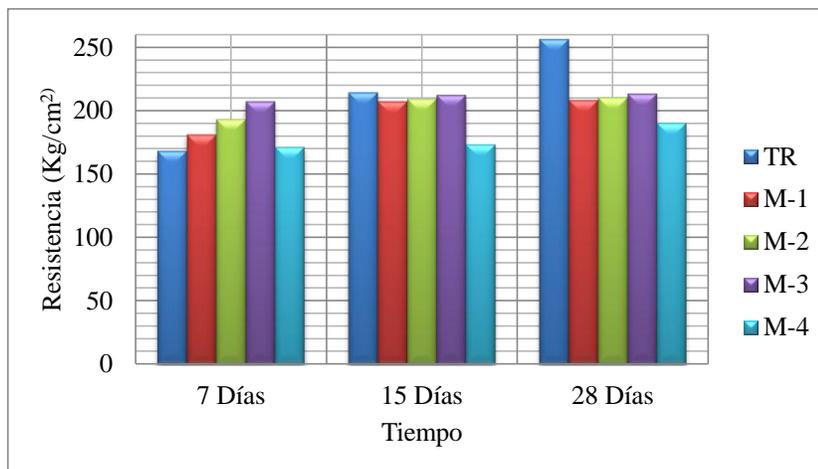


Figura 5.8 Resistencia de las muestras con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por cenizas en comparación con la resistencia de la muestra tradicional.

Los estudios han demostrado que la resistencia del concreto se reduce en función del aumento del aire incluido, es por ello que es necesario saber la cantidad de aire que el aditivo suministra a la mezcla, en la figura 5.9 se presenta un gráfico en el cual se observa la variación del contenido de aire a medida de que se aumenta la dosis de sustitución de cenizas en las mezclas correspondientes.

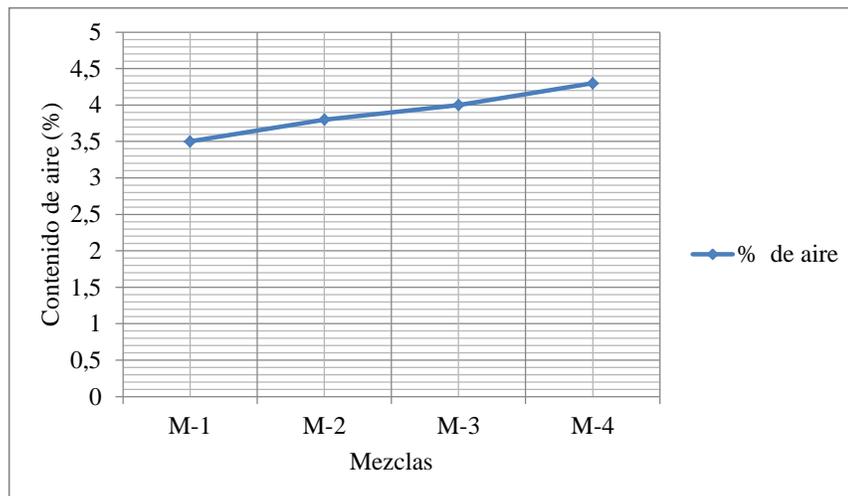


Figura 5.9 Contenido de aire en los diseños de mezclas de mortero ajustadas con diferentes porcentajes de inclusión de cenizas.

En esta gráfica se puede observar que a medida que se aumentó la inclusión de las cenizas se aumentó el contenido de aire y por lo tanto como se dijo anteriormente la resistencia del mortero disminuye de forma considerable, nuevamente el diseño de M-3 se puede observar dentro del rango de las características de la mezcla tradicional, lo cual aporta la trabajabilidad adecuada a la muestra.

5.5 Analizar la factibilidad técnico-económico de los morteros con cenizas

En la tabla 5.13 que se presenta a continuación se presentan los costos de 1m^3 de cada uno de los diseños de mezcla.

Tabla 5.13 Costos de 1m³ de cada diseño de mezcla (www.APVcostos.com, 2012).

Costos de 1m³ del diseño de mezcla TR				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Cemento portland gris	Saco	11,50	20,00	230,00
Arena lavada	m ³	0,61	280,00	170,80
Agua	m ³	0,24	2,80	0,67
			Total	401,47
Costos de 1m³ del diseño de mezcla M-1				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Cemento portland gris	Saco	11,00	20,00	220,00
Arena lavada	m ³	0,61	280,00	170,80
Cenizas	Kg	24,00	0,00	0,00
Agua	m ³	0,30	2,80	0,84
			Total	391,64
Costos de 1m³ del diseño de mezcla M-2				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Cemento portland gris	Saco	10,50	20,00	210,00
Arena lavada	m ³	0,61	280,00	170,80
Cenizas	Kg	48,00	0,00	0,00
Agua	m ³	0,30	2,80	0,84
			Total	381,64

Continuación tabla 5.13

Costos de 1m³ del diseño de mezcla M-3				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Cemento portland gris	Saco	10,00	20,00	200,00
Arena lavada	m ³	0,61	280,00	170,80
Cenizas	Kg	73,00	0,00	0,00
Agua	m ³	0,30	2,80	0,84
			Total	371,64
Costos de 1m³ del diseño de mezcla M-4				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Cemento portland gris	Saco	9,50	20,00	190,00
Arena lavada	m ³	0,61	280,00	170,80
Cenizas	Kg	97,00	0,00	0,00
Agua	m ³	0,30	2,80	0,84
			Total	361,64

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar que el aumento en el porcentaje de sustitución de aglomerante por cenizas disminuye los costos en las mezclas, por cada 10% de incorporación de cenizas en un metro cúbico de mortero, se logra reducir un saco de aglomerante, a continuación en las figuras 5.10 y 5.11 se visualiza detalladamente la disminución de costos.

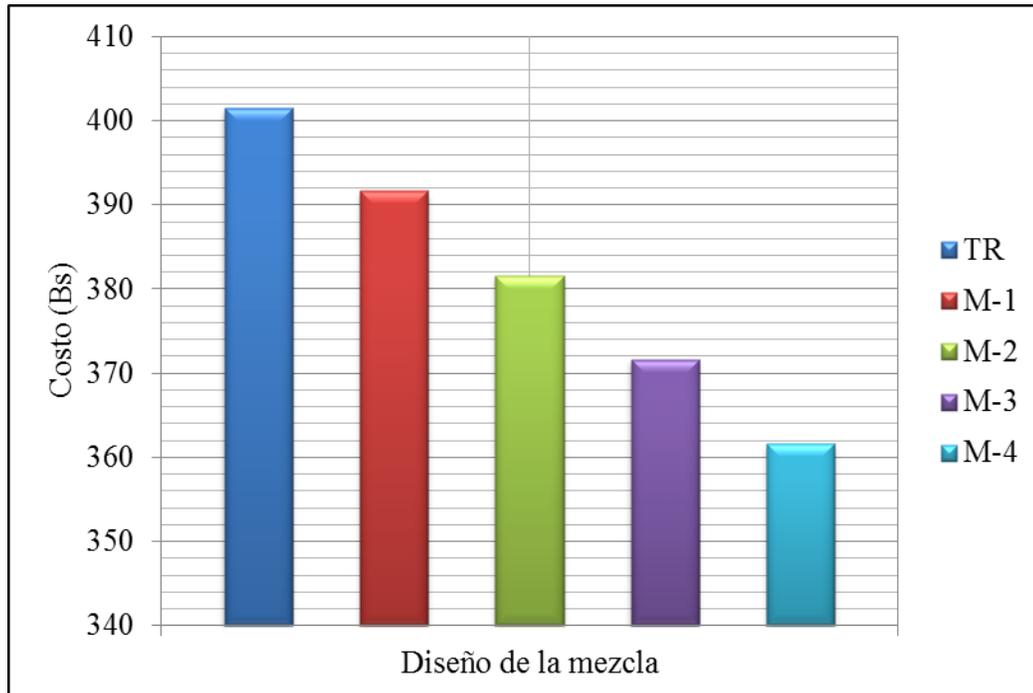


Figura 5.10 Costos de diseños de mortero para 1m3.

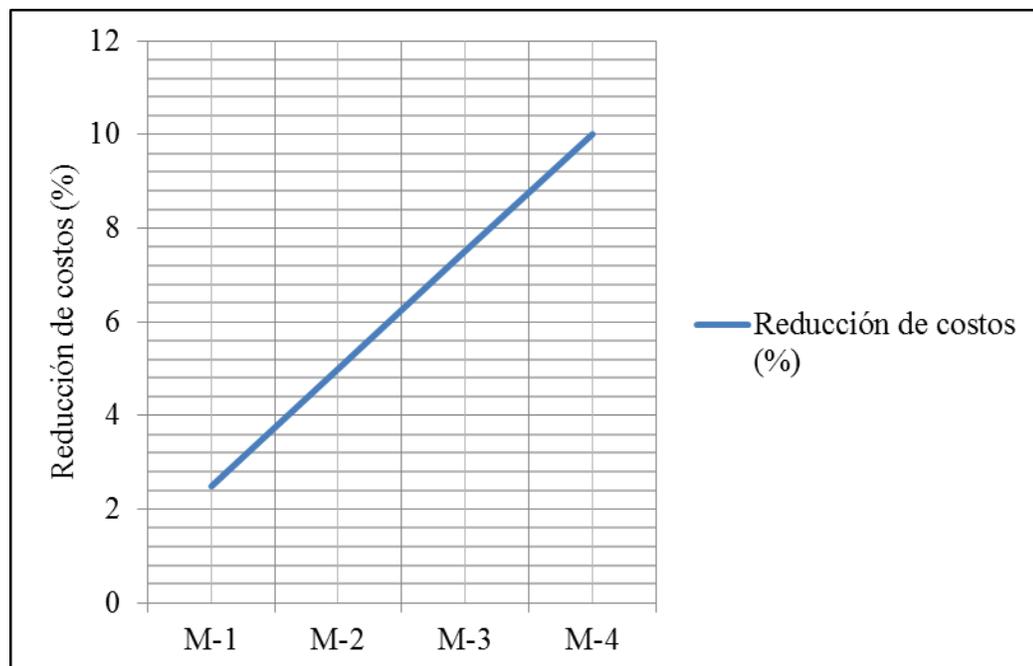


Figura 5.11 Reducción de costos en mortero con inclusión de cenizas con respecto a la muestra tradicional.

En las figuras anteriores se puede destacar que todas las mezclas representan una importante reducción de los costos, unas más favorables que otras, sin embargo en todas se observa una disminución económica. La figura 5.11 se graficó porcentualmente la diferencia entre los costos de cada una de las muestras y la mezcla tradicional, los costos son los que actualmente se encuentran en el mercado.

Evaluando los resultados de los ensayos en general se pudo encontrar un porcentaje de inclusión de cenizas que proporciona una mezcla con las características deseadas y asimismo esta disminuyó los costos con respecto a un mortero de tipo tradicional. Este diseño es M-3 con el cual se obtuvo una trabajabilidad, resistencia a la compresión y contenido de aire que cumplió con los parámetros establecidos en la ejecución de este trabajo, de igual forma, contribuye la baja de costos en este tipo de mezclas que actualmente se necesita en el mercado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Las cenizas utilizadas para la mezcla cumplen con los requisitos físicos y químicos (peso específico, granulometría y alcalinidad), los cuales son indispensables según los estudios hechos anteriormente para la obtención de la resistencia deseada en las probetas.

2. Los resultados arrojaron que las proporciones más acordes a los objetivos planteados se pudieron observar durante los ensayos de los diseños M-2 y M-3 siendo 1:3,3:0,1 y 1:3,5:0,2 como proporciones más aptas. Entre las cuales se identificó como la proporción ideal la mezcla M-3 dado a que cumplió y superó los valores, obteniendo una resistencia de 213 Kg/cm², trabajabilidad de 6'' y peso específico de 2144 Kg/cm³.

3. En el ensayo de trabajabilidad o asentamiento se estableció un valor inicial de 6'', en las mezclas se logró observar que con la adición parcial de cenizas volantes ocurrió una variación en la consistencia de la misma, logrando asentamientos entre 4½'' a 6¾'', para así concluir que a medida que se aumentó el porcentaje de inclusión de cenizas la fluidez de las mezclas se acrecentó.

4. La resistencia a la compresión obtenida en las probetas con las diferentes dosificaciones de cemento-cenizas fueron de 209Kg/cm² y 212Kg/cm² a los 15 días, una vez pasado el proceso de curado. Lo que quiere decir que las mezclas con proporciones de 10% y 15% de cenizas son las ideales debido a que según la norma COVENIN 484:93 la resistencia de un mortero tradicional debe ser de 210Kg/cm² a

los 28 días. De igual manera se observaron los resultados a los 28 días de 210Kg/cm^2 y 213Kg/cm^2 respectivamente.

5. Siendo la proporción ideal la del diseño M-3, es decir 1:3,5:0,2 se produjo una disminución considerable de 7,5% de los costos de elaboración del mortero, debido a que las cenizas acarrea una disminución en la cantidad de cemento que se le añade a las mezclas, siendo este el material más costoso en la fabricación de morteros.

Recomendaciones:

1. Es necesario que cada uno de los componentes de la mezcla cumplan con lo establecido por las normas venezolanas COVENIN, dado a que así se garantiza la calidad de la mezcla y por ende se obtienen resultados adecuados.

2. Cada uno de los materiales utilizados se deben almacenar en un lugar adecuado para asegurar que no existan cambios en las características de los mismos, de igual manera se necesita pesar cada uno de los materiales correctamente antes de la elaboración de cada una de las mezclas para que se pueda tener la dosificación correcta.

3. Los ensayos se deben de realizar siguiendo los pasos establecidos en las normas venezolanas COVENIN para que estos arrojen los resultados correctos.

4. Para la elaboración de morteros con cenizas es necesario mezclarlas de forma homogénea para que esta se pueda garantizar la distribución correcta de las mismas.

5. Se sugiere realizar más investigaciones de este tipo debido a que en las cenizas se ha encontrado un material con características de aglomerante las cuales

pueden ayudar a la realización de mezclas estructurales y no estructurales, influyendo de manera favorable en la disminución de los costos en la industria de la construcción.

REFERENCIAS

AYALA (2006). **CONCRETO MODIFICADO A BASE DE DESPERDICIO INDUSTRIALES.** Puebla, México (pp. 30-67).

Balestrine A., Mirian (2002). **CÓMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** BL Consultores Asociados Servicio Editorial, Caracas, Venezuela. 6ta Edición (pp. 137-138).

BARRIOS E.; Contreras W.; SOSA M.; OWEN M. (2007). **ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES EN EL CICLO DE VIDA DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA DE PINO CARIBE DEL SUR DE LOS ESTADOS ANZOÁTEGUI Y MONAGAS.** Editorial Revista Forestal Venezolana. Caracas, Venezuela (pp. 245-258).

BASTIDAS, Madeline, CARVAJAL, Enzo. (2006) **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS Y MORTEROS EN CIUDAD BOLIVAR, ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, trabajo de grado publicado (pp.224).

Comité Venezolano de Normas Industriales (1994). **CEMENTO PORTLAND. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE MORTERO.** (497:1994).

Comité Venezolano de Normas Industriales (1998). **AGREGADO FINO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y LA ABSORCIÓN.** (268:1998).

Comité Venezolano de Normas Industriales (2003). **CONCRETO. MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO CON EL CONO DE ABRAMS.** (339:2003).

Comité Venezolano de Normas Industriales (1998). **AGREGADOS. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS PARA MORTEROS Y CONCRETOS.** (270:1998).

Comité Venezolano de Normas Industriales (1998). **CONCRETO, MORTERO Y COMPONENTES. TERMINOLOGÍA.** (273:1998).

Comité Venezolano de Normas Industriales (2001). **MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES.** (221:2001).

Comité Venezolano de Normas Industriales (2000). **CONCRETO Y MORTERO. AGUA DE MEZCLADO. REQUISITOS** (2385:2000).

Comité Venezolano de Normas Industriales (1987). **CEMENTO PORTLAND. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS** (496:87).

Comité Venezolano de Normas Industriales (2004). **CEMENTO PORTLAND CON ADICIONES. REQUISITOS** (3134:04).

Comité Venezolano de Normas Industriales (1993). **CEMENTO PORTLAND. DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN PROBETAS CÚBICAS DE 50,8MM DE LADO** (484:93).

Enciclopedia **LAROUSSE** (2007). Londres núm. 247. Printer Colombia S.A (pp. 143-210).

Hernández S., Roberto; Fernández C., Carlos; Baptista L., Pilar (2003). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial McGraw Hill, México D.F., 3era Edición (p.302).

MALDONADO B. (1968). **TÉCNOLOGIA DEL CEMENTO**. Empresas Industriales. “El Melon”, Santiago de Chiles, Chile. (pp. 113).

Porrero J.; Ramos C.; Grases J.; Velasco G. (2004). **MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL**. Sidetur, Caracas, Venezuela. (pp.31-209).

Sabino, Carlos. (1992). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial México McGraw Hill, Interamericana – México. (pp.40).

Tamayo y Tamayo, M. (1997). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. 2^{DA} Edición. México – Limusa. (pp. 36).

Vassilev S.V., Vassileva C.G. (2007). **REACCIÓN DE LOS DIFERENTES MORTEROS ANTE LA PRESENCIA DE CENIZAS VOLANTES**. Panamá. (pp.viii).

APÉNDICES

APÉNDICE A

Ensayos Granulométricos Realizados al Agregado Fino

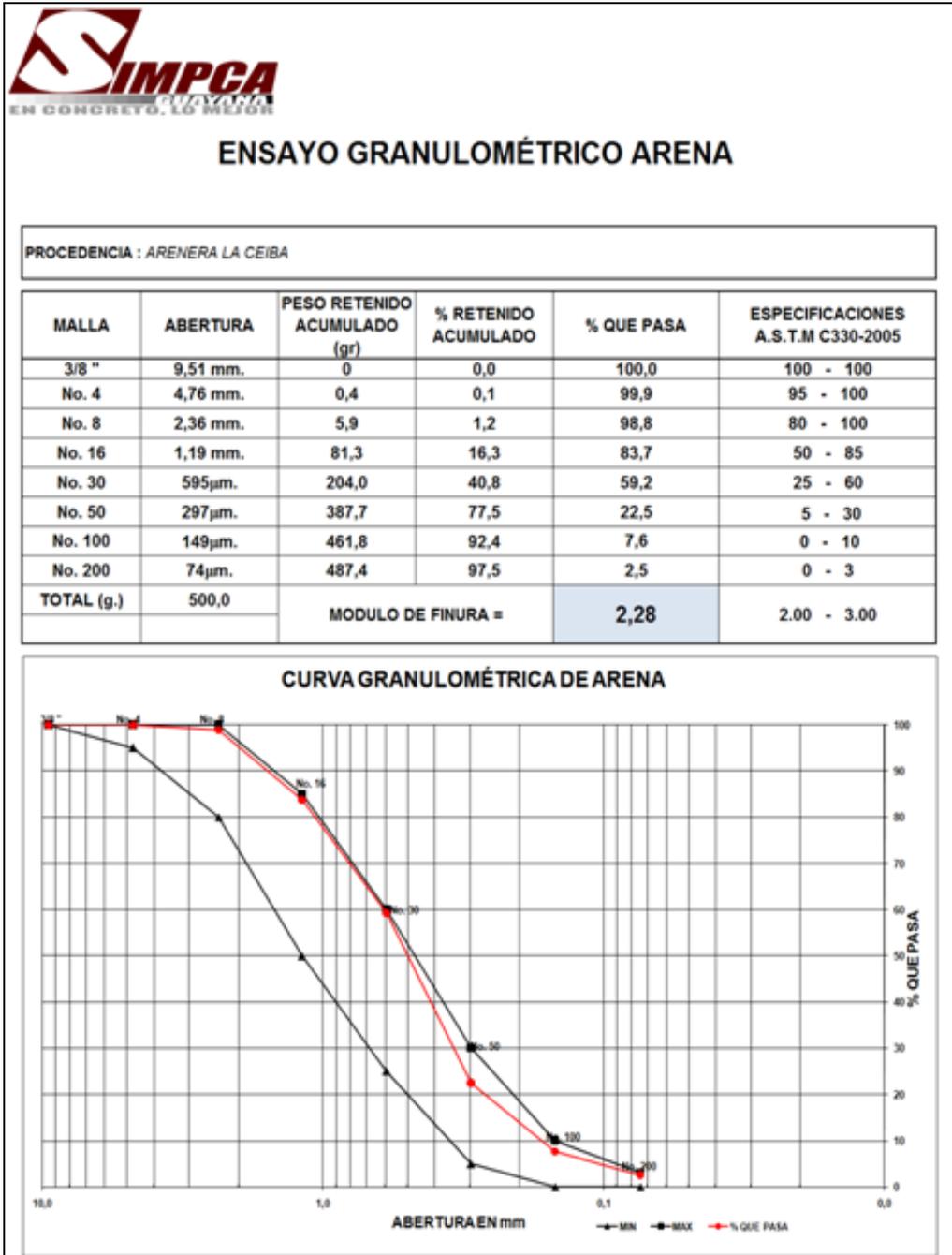


Figura A.1 Ensayo granulométrico de la arena lavada.

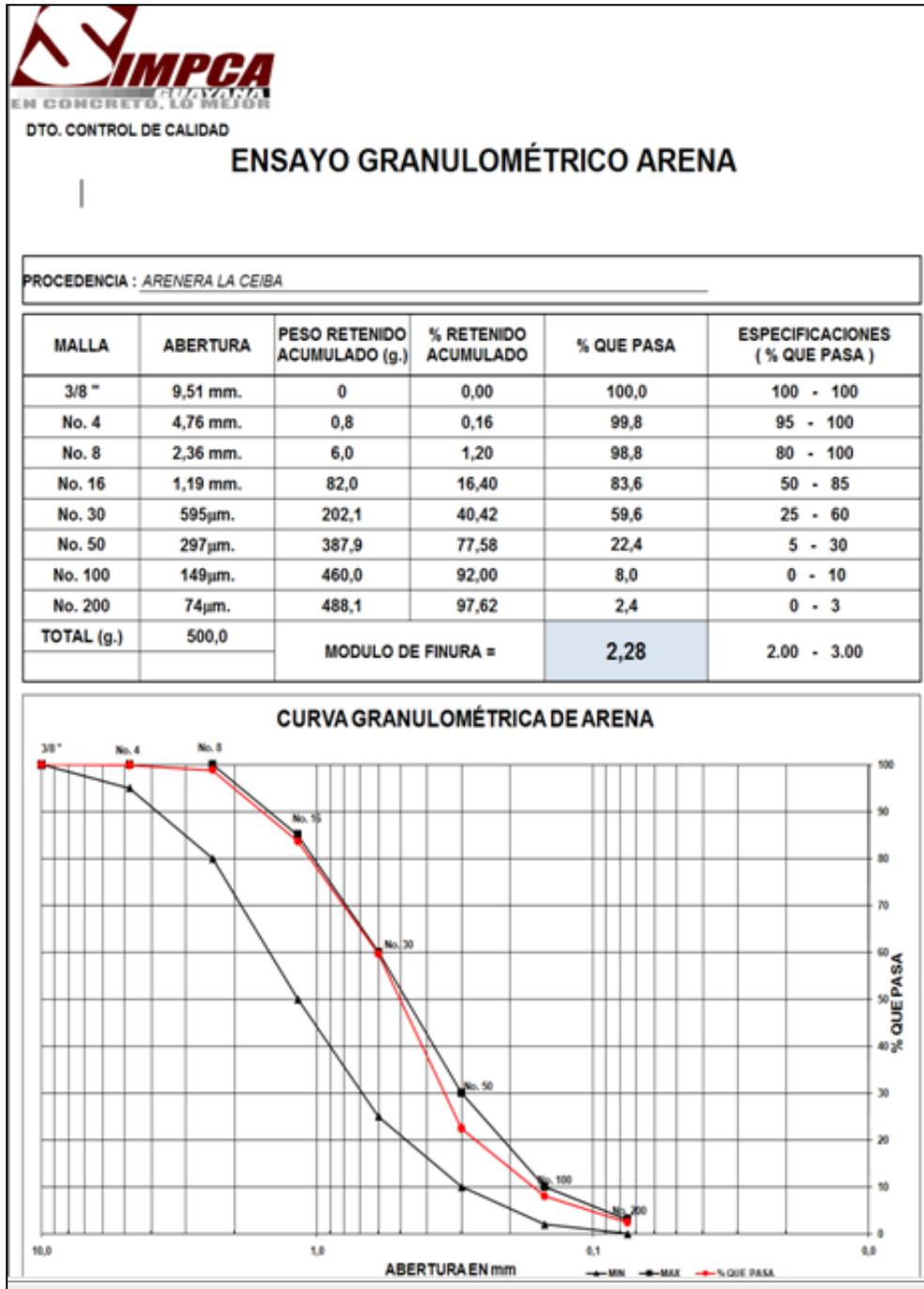


Figura A.2 Ensayo granulométrico de la arena lavada.

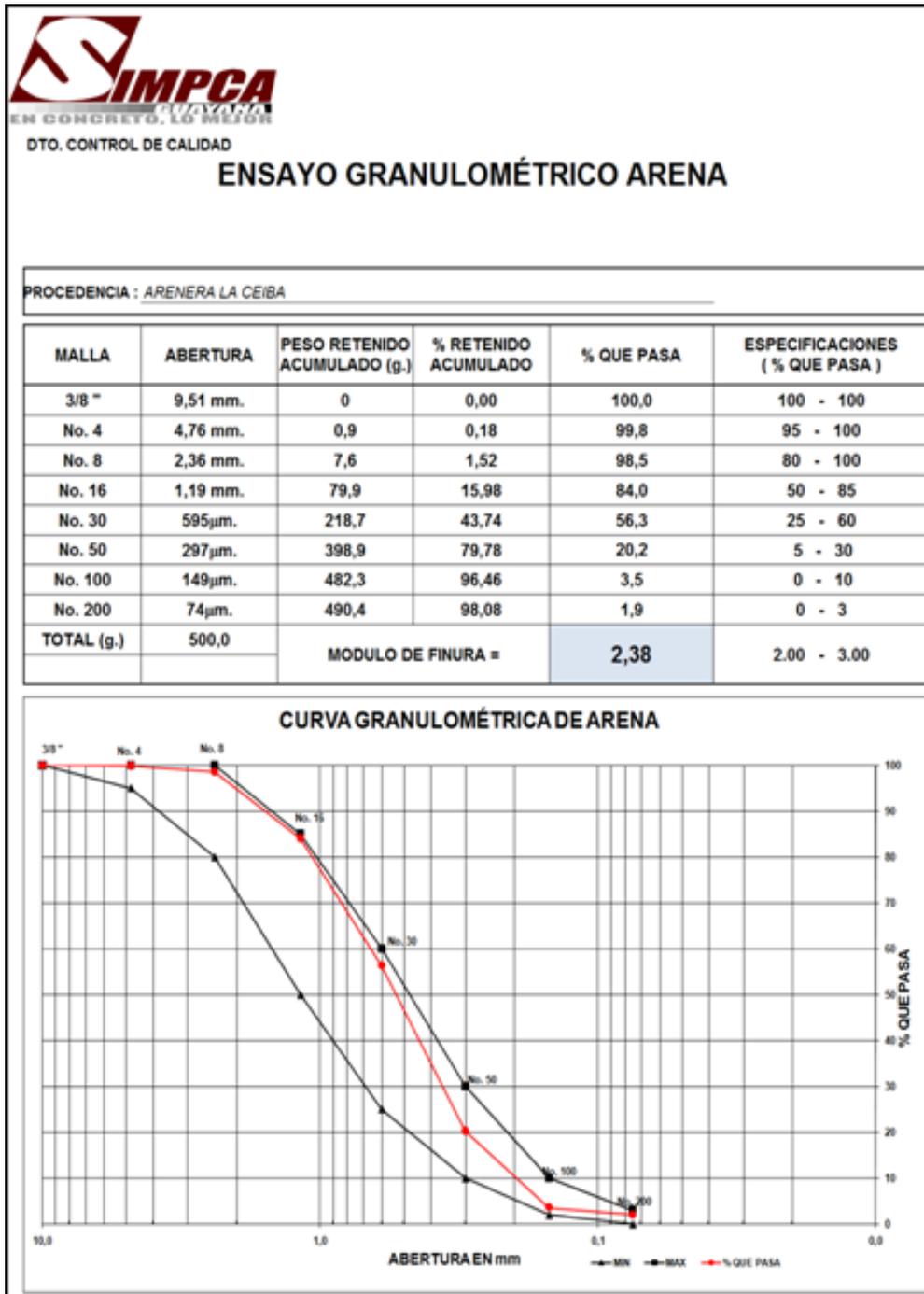


Figura A.3 Ensayo granulométrico de la arena lavada.

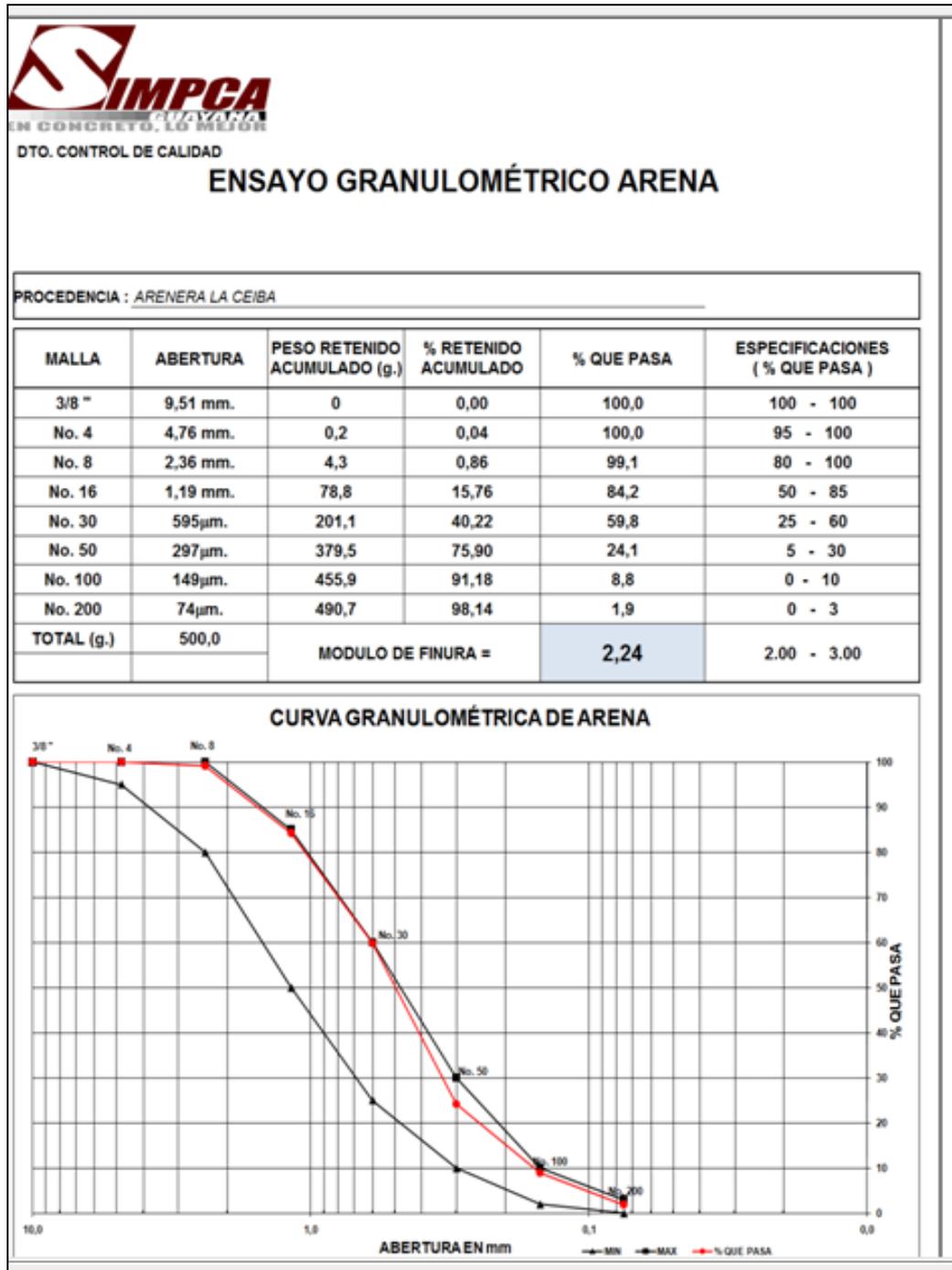


Figura A.4 Ensayo granulométrico de la arena lavada.

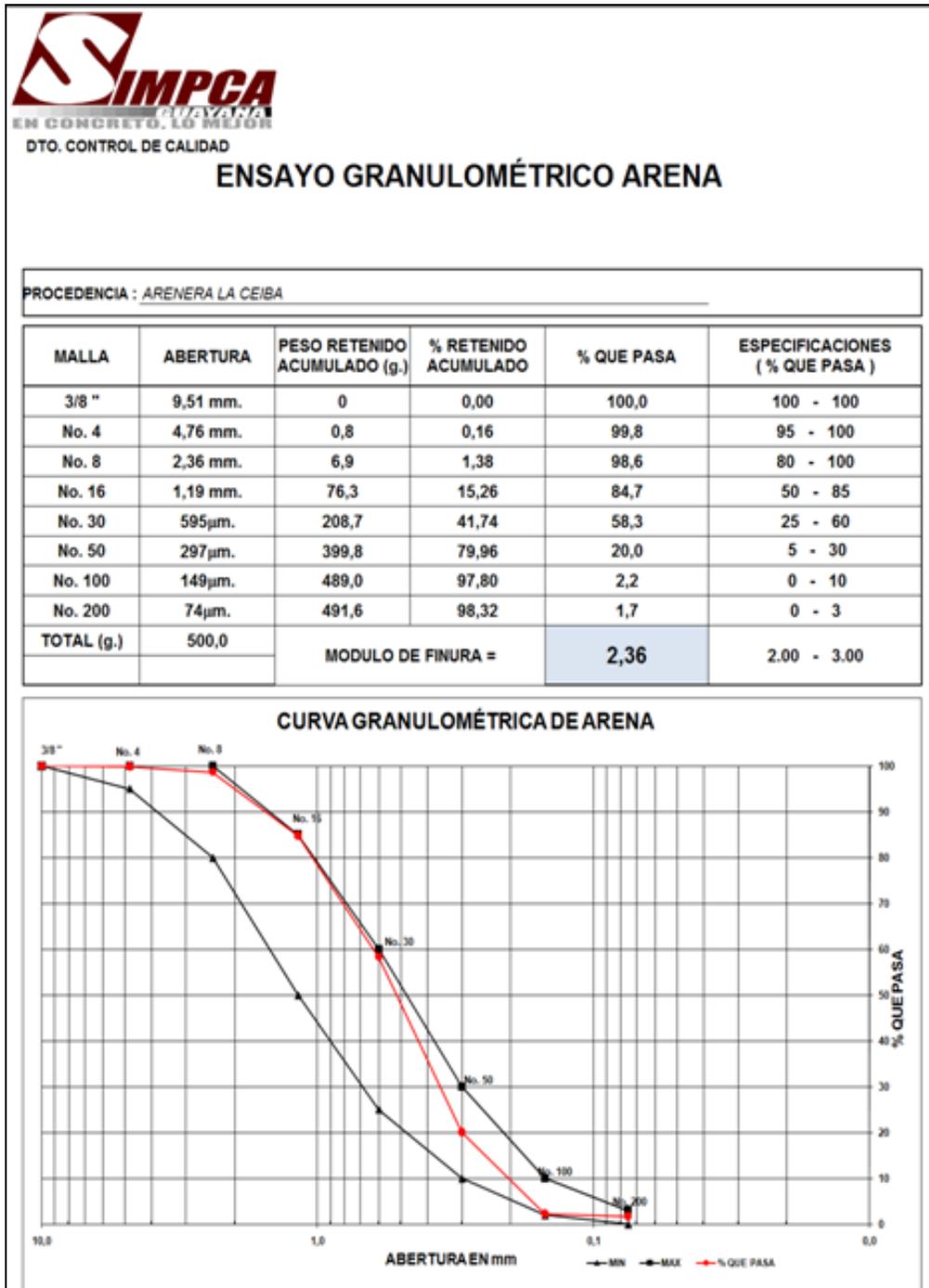


Figura A.5 Ensayo granulométrico de la arena lavada.

APÉNDICE B

Peso Específico y Absorción del Agregado Fino



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
COVENIN 268 - 1998

FECHA: 24/09/2012

SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD

MUESTRA: ARENA LAVADA

PROCEDENTE DE: ARENERA LA PEIGA

A) PESO ESPECIFICO SATURADO CON SUPERFICIE SECA:

PESO DE LA MUESTRA S.S.S: $W = \underline{500,0}$ g.

PESO DEL PICNOMETRO LLENO CON AGUA: $W_a = \underline{668,5}$ g.

PESO DEL PICNOMETRO CON LA MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACION: $W_p = \underline{980,8}$ g.

PESO ESPECIFICO S.S.S: $Y_s = \frac{W}{W_a + W - W_p}$

PESO ESPECIFICO S.S.S (Ys) = 2,66

B) ABSORCIÓN:

PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO: $W_1 = \underline{498}$ g.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $A = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$

ABSORCIÓN (A) = 0,40

Figura B.1 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

COVENIN 268 - 1998

FECHA: 01/10/2012
 SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD
 MUESTRA: ARENA LAVADA
 PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIGA

A) PESO ESPECIFICO SATURADO CON SUPERFICIE SECA:

PESO DE LA MUESTRA S.S.S: $W = \underline{500}$ g.

PESO DEL PICNOMETRO LLENO CON AGUA: $W_a = \underline{668.5}$ g.

PESO DEL PICNOMETRO CON LA MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACION: $W_p = \underline{980.4}$ g.

PESO ESPECIFICO S.S.S: $Y_s = \frac{W}{W_a + W - W_p}$

PESO ESPECIFICO S.S.S (Y_s) = 2.66

B) ABSORCIÓN:

PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO: $W_1 = \underline{497}$ g.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $A = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$

ABSORCIÓN (A) = 0.60%

Figura B.2 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
COVENIN 268 - 1998

FECHA: 08/10/2012

SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD

MUESTRA: ARENA LAVADA

PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIBA

A) PESO ESPECIFICO SATURADO CON SUPERFICIE SECA:

PESO DE LA MUESTRA S.S.S: $W = \underline{500} \text{ g.}$

PESO DEL PICNOMETRO LLENO CON AGUA: $W_a = \underline{668,5} \text{ g.}$

PESO DEL PICNOMETRO CON LA MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACION: $W_p = \underline{980} \text{ g.}$

PESO ESPECIFICO S.S.S: $Y_s = \frac{W}{W_a + W - W_p}$

PESO ESPECIFICO S.S.S (Y_s) = 2.65

B) ABSORCIÓN:

PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO: $W_1 = \underline{497} \text{ g.}$

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $A = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$

ABSORCIÓN (A) = 0.60%

Figura B.3 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

COVENIN 268 - 1998

FECHA: 15/10/2012
 SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD
 MUESTRA: ARENA LAVADA
 PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIBA

A) PESO ESPECIFICO SATURADO CON SUPERFICIE SECA:

PESO DE LA MUESTRA S.S.S: $W = \underline{500}$ g.

PESO DEL PICNOMETRO LLENO CON AGUA: $W_a = \underline{668,5}$ g.

PESO DEL PICNOMETRO CON LA MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACION: $W_p = \underline{980}$ g.

PESO ESPECIFICO S.S.S: $Y_s = \frac{W}{W_a + W - W_p}$

PESO ESPECIFICO S.S.S (Y_s) = 2,65

B) ABSORCIÓN:

PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO: $W_1 = \underline{497}$ g.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $A = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$

ABSORCIÓN (A) = 0,60%

Figura B.4 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

COVENIN 268 - 1998

FECHA: 22/10/2012
 SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD
 MUESTRA: ARENA LAVADA
 PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIBA

A) PESO ESPECIFICO SATURADO CON SUPERFICIE SECA:

PESO DE LA MUESTRA S.S.S: $W = \underline{500} \text{ g.}$

PESO DEL PICNOMETRO LLENO CON AGUA: $W_a = \underline{668,5} \text{ g.}$

PESO DEL PICNOMETRO CON LA MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACION: $W_p = \underline{980,2} \text{ g.}$

PESO ESPECIFICO S.S.S: $Y_s = \frac{W}{W_a + W - W_p}$

PESO ESPECIFICO S.S.S (Y_s) = 2,65

B) ABSORCIÓN:

PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO: $W_1 = \underline{497} \text{ g.}$

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $A = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$

ABSORCIÓN (A) = 0,60%

Figura B.5 Peso Específico y Absorción de la arena lavada.

APÉNDICE C

Peso Unitario de los Agregados



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO PESO UNITARIO AGREGADOS

COVENIN 263-2008

FECHA: 24/09/2012
 SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD
 MATERIAL: ARENA LAVADA
 PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIBA

PESO (kg)	SUELTO	COMPACTO
P. MUESTRA + TARA (kg).	13640	14370
PESO TARA (Kg).	2342	2342
PESO MUESTRA (Kg).	11298	12028
VOL. TARA (Lts.)	7202	7202
PESO UNITARIO (kg/m ³)	1,569	1,670

Figura C.1 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO PESO UNITARIO AGREGADOS
COVENIN 263-2008

FECHA: 08/10/2012
 SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD
 MATERIAL: ARENA LAVADA
 PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIBA

PESO (kg)	SUELTO	COMPACTO
P. MUESTRA + TARA (kg).	13850	14600
PESO TARA (Kg).	2340	2342
PESO MUESTRA (Kg).	11508	12258
VOL. TARA (Lts.)	7202	7202
PESO UNITARIO (kg/m ³)	1598	1702

Figura C.2 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO PESO UNITARIO AGREGADOS

COVENIN 263-2008

FECHA: 15/10/2012
 SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD
 MATERIAL: ARENA LAVADA
 PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIBA

PESO (kg)	SUELTO	COMPACTO
P. MUESTRA + TARA (kg).	13870	14680
PESO TARA (Kg).	2342	2342
PESO MUESTRA (Kg).	11528	12338
VOL. TARA (Lts.)	7202	7202
PESO UNITARIO (kg/m ³)	1601	1713

Figura C.3 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO PESO UNITARIO AGREGADOS
COVENIN 263-2008

FECHA: 22/10/2012
 SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD
 MATERIAL: ARENA LAVADA
 PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIBA

PESO (kg)	SUELTO	COMPACTO
P. MUESTRA + TARA (kg).	13710	14470
PESO TARA (Kg).	2342	2342
PESO MUESTRA (Kg).	11368	12128
VOL. TARA (Lts.)	7202	7202
PESO UNITARIO (kg/m ³)	1578	1684

Figura C.4 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.



DPTO. CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO PESO UNITARIO AGREGADOS

COVENIN 263-2008

FECHA: 01/10/2012
 SOLICITANTE: CONTROL DE CALIDAD
 MATERIAL: ARENA LAVADA
 PROCEDENTE DE: ARENERA LA CEIBA

PESO (kg)	SUELTO	COMPACTO
P. MUESTRA + TARA (kg).	13785	14555
PESO TARA (Kg).	2342	2342
PESO MUESTRA (Kg).	11443	12213
VOL. TARA (Lts.)	7202	7202
PESO UNITARIO (kg/m ³)	1589	1696

Figura C.5 Peso unitario suelto y compacto de la arena lavada.

APÉNDICE D
Humedad del Agregado Fino

Figura D.1 Humedad de la arena lavada.

 FECHA: 08/10/2012

DETERMINACIÓN HUMEDAD AGREGADOS
CCCA AG 19-75

AGREGADO		AF CEIBA	ARROCILLO	HORA: 8:00 a.m	
				PIEDRA 1"	OTRO
1	Tara+material humedo (g)	716,3			
2	Tara + material seco (g)	691			
3	Peso de la tara (g)	104,2			
4	Peso del material seco (2-3) (g)	586,8			
5	Peso del agua (1-2) (g)	25,3			
6	Humedad (%) (5/4 x 100)	4,3 %			
7	Absorción (%)				
8	Agua Libre (%)				

APÉNDICE E
Resultados de los ensayos

Tabla E.1 Resumen de resultados obtenidos en los ensayos de las mezclas

RESUMEN DE DISEÑOS						
Mezclas		TR	M-1	M-2	M-3	M-4
Materiales para preparar 1m ³ de mortero	Arena (Kg)	1452	1452	1452	1452	1452
	Cemento Portland Tipo III (Kg)	484	460	436	411	387
	Cenizas (Kg)	-	24	48	73	97
	Agua (lts)	242	302	302	302	302
Contenido de aire (%)		4,0	3,5	3,8	4,0	4,5
Asentamiento (Pulg)		6"	4 ½ "	5 ¾ "	6"	6 ¾ "
Relación a/c		0,500	0,657	0,694	0,735	0,781
Peso Unitario (Kg/m ³)		2073	2045	2073	2144	2186
Costo Bs/m ³		402	392	382	372	362
Reducción de costos (Bs/m ³)		-	10	20	30	40
Reducción de costos (%)		-	2,5	5,0	7,5	10
Resistencia requerida (Kg/cm ²)		210	210	210	210	210
Peso del molde + mortero (grs)		17000	16800	17000	17500	17800
Peso del molde (grs)		2340	2340	2340	2340	2340
Volumen del molde (cm ³)		7071	7071	7071	7071	7071
Peso del mortero (grs)		14660	14460	14660	15160	15460
Resistencia a los 7 días (Kg/cm ²)		168	181	193	207	171
Resistencia a los 15 días (Kg/cm ²)		214	207	209	212	173
Resistencia a los 28 días (Kg/cm ²)		256	208	210	213	190

ANEXOS

ANEXO N° 1

NORMAS VENEZOLANAS COVENIN 497:1994; 268:1998; 339:2003;
270:1998; 273:1998; 221:2001; 2385:2000; 496:1987; 3134:04;
494:1993

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
497:1994**

**CEMENTO PORTLAND.
DETERMINACION DE LA
RESISTENCIA A LA TRACCION
POR FLEXION DE MORTEROS.**

(3^{era} REVISION)



**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
268:1998**

**AGREGADO FINO.
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD
Y LA ABSORCIÓN**

(1^{ra} Revisión)



**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
339:2003**

**CONCRETO. MÉTODO PARA LA
MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO
CON EL CONO DE ABRAMS**

(2^{da} Revisión)



© FONDONORMA 2003
RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
270:1998**

**AGREGADOS. EXTRACCIÓN DE
MUESTRAS PARA MORTEROS
Y CONCRETOS**

(1^{ra} Revisión)



**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
273:1998**

**CONCRETO, MORTERO
Y COMPONENTES.
TERMINOLOGÍA**

(1^{ra} Revisión)



**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
221:2001**

**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.
TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES**

(1ª Revisión)



**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
2385:2000**

**CONCRETO Y MORTERO.
AGUA DE MEZCLADO.
REQUISITOS**

(1ª Revisión)



**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
496-87**

**CEMENTO PORTLAND.
DETERMINACION DEL
CONTENIDO DE AIRE EN
MORTEROS.**

(2^{da} REVISION).



I.C.S.

NORMA VENEZOLANA
CEMENTO PORTLAND CON ADICIONES
REQUISITOS

PROYECTO
COVENIN
3134(R)

1 OBJETO

1.1 Esta norma Venezolana establece los requisitos mínimos a ser cumplidos por los cementos Portland con adiciones, para ser usados en la producción de concretos y morteros para usos específicos.

1.2 Dadas las características particulares de estos cementos, con relación al grado de finura, la resistencia a la compresión y el calor de hidratación, es necesario determinar el producto específico para cada aplicación.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente.

2.1 Normas Venezolanas COVENIN

- COVENIN 109:1990 Cementos hidráulicos. Métodos de ensayo para análisis químicos.
- COVENIN 483:1992 Cemento y sus constituyentes. Definiciones.
- COVENIN 484:1993 Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros, en probetas de 50,8 mm de lado.
- COVENIN 487:1993 Cemento Portland. Método de ensayo para determinar la finura por medio del aparato Blaine de permeabilidad.
- COVENIN 490:1994 Cementos hidráulicos. Métodos para muestreos y cantidades de pruebas. Registro de calidad
- COVENIN 491:1994 Cemento Portland. Determinación de la expansión en autoclave.
- COVENIN 492:1994 Cemento Portland. Determinación de la densidad real.
- COVENIN 493:1992 Cemento Portland. Determinación del tiempo de fraguado por la aguja de Vicat.
- COVENIN 494:1994 Cemento Portland. Determinación de la consistencia normal.
- COVENIN 495:1992 Cemento Portland. Determinación del calor de hidratación
- COVENIN 936:1976 Cementos. Especificaciones para cemento Portland escoria
- COVENIN 2503:1990 Arena normalizada para ensayo de cemento. Requisitos
- COVENIN 3133-1:2001 Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Esquemas de muestreo indexados por nivel de calidad de aceptación (NCA) para inspección lote por lote.
- COVENIN 3135:1994 Puzolanas. Determinación del índice de actividad puzolánica.
- COVENIN ISO 9001:2000 Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos

3 DEFINICIONES

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
484-93**

**CEMENTO PORTLAND.
DETERMINACION DE LA
RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE MORTEROS EN PROBETAS
CUBICAS DE 50,8 mm DE LADO**

3^{ra} Revisión



ANEXO N° 2

ILUSTRACIONES DE LOS ENSAYOS REALIZADOS



Figura 1. Se agregaron la arena y el cemento en su totalidad.



Figura 2. Mezcla con la mitad de cantidad de agua.



Figura 3. Mezcla hasta obtener una composición uniforme.



Figura 4. Mezcla de cenizas y arena.



Figura 5. Añadimos el cemento en su totalidad y mezclamos para obtener una buena distribución de los componentes.



Figura 6. Agregamos el agua y batimos bien la mezcla para garantizar su homogeneidad.



Figura 7. Se extrajeron las probetas de la piscina, para que se secan antes de hacerle la prueba de resistencia.



Figura 8. Secado de probetas, para que el curado sea completo.



Figura 9. Colocación de probetas en prensa hidráulica.



Figura 10. Incineración de materia orgánica, para obtención de cenizas.



Figura 11. Cantidad de 200 gramos de cenizas para mezcla.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA, DEL USO DE CENIZAS DE MATERIAL ORGÁNICO COMO ALTERNATIVA PARA LA PREPARACIÓN DE MORTEROS ALIGERADOS PARA REVESTIMIENTO
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Escobar León, Luisana S.G	CVLACCVLAC	V-20.556.843
	e-mail	lisiescobar92@hotmail.com
	e-mail	lisiescobar92@gmail.com
Ramos Acibe, Ana Teresa	CVLACCVLAC	V-20.555.060
	e-mail	ana.teresa1@live.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Cenizas
Material Orgánico
Morteros Aligerados para Revestimiento
Cemento
Factibilidad técnica y económica
Reducción de costos
Construcción

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería Civil	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

El cemento es el principal elemento que compone el mortero como material constructivo, el cual hace que su elaboración sea muy costosa debido al mercado tan reducido donde este se encuentra, por ello actualmente se buscan alternativas que puedan sustituirlo parcial y hasta totalmente, como por ejemplo las perlas de poliestireno expandido, usadas en construcción. Indagando materiales alternativos que disminuyan costos, cuiden el ambiente, y den al mortero sus características básicas. Por dicha razón en este trabajo de grado se realizó un estudio cuyo objetivo general fue “Estudiar la factibilidad técnica y económica, del uso de cenizas de material orgánico como alternativa para la preparación de morteros aligerados para revestimiento”, con disminución en costos y un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La investigación es de tipo descriptiva, basado en un diseño de campo. Las técnicas utilizadas para la recolección de datos durante el estudio fueron: observación directa e indirecta, revisión documental y consultas tanto académicas como profesionales. La investigación consistió en realizar ensayos a muestras de mortero con disminución en el contenido de cemento, cumpliendo tradicionalmente con la Norma COVENIN 497:1995, para poder realizar las comparaciones. Se hicieron un total de cinco muestras, incluyendo la mezcla patrón y añadiendo progresivamente cinco, diez, quince y veinte por ciento de cenizas volantes. Los resultados de dicha investigación permiten afirmar que con un quince por ciento de cenizas volantes se crea una mezcla absoluta, con una disminución de costos y resistencias que se amoldan a la norma. Además de un fraguado más rápido y un contenido de aire ideal ofreciendo mejor manejabilidad para morteros de revestimiento.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Martínez, Jesús	ROL	C <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 18.236.171
	e-mail	jesus.martíneznoriega@gmail.com
	e-mail	
Grieco, Giovanni	ROL	C <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 8.868.256
	e-mail	griecogiov@yahoo.com
	e-mail	
Romero, Ana	ROL	C <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 17.045.333
	e-mail	anateresaromerol@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2013	02	26
------	----	----

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
TRABAJO DE GRADO ESCOBAR Y RAMOS.doc

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K
L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Pregrado

Área de Departamento de Ingeniería Civil

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

RECIBIDO POR Martínez
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."



AUTOR



AUTOR



TUTOR