



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

## **EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO AGREGADO ORGÁNICO EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA**

**Giancarlo Chur Pérez**

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, octubre de 2010

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO  
AGREGADO ORGÁNICO EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**GIANCARLO CHUR PÉREZ**

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2010

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Agr. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO  
AGREGADO ORGÁNICO EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
el 27 de noviembre de 2008.



**Giancarlo Chur Pérez**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 21561

Guatemala, 05 de Octubre de 2 010

Ingeniero José Gabriel Ordoñez Morales  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Área de Materiales y Construcciones Civiles  
Coordinador


Ingeniero Ordoñez

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación "EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO AGREGADO ORGANICO EN MORTEROS DE MAMPOSTERIA" elaborado con el estudiante universitario Giancarlo Chur Perez, quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Chur Perez satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

*"Id y enseñad a todos"*

  
Inga. Civil Dilma Yanet Mejicanos Jol

Col. 5947

ASESORA

*Dilma Y. Mejicanos Jol*  
Ingeniera Civil  
Col. 5947



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
6 de octubre de 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos  
Guatemala


Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO AGREGADO ORGÁNICO EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Giancarlo Chur Pérez, quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Chur Pérez, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
José Gabriel Ortiz Morales  
Coordinador del Área de Materiales y  
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA  
AREA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIONES CIVILES  
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. José Gabriel Ordóñez Morales, al trabajo de graduación del estudiante Giancarlo Chur Pérez, titulado EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO AGREGADO ORGÁNICO EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2010

/bbdeb.

Más de 130 <sup>Años</sup> de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.346-2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO AGREGADO ORGÁNICO EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA**, presentado por el estudiante universitario **Giancarlo Chur Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olympo Paiz Recinos', written over a faint circular stamp.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2010

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS**

Por ser nuestro creador, amparo y fortaleza, cuando más lo necesitamos, y por hacer palpable su amor a través de cada uno de los que me rodea.

**MIS PADRES**

Rubén y Elizabeth que con sus canas y arrugas ya marcadas con el transcurrir del tiempo, habiéndome enseñado lo mejor, hoy este triunfo es para ellos.

**MI ESPOSA**

Heidy por tener su apoyo día tras día, dibujando en mi vida alegres momentos llenos de amor, comprensión y confianza.

**MIS HERMANOS**

Omar, Claudia, Alexander, Daniel, Sofía, Yoseline y Pablo por estar siempre brindándome su apoyo y amor.

**MIS AMIGAS**

Flor de María, Paola, Griselda, y Anabella, por demostrar el verdadero valor de la amistad, dándome su más sincero amor en todo momento.

**MIS COMPAÑEROS**

De la universidad, camaradas de innumerables noches de desvelo compartiendo éxitos y experiencias en el camino de la vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

DIOS

Por darme la vida, por estos años vividos, por la experiencia adquirida, la sabiduría que me ha dado, el amor de los míos, los sueños que me ha brindado, porque nada es lo último ni lo primero, todo está en el mismo grado, son las huellas del pasado, quiero seguir recorriendo el mundo, por todo cuanto me ha dado y por permitirme escribir estas líneas.

MI MADRE

Por sus consejos, enseñanzas, confianza, paciencia y todo su amor, sabiendo que no la defraudé.

MI PADRE

Por trazar el camino en mi vida profesional, estando en todo momento de mi diario vivir.

MI ESPOSA

Por apoyarme, venciendo juntos los obstáculos de la vida y por ser el cimiento de la mejor construcción edificada.

OMAR, CLAUDIA,  
ALEXANDER Y DANIEL

Por apoyarme incondicionalmente, estando en todo momento, siendo pilares importantes de muchos de mis triunfos, fortaleciendo día a día nuestros lazos.

LOS INGENIEROS  
GUILLERMO MELINI Y  
GABRIEL ORDOÑEZ

Por sus conocimientos brindados dentro y fuera de las aulas, demostrando ser grandes profesionales y amigos.

INGENIERA ANABELLA  
CORDOBA

Por ser una gran profesional y amiga, dejando claro que para un amigo siempre hay tiempo.

INGENIERA DILMA  
MEJICANOS

Por su asesoría, consejos y amistad.

XAVIER BARRENO

Por su apoyo y colaboración personal y profesional.

LICENCIADO EDGAR  
ARRIOLA

Por su apoyo incondicional, amistad sincera y por sobre todas las cosas demostrándome que siempre se está para un amigo.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	XV
<b>GLOSARIO</b> .....	XVII
<b>RESUMEN</b> .....	XXI
<b>OBJETIVOS</b> .....	XXIII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XXV
<b>1. Residuos agrícola</b> .....	1
1.1. Definición.....	1
1.2. Tipos.....	1
1.2.1. Industrias arroceras.....	2
1.2.2. Industrias cerveceras.....	2
1.2.3. Frutos secos.....	2
1.2.4. Harineras.....	2
1.2.5. Industria del café.....	2
1.2.6. Oleícola.....	3
1.2.7. Industria textil.....	3
1.2.8. Transformación de hortalizas.....	3
1.3. Características.....	4

1.4.	Composición.....	5
1.5.	Usos.....	6
1.5.1.	Residuos de cereales.....	6
1.5.2.	Residuos de vegetales verdes.....	7
1.5.3.	Residuos de poda.....	7
<b>2.</b>	<b>Cáscara de arroz.....</b>	<b>9</b>
2.1.	Definición.....	9
2.2.	Generalidades.....	9
2.3.	Composición.....	10
2.4.	Principales características.....	11
2.5.	Usos.....	12
2.5.1.	Combustible.....	13
2.5.2.	Abono.....	13
2.5.3.	Adición mineral en mezclas de concreto y morteros.....	13
2.5.4.	Agregado orgánico en mezclas de concretos y morteros.....	14
<b>3.</b>	<b>Morteros de mampostería.....</b>	<b>15</b>
3.1.	Definición.....	15
3.2.	Características.....	15

3.2.1. Estado fresco.....	16
3.2.1.1. Plasticidad.....	16
3.2.1.2. Retención de agua.....	17
3.2.1.3. Velocidad de endurecimiento.....	18
3.2.1.4. Contenido de aire.....	19
3.2.2. Estado endurecido.....	20
3.2.2.1. Resistencia a compresión.....	20
3.2.2.2. Adherencia.....	20
3.2.2.3. Aislamiento térmico.....	21
3.2.2.4. Aislamiento acústico.....	23
3.2.2.5. Retracción.....	24
3.2.2.6. Durabilidad.....	25
3.2.2.7. Permeabilidad.....	26
3.2.2.8. Eflorescencia.....	27
3.2.2.9. Apariencia.....	27
3.3. Morteros de acabados.....	28
3.3.1. Características.....	28
3.3.1.1. Según su medio de endurecimiento.....	28
3.3.1.2. Según su origen.....	28
3.3.1.3. Según sus materiales.....	28

3.3.1.3.1. Morteros calcáreos.....	28
3.3.1.3.2. Morteros de cemento	
Portland y cal .....	29
3.3.1.3.3. Morteros de cemento .....	29
3.3.1.4. Según norma ASTM C270.....	30
3.3.2. Usos.....	33
3.3.2.1. Mortero de levantado.....	33
3.3.2.2. Mortero de acabado.....	34
3.3.3. Composición.....	34
3.3.3.1. Materiales cementosos.....	35
3.3.3.1.1. Cemento Portland (se combina	
con otros cementos hidráulicos	
y cal).....	35
3.3.3.1.2. Cemento de mampostería.....	35
3.3.3.1.3. Cemento para mortero.....	36
3.3.3.2. Agregado fino.....	36
3.3.3.3. Agua.....	37
3.3.3.4. Aditivos.....	37
<b>4. Desarrollo experimental.....</b>	<b>39</b>
4.1. Definición de muestra de estudio.....	39

4.1.1. Agregado fino.....	39
4.1.2. Cemento tipo UGC.....	40
4.1.3. Cal hidratada.....	41
4.1.4. Cáscara de arroz.....	41
4.1.4.1. Muestreo.....	41
4.1.4.2. Preparación y manejo.....	41
4.1.4.3. Dosificación.....	42
4.1.5. Morteros para acabados.....	43
4.1.5.1. Proporción.....	43
4.1.5.2. Trabajabilidad.....	43
4.2. Caracterización de materiales.....	44
4.2.1. Agregado fino (ASTM C-144).....	44
4.2.2. Cemento (ASTM C-150).....	45
4.2.3. Cal (ASTM C-110).....	45
4.2.4. Cáscara de arroz.....	45
4.2.4.1. Física.....	46
4.2.4.2. Química.....	48
4.3. Elaboración y evaluación de morteros (ASTM C-270).....	48
4.3.1. Estado fresco.....	49



4.3.1.1. Trabajabilidad.....	49
4.3.1.2. Masa unitaria.....	50
4.3.1.3. Retención de agua.....	51
4.3.2. Estado endurecido.....	52
4.3.2.1. Resistencia a compresión (3, 7 y 28 días).....	52
4.3.2.2. Resistencia a tensión (3, 7 y 28 días).....	55
4.3.2.3. Adherencia.....	58
4.3.2.4. Aislamiento térmico.....	60
4.3.2.5. Permeabilidad.....	63
<b>5. Análisis de resultados.....</b>	<b>65</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>79</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### Figuras

1.	Crecimiento proyectado para los principales cultivos alimenticios, de 1993 a 2020.....	3
2.	Cosecha de cereales.....	8
3.	Cáscara de arroz.....	10
4.	Equipo de ensayo de consistencia.....	17
5.	Equipo ensayo retención de agua morteros.....	18
6.	Equipo ensayo velocidad de endurecimiento, resistencia a la penetración.....	19
7.	Ensayo a compresión.....	20
8.	Construcción de mampostería sin recubrimiento en los muros.....	26
9.	Elaboración de mortero de mampostería.....	27
10.	Gráfica granulométrica agregado fino.....	40
11.	Resultado granulometría AR.....	45

12.	Peso unitario compactado, agregado fino.....	46
13.	Peso unitario suelto, agregado fino.....	47
14.	Densidad, agregado fino.....	47
15.	Ensayo de consistencia.....	49
16.	Resultado masa unitaria morteros.....	50
17.	Ensayo de retención de agua.....	51
18.	Ilustración de ensayo a compresión.....	54
19.	Ilustración de ensayo a compresión.....	54
20.	Ilustración de ensayo a compresión.....	54
21.	Ilustración de ensayo a compresión.....	54
22.	Ilustración de ensayo a tensión.....	57
23.	Ilustración de ensayo a tensión.....	57
24.	Ilustración de ensayo a tensión.....	57
25.	Ilustración de ensayo a tensión.....	57
26.	Ilustración de adherencia block simple.....	58

27.	Ilustración de adherencia, aplicación de mezcla .....	58
28.	Ilustración de adherencia, mezcla A aplicada.....	59
29.	Ilustración de adherencia, mezcla B aplicada.....	59
30.	Ilustración de ensayo de adherencia.....	59
31.	Ilustración de adherencia, resultado del ensayo.....	59
32.	Aislamiento térmico mezcla A.....	60
33.	Aislamiento térmico mezcla B.....	61
34.	Ilustración de aislamiento térmico.....	62
35.	Ilustración de aislamiento térmico.....	62
36.	Gráfica permeabilidad mezcla A.....	63
37.	Ilustración permeabilidad mezcla A.....	63
38.	Ilustración permeabilidad mezcla A.....	63
39.	Gráfica permeabilidad mezcla B.....	64
40.	Ilustración permeabilidad mezcla B.....	64
41.	Ilustración permeabilidad mezcla B.....	64

## Tablas

I.	Clasificación y usos de residuos agrícolas.....	4
II.	Características de algunos residuos agrícolas.....	5
III.	Composición química de algunos residuos agrícolas.....	6
IV.	Composición de la cáscara de arroz, diferente origen.....	10
V.	Composición elemental de la cáscara de arroz, diferente origen.....	11
VI.	Características físicas de la cáscara de arroz.....	12
VII.	Propiedades de los morteros.....	16
VIII.	Valores de resistencia térmica (R) blocks de concreto EEUU.....	22
IX.	Valores coeficiente de conductividad (K) térmica de materiales de construcción.....	23
X.	Valores de porosidad en materiales de construcción.....	24
XI.	Usos de los morteros de cemento.....	30

XII.	Características de morteros de acuerdo con la norma ASTM C-270 .....	31
XIII.	Requerimientos para especificación por proporciones.....	32
XIV.	Pesos de materiales.....	32
XV.	Requerimientos para especificaciones por propiedades.....	33
XVI.	Fases y componentes de morteros.....	34
XVII.	Aditivos para morteros de mampostería.....	37
XVIII.	Características físicas del agregado fino.....	39
XIX.	Porcentaje de agregado fino que pasa por diferentes números de tamices.....	40
XX.	Resultado de caracterización, agregado fino (AR).....	44
XXI.	Características físicas (CA).....	46
XXII.	Composición química (CA).....	48
XXIII.	Trabajabilidad del mortero.....	50

XXIV. Masa unitaria del mortero .....	50
XXV. Retención de agua en morteros .....	51
XXVI. Resistencia a compresión en morteros norma ASTM C-109 mezcla A .....	52
XXVII. Resistencia a compresión en morteros norma ASTM C-109 mezcla B .....	52
XXVIII. Resistencia a compresión en morteros norma ASTM C-109 mezcla C .....	53
XXIX. Resistencia a compresión en morteros norma ASTM C-109 mezcla D .....	53
XXX. Resistencia a tensión en morteros norma ASTM C-190 mezcla A .....	55
XXXI. Resistencia a tensión en morteros norma ASTM C-190 mezcla B .....	55
XXXII. Resistencia a tensión en morteros norma ASTM C-190 mezcla C .....	56
XXXIII. Resistencia a tensión en morteros norma ASTM C-190 mezcla D .....	56
XXXIV. Adherencia concreto acero refuerzo .....	58

XXXV. Aislamiento térmico mezcla A.....	60
XXXVI. Aislamiento térmico mezcla B.....	61
XXXVII. Permeabilidad mezcla A.....	63
XXXVIII. Permeabilidad mezcla B.....	64





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>ACI</b>	<i>American Concrete Institute</i> (Instituto Americano del Concreto).
<b>AR</b>	Arena de río.
<b>ASTM</b>	<i>American Society for Testing and Materials</i> (Sociedad Americana para el Ensayo e Inspección de los Materiales).
<b>CA</b>	Cáscara de arroz.
<b>°C</b>	Grados Celsius.
<b>cm</b>	Centímetros.
<b>g</b>	Gramos.
<b>ISO</b>	Organización Internacional para la Estandarización.
<b>kg</b>	Kilogramos.
<b><math>\sigma</math></b>	Esfuerzo.
<b>%</b>	Porcentaje.

<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramos por centímetro cuadrado.
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramos por metro cúbico.
<b>MPa</b>	Mega pascales.
<b>PSi</b>	Libras por pulgada cuadrada.

## GLOSARIO

<b>Absorción</b>	Es la cantidad de agua que penetra en los poros de la unidad o espécimen, expresada en unidades de masa/volumen (Aa) o como un porcentaje de la masa (peso) seca de la unidad o espécimen (Aa%).
<b>Agregado</b>	Material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio aglutinante para formar concreto hidráulico o mortero.
<b>Álcalis</b>	Nombre dado a los óxidos metálicos del cemento que al ser solubles en el agua pueden actuar como bases enérgicas.
<b>ASTM</b>	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales ( <i>American Society for Testing and Materials</i> ).
<b>COGUANOR</b>	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>Contenido de humedad</b>	Cantidad de agua presente en una unidad o espécimen en el momento de evaluarlo, expresado, por lo general, como un porcentaje del peso del espécimen secado al horno.
<b>Control de calidad</b>	Acciones que toma un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo

que se está suministrando, para asegurar que se están cumpliendo con las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución.

<b>Densidad</b>	Relación entre el volumen bruto y la masa (peso) de una unidad o espécimen.
<b>Fraguado</b>	Reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de una mezcla de cemento y agua, la cual puede ser un concreto o mortero.
<b>Grout</b>	Mezcla de material cementante con o sin agregados o aditivos, a la cual se le adiciona una cantidad suficiente de agua para lograr una consistencia fluida o de bombeo sin segregación de los materiales constituyentes.
<b>Mortero</b>	Mezcla constituida por material cementante, agregado fino, agua, con o sin aditivos empleada para obras de albañilería, como material de pega, revestimiento de paredes, etc.
<b>Norma</b>	Documento de aplicación voluntaria aprobado por un organismo de normalización reconocido que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico.
<b>Porosidad</b>	Está dada por la estructura física de la roca que presenta numerosos poros perceptibles a simple vista.

<b>Relación a/c</b>	Es el resultado de dividir la masa del agua entre la masa del cemento utilizados en un concreto o mortero.
<b>Residuos agrícolas</b>	Subproductos (de la agricultura, forestales, procesos industriales e incluso domésticos), que esencialmente no tienen nada que ver con la construcción, pero con tratamiento y procesamiento especial, o unidos con otros materiales, puede sustituir económicamente, o incluso mejorar la calidad de los materiales de construcción convencionales.
<b>Resistencia a la Comprensión</b>	Esfuerzo máximo que presenta un material a la compresión sin romperse, dividida por el área de la sección transversal que la soporta.
<b>Sílice</b>	Existe normalmente como un óxido en forma soluble, insoluble y coloidal que se encuentra en casi todas las rocas, siendo el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita, granito, etc.
<b>Trabajabilidad</b>	Característica de una mezcla o mortero en cuanto a la facilidad que presenta para ser colocado.



## RESUMEN

La construcción es una actividad que demanda la inversión de recursos que impactan de manera significativa el medio ambiente, ya sea para obtener o producir materiales o bien la ejecución de proyectos, por esta razón la búsqueda de nuevas alternativas y tecnologías son fundamentales para satisfacer la demanda de vivienda de los sectores con menos ingresos, sin descuidar los aspectos de seguridad y comodidad. La generación de desechos generados por el ser humano va en aumento (pueden ser definidos como subproductos de la agricultura, forestales, procesos industriales e incluso domésticos), que esencialmente no tienen nada que ver con la construcción, pero que, con tratamiento y procesamiento especial, o unidos con otros materiales, puede sustituir económicamente, o incluso mejorar la calidad de los materiales de construcción convencionales.

Dentro de estos, los residuos agrícolas (desechos orgánicos) como la cáscara de arroz, desechos de coco y madera, cañas y pajas, bagazo de caña de azúcar, hojas y tallos de plátano, líquido de cáscara de nuez, así como algunos desechos de vegetales varios; han sido evaluados en otros países como por ejemplo Canadá, Estados Unidos, China, Colombia, etc. para aprovecharlos dentro de las diferentes actividades de la construcción y disminuir los impactos ambientales ocasionados.

Esta investigación evaluó el aprovechamiento de la cáscara de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería dada las ventajas que ofrece, para lo cual se elaboraron morteros con diferentes contenidos de cáscara de acuerdo con procedimientos y especificaciones de las normas técnicas aplicables, se contó con el apoyo del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).





## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Establecer el nivel adecuado para usar residuos agrícolas, como la cascarilla de arroz, en los morteros de mampostería sin afectar de gran manera su resistencia.

### **ESPECÍFICO**

1. Establecer la mayor diferencia entre los agregados finos (arena de río y cascarilla de arroz)
2. Determinar las características mecánicas de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en los morteros de acabados.
3. Determinar la cantidad de agua en cada uno de los tipos de morteros estudiados.
4. Elaborar y evaluar morteros de mampostería con diferentes contenidos de agregado orgánico (cascarilla de arroz), de acuerdo con la norma ASTM C-270.
5. Evaluar térmicamente la cascarilla de arroz, en morteros para acabados en mampostería.



## INTRODUCCIÓN

Un problema en la actual actividad humana por solucionar en los países en desarrollo, es el tratamiento a la inmensa cantidad de residuos que se generan en la industria y la agricultura, siendo una parte significativa de dichos residuos biomasa, que podría ser eventualmente empleada como un combustible renovable o en la industria de los materiales de construcción.

Se evaluó el uso de la cáscara de arroz como agregado en morteros de acabados, de acuerdo con lo indicado en la norma ASTM C-270 "*Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*" (Especificación estándar para morteros de mampostería).

Incluye aspectos teóricos sobre los residuos agrícolas como su definición, tipos, características, composición y usos; presenta conceptos sobre la cascarilla de arroz entre los que está su definición, generalidades, características y principales usos.

Se abordan aspectos de morteros de mampostería como su definición, tipos, características, composición y usos; se refiere al desarrollo experimental donde se explica la metodología utilizada, los resultados obtenidos, tablas y gráficas realizados.

# 1. RESIDUOS AGRÍCOLAS

## 1.1. Definición

Fracción o fracciones de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha y aquella parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal. De forma similar, los restos de poda de los cultivos leñosos deben ser considerados asimismo residuos agrícolas estrictos

Los desechos pueden ser definidos como subproductos (de la agricultura, forestales, procesos industriales e incluso domésticos), que esencialmente no tienen nada que ver con la construcción, pero que, con tratamiento y procesamiento especial, o unidos con otros materiales, puede sustituir económicamente, o incluso mejorar la calidad de los materiales de construcción convencionales.

## 1.2. Tipos

Existe una gran cantidad de industrias de transformación agrícola que generan residuos derivados de su proceso productivo, procedentes del producto inicial de transformación y que en muchos casos, incluye productos utilizados en la transformación (ceniza de cascarilla de arroz, el tamo del arroz, el cuesco y la estopa de coco, la ceniza de la almendra de café, la ceniza de bagazo de la caña de azúcar, la ceniza de la hoja de la caña de azúcar y en general del barbojo de la caña de azúcar, el sisal y el fique, el banano y el plátano).

### 1.2.1. Industrias arroceras

El residuo básico de esta industria es la cascarilla de arroz, que puede ser utilizada como combustible o como sustrato de cultivo, sola o mezclada con otros sustratos.

### 1.2.2. Industrias cerveceras

Los lodos procedentes de las industrias cerveceras son depositados en vertedero en su mayor parte, aunque en algunos casos se utilizan como abono orgánico y en la alimentación animal.

### 1.2.3. Frutos secos

Los restos de cáscaras rotas, trituradas o tostadas se utilizan principalmente como combustible.

### 1.2.4. Harineras

Los residuos generados en estas industrias son el salvado, polvo, paja de trigo y, en menor proporción, grano.

### 1.2.5. Industria del café

Las tostadorías de café generan cascarilla que generalmente se incinera como combustible en la propia planta. Una pequeña parte se lleva a vertedero o se incorpora al suelo de forma directa.

### 1.2.6. Oleícola

Del proceso de extracción del aceite de soja y de girasol se obtiene un residuo consistente en restos de semillas y harinas.

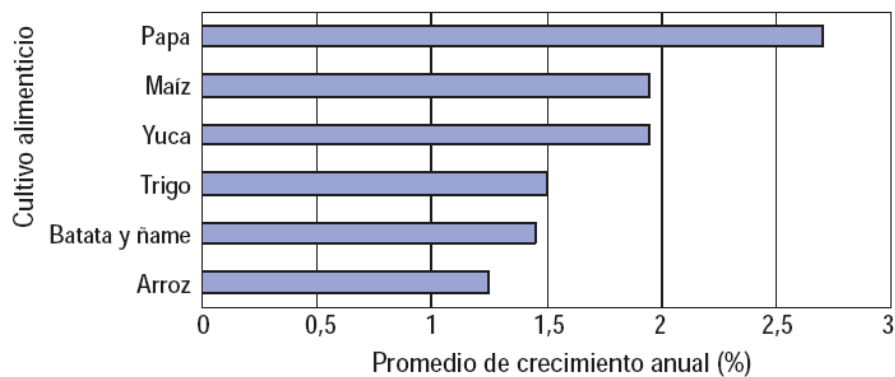
### 1.2.7. Industria textil

Los residuos textiles principales proceden del algodón o del lino. El subproducto del algodón consiste en fibras cortas, semillas y restos de hoja.

### 1.2.8. Transformación de hortalizas

Las industrias de conservas, congelación y cuarta gama de hortalizas generan un conjunto de residuos de alta degradabilidad y ricos en nutrientes

**Figura 1. Crecimiento proyectado para los principales cultivos alimenticios, de 1993 a 2020**



Fuente:

**Tabla I. Clasificación y usos de residuos agrícolas**

Actividad que lo genera		Tipo de residuo	Usos
Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivos leñosos</li> <li>• Cultivos herbáceos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ramas, restos de podas</li> <li>• Tallos, paja</li> <li>• Cascarillas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles</li> <li>• Fertilizantes</li> <li>• Alimentación animal</li> </ul>
Forestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento silvícolas</li> <li>• Cortas maderables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copas</li> <li>• Ramas</li> <li>• Matorral</li> <li>• Hojas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles</li> </ul>
Industria agroalimentaria y forestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aserraderos</li> <li>• Papeleras</li> <li>• Azucareras</li> <li>• Mataderos</li> <li>• Conserveras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serrín</li> <li>• Virutas</li> <li>• Cortezas</li> <li>• Melazas</li> <li>• Bagazos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles</li> <li>• Alimentación animal</li> <li>• Materias primas</li> </ul>

### 1.3. Características

Estos materiales presentan un contenido hídrico muy variable (según el desarrollo ontogénico del cultivo en la época de recolección), elevado contenido en materia orgánica, fracción mineral variable en concentración total y equilibrio (según el órgano o fracción de que se trate) y relación C/N generalmente alta, aunque con notables diferencias según la naturaleza y composición del residuo. La biodegradabilidad de estos materiales es función del contenido relativo en biomoléculas fácilmente degradables (azúcares solubles y de bajo peso molecular, hemicelulosa y celulosa) y en componentes de lenta degradación (ceras, ligninas y otros polifenoles).

Asimismo, debe señalarse que los residuos de cosecha pueden presentar contenidos variables de las materias activas utilizadas en los tratamientos fitosanitarios del cultivo. Estos residuos pueden llegar a ser altamente problemáticos, especialmente en los cultivos sometidos a tratamientos



intensivos, cuando han aplicado materias activas de lenta degradación y alta permanencia en las condiciones edáfoclimáticas existentes.

**Tabla II. Características de algunos residuos agrícolas**

Tipo de residuo	Características	
	Físicas	Químicas
Bagazo de la caña de azúcar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% de humedad</li> <li>• Del 2% al 3% de azúcar residual</li> <li>• Cerca de 50% de fibra.</li> <li>• La médula constituye el 35% del volumen seco de la fibra de bagazo.</li> </ul>	Se asemeja a la fibra de madera de latifoliadas, especialmente por su contenido de lignina.
Paja (varios cereales, la del arroz y los tallos del maíz)	Tienen fibras cuya longitud media es de alrededor de 1,5 mm y una proporción significativa de fibras largas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienen poca lignina: cereales alrededor del 17% al 19%, arroz alrededor de 12%.</li> <li>• El contenido de celulosa: de cereales de Europa y de América del Norte es de 36% a 42%, y el de la paja de arroz, de 34% a 38%.</li> <li>• Todas tienen un alto contenido de hemicelulosa</li> </ul>

#### 1.4. Composición

En las propiedades del bagazo y los residuos agrícolas influye un grupo de factores agrícolas e industriales que actúan sobre él como materia prima. Dentro de las agrícolas se pueden citar: grado de mecanización de la cosecha, variedad y edad del residuo, tipo de suelo y condiciones climáticas. Entre los factores industriales están: grado de preparación, presión y desgaste de los molinos, así como la cantidad y temperatura del agua de inhibición.

**Tabla III. Composición química de algunos residuos agrícolas**

<b>Elementos químicos</b>	<b>Bagazo (%)</b>	<b>RAC (%)</b>
Carbono	47,00	48,28
Hidrógeno	6,50	5,55
Oxígeno	44,00	45,61
Cenizas	2,50	9,50
Azufre	0,00	0,13
Nitrógeno	-	0,43

### 1.5. Usos

Dependiendo del tipo de residuo agrícola que se trate, se pueden tener diferentes usos, en construcción los más comunes son; la fabricación de tableros de partículas o tableros de fibra, componentes de concreto ligeros prefabricados, como agregados en mezclas de concretos y morteros, estabilización de suelos entre otros.

#### 1.5.1. Residuos de cereales

El principal residuo es la paja y los rastrojos, que presentan baja humedad, alto contenido en celulosa y alrededor de un 10% de lignina, la relación C/N es muy elevada, entre 80 y 100. La mayor parte se destina a la ganadería, donde se utiliza para la alimentación o como lecho. Otros posibles usos de la paja, aunque minoritarios son: obtención de papel paja, obtención de glucosa y furfural (componente en la fabricación de tableros), aislante y material de relleno en materiales de construcción, cultivo del champiñón, empleo como combustible, obtención de estiércol artificial, agente de aireación y/o fuente de carbono para el compostaje de residuos pastosos o excesivamente ricos en nitrógeno. La incorporación al suelo o enterrado de pajas comporta un aporte

importante de materia orgánica al suelo y su posterior humificación, mejorando el balance de humus.

#### 1.5.2. Residuos de vegetales verdes

Se trata de residuos de cultivos que se cosechan antes de la senescencia vegetal, por este motivo los residuos presentan alto contenido en humedad y generalmente son fácilmente degradables.

- Residuos forrajeros recolectables: se reciclan para la alimentación del ganado por lo que en la práctica no constituyen un residuo propiamente dicho.
- Residuos de la horticultura comestible: pueden ser incorporados en el suelo para facilitar su posterior descomposición, si existe tiempo suficiente antes de iniciar el próximo cultivo.
- En las explotaciones muy intensivas, y especialmente en cultivo protegido, los residuos vegetales se amontonan al aire libre para facilitar su desecación, disminuyendo así su volumen. Posteriormente estos residuos pueden tener cuatro destinos principales: transporte e incorporación al suelo de otras fincas menos intensivas; quema *in situ*, deposición en vertederos; o traslado a plantas de compostaje para la fabricación de compost.

#### 1.5.3. Residuos de poda

La madera proveniente de la poda de los árboles frutales presenta un contenido medio-bajo de humedad, y un alto contenido en celulosa y lignina, la relación C/N de estos materiales es muy elevada, entre 150 y 250. La mayor parte de dichos residuos se queman en el sitio de siembra y en menor

proporción se utilizan como combustible. De forma alternativa estos materiales pueden ser aplicados al suelo para su posterior descomposición y humificación.

**Figura 2. Cosecha de cereales**



## **2. CÁSCARA DE ARROZ**

### **2.1. Definición**

La cáscara de arroz constituye un subproducto del proceso agroindustrial con aplicaciones reducidas, que en la práctica puede considerarse como un material de desecho (por término medio, por cada tonelada de arroz se generan 200 kg de corteza o cascarilla).

### **2.2. Generalidades**

Es sin duda el principal producto alimenticio del mundo para más de 1000 millones de personas, se cultiva en terrenos pantanosos, montañas, tierras bajas. En las regiones tropicales el arroz se planta y cosecha prácticamente todo el año (período de crecimiento entre 100-180 días), la producción mundial ha alcanzado en el año 2007 el nivel record de 657,3 millones de toneladas (unas 438,1 millones de arroz molido), se estima que más de 100 toneladas de cáscara de arroz son producidas en el mundo.

El beneficio del cultivo de arroz genera un residuo, denominado cascarilla, tan sólo un 5% se está aprovechando. La cáscara de arroz constituye un subproducto del proceso agroindustrial con aplicaciones reducidas, que en la práctica puede considerarse como un material de desecho. La combustión de la corteza de arroz produce una media del 20% de cenizas con un gran porvenir ya que es un claro sustituto o aditivo del cemento en la formulación de concretos o morteros. Por sus características físicas y químicas la cáscara de arroz resulta poco biodegradable y se convierte en un desecho altamente contaminante en especial para las fuentes de agua.

**Figura 3. Cáscara de arroz**



### 2.3. Composición

Es un tejido vegetal constituido por celulosa ( $\pm 40\%$ ) y sílice, presenta un alto contenido de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), al fundirse con otros óxidos metálicos genera diferentes variedades de vidrio y se utiliza en la fabricación de cementos y materiales cerámicos. Entre los porcentajes más significativos de la cáscara de arroz se encuentran las cenizas, tiene un elevado contenido de materia volátil en comparación con los carbones.

**Tabla IV. Composición de cáscara de arroz, diferente origen**

Parámetros (%)	Tipo de arroz			
	Canadá	California, USA	China	Colombia
Material volátil	66.4	63.5	52.0	16.7
Carbono fijo	13.2	16.2	25.1	17.9
Ceniza	20.0	20.3	16.9	65.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla V. Composición elemental de cáscara de arroz, diferente origen**

Parámetros (%)	Tipo de arroz		
	Canadá	California, USA	China
C	37.6	38.3	37.6
H	5.4	4.8	5.8
O	36.6	35.6	37.6
N	0.38	0.52	1.9
S	0.03	0.05	0.09
Cl	0.01	0.12	0.00
Ceniza	20.0	20.3	16.9
Total	100.0	100.0	100.0
Poder calorífico (Mj/kg)	14.2	--	13.4

#### 2.4. Principales características y clasificación

El peso y volumen de la cáscara de arroz ocasionan elevados costos de almacenamiento y transporte para la industria, además por ser poco digestible su uso en la elaboración de alimentos concentrados para animales es restringido. El contenido de humedad de la cáscara de arroz cuando sale del descascarador varía entre el 5% al 40% después de haber estado a la intemperie (en época no lluviosa por sus características químicas presenta un 10% de humedad).

Entre sus ventajas como material de construcción se pueden mencionar:

- Alto contenido de cenizas (materia sólida no combustible por kg del material  $\pm$  20%).
- Elevado contenido de sílice de las cenizas (90%).
- Estructura física de la sílice (estructura alveolar de gran superficie específica).

- Disponibilidad a lo largo del año.
- Retención de humedad.
- Material liviano.
- Material abrasivo.

**Tabla VI. Características físicas de la cáscara de arroz**

Parámetro	Valor		
	Perú	Argentina	
		Tratada	Sin tratar
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	780.0	980.0	1290.0
Densidad aparente sin compactar (kg/m <sup>3</sup> )	110.0	102.0	125.0
Densidad aparente compactada (kg/m <sup>3</sup> )	140.0	142.0	220.0
Diámetro máximo (mm)	--	2.3	
Módulo de finura		3.74	

## 2.5. Usos

El cultivo del arroz y su beneficio genera un residuo denominado cascarilla, de este tan solo un 5% se esta aprovechando (limpieza de los campos, combustión a campo, disposición del material en rellenos), conduciendo a un problema de carácter ambiental. La cascarilla de arroz genera un gran volumen de cenizas, RHA, del inglés *Rice Husk Ash*, que tiene una elevada proporción de sílice. Se estima que por cada tonelada de arroz se generan 200 kg de cascarilla y de ésta se pueden producir 40 kg de cenizas con un contenido del orden del 90% en sílice.



### 2.5.1. Combustible

El poder calorífico de la cáscara de arroz es similar al de la madera y al de otros residuos agrícolas (debido a su composición alta en celulosa y sílice), por lo que inclusive se le ha considerado como una alternativa en usos domésticos. Se han desarrollado hornos para cereales que la utilizan como combustible, con lo que se obtienen un mejor rendimiento, el residuo después de quemarla puede ser usado en la construcción.

### 2.5.2. Abono

De acuerdo con sus características físico-químicas en China la han utilizado para regenerar suelos como compost (abono).

### 2.5.3. Adición mineral en mezclas de concreto y morteros

Considerando que la selección natural de materiales es uno de los factores que puede mejorar el desempeño del concreto desde el punto de vista de durabilidad, una posibilidad es la utilización de adiciones minerales tal como la cascarilla de arroz, la cual contribuye a mejorar las características del concreto en estado fresco y endurecido, disminuyendo la permeabilidad del concreto e incrementando sus propiedades mecánicas. Debe mencionarse que el uso de esta adición puede requerir el empleo de reductores de agua, especialmente cuando se elabora concreto con baja relación agua/cemento. En otros casos podrá requerirse del empleo de aditivos modificadores de viscosidad, especialmente para concretos auto consolidables.

#### 2.5.4. Agregado orgánico en mezclas de concretos y morteros.

Se consideran específicamente los materiales conglomerados (concretos y morteros) de cemento Portland con cascarilla de arroz en estado natural o con tratamiento previo como agregado granular compuesto con partículas silíceas. Se han diseñado distintas dosificaciones y determinado las propiedades geológicas en estado fresco y mecánicas en estado endurecido, de las mezclas resultantes. El empleo de cascarilla de arroz (material de desecho común en la zona) como componente granular, y una tecnología que no requiere mano de obra especializada o equipos sofisticados de compactación y colocación, permitirá acercar esta propuesta a los usuarios de menores recursos, y la utilización de estos materiales en la construcción de viviendas de bajo costo.

### **3. MORTEROS DE MAMPOSTERÍA**

#### **3.1. Definición**

Los morteros de mampostería pueden definirse como la mezcla de material aglomerante (cemento Portland y/u otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, con propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y son ampliamente utilizados para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como recubrimiento, repello o revoque.

Mortero en su definición más general es toda mezcla de (cemento + arena + agua). El que puede tener función estructural o no.

#### **3.2. Características**

La evaluación de las propiedades de los morteros puede considerarse como una medida de control de calidad, por lo general se toman en cuenta en estado plástico y endurecido. Si un mortero cumple con dichas características, fraguará y endurecerá dentro del tiempo y resistencia esperados, se dividen en dos grupos bien diferenciados:

- Estado fresco, entendiéndose en ellas las que lo hacen trabajable, deformable plásticamente bajo la acción de pequeños esfuerzos, determinan las condiciones del uso del mortero.
- Estado endurecido, cuando tiene la edad necesaria para adquirir resistencia mecánica

**Tabla VII. Propiedades de los morteros en estado fresco y endurecido**

Estado	Propiedad	Consecuencias	Ensayo
Fresco	Fluidez	Permite deslizar la cuchara y posicionar los mampuestos.	Mesa de fluidez
	Cohesión	De la cohesión depende que el mortero no se desintegre al colocarse en la hilada, afecta la adherencia a los mampuestos y su capacidad de soportarlos sin deformarse antes de endurecer.	Mesa de fluidez
	Retención	La retención permite la trabajabilidad. El agua no se debe perder por evaporación o absorción de los mampuestos. Desaparecería el estado fresco.	Retención de agua
Endurecido	Resistencia a compresión	Está asociada a la durabilidad e impermeabilidad. Interviene en la resistencia mecánica del muro.	Resistencia a la compresión
	Módulo de deformación	Influye en la capacidad de deformación de la pared frente a pequeñas modificaciones dimensionales.	Norma módulo de deformación
	Retracción secado	Está ligada a la susceptibilidad de figuración de las juntas o revoques debido al fenómeno de la retracción.	Norma s/retracción de secado mortero endurecido

### 3.2.1. Estado fresco

#### 3.2.1.1. Plasticidad

Propiedad del mortero fresco de la que depende la mayor o menor plasticidad para poder tenderlos y rellenar completamente las juntas. De la plasticidad depende lograr buena unión entre los elementos constructivos cuando se colocan mampuestos, así como disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados. En general, se acepta como medida de la manejabilidad, el valor de fluidez de la mezcla obtenido en la mesa de flujo de acuerdo a la norma ASTM C-230 *Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement* (Especificación estándar de la mesa de flujo para el uso en ensayos de cemento hidráulico). Entre los principales factores que pueden afectar la consistencia y por tanto la trabajabilidad, se encuentran:

- Características del agregado fino (granulometría y forma de las partículas).
- Contenido de cemento utilizado.
- Contenido de cal utilizada.
- Cantidad de aire en la mezcla.
- Cantidad de agua adicionada a la mezcla.
- Uso de aditivos.
- Intensidad y tiempo de mezclado.

**Figura 4. Equipo para ensayo de consistencia**



#### 3.2.1.2. Retención de agua

La retención del agua es la habilidad que tiene el mortero de resistir la rápida pérdida de agua, al contacto con el aire y los bloques secos de mampostería y ladrillos. Si el mortero no tiene una buena retención del agua se endurece rápidamente, haciendo difícil obtener uniones resistentes al agua, al ensamblar la mampostería. Esto permite que las unidades puedan ser

acomodadas, alineadas y niveladas, por lo que resulta ser uno de los factores de mayor incidencia en la adherencia entre morteros y unidades; la velocidad de endurecimiento y la resistencia a la compresión del mortero, ya que afecta la hidratación del cemento. Puede ser mejorada mediante la adición de cal, dada su capacidad plastificante, aunque hoy en día se tienen otras alternativas igualmente satisfactorias como el uso de aditivos plastificantes y agentes incorporadores de aire.

**Figura 5. Equipo de ensayo para retención de agua en morteros**



### 3.2.1.3. Velocidad de endurecimiento

Los tiempos de fraguado inicial y final del mortero deben estar entre límites adecuados. Sin embargo, éstos dependen de diversos factores tales como las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra, hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos. La norma

*ASTM C-403 Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance* (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por la resistencia a la penetración) indica el procedimiento para este ensayo.

**Figura 6. Equipo de ensayo para medir la velocidad de endurecimiento y resistencia a la penetración en morteros**



#### 3.2.1.4. Contenido de aire

Es una propiedad de gran importancia que afecta su comportamiento en estado fresco y endurecido; puede producirse por efectos mecánicos o de manera intencional por medio de aditivos inclusores de aire. La adherencia disminuye cuando aumenta el contenido de aire.

### 3.2.2. Estado endurecido

#### 3.2.2.1. Resistencia a compresión

Es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes construidos con mampuestos. La resistencia debe ser lo más elevada posible, aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir.

**Figura 7. Ensayo a compresión**



#### 3.2.2.2. Adherencia

La adherencia puede entenderse debido a la penetración de la pasta del mortero en el elemento de albañilería (mampuesto, sustrato), provocada por la succión capilar que este ejerce. Le proporciona la capacidad de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interface mortero-unidad



de mampostería. Los mecanismos de la adherencia actúan en las fases del mortero fresco y endurecido, tienen que ver con la geología de la pasta en la etapa fresca. Influye la naturaleza de la base: porosidad, rugosidad y existe una relación directa entre la resistencia a la compresión del cerramiento y la adherencia del mortero endurecido. En el resultado final intervienen factores internos (composición del mortero y afinidad con la base) y externos (curado y condiciones de humedad de las bases, espesores de las juntas).

### 3.2.2.3. Aislamiento térmico

De acuerdo a las características del proyecto (ubicación, tipo, materiales, entre otras), esta propiedad es un factor muy importante a considerar en morteros de acabados. Las transmisiones calóricas se producen fundamentalmente por las aberturas (puertas y ventanas), pero una parte se da en las paredes y techos. Por esta razón es necesario conocer las características de transmisión calórica de los muros y sus materiales (morteros de acabados, unidades de mampostería), un bajo coeficiente de transmisión térmica es de vital importancia pues equivale a tener un mortero más o menos grueso. Existen dos parámetros necesarios para evaluar esta capacidad en las estructuras de mampostería:

- Coeficiente de transmisibilidad (U): mide la cantidad de calor que es capaz de circular por unidad de superficie.
- Resistencia térmica (R): es una medida de la resistencia que ofrece la estructura al flujo de calor, se calcula como el valor recíproco de la transmisibilidad.

En general, la permeabilidad al calor o conductibilidad térmica, está en razón directa con la densidad del material. Los usados corrientemente en

construcción, debido a su acentuada densidad, son atravesados con relativa facilidad y en consecuencia originan la disminución de la temperatura interior en invierno y su elevación en verano, con las consiguientes molestias y gastos para contrarrestar estos efectos. Cuando las paredes tienen mayor contenido de humedad la transferencia de calor se aumenta, situación que puede darse después de una fuerte lluvia (muros sin acabados), también varía de acuerdo al tipo de estructura; las grandes construcciones de blocks no responden a los cambios de calor tan rápidamente como las livianas aun considerando que los valores del coeficiente de transmisibilidad puedan ser iguales, este fenómeno llamado **respuesta térmica dinámica**, corresponde a la transferencia neta a través de una sección de mampostería por cierto período de tiempo (las fluctuaciones de temperatura varían de acuerdo con la hora).

**Tabla VIII. Valores de resistencia térmica (R) de blocks de concreto EEUU**

Ancho del bloque (mm)	Valor de R (°C, h, m <sup>2</sup> /kg-cal)		
	Bloques de hormigón convencional	Bloques de hormigón liviano	Relleno hormigón liviano
90	0.237	0.420	0.390
140	0.260	0.456	0.600
190	0.295	0.466	0.768
240	0.330	0.608	0.930

**Tabla IX. Valores del coeficiente de conductividad (K) térmica en materiales de construcción**

<b>Superficie</b>	<b>Material</b>	<b>K</b>
<b>Techo</b>	Chapa canaleta de hierro galvanizado	8.61
	Chapa canaleta sobre forro de madera de 5 mm. de espesor	2.15
	Chapa canaleta sobre forro de ladrillos comunes	2.50
	Chapa canaleta sobre cielo raso suspendido en yeso	3.01
	Chapa canaleta sobre cielo raso de yeso y aislamiento de corcho de 2.5 cm. de espesor	0.97
	Tejas sobre forro y juntas vacías (sin cal)	4.50
	Tejas sobre madera	2.65
	Tejas sobre madera y cielo raso suspendido al yeso	1.59
<b>Paredes</b>	Ladrillos comunes de 7 cm. de espesor.	2.90
	Ladrillos comunes de 15 cm. de espesor.	2.30
	Ladrillos comunes de 30 cm. de espesor.	1.60
	Ladrillos comunes de 45 cm. de espesor.	1.25
	Ladrillos comunes de 60 cm. de espesor.	0.90
	Ladrillos huecos y comunes de 30 cm.	1.21
	Ladrillos comunes de 30 cm sobre metal desplegado y yeso.	1.20
	Chapa canaleta de hierro galvanizado	8.61
	Ladrillos huecos de 11 cm de espesor.	2.00
	Vidrio simple.	5.45
	Vidrio doble.	2.17
	Blocks de vidrio liso de 10 cm de espesor.	2.22

#### 3.2.2.4. Aislamiento acústico

El ser humano valora su privacidad y es celoso de las invasiones de su espacio por sonido (lo que es considerado ruido depende de cada individuo y de sus niveles de tolerancia), por lo que cada vez se presta mayor atención a la reducción de ruidos en las ciudades y viviendas, a fin de aumentar el confort de las personas y disminuir los impactos negativos que el ruido causa sobre el organismo de las personas, por esta razón se evalúan materiales que puedan

reducir estos niveles de exposición (una superficie que absorbe el 15% se considera adecuada como control sonoro):

- Una superficie lisa como el vidrio absorbe el 2% de los sonidos.
- Una superficie porosa como el block de concreto absorberá entre el 18% y el 68%).

**Tabla X. Valores de porosidad en materiales de construcción**

<b>Materiales</b>	<b>%</b>
Ladrillos huecos	45
Ladrillos comunes de media cal	45
Mortero de cemento 1:3	38
Ladrillos comunes de cal	36
Revoque grueso	33
Ladrillos de máquina	33
Tejas comunes	29
Maderas blandas	25
Pizarra	10
Mármoles	Del 3 al 5
Granitos	0.64
Baldosas de cemento	0.5

### 3.2.2.5. Retracción

Es la pérdida de volumen del mortero y se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en aquellas con una alta relación agua-cemento. El agregado soluciona el problema en parte, especialmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita los cambios de volumen y el peligro de agrietamiento. En zonas calurosas y de mucho viento el agua de mezclado tiende a evaporarse produciendo tensiones internas en el mortero, que se expresan en la formación de visibles grietas, lo mismo ocurre si la base es muy absorbente. Aparentemente la retracción es

proporcional al espesor de la capa de mortero y a la composición química del cemento. Se pueden distinguir tres tipos de variaciones de volumen que afectan al mortero:

- Derivada de las condiciones de humedad (retracción hidráulica).
- Derivada de las condiciones de temperatura (retracción térmica).
- Derivada de composición atmosférica, especialmente la presencia de anhídrido carbónico (retracción por carbonatación).

Para evitar la retracción es conveniente usar cementos de baja retracción al secado (puzolánicos o con adición inerte) y agregados de buena granulometría, con pocos finos.

#### 3.2.2.6. Durabilidad

Es la resistencia a los agentes externos, como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad, sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambiente agresivo. Los principales factores que influyen en la durabilidad son:

- Eflorescencias
- Efecto de la congelación
- Permeabilidad

### 3.2.2.7. Permeabilidad

Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes, pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad al agua. Cuando un mortero no es trabajable, los albañiles deben golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto, es que la junta de mortero no es tan buena, y se pueden producir grietas que favorezcan alguna filtración. El agua puede incorporarse al mortero por medio de dos mecanismos o procesos diferentes:

- Presión hidrostática (el agua atraviesa la masa del mortero).
- Capilaridad (el agua asciende por efecto de la tensión superficial).

Debido a las características de los morteros, estos son casi impermeables en comparación con algunos tipos de unidades, y en la interface de estos con el mortero, por esta razón esta propiedad debe estudiarse dentro del conjunto cemento-mortero-unidad de mampostería.

**Figura 8. Construcción de mampostería sin recubrimiento en los muros**



### 3.2.2.8. Eflorescencia

Es la cristalización de las sales solubles y es causada por el movimiento de agua de adentro hacia fuera de la pared. Ya que todos los materiales de mampostería contienen sales solubles en agua, que al contacto con ella, se cristalizan, la cal hace al mortero menos permeable y así evita la eflorescencia.

### 3.2.2.9. Apariencia

Un aspecto que tiene importancia en el mortero es su apariencia, especialmente en mampostería de bloques a la vista. En este caso, la plasticidad de la mezcla, la selección y dosificación adecuada de sus componentes son de vital importancia en la colocación y el acabado de superficies. El color y la textura pueden mejorarse con colorantes inorgánicos o con aditivos especiales.

**Figura 9. Elaboración de mortero de mampostería**



### 3.3. Morteros de acabados

#### 3.3.1. Características

##### 3.3.1.1. Según su medio de endurecimiento

- Aéreos: endurecen bajo la influencia del aire al perder agua y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación.
- Hidráulicos: endurecen bajo efecto del agua, ya que poseen en su composición elementos que se obtienen por calcinación de calizas impurificadas con sílice y alúmina que les permiten desarrollar resistencias iniciales relativamente altas.

##### 3.3.1.2. Según su origen

- Premezclados secos (predosificados).
- Premezclados en planta.
- Elaborados en obra.

##### 3.3.1.3. Según sus materiales

###### 3.3.1.3.1. Morteros calcáreos

Como es sabido, la cal es un plastificante y ligador conocido desde la antigüedad, estas características hacen del mortero de cal el más manejable de los conocidos. Sin embargo no puede esperarse de él altas resistencias iniciales; debido a su baja velocidad de endurecimiento, la cal de mayor uso es la hidratada. El agregado fino para estos morteros en realidad constituye un material inerte cuyo objetivo principal es evitar el agrietamiento y contracción



del mortero, para lo cual se recomienda que tenga partículas angulosas y esté libre de materia orgánica, piedras grandes, polvo y arcilla.

#### 3.3.1.3.2. Morteros de cemento Portland y cal

Los morteros de cemento Portland y cal deben combinarse de tal manera que se aprovechen las propiedades adhesivas de la cal y las propiedades cohesivas del cemento Portland. Es importante tener en cuenta que cada adición de cal incrementa la cantidad de agua de mezclado necesaria, para lograr las condiciones deseadas debe buscarse una combinación adecuada.

#### 3.3.1.3.3. Morteros de cemento

Cuando se requieran resistencias elevadas, se puede usar como aglomerante cemento Portland. Sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo con la relación agua-cemento usada. La fabricación de este mortero, que es hidráulico, ha de efectuarse de un modo continuo, de manera tal que entre el mezclado y la colocación en obra haya el menor tiempo posible debido a lo rápido del fraguado del cemento. Por ello se procede a mezclar en obra, primero el cemento y el agregado y luego se añade el agua. Los usos de los morteros de cemento se pueden reunir en cuatro grandes categorías:

- Morteros que proveen suficiente resistencia para soportar cargas a compresión, y/o resistan la abrasión.
- Morteros que mantengan elementos en la posición deseada.
- Morteros que permitan emparejar ciertas unidades estructurales (revoques y revestimientos).
- Morteros que sirvan como relleno de juntas entre diferentes elementos constructivos (reparaciones de columnas, vigas, etc.).

**Tabla XI. Usos de los morteros de cemento**

<b>Proporción</b>	<b>Usos</b>
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para la impermeabilización y muros de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega de ladrillos y bloques en muros. Muros finos
1:5	Muros exteriores: pega de ladrillos, bloques, baldosas y mampostería en general. Muros no muy finos.
1:6 y 1:7	Muros interiores: pega de ladrillos, bloques, baldosas y mampostería en general. Muros no muy finos.
1:8 y 1:9	Pega para construcciones que se demolerán pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

#### 3.3.1.4. Según norma ASTM C-270

De acuerdo con esta norma los morteros se clasifican en tipo M, S, N y O, (ver tabla XII) son ordenadas de mayor a menor en cuanto a fuerza compresiva y de menor a mayor en facilidad de **moldeabilidad**.

Puesto que no hay un solo tipo de mortero ideal, la decisión de cuál usar debería basarse en la mejor mezcla para el proyecto y no simplemente en una alta fuerza compresiva. El mortero siempre debe ser de una fuerza compresiva menor que la de las unidades que comprenden el ensamblaje de la mampostería.

**Tabla XII. Características de morteros, de acuerdo con la norma ASTM C-270**

Tipo de mortero	Características
<b>M</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistencia</li> <li>• Ofrece más durabilidad que otros morteros</li> <li>• Recomendado para mampostería reforzada o requerimiento de cargas altas</li> <li>• Se debe usar en estructuras en contacto con el suelo</li> </ul>
<b>S</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mortero con mejores características de adherencia</li> <li>• Para estructuras bajo cargas de compresión normales pero alta adherencia</li> <li>• Para usar cuando es el único medio de adherencia con la pared.</li> </ul>
<b>N</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mortero de propósito general, utilizado en estructuras sobre el nivel del suelo.</li> <li>• Adecuado para utilizar en paredes interiores o divisiones.</li> <li>• Representa la mejor opción de resistencia, trabajabilidad y economía.</li> <li>• Lo afectan la absorción de las unidades, calidad de la mano de obra y otras variables.</li> </ul>
<b>O</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mortero de baja resistencia y con alto contenido de cal.</li> <li>• Puede usarse en paredes o divisiones sin cargas, o para revestimientos exteriores.</li> <li>• Son de uso común en viviendas de uno o dos niveles.</li> <li>• Excelente trabajabilidad y bajo costo.</li> </ul>

Se pueden diseñar con base en sus propiedades o por proporciones, se debe usar solo un criterio pues ambos son excluyentes.

- Proporción: dictamina las cantidades relativas de cada material a ser incluidas en un mortero preparado en la obra, se deben conocer los pesos unitarios de los materiales y componentes del mortero para poder determinar el tipo que es.

**Tabla XIII. Requerimientos para especificación por proporciones**

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen					Proporción de agregados
		Cemento Portland o mezclado	Cemento de mampostería			Cal hidratada	
			M	S	N		
Cemento-Cal	M	1	--	--	--	¼	No menos de 2 ¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes.
	S	1	--	--	--	entre ¼ y ½	
	N	1	--	--	--	entre ½ y 1¼	
	O	1	--	--	--	entre 1¼ y 2½	
Cementos de albañilería	M	1	--	--	1	--	
	M	--	1	--	--	--	
	S	½	--	--	1	--	
	S	--	--	1	--	--	
	N	--	--	--	1	--	
	O	--	--	--	1	--	

**Tabla XIV. Pesos de materiales**

Material	Peso kg/m <sup>3</sup>
Cemento Portland	1505
Cemento mezclado	Peso impreso en la bolsa
Cemento de albañilería	Peso impreso en la bolsa
Cal hidratada	640
Arena, seca y suelta	1280

- Propiedades: dictamina los valores máximos o mínimos para ciertas características físicas de una mezcla de mortero preparada en laboratorio (resistencia a compresión, retención de agua,

contenido de aire), se espera que en obra se utilicen estas proporciones.

**Tabla XV. Requerimientos para especificación por propiedades**

Mortero	Tipo	Resistencia a la compresión, mínima a 28 días kg/cm <sup>2</sup>	Retención de agua mínima %	Contenido de aire máximo	Proporción de agregados
Cemento-Cal	M	175	75	19	No menos de 2 ¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes
	S	126	75	19	
	N	53	75	21*	
	O	25	75	21*	
Cementos de albañilería	M	175	75	**	
	S	126	75	**	
	N	53	75	**	
	O	25	75	**	

\* Si hay refuerzo estructural, y el mortero es de cemento-cal, el contenido máximo de aire es de 12%.

\*\* Si hay refuerzo estructural, y el mortero es de cemento de albañilería, el contenido máximo es de 18%.

### 3.3.2. Usos

#### 3.3.2.1. Mortero de levantado

Son los que se usan para el levantado de muros y tabiques, ya sean estos portantes o de relleno, con mampostería cerámica, de bloques de hormigón o ladrillos refractarios o sílico-calcáreos, etc., y en la colocación de revestimientos y pisos. El mortero debe tener suficiente resistencia para soportar las cargas que van a actuar sobre el muro, esta debe obtenerse relativamente pronto para poder continuar con la construcción. La misión del mortero en los muros es unir entre si los elementos de albañilería y formar un

conjunto único, igualar las irregularidades para evitar la concentración de tensiones.

### 3.3.2.2. Morteros de acabado

Son mezclas compuestas por uno o varios aglomerantes, agregados, agua y a veces aditivos, para elegir el tipo de acabado se debe tener en cuenta la compatibilidad con las características mecánicas del soporte (naturaleza, resistencias, etc.), se clasifican de la siguiente manera:

- Morteros de uso corriente.
- Morteros lanzados.

### 3.3.3. Composición

El mortero es una combinación de agua, agregado y materiales cementosos, cada ingrediente tiene un propósito importante en la mezcla. La dosificación de un mortero se expresa indicando el número de partes en volumen de sus componentes primero el aglomerante o los aglomerantes y por ultimo las partes de arena, el detalle de la dosificación es variable según el usuario aunque dentro de ciertos parámetros.

**Tabla XVI. Fases y componentes de los morteros**

	Fases	Componentes
Mortero	• Pasta	aglomerante
		agua
		aditivos y adiciones activas
	• Agregado fino	arena
	• Aire	aire incorporado naturalmente
		aire incorporado intencionalmente

### 3.3.3.1. Materiales cementosos

Los materiales de cemento tienen propiedades adhesivas y cohesivas en su estado plástico y cuando endurecen. Hay tres categorías de materiales cementosos los que se presentan a continuación.

#### 3.3.3.1.1.1. Cemento Portland (se combina con otros cementos hidráulicos y cal)

Es usado en el mortero para aumentar la fuerza compresiva, la adherencia y la durabilidad, sin embargo, una mezcla de mortero que sólo contenga cemento Portland, como material cementoso, carece de plasticidad, tiene poca retención del agua y es más difícil de utilizar. La cal se usa con el cemento Portland en la mezcla del mortero, puede ser cal hidratada o cal viva, mezclada con agua. Esta combinación no sólo aumenta la moldeabilidad y la retención del agua, sino que también incrementa la habilidad del mortero para deformarse lentamente en el estado duro, lo cual acomoda algunos movimientos estructurales.

#### 3.3.3.1.2. Cemento de mampostería

Es una mezcla patentada, previamente empacada, o de cemento Portland o cemento hidráulico mezclado con materiales plásticos (tales como cal hidratada o piedra caliza pulverizada) y otros ingredientes. La norma ASTM C-91-03a *Standard Specification for Masonry Cement* (Especificación estándar de cemento para mampostería), no impone limitaciones al tipo de materiales que pueden ser utilizados para elaborar cemento de mampostería. Establece, sin embargo, los requerimientos físicos: fineza, fuerza compresiva, contenido de aire y retención del mismo, el mortero hecho con cemento de

mampostería puede tener menor fuerza de adherencia que los morteros de cemento Portland sin aire atrapado.

#### 3.3.3.1.3. Cemento para mortero

Es una mezcla patentada y previamente pre empacada de materiales que deben ser mezclados con arena y agua para obtener mortero. Sin embargo la norma ASTM C-1329-04 *Standard Specification for Mortar Cement* (Especificación estándar de cemento para mortero), incluye un requerimiento mínimo de fuerza de adherencia en adición a los requerimientos de fineza, tiempo de solidificación, expansión en autoclave, fuerza compresiva, contenido de aire y retención del agua. El propósito del mismo es obtener un mortero equivalente en fuerza de adherencia al tipo de mortero de cemento Portland. La normativa ASTM para cemento de mortero fue publicada por primera vez en 1996, muchos profesionales del diseño no están familiarizados con este tipo de mortero, así que no se especifica con frecuencia.

#### 3.3.3.2. Agregado fino

Agregado es el material granulado (generalmente arena), que reduce la proporción requerida de materiales cementosos y resiste el encogimiento del cemento en la mezcla. Para que el mortero sea moldeable y aporte resistencia, cada partícula de agregado debe estar cubierta con una combinación de materiales cementosos y agua, también conocida como matriz. Si se usan partículas de arena con tamaños uniformes en el mortero, el volumen total de vacío entre las partículas es mayor y se necesitará más matriz cementosa en la mezcla que si las partículas de arena fuesen de distintos tamaños. Es deseable la arena con partículas de distintos tamaños ya que el volumen de agua requerido en la mezcla y proporción de matriz al agregado será menor. Bajas



proporciones de cemento y agua significan menos encogimiento; menor encogimiento reduce la tendencia del mortero a rajarse. Se puede utilizar arenas de forma redondeada o poliédrica que provengan de trituración o minas, el tamaño máximo debe ser inferior a la mitad de juntas de mampuesto pero en la actualidad se tiende a no sobrepasar los 2,5 mm, no deben contener impurezas, sales ni tierra.

#### 3.3.3.3. Agua

No se limita a la obra puesto que parte del agua de la mezcla será absorbida por las unidades de mampostería o se evaporará. El albañil puede decidir la cantidad correcta de agua a añadir basado en el tipo de unidades de mampostería y de las condiciones ambientales. El contenido de agua en el mortero se autorregula: si se añade demasiada agua, las unidades de mampostería flotarán en el mortero y el albañil no podrá ponerlas; si se agrega muy poca agua no se podrá trabajar con la mezcla del mortero, el albañil no podrá esparcir el mortero adecuadamente y la mezcla no se pegará a las unidades, la norma ASTM C-270 establece que el mortero debe mezclarse **con la máxima cantidad de agua para producir una consistencia que facilite el trabajo.**

#### 3.3.3.4. Aditivos

Se agregan para conferir determinadas propiedades o para mejorar las prestaciones de los morteros. Pueden ser: hidrófugos, plastificantes, aireadores, colorantes, anticongelantes, aceleradores o retardadores de fraguado, endurecedores de superficie, entre otros.

**Tabla XVII. Aditivos para morteros de mampostería**

	<b>Característica afectada</b>	<b>Tipo de aditivo</b>
<b>Grupos</b>	Regulación de fraguado	Aceleradores o retardadores
	Modificación de la impermeabilidad	Hidrófugos
	Adecuación de la trabajabilidad	Plastificante o aireadores
	Protección de agentes climáticos	Contra la desecación, heladicidad
	Aumentar su capacidad mecánica	Endurecedores de superficie
	Proporcionar color	Pigmentos

## 4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 4.1. Definición de la muestra de estudio

Se evaluó el uso de cáscara de arroz como agregado orgánico en morteros de acabados, sustituyendo un 10% en relación con el agregado fino.

#### 4.1.1. Agregado fino

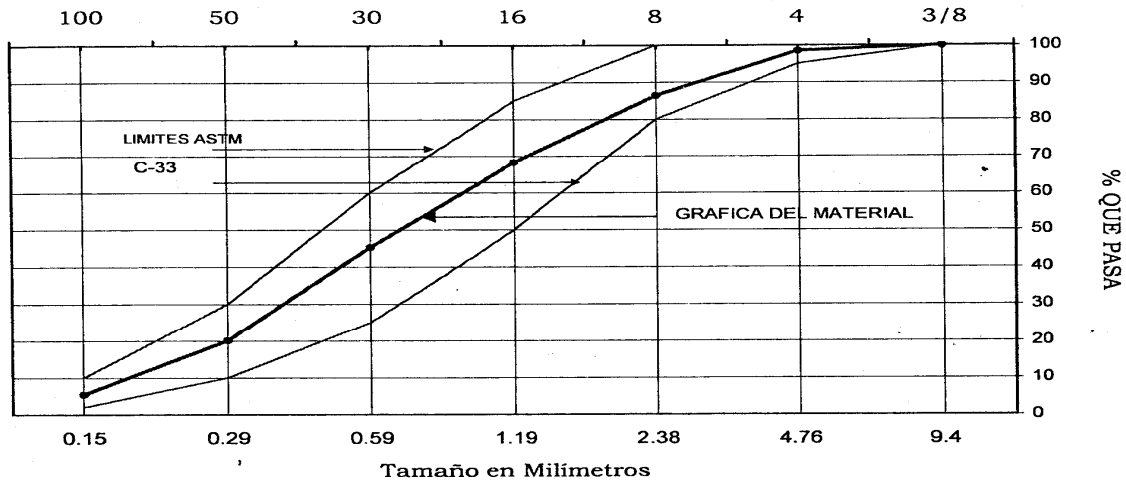
Se utilizó arena de río (**AR**), se evaluó de acuerdo con la norma ASTM C-144 *Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar* los ensayos se realizaron en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

**Tabla XVIII. Características físicas del agregado fino**

Peso específico	2.32
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1354.56
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1243.23
Porcentaje de vacíos	41.61
Porcentaje de absorción	3.95
Contenido de materia orgánica	2.00
% retenido en tamiz 6,35	14.37
% que pasa en tamiz 200	5.42
Modulo de finura	2.76

Apéndice (1)

**Figura 10. Gráfica granulométrica**



Apéndice (1)

**Tabla XIX. Porcentaje de agregado fino que pasa por diferentes números de tamices**

Tamiz No.	9,40	4,76	2,38	1,19	0,59	0,29	0,15
% Que Pasa	100,00	98,48	86,40	68,22	45,26	20,10	5,40

Apéndice (1)

#### 4.1.2. Cemento tipo UGC

Para la elaboración de los morteros se usó cemento Portland tipo I, marca Cementos Progreso, el cual de acuerdo con el fabricante cumple con la norma ASTM C-150.

#### 4.1.3. Cal hidratada

Fue necesaria para mineralizar e impregnar la cáscara de arroz, se usó cal hidratada HORCALSA marca Cementos Progreso, la cual de acuerdo con el fabricante cumple con la norma ASTM C-110.

#### 4.1.4. Cáscara de arroz **(CA)**

##### 4.1.4.1. Muestreo

Se contó con el apoyo de la Asociación de Arroz Guatemalteca y del Beneficio de Arroz Amanecer (48 calle y avenida Petapa zona 12). El muestreo se realizó en el beneficio, la cáscara se encuentra combinada con materiales propios de los procesos a los que se ve sometida (cultivo, transporte y descascaración) principalmente material fino (polvillo), restos de la paja y granos de arroz, situación que hizo necesario lavarla y prepararla con cal a fin de mejorar su durabilidad. La adición de cáscara de arroz se hizo sustituyendo diferentes dosificaciones en peso de la arena para cada mortero.

##### 4.1.4.2. Preparación y manejo

La cáscara de arroz al mezclarse con la pasta de cemento, modifica desfavorablemente las características de fraguado y endurecimiento propias al aglomerante (se debe a la constitución orgánica del material que interviene en los procesos de hidratación del cemento). El fenómeno se potencializa cuando la cáscara no ha sido lavada y contiene polvo con porcentajes variables de materia orgánica, además durante el servicio puede ser afectada por fluidos que penetren en el interior de las unidades de mampostería. Para solucionar esta situación se plantean diversas alternativas, entre las que se tienen:

- Uso de aditivo acelerante de fraguado, evitando de esta manera la acción de los elementos orgánicos.
- Lavado prolongado con agua para eliminar el polvo y el material desprendido (método utilizado en este estudio).
- Mineralización de la cáscara, puede clasificarse de acuerdo a los objetivos de cada método de la manera siguiente:
  - Procedimientos para impermeabilizar la cáscara de arroz evitando la acción solvente.
  - Procedimientos para producir una oxidación parcial, capaz de mejorar la estabilidad de la cáscara.
  - Procedimientos para neutralizar la acción orgánica de la cáscara.

Los efectos de la **mineralización** pueden observarse en los siguientes aspectos:

- Disminución de la capacidad de absorción de agua y de la higroscopia de la cáscara.
- Su actividad como ignífugo.
- Incrementar la resistencia obtenida con la cáscara sin tratar.

#### 4.1.4.3. Dosificación

Se utilizo una dosificación del 10% de cascarilla de arroz, respecto al agregado fino utilizado; para cada tipo de mortero de acabado, a continuación se detalla las dosificaciones utilizadas de cada material:

- **Mezcla A** proporción 1:1:10% cáscara de arroz
- **Mezcla B** proporción 1:2:10% cáscara de arroz
- **Mezcla C** proporción 1:3:10% cáscara de arroz
- **Mezcla D** proporción 1:4:10% cáscara de arroz

#### 4.1.5. Morteros para acabados

Se evaluaron en estado fresco y endurecido por medio de los ensayos y especificaciones indicados en la norma ASTM C-270 *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*, se contó con el apoyo del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CII).

##### 4.1.5.1. Proporción

- **Mezcla A** proporción 1:1:10% cáscara de arroz
- **Mezcla B** proporción 1:2:10% cáscara de arroz
- **Mezcla C** proporción 1:3:10% cáscara de arroz
- **Mezcla D** proporción 1:4:10% cáscara de arroz

##### 4.1.5.2. Trabajabilidad

La trabajabilidad para cada mortero se midió por el método de la mesa de flujo ( $110\% \pm 5\%$ ), y se evaluó bajo el siguiente criterio: cantidad de agua necesaria para tener lectura, sin que se separen los materiales finos (cemento y arena), al entrar en contacto con el agua, los capilares de la cáscara de arroz absorben un porcentaje apreciable de su peso.

El método de la mesa de flujo no es el más adecuado para obtener valores cuantitativos para los morteros con adición de cáscara de arroz, pero permite obtener información cualitativa de ellos.

## 4.2. Caracterización de materiales

### 4.2.1. Agregado fino (ASTM C-144)

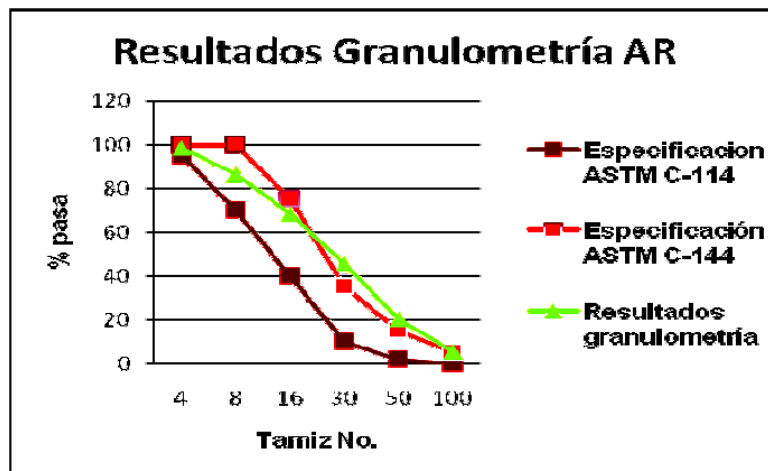
De acuerdo con los resultados obtenidos es adecuada para los objetivos del presente estudio.

**Tabla XX. Resultados de caracterización, agregado fino AR**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2.32
Absorción (%)	3.95
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1354.6
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1243.2
Material que pasa tamiz No. 200 (%)	5.42
Granulometría (Módulo de finura)	Adecuada (2.76)
Contenido de materia orgánica	2
Contenido de humedad (%)	2.0



Figura 11. Resultados granulometría arena



#### 4.2.2. Cemento (ASTM C-150)

De acuerdo con las especificaciones aplicables es adecuado para los objetivos del presente estudio.

#### 4.2.3. Cal (ASTM C-110)

De acuerdo con las especificaciones aplicables es adecuada para los objetivos del presente estudio.

#### 4.2.4. Cáscara de arroz (CA)

Se evaluaron las siguientes características físicas y químicas de la muestra sin tratar, que ayudaron al momento de dosificar los morteros

#### 4.2.4.1. Física

**Tabla XXI. Características físicas CA**

Parámetro	Valor
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	0.78
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	133.0
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	145.0

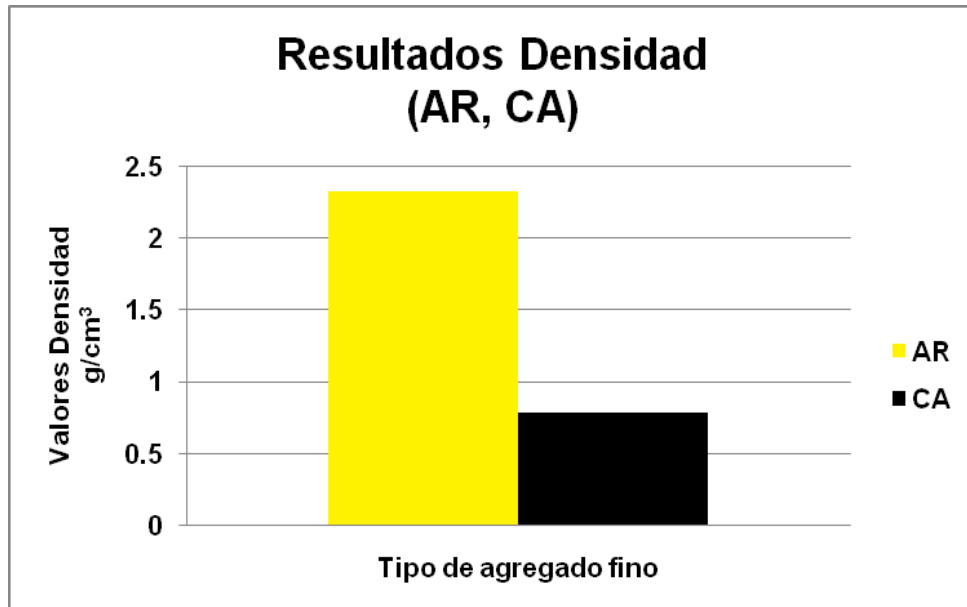
**Figura 12. Peso unitario compactado, agregado fino**



Figura 13. Peso unitario suelto, agregado fino



Figura 14. Densidad, agregado fino



#### 4.2.4.2. Química

**Tabla XXII. Composición química CA**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Carbono Fijo (%)	3.79 ± 0.036
Humedad (%)	7.96 ± 0.713
Cenizas (%)	85.82 ± 0.117

#### 4.3. Elaboración y evaluación de morteros (ASTM C-270)

La dosificación es la proporción en la que intervienen cada uno de los componentes del mortero, esta se puede expresar en peso o en volumen de los mismos, comenzando por la cantidad de conglomerantes, cemento y / o cemento y cal, arena y agua.

Se utilizaron diferentes proporciones (mencionadas anteriormente), el agregado total es la combinación de arena + cáscara de arroz, con las siguientes observaciones:

- El procedimiento de mezclado y manejo fue igual para todos los morteros.
- La adición de cáscara de arroz se hizo sustituyendo la cantidad correspondiente en peso de la arena.
- El método de la mesa de flujo no es el más adecuado para obtener valores cuantitativos para los morteros con adición de cáscara de arroz, pero permite obtener información cualitativa de ellos.
- La trabajabilidad para cada mortero se midió por el método de la mesa de flujo (110% ± 5%), y se evaluó bajo el siguiente criterio: cantidad de agua necesaria para tener lectura, sin que se separen los materiales

finos (cemento y arena), al entrar en contacto con el agua, los capilares de la cáscara de arroz absorben un porcentaje apreciable de su peso.

**Figura 15. Ensayo de consistencia**



#### 4.3.1. Estado fresco

##### 4.3.1.1. Trabajabilidad

Cada mortero se midió por el método de la mesa de flujo ( $110\% \pm 5\%$ ) y se evaluó bajo el siguiente criterio: cantidad de agua necesaria para tener lectura, sin que se separen los materiales finos (cemento y arena), al entrar en contacto con el agua, los capilares de la cáscara de arroz absorben un porcentaje apreciable de su peso

**Tabla XXIII. Trabajabilidad del mortero**

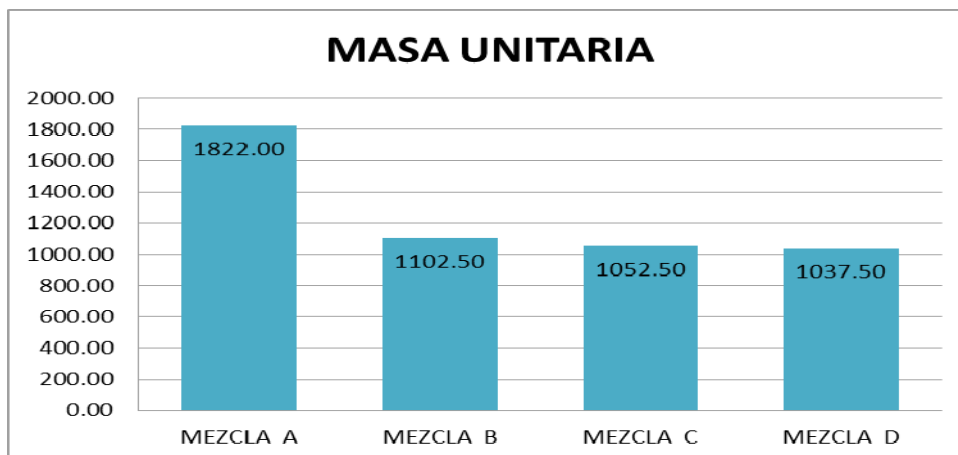
Tipo de mortero	Trabajabilidad (%)
Mezcla A	113
Mezcla B	55
Mezcla C	59
Mezcla D	61

4.3.1.2. Masa unitaria

**Tabla XXIV. Masa unitaria del mortero**

Tipo de mortero	Masa unitaria (kg/m <sup>3</sup> )
Mezcla A	1822.0
Mezcla B	1102.5
Mezcla C	1052.5
Mezcla D	1037.5

**Figura 16. Resultados masa unitaria morteros**



#### 4.3.1.3. Retención de agua

**Tabla XXV. Retención de agua en morteros**

Tipo de mortero	Retención de agua
	(%)
Mezcla A	42.5
Mezcla B	No se pudo determinar
Mezcla C	No se pudo determinar
Mezcla D	No se pudo determinar

**Figura 17. Ensayo retención de agua**



#### 4.3.2. Estado endurecido

Se evaluaron los siguientes puntos:

##### 4.3.2.1. Resistencia a compresión (3, 7 y 28 días)

**Tabla XXVI. Resistencia a compresión en morteros  
norma ASTM C-109 mezcla A**

No. Cubo de obra	Fecha de fundición	Edad (días)	Cubo representativo de la fundición	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> )
1	21/05/2010	3	Mezcla A	25,806	2.050,00	79,44	1.129,86
2	21/05/2010	3	Mezcla A	25,806	1.900,00	73,63	1.047,19
3	21/05/2010	3	Mezcla A	25,806	2.090,00	80,99	1.151,90
4	21/05/2010	7	Mezcla A	25,806	2.900,00	112,38	1.598,34
5	21/05/2010	7	Mezcla A	25,806	2.700,00	104,63	1.488,11
6	21/05/2010	7	Mezcla A	25,806	2.700,00	104,63	1.488,11
7	21/05/2010	28	Mezcla A	25,806	3.500,00	135,63	1.929,03
8	21/05/2010	28	Mezcla A	25,806	3.400,00	131,75	1.873,91
9	21/05/2010	28	Mezcla A	25,806	3.300,00	127,88	1.818,80

Observaciones: Muestra representativas de mezcla A proporción 1:1:10% cáscara de arroz  
Apéndice (3)

**Tabla XXVII. Resistencia a compresión en morteros  
norma ASTM C-109 mezcla B**

No. Cubo de obra	Fecha de fundición	Edad (días)	Cubo representativo de la fundición	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> )
1	21/05/2010	3	Mezcla B	25,806	850,00	32,94	468,48
2	21/05/2010	3	Mezcla B	25,806	820,00	31,78	451,95
3	21/05/2010	3	Mezcla B	25,806	920,00	35,65	507,06
4	21/05/2010	7	Mezcla B	25,806	1.490,00	57,74	821,22
5	21/05/2010	7	Mezcla B	25,806	1.310,00	50,76	722,01
6	21/05/2010	7	Mezcla B	25,806	1.300,00	50,38	716,50
7	21/05/2010	28	Mezcla B	25,806	1.700,00	65,88	936,96
8	21/05/2010	28	Mezcla B	25,806	1.400,00	54,25	771,61
9	21/05/2010	28	Mezcla B	25,806	1.700,00	65,88	936,96

Observaciones: Muestra representativas de mezcla B proporción 1:2:10% cáscara de arroz  
Apéndice (4)



**Tabla XXVIII. Resistencia a compresión en morteros  
norma ASTM C-109 mezcla C**

No. Cubo de obra	Fecha de fundición	Edad (días)	Cubo representativo de la fundición	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> )
1	21/05/2010	3	Mezcla C	25,806	100,00	3,88	55,12
2	21/05/2010	3	Mezcla C	25,806	100,00	3,88	55,12
3	21/05/2010	3	Mezcla C	25,806	130,00	5,04	71,65
4	21/05/2010	7	Mezcla C	25,806	300,00	11,63	165,35
5	21/05/2010	7	Mezcla C	25,806	200,00	7,75	110,23
6	21/05/2010	7	Mezcla C	25,806	220,00	8,53	121,25
7	21/05/2010	28	Mezcla C	25,806	400,00	15,50	220,46
8	21/05/2010	28	Mezcla C	25,806	300,00	11,63	165,35
9	21/05/2010	28	Mezcla C	25,806	300,00	11,63	165,35

Observaciones: Muestra representativas de mezcla C proporción 1:3:10% cáscara de arroz  
Apéndice (5)

**Tabla XXIX. Resistencia a compresión en morteros  
norma ASTM C-109 mezcla D**

No. Cubo de obra	Fecha de fundición	Edad (días)	Cubo representativo de la fundición	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (lb./plg <sup>2</sup> )
1	21/05/2010	3	Mezcla D	25,806	400,00	15,50	220,46
2	21/05/2010	3	Mezcla D	25,806	375,00	14,53	206,68
3	21/05/2010	3	Mezcla D	25,806	390,00	15,11	214,95
4	21/05/2010	7	Mezcla D	25,806	500,00	19,38	275,58
5	21/05/2010	7	Mezcla D	25,806	550,00	21,31	303,13
6	21/05/2010	7	Mezcla D	25,806	600,00	23,25	330,69
7	21/05/2010	28	Mezcla D	25,806	750,00	29,06	413,36
8	21/05/2010	28	Mezcla D	25,806	800,00	31,00	440,92
9	21/05/2010	28	Mezcla D	25,806	750,00	29,06	413,36

Observaciones: Muestra representativas de mezcla D proporción 1:4:10% cáscara de arroz  
Apéndice (6)

**Figura 18. Ilustración ensayo a compresión**



**Figura 19. Ilustración ensayo a compresión**



**Figura 20. Ilustración ensayo a compresión**



**Figura 21. Ilustración ensayo a compresión**



#### 4.3.2.2. Resistencia a tensión (3, 7 y 28 días)

**Tabla XXX Resistencia a tensión en morteros  
norma ASTM C-190 *mezcla A***

No. Cubo de obra	Fecha de fundición	Edad (días)	Briqueta representativa de la fundición	Área (cm <sup>2</sup> )	Tensión (libras)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> )
1	21/05/2010	3	Mezcla A	6,45	210,00	14,77	210,05
2	21/05/2010	3	Mezcla A	6,45	215,00	15,12	215,05
3	21/05/2010	7	Mezcla A	6,45	285,00	20,04	285,07
4	21/05/2010	7	Mezcla A	6,45	280,00	19,69	280,07
5	21/05/2010	28	Mezcla A	6,45	200,00	14,07	200,05
6	21/05/2010	28	Mezcla A	6,45	255,00	17,93	255,06

Observaciones: Muestra representativas de mezcla A proporción 1:1:10% cáscara de arroz  
Apéndice (7)

**Tabla XXXI. Resistencia a tensión en morteros  
norma ASTM C-190 *mezcla B***

No. Cubo de obra	Fecha de fundición	Edad (días)	Briqueta representativa de la fundición	Área (cm <sup>2</sup> )	Tensión (libras)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> )
1	21/05/2010	3	Mezcla B	6,45	200,00	14,07	200,05
2	21/05/2010	3	Mezcla B	6,45	210,00	14,77	210,05
3	21/05/2010	7	Mezcla B	6,45	240,00	16,88	240,06
4	21/05/2010	7	Mezcla B	6,45	245,00	17,23	245,06
5	21/05/2010	28	Mezcla B	6,45	120,00	8,44	120,03
6	21/05/2010	28	Mezcla B	6,45	125,00	8,79	125,03

Observaciones: Muestra representativas de mezcla B proporción 1:2:10% cáscara de arroz  
Apéndice (8)

**Tabla XXXII Resistencia a tensión en morteros  
norma ASTM C-190 mezcla C**

No. Cubo de obra	Fecha de fundición	Edad (días)	Briqueta representativa de la fundición	Área (cm <sup>2</sup> )	Tensión (libras)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> )
1	21/05/2010	3	Mezcla C	6,45	130,00	9,14	130,03
2	21/05/2010	3	Mezcla C	6,45	150,00	10,55	150,04
3	21/05/2010	7	Mezcla C	6,45	170,00	11,96	170,04
4	21/05/2010	7	Mezcla C	6,45	190,00	13,36	190,05
5	21/05/2010	28	Mezcla C	6,45	115,00	8,09	115,03
6	21/05/2010	28	Mezcla C	6,45	120,00	8,44	120,03

**Observaciones:** Muestra representativas de mezcla C proporción 1:3:10% cáscara de arroz  
**Apéndice (9)**

**Tabla XXXIII. Resistencia a tensión en morteros  
norma ASTM C-190 mezcla D**

No. Cubo de obra	Fecha de fundición	Edad (días)	Briqueta representativa de la fundición	Área (cm <sup>2</sup> )	Tensión (libras)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (lb./plg <sup>2</sup> )
1	21/05/2010	3	Mezcla D	6,45	155,00	10,90	155,04
2	21/05/2010	3	Mezcla D	6,45	153,00	10,76	153,04
3	21/05/2010	7	Mezcla D	6,45	200,00	14,07	200,05
4	21/05/2010	7	Mezcla D	6,45	180,00	12,66	180,04
5	21/05/2010	28	Mezcla D	6,45	50,00	3,52	50,01
6	21/05/2010	28	Mezcla D	6,45	50,00	3,52	50,01

**Observaciones:** Muestra representativas de mezcla D proporción 1:4:10% cáscara de arroz  
**Apéndice (10)**

**Figura 22. Ilustración ensayo a tensión**



**Figura 23. Ilustración ensayo a tensión**



**Figura 24. Ilustración ensayo a tensión**



**Figura 25. Ilustración ensayo a tensión**



### 4.3.2.3. Adherencia

**Tabla XXXIV. Adherencia concreto acero refuerzo**

Edad (días)	Carga (kg)		Falla	
	Mezcla A	Mezcla D	Mezcla A	Mezcla D
7	297,50	20,00	Por Adherencia	Por Adherencia
14	350,00	25,00	Fractura de Block	Por Adherencia
28	365,00	75,00	Fractura de Block	Por Adherencia

Observaciones: Muestra representativas de mezcla A proporción 1:1:10% cáscara de arroz  
Muestra representativas de mezcla D proporción 1:4:10% cáscara de arroz

Apéndice (11)

**Figura 26. Ilustración adherencia block simple**



**Figura 27. Ilustración adherencia aplicación de mezcla**





**Figura 28. Ilustración adherencia  
mezcla A aplicada**



**Figura 29. Ilustración adherencia  
mezcla D aplicada**



**Figura 30. Ilustración adherencia  
ensayo adherencia**



**Figura 31. Ilustración adherencia  
resultado del ensayo**



#### 4.3.2.4. Aislamiento térmico

**Tabla XXXV Aislamiento térmico mezcla A**

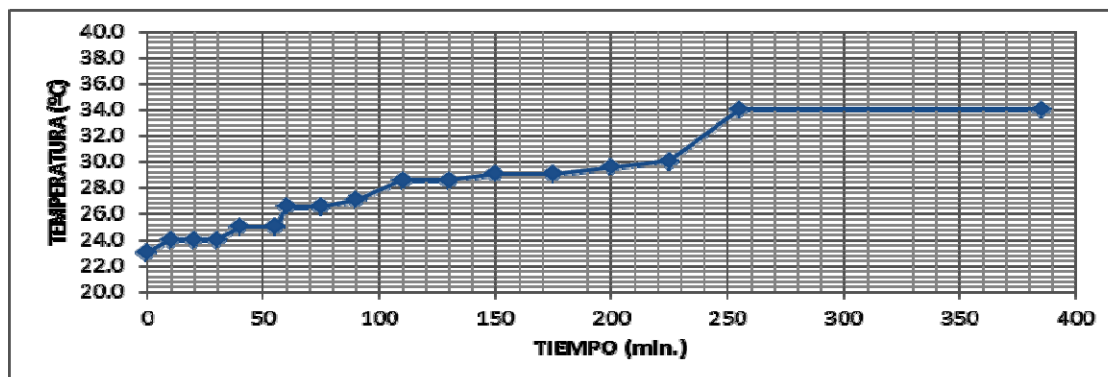
Mezcla A	
Tiempo (min.)	Temperatura (°c)
0	23.0
10	24.0
20	24.0
30	24.0
40	25.0
55	25.0
60	26.5
75	26.5
90	27.0
110	28.5
130	28.5
150	29.0
175	29.0
200	29.5
225	30.0
255	34.0
385	34.0

Observaciones

Proporción de mezcla A	1:1:10% cáscara de arroz
Distancia de lámpara	23.00 cm.
Temperatura de radiación expuesta	120 °c

Apéndice (14)

**Figura 32. Aislamiento térmico mezcla A**





**Tabla XXXVI Aislamiento térmico mezcla B**

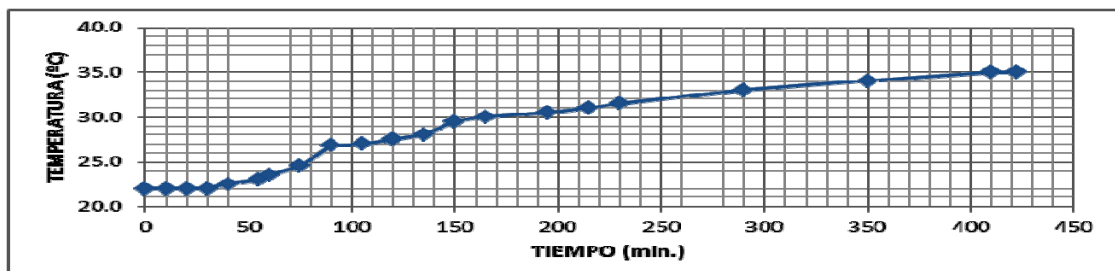
Mezcla B	
Tiempo (min.)	Temperatura (°c)
0	22.0
10	22.0
20	22.0
30	22.0
40	22.5
55	23.0
60	23.5
75	24.5
90	26.8
105	27.0
120	27.5
135	28.0
150	29.5
165	30.0
195	30.5
215	31.0
230	31.5
290	33.0
350	34.0
410	35.0
422	35.0

**Observaciones**

Proporción de mezcla B	1:2:10% cáscara de arroz
Distancia de lámpara	23.00 cm.
Temperatura de radiación expuesta	120 °c

Apéndice (15)

**Figura 33. Aislamiento térmico mezcla B**



**Figura 34. Ilustración  
aislamiento térmico**



**Figura 35. Ilustración  
aislamiento térmico**



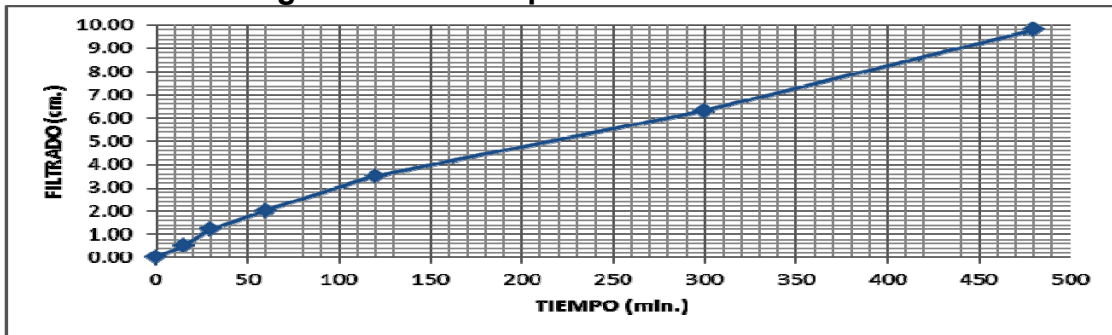
#### 4.3.2.5. Permeabilidad

**Tabla XXXVII. Permeabilidad mezcla A**

Mezcla A	
Tiempo (min.)	Filtrado (cm.)
0	0.00
15	0.50
30	1.20
60	2.00
120	3.50
300	6.30
480	9.80

Observaciones: Muestra representativas de mezcla A proporción 1:1:10% cáscara de arroz  
Apéndice (13)

**Figura 36. Gráfica permeabilidad mezcla A**



**Figura 37. Ilustración permeabilidad mezcla A**



**Figura 38. Ilustración permeabilidad mezcla A**

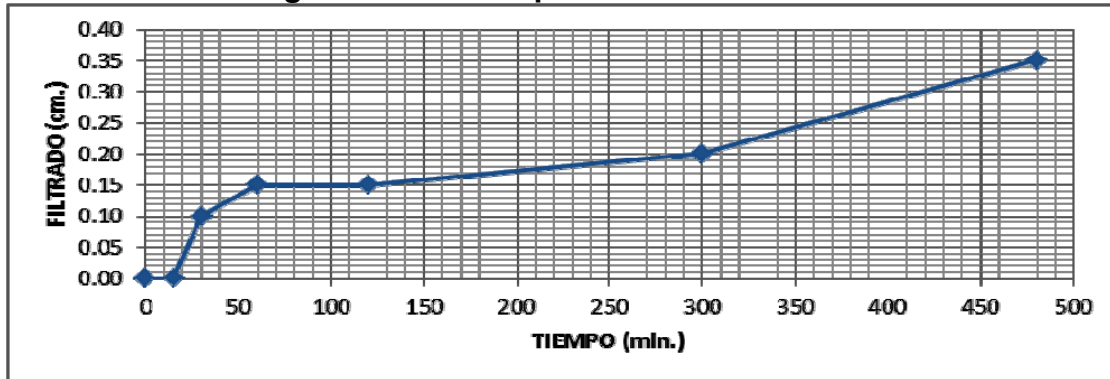


**Tabla XXXVIII. Permeabilidad mezcla B**

Mezcla B	
Tiempo (min.)	Filtrado (cm.)
0	0.00
15	0.00
30	0.10
60	0.15
120	0.15
300	0.20
480	0.35

Observaciones: Muestra representativas de mezcla B proporción 1:2:10% cáscara de arroz  
Apéndice (14)

**Figura 39. Gráfica permeabilidad mezcla B**



**Figura 40. Ilustración permeabilidad mezcla B**



**Figura 41. Ilustración permeabilidad mezcla B**



## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Materiales

#### 5.1.1. Cemento (ASTM C-150)

Cumple con las normas ASTM C 1157 type GU-28 y COGUANOR NGO 41001 tipo IP (indicadas en el saco), su aplicación puede estar condicionada por el tipo de proyecto.

#### 5.1.2. Cal (ASTM C-110)

Cumple con las normas ASTM C 206, ASTM C 207 Y COGUANOR NGO 41018 (indicadas en el saco), su aplicación puede estar condicionada por el tipo de proyecto.

#### 5.1.3. Agregado fino (**AR, CA**)

Los agregados finos utilizados son: arena de río (**AR**) y cáscara de arroz (**CA**). La arena se evalúa de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-144, en base a los resultados obtenidos se considera adecuada para morteros de mampostería.

##### 5.1.3.1. Contenido de humedad y absorción

El contenido de humedad se ve afectado por el tipo de material y la absorción, (mayor porosidad significa mejor adherencia, pero puede afectar la durabilidad), condición que hay que considerar al momento del diseño y

elaboración de la mezcla, al entrar en contacto con el agua, los capilares de la cáscara de arroz absorben un porcentaje apreciable de su peso.

De acuerdo con los resultados, la absorción y el contenido de humedad de **AR** (3.95% y 2.0%) respectivamente son valores promedio para arenas de río en Guatemala, siendo mayor la absorción de **CA**.

#### 5.1.3.2. Densidad

Se define como la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, el peso específico aparente es el más utilizado, ya que determina la cantidad de agregado en peso que se necesita para fabricar un metro cúbico de mezcla.

De acuerdo con los resultados, la densidad de **AR** (2.32) < **CA** (0.78), lo que indica que la arena de río es más pesada que la cáscara de arroz. Los valores de peso unitario compactado y suelto presentan el mismo comportamiento **AR** (1354.6, 1243.2 kg/m<sup>3</sup>) < **CA** (145.0 y 133.0 kg/m<sup>3</sup>) respectivamente, para propósitos de la dosificación de las mezclas, **A, B, C Y D**

#### 5.1.3.3. Porcentaje (%) material que pasa tamiz No. 200

Es el material fino (arcilla, agregados finos, y materiales solubles en el agua), que recubren los granos de los agregados formando una película que desmejora la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, lo cual afecta la resistencia mecánica de las mezclas.

De acuerdo con los resultados, la fracción de material fino de **AR** (5.4 %), cumple con la norma ASTM C-144, la cual establece un rango entre el 0% y 10%.

#### 5.1.3.4. Granulometría

Representa la distribución del tamaño de las partículas para cada muestra, influye en las cantidades de agua-cemento en las mezclas (debido a la variación en la superficie granular y al contenido de vacíos).

De acuerdo con los resultados, **AR** presenta una granulometría abierta con un módulo de finura de 2.76 (arena media), las fracciones que pasan los tamices número 30 y 50 están fuera de especificación (ASTM C-144), el largo promedio de **CA** está entre 7 y 9 mm (arena gruesa).

#### 5.1.3.5. Contenido de materia orgánica

La materia orgánica que se presenta en los agregados, especialmente en los finos consiste en tejidos animales y vegetales que están principalmente formados por carbono, nitrógeno y agua. Este tipo de materia al encontrarse en grandes cantidades afectan en forma nociva las propiedades del concreto, como la resistencia, durabilidad y buen desarrollo del proceso de fraguado. Por esto es importante controlar el posible contenido de materia orgánica de una arena ya que ésta es perjudicial para el concreto. El ensayo más utilizado es el colorimétrico.

El colorímetro es una tarjeta de colores que contiene cinco intensidades que van desde un ligero color amarillo hasta una coloración oscura. Como resultado tenemos que el ensayo colorimétrico a la **AR** corresponde al color # 2

(tono amarillo claro en la solución), una cantidad de materia orgánica tolerable en los agregados para preparar el concreto.

## 5.2. Elaboración y evaluación de morteros (ASTM C-270)

La adición y el tratamiento dado a la cáscara de arroz modifican las propiedades de los morteros, lo que afecta la aplicación de los métodos de ensayo normados utilizados con sin y utilizar cascarilla de arroz (difícil obtener valores cuantitativos, pero permite obtener información cualitativa).

### 5.2.1. Estado fresco

#### 5.2.1.1. Trabajabilidad

Es una medida de la facilidad de colocación del mortero, se relaciona con la consistencia (estado de fluidez) de la mezcla; para la mezcla, se midió por el método de la mesa de flujo ( $110\% \pm 5\%$ ) y se evaluó bajo el siguiente criterio: cantidad de agua necesaria para tener lectura de flujo, sin que se separen los materiales finos (cemento y arena) y el agua. El método de la mesa de flujo no es el más adecuado para obtener valores cuantitativos para los morteros con adición de cáscara de arroz, pero permite obtener información cualitativa de ellos.

#### 5.2.1.2. Retención de agua

Por medio de este ensayo se mide la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente.



De acuerdo con los resultados, **mezcla A** (42.5%) no cumple con lo indicado en la norma ASTM C-270 (75%), para los morteros **B, C y D** no se pudo evaluar debido a la dificultad para medir el flujo después de la succión (la cantidad, condiciones y las características físicas de la cáscara de arroz determinan la retención de agua a los morteros evaluados).

#### 5.2.1.3. Masa unitaria

La cantidad, condiciones y las características físicas de la cáscara de arroz determinan la masa unitaria de los morteros evaluados, marcándose una diferencia sensible entre ellos.

De acuerdo con los resultados, **mezcla A** ( $1822.0 \text{ kg/m}^3$ ) > **mezcla B** ( $1102.5 \text{ kg/m}^3$ ) > **mezcla C** ( $1052.5 \text{ kg/m}^3$ ) > **mezcla D** ( $1037.5 \text{ kg/m}^3$ ), existe un comportamiento inversamente proporcional (mayor cantidad de adición de cáscara de arroz, menor valor de masa unitaria), lo que se ve también en el rendimiento de los morteros.

#### 5.2.2. Estado endurecido

La cantidad, condiciones, las características físicas y la mineralización (con cal) que se aplicó a la cáscara de arroz determinan el comportamiento de los morteros evaluados. Es común utilizar la resistencia a compresión para calificar a los morteros por la facilidad para evaluarla, por ser morteros de acabados este valor no es el más importante. La selección del material aislante deberá basarse en su costo inicial, su eficacia, su durabilidad y su adaptabilidad a las condiciones de cada proyecto.

#### 5.2.2.1. Resistencia a compresión

Esfuerzo máximo que presenta un material a la compresión sin romperse, dividida por el área de la sección transversal que la soporta.

De acuerdo con los resultados, el desarrollo de resistencia a compresión con respecto a la edad (**f'c 3 días < f'c 7 días < f'c 28 días**) y contenido de cáscara de arroz (**f'c mezcla A < f'c mezcla B < f'c mezcla C > f' c mezcla D**), son los esperados para los morteros evaluados, con valores de f'c promedio **mezcla A** (78.02 y 131.75 Kg/cm<sup>2</sup>), f'c promedio **mezcla B** (33.46 y 62.00 Kg/cm<sup>2</sup>), f'c promedio **mezcla C** (4.27 y 12.92 Kg/cm<sup>2</sup>), f'c promedio **mezcla D** (15.05 y 29.71 Kg/cm<sup>2</sup>), para 3 y 28 días respectivamente, con esto determinamos que se alcanzo mayor resistencia a la compresión a los 28 días.

#### 5.2.2.2. Resistencia a tensión

De acuerdo con los resultados, el desarrollo de resistencia a tensión con respecto al contenido de cáscara de arroz (**f'c mezcla A < f'c mezcla B < f'c mezcla C > f'c mezcla D**), son los esperados para los morteros evaluados, con valores de f'c promedio **mezcla A** (19.87 y 16.00 Kg/cm<sup>2</sup>), f'c promedio **mezcla B** (17.06 y 8.62 Kg/cm<sup>2</sup>), f'c promedio **mezcla C** (12.66 y 8.27 Kg/cm<sup>2</sup>), f'c promedio **mezcla D** (13.37 y 3.52 Kg/cm<sup>2</sup>), para 7 y 28 días respectivamente.

#### 5.2.2.3. Adherencia

Es la propiedad que mide la facilidad o resistencia que presenta el mortero, al deslizamiento sobre la superficie del soporte en el que se aplica. Hay que considerar que los morteros evaluados son de acabados.

De acuerdo con los resultados, en el ensayo de adherencia a los 28 días de edad se pudo evaluar la **mezcla A** y alcanza una adherencia de 365 kg y presenta una falla por fractura de block, mientras en la **mezcla D** alcanza una adherencia de 75.00 kg y presenta una falla por adherencia. Con esto determinamos que a mayor cantidad de cemento se alcanza una mayor adherencia.

#### 5.2.2.4. Aislamiento térmico

En la capacidad de aislamiento térmico influyen la estructura y tipo de agregado, cantidad de cemento utilizada en el mortero. Un aislante térmico es un producto que reduce la transmisión de calor a través de la estructura donde se instala, en algunos casos la función del aislamiento térmico es desarrollada por un material o sistema diseñado para funciones completamente diferentes. En otros casos, el sistema mismo no es adecuado y un material aislante adicional es necesario para satisfacer los requerimientos relativos a la transmisión de calor.

De acuerdo con los resultados, la diferencia de lecturas entre la cara superior y la inferior de las probetas es mayor en los morteros con aplicaciones de cáscara de arroz, para 150 minutos **mezcla A (29 °C)**, **mezcla B (29.5 °C)**, lo que significa que la adición de la cáscara de arroz mejoró el comportamiento térmico en las aplicaciones realizadas.



## CONCLUSIONES

1. La densidad de arena de río es mayor a la de cascarilla de arroz, lo cual significa que a mayor cantidad de adición de cascarilla de arroz, los morteros son más livianos.
2. Se pudo observar en los ensayos a compresión, tensión y adherencia que a mayor cantidad de cascarilla de arroz, las propiedades mecánicas de los morteros disminuyen, por lo que es importante establecer un nivel medio en la aplicación de este componente.
3. La relación agua/cemento de los morteros evaluados es directamente proporcional al contenido de cascarilla de arroz (a mayor contenido de arroz, mayor cantidad de agua).
4. Se elaboraron y evaluaron morteros de mampostería con la siguiente dosificación:
  - **Mezcla A** proporción 1:1:10% cáscara de arroz
  - **Mezcla B** proporción 1:2:10% cáscara de arroz
  - **Mezcla C** proporción 1:3:10% cáscara de arroz
  - **Mezcla D** proporción 1:4:10% cáscara de arroz
5. El uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico contribuye a la capacidad de aislamiento térmico de los morteros ensayados.



## RECOMENDACIONES

1. Impulsar otros estudios sobre residuos agrícolas como materiales cementantes (cáscara de arroz, trigo, café, bagazo y la paja de la caña de azúcar).
2. Fomentar la cultura de la seguridad, exigiendo que los materiales para construcción cumplan con las normas vigentes en nuestro país.
3. Al utilizar cáscara de arroz como agregado orgánico en mezclas de morteros de acabados, se debe tener control sobre la cantidad correcta de agua añadida.
4. Utilizar morteros de acabados en los muros de las viviendas con el objeto de aumentar su durabilidad y ayudar al confort de sus ocupantes.
5. Evaluar el uso de la cáscara de arroz en elemento prefabricados (bloques, paneles y otros).
6. En obra, utilizar cajones de medición en volumen adecuado, se establecerán en forma exacta, para lograr las proporciones determinadas en el diseño del mortero y se construirán con madera o metal resistentes al uso. No se debe permitir el uso de carretillas o cajones cuyas medidas no se encuentren en directa relación con los volúmenes de diseño y deberán permitir el manipuleo fácil y adecuado de los obreros.

7. La aplicación de morteros de acabados continúa siendo a mano y es ésta una de las variables que más incide en su comportamiento final. Se recomienda implementar las medidas de control de calidad adecuadas para asegurar su desempeño.



## REFERENCIAS

1. Bizzotto, Marcela Beatriz, Natalini, Mario Bruno y Sr. Gómez, Gaspar Máximo, Ingenieros. Mini hormigones con cascarilla de arroz natural y tratada como agregado granular. Universidad Nacional del Nordeste-Facultad de Ingeniería. Argentina. 1998.
2. Da Silva Milani Ana Paula y Wesley Jorge Freire. Evaluación físico - mecánica de ladrillos de mezclas de suelo cemento-cáscara de arroz. Facultad de Ingeniería Agrícola FEAGRI/Unicamp, Campinas, Brazil. 2005.
3. Hess Alina A. ASBESTO, UN MATERIAL CONTAMINANTE. Departamento de Estabilidad, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Nordeste Argentina. 2000.
4. Gonzáles de la Cotera, Manuel. "Morteros Ligeros de Cáscara de Arroz". Lima, Perú. 2004
5. Molina Escobar Kenneth Alejandro. Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006.
6. Roldan Latorre Walter. Construcción en albañilería de bloques de cemento y su aplicación en el norte de Chile. Departamento de Ingeniería Civil Universidad Católica del Norte. 2000.

7. Salamanca Correa Rodrigo. La tecnología de los morteros. Universidad Nacional de Colombia. 2002.
8. Sánchez de Guzmán Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Colombia Bhandar editores 2001.
9. Vargas G. Emilio y Murillo R. Mario. Composición química de subproductos de trigo y arroz y de granos de maíz y sorgo. Agroindustria Costarricense, 1978.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca del Arroz, ARROZGUA. Entrevista Personal Ingeniero Agrónomo Víctor Ortiz. Octubre 2008.
2. Bizzotto, Marcela Beatriz, Natalini, Mario Bruno y Sr. Gómez, Gaspar Máximo Ingeniero. Mini hormigones con cascarilla de arroz natural tratada como agregado granular. Universidad Nacional del Nordeste-Facultad de Ingeniería. Argentina. 1998.
3. Da Silva Milani, Ana Paula y Jorge Freire Wesley. Evaluación físico mecánica de ladrillos de mezclas de suelocemento-cáscara de arroz. Facultad de Ingeniería Agrícola FEAGRI/Unicamp, Campinas, Brazil. 2005.
4. Introducción a la Acción de coordinación de proyectos de investigación 307AC0307 Residuos Agro-Industriales: Fuente Sostenible de Materiales de Construcción. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de CYTED 2007.
5. González de la Cotera, Manuel. Morteros Ligeros de Cáscara de Arroz. Lima, Perú. 2004.
6. González López Raúl y Fernando Martirena, Reciclaje de biomasas y su conversión en energía y materiales de construcción. Cuba 2005.



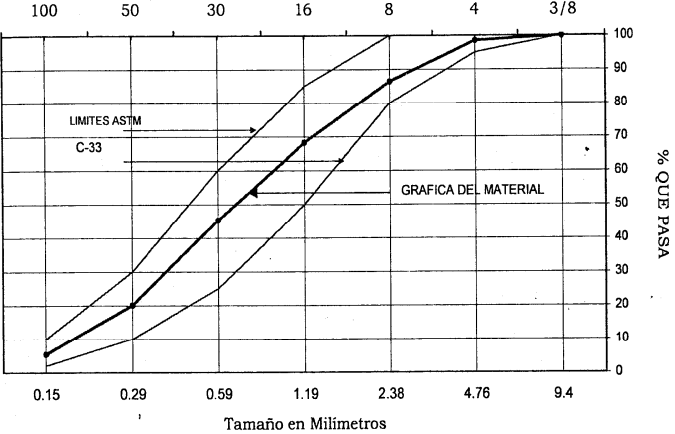


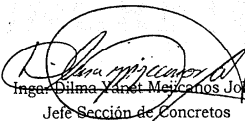

7. Hess, Alina A. Asbesto, un Material Contaminante. Departamento de Estabilidad, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Nordeste Las Heras 727, C.P. 3500, Resistencia, Chaco, Argentina. 2002
8. Juárez César, Pedro Valdez y Alejandro Durán. Fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en materiales de construcción. Documento Internet (fecha de consulta 15 de mayo de 2010).
9. Molina Escobar, Kenneth Alejandro. Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006.
10. Rochelle, Jaffe. La Mezcla en Mampostería. Entendiendo el mortero y la mampostería. 2004
11. Roldan Latorre, Walter. Construcción en albañilería de bloques de cemento y su aplicación en el norte de Chile. Departamento de Ingeniería Civil Universidad Católica del Norte. 2000.
12. Salamanca, Correa Rodrigo. La tecnología de los morteros. Universidad Nacional de Colombia. 2002.
13. Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Colombia Bhandar editores 2001.

14.Vargas G. Emilio y Mario Murillo R. “Composición química de subproductos de trigo y arroz y de granos de maíz y sorgo”. Agroindustria Costarricense, 1978.



# APÉNDICES

## 1. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Agregado fino marzo 2009

AGREGADO FINO PARA CONCRETO		 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</b>																					
INTERESADO: Danny Gerardo Flores Ibañez		INFORME No. S.C. - 258		PROYECTO: Trabajo de Graduación "Evaluación de las Cascarillas de arroz como Agregado Organico en concretos-Ligeros"																			
		MUESTRA: Agregado Fino	FECHA: 30/03/2009	O.T. No. 24775	LAB.: Concretos																		
<b>CARACTERISTICAS FISICAS:</b> <table border="1"> <tr><td>Peso Especifico</td><td>2.32</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>1354.56</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</td><td>1243.23</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacíos</td><td>41.61</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td>3.95</td></tr> <tr><td>Contenido de Materia Orgánica</td><td>2</td></tr> <tr><td>% Retenido en Tamiz 6.35</td><td>14.37</td></tr> <tr><td>% que pasa Tamiz 200</td><td>5.42</td></tr> <tr><td>Modulo de Finura</td><td>2.76</td></tr> </table>		Peso Especifico	2.32	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1354.56	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1243.23	Porcentaje de Vacíos	41.61	Porcentaje de Absorción	3.95	Contenido de Materia Orgánica	2	% Retenido en Tamiz 6.35	14.37	% que pasa Tamiz 200	5.42	Modulo de Finura	2.76				
Peso Especifico	2.32																						
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1354.56																						
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1243.23																						
Porcentaje de Vacíos	41.61																						
Porcentaje de Absorción	3.95																						
Contenido de Materia Orgánica	2																						
% Retenido en Tamiz 6.35	14.37																						
% que pasa Tamiz 200	5.42																						
Modulo de Finura	2.76																						
<b>OBSERVACIONES:</b> a) Muestra proporcionada por el interesado. b) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3.		<table border="1"> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>9.40</td> <td>4.76</td> <td>2.38</td> <td>1.19</td> <td>0.59</td> <td>0.29</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100.00</td> <td>98.48</td> <td>86.40</td> <td>68.22</td> <td>45.26</td> <td>20.10</td> <td>5.40</td> </tr> </table>				Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15	% Que pasa	100.00	98.48	86.40	68.22	45.26	20.10	5.40		
Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15																
% Que pasa	100.00	98.48	86.40	68.22	45.26	20.10	5.40																
Vo.Bo.  Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC				 Inga. Dilma Yaret Melicianos Jor Jefe Sección de Concretos																			

2. Informe Laboratorio Central OT 12755 2009-04-03.

Centro Tecnológico. Cementos Progreso.

MUESTRA		1	2	3
<b>ENSAYOS DE MEZCLA SECA</b>				
Fecha de Producción	2009-04-03	2009-04-03	2009-04-03	
Fecha de Ensayo	2009-04-17	2009-04-17	2009-04-17	
Fecha recepción de muestra	2009-04-03	2009-04-03	2009-04-03	
Peso Bruto Saco kg.	-	-	-	
Masa Unitaria Suelta kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	
Masa Unitaria Compactada kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	
% Humedad	-	-	-	
P <sup>3</sup> Mezcla Seca	-	-	-	
<b>ENSAYOS DE MEZCLA HUMEDA DE LABORATORIO</b>				
Fecha de Ensayo	2009-04-17	2009-04-17	2009-04-17	
Flow %	113	55	58	
% Retención de Agua	42	-	-	
Masa Unitaria kg/m <sup>3</sup>	1822	1102	1053	
Rel. Agua/material	0.212	0.477	0.698	
% Aire	-	-	-	
Resist. Comp. PSI 3d	-	-	-	
Resist. Comp. PSI 7d	1,596	153	41	
Resist. Comp. PSI 28d	2,268	227	110	
Adherencia PSI 28d	31	0	0	
<b>ENSAYOS DE MEZCLA HUMEDA EN CAMPO</b>				
Fecha de Ensayo	-	-	-	
Dosificación Agua/Bolsa lts.	-	-	-	
Flow %	-	-	-	
Masa Unitaria Humeda kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	
Penetración Cono (mm)	-	-	-	
P <sup>3</sup> Mezcla Humeda	-	-	-	
m <sup>2</sup> por Bolsa/3mm Espesor	-	-	-	
Rel. Agua/material	-	-	-	
Resist. Comp. PSI 3d	-	-	-	
Resist. Comp. PSI 7d	-	-	-	
Resist. Comp. PSI 14d	-	-	-	
Resist. Comp. PSI 28d	-	-	-	
Aplicación	-	-	-	
Apariencia	-	-	-	
Trabajabilidad	-	-	-	
Fisuras	-	-	-	
Acabado	-	-	-	
Tiempo Abierto <sup>5</sup> /base hrs.	-	-	-	
%Aire	-	-	-	
<b>Observaciones:</b> Masa Unitaria Suelta de la Cáscara de Arroz: 133 kg/m <sup>3</sup>				
Los resultados de ensayo se refieren a las muestras presentadas <b>NO</b> debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.				



3. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Resistencia a compresión norma ASTM C-109, julio 2010 **mezcla A**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14928

**RESISTENCIA A COMPRESION EN MORTEROS  
NORMA ASTM C-109**

INFORME No. S.C. - 397

O.T. No. 26821

HOJA 1/1

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Pérez, Carné: 92-13528  
**ASUNTO:** ENSAYO A COMPRESION EN CUBOS DE MORTERO  
**PROYECTO:** Tesis "Evaluacion del uso de la Cascarilla de Arroz como agregado organico en Morteros y Acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5 zona 18, Colonia Maya.  
**FECHA:** 20 de julio de 2,010

No CUBO DE OBRA	FECHA DE FUNDICION	EDAD en dias	CUBO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	AREA en cm <sup>2</sup>	CARGA en Kg.	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
1	21/05/2010	3	Mezcla "A"	25.806	2,050	79.44	1129.86
2	21/05/2010	3	Mezcla "A"	25.806	1,900	73.63	1047.19
3	21/05/2010	3	Mezcla "A"	25.806	2,090	80.99	1151.90
4	21/05/2010	7	Mezcla "A"	25.806	2,900	112.38	1598.34
5	21/05/2010	7	Mezcla "A"	25.806	2,700	104.63	1488.11
6	21/05/2010	7	Mezcla "A"	25.806	2,700	104.63	1488.11
7	21/05/2010	28	Mezcla "A"	25.806	3,500	135.63	1929.03
8	21/05/2010	28	Mezcla "A"	25.806	3,400	131.75	1873.91
9	21/05/2010	28	Mezcla "A"	25.806	3,300	127.88	1818.80

**OBSERVACIONES :** Muestra de mortero elaborada en laboratorio.  
Muestras representativas de Mezcla "A" proporcion: 1:1:10% cascara de arroz.

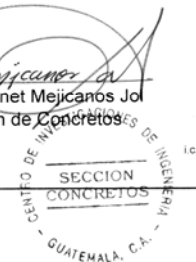
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jo  
Jefa Sección de Concretos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

4. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Resistencia a compresión norma ASTM C-109, julio 2010 **mezcla B**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14929

**RESISTENCIA A COMPRESION EN MORTEROS  
NORMA ASTM C-109**

INFORME No. S.C. - 398

O.T. No. 26821

HOJA 1/1

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Pérez, Carné: 92-13528  
**ASUNTO:** ENSAYO A COMPRESION EN CUBOS DE MORTERO  
**PROYECTO:** Tesis "Evaluacion del uso de la Cascarilla de Arroz como agregado organico en Morteros y Acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5 zona 18, Colonia Maya.  
**FECHA:** 20 de julio de 2,010

No. CUBO DE OBRA	FECHA DE FUNDICION	EDAD en dias	CUBO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	AREA en cm <sup>2</sup>	CARGA en Kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/pig <sup>2</sup>
1	21/05/2010	3	Mezcla "B"	25.806	850	32.94	468.48
2	21/05/2010	3	Mezcla "B"	25.806	820	31.78	451.94
3	21/05/2010	3	Mezcla "B"	25.806	920	35.65	507.06
4	21/05/2010	7	Mezcla "B"	25.806	1,490	57.74	821.21
5	21/05/2010	7	Mezcla "B"	25.806	1,310	50.76	722.01
6	21/05/2010	7	Mezcla "B"	25.806	1,300	50.38	716.50
7	21/05/2010	28	Mezcla "B"	25.806	1,700	65.88	936.96
8	21/05/2010	28	Mezcla "B"	25.806	1,400	54.25	771.61
9	21/05/2010	28	Mezcla "B"	25.806	1,700	65.88	936.96

**OBSERVACIONES :** Muestra de mortero elaborada en laboratorio.  
Muestras representativas de Mezcla "B" proporcion: 1:2:10% cascara de arroz.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Xaret Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

5. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Resistencia a compresión norma ASTM C-109, julio 2010 **mezcla C**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14930

**RESISTENCIA A COMPRESION EN MORTEROS  
NORMA ASTM C-109**

INFORME No. S.C. - 399

O.T. No. 26821

HOJA 1/1

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Pérez, Carné: 92-13528  
**ASUNTO:** ENSAYO A COMPRESION EN CUBOS DE MORTERO  
**PROYECTO:** Tesis "Evaluación del uso de la Cascarilla de Arroz como agregado organico en Morteros y Acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5 zona 18, Colonia Maya.  
**FECHA:** 20 de julio de 2,010

No. CUBO DE OBRA	FECHA DE FUNDICION	EDAD en días	CUBO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	AREA en cm <sup>2</sup>	CARGA en Kg.	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
1	24/05/2010	3	Mezcla "C"	25.806	100	3.88	55.12
2	24/05/2010	3	Mezcla "C"	25.806	100	3.88	55.12
3	24/05/2010	3	Mezcla "C"	25.806	130	5.04	71.65
4	24/05/2010	7	Mezcla "C"	25.806	300	11.63	165.35
5	24/05/2010	7	Mezcla "C"	25.806	200	7.75	110.23
6	24/05/2010	7	Mezcla "C"	25.806	220	8.53	121.25
7	24/05/2010	28	Mezcla "C"	25.806	400	15.50	220.46
8	24/05/2010	28	Mezcla "C"	25.806	300	11.63	165.35
9	24/05/2010	28	Mezcla "C"	25.806	300	11.63	165.35

**OBSERVACIONES :** Muestra de mortero elaborada en laboratorio.  
Muestras representativas de Mezcla "C" proporcion: 1:3:10% cascara de arroz.

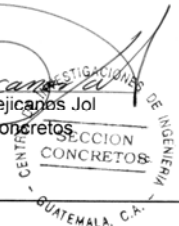
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

6. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Resistencia a compresión norma ASTM C-109, julio 2010 **mezcla D**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14931

**RESISTENCIA A COMPRESION EN MORTEROS**

**NORMA ASTM C-109**

INFORME No. S.C. - 400

O.T. No. 26821

HOJA 1/1

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Pérez, Carné: 92-13528  
**ASUNTO:** ENSAYO A COMPRESION EN CUBOS DE MORTERO  
**PROYECTO:** Tesis "Evaluacion del uso de la Cascarilla de Arroz como agregado organico en Morteros y Acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5 zona 18, Colonia Maya.  
**FECHA:** 20 de julio de 2,010

No. CUBO DE OBRA	FECHA DE FUNDICION	EDAD en días	CUBO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	AREA en cm <sup>2</sup>	CARGA en Kg.	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
1	24/05/2010	3	Mezcla "D"	25.806	400	15.50	220.46
2	24/05/2010	3	Mezcla "D"	25.806	375	14.53	206.68
3	24/05/2010	3	Mezcla "D"	25.806	390	15.11	214.95
4	24/05/2010	7	Mezcla "D"	25.806	500	19.38	275.58
5	24/05/2010	7	Mezcla "D"	25.806	550	21.31	303.13
6	24/05/2010	7	Mezcla "D"	25.806	600	23.25	330.69
7	24/05/2010	28	Mezcla "D"	25.806	750	29.06	413.36
8	24/05/2010	28	Mezcla "D"	25.806	800	31.00	440.92
9	24/05/2010	28	Mezcla "D"	25.806	750	29.06	413.36

**OBSERVACIONES :** Muestra de mortero elaborada en laboratorio.  
Muestras representativas de Mezcla "D" proporcion: 1:4:10% cascara de arroz.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora CII/USAC



*[Signature]*  
Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Pagina web: <http://cii.usac.edu.gt>

7. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Resistencia a tensión norma ASTM C-190, julio 2010 **mezcla A**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14936

**RESISTENCIA DE TENSION DE MORTERO**  
**NORMA ASTM C-190**  
INFORME No. S.C. - 406  
HOJA 1/1

O.T. No. 26821

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Pérez, Carné: 92-13528  
**ASUNTO:** ENSAYO A TENSION  
**PROYECTO:** Tesis "Evaluación del uso de la Cascarilla de Arroz como agregado organico en Morteros y Acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5 zona 18, Colonia Maya.  
**FECHA:** 20 de Julio de 2010

No. Briqueta	FECHA DE FUNDICION	EDAD en dias	BRIQUETA REPRESENTATIVA DE LA FUNDICION	Area en cm <sup>2</sup>	Tension en libras	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
1	21/05/2010	3	Mezcla "A"	6.450	210	14.77	210.05
2	21/05/2010	3	Mezcla "A"	6.450	215	15.12	215.05
3	21/05/2010	7	Mezcla "A"	6.450	285	20.04	285.07
4	21/05/2010	7	Mezcla "A"	6.450	280	19.69	280.07
5	21/05/2010	28	Mezcla "A"	6.450	200	14.07	200.05
6	21/05/2010	28	Mezcla "A"	6.450	255	17.93	255.06

**OBSERVACIONES :** Muestra de mortero elaborada en laboratorio.  
Muestras representativas de Mezcla "A" proporcion: 1:1:10% cascara de arroz.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora. CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Méjicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

8. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Resistencia a tensión norma ASTM C-190, julio 2010 **mezcla B**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14937

**RESISTENCIA DE TENSION DE MORTERO**

**NORMA ASTM C-190**

INFORME No. S.C. - 407

O.T. No. 26821

HOJA 1/1

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Pérez, Carné: 92-13528  
**ASUNTO:** ENSAYO A TENSION  
**PROYECTO:** Tesis "Evaluación del uso de la Cascarilla de Arroz como agregado orgánico en Morteros y Acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5 zona 18, Colonia Maya.  
**FECHA:** 20 de Julio de 2010

No. Briqueta	FECHA DE FUNDICION	EDAD en dias	BRIQUETA REPRESENTATIVA DE LA FUNDICION	Area en cm <sup>2</sup>	Tension en libras	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
1	21/05/2010	3	Mezcla "B"	6.450	200	14.07	200.05
2	21/05/2010	3	Mezcla "B"	6.450	210	14.77	210.05
3	21/05/2010	7	Mezcla "B"	6.450	240	16.88	240.06
4	21/05/2010	7	Mezcla "B"	6.450	245	17.23	245.06
5	21/05/2010	28	Mezcla "B"	6.450	120	8.44	120.03
6	21/05/2010	28	Mezcla "B"	6.450	125	8.79	125.03

**OBSERVACIONES :** Muestra de mortero elaborada en laboratorio.  
Muestras representativas de Mezcla "B" proporcion: 1:2:10% cascara de arroz.

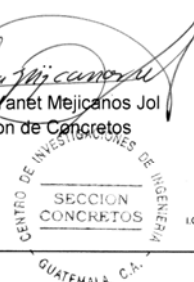
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora. CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



9. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Resistencia a tensión  
norma ASTM C-190, julio 2010 **mezcla C**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14938

**RESISTENCIA DE TENSION DE MORTERO**  
**NORMA ASTM C-190**  
INFORME No. S.C. - 408  
HOJA 1/1

O.T. No. 26821

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Pérez, Carné: 92-13528  
**ASUNTO:** ENSAYO A TENSION  
**PROYECTO:** Tesis "Evaluación del uso de la Cascarilla de Arroz como agregado organico en Morteros y Acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5 zona 18, Colonia Maya.  
**FECHA:** 20 de Julio de 2010

No. Briqueta	FECHA DE FUNDICION	EDAD en dias	BRIQUETA REPRESENTATIVA DE LA FUNDICION	Area en cm <sup>2</sup>	Tension en libras	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
1	24/05/2010	3	Mezcla "C"	6.450	130	9.14	130.03
2	24/05/2010	3	Mezcla "C"	6.450	150	10.55	150.04
3	24/05/2010	7	Mezcla "C"	6.450	170	11.96	170.04
4	24/05/2010	7	Mezcla "C"	6.450	190	13.36	190.05
5	24/05/2010	28	Mezcla "C"	6.450	115	8.09	115.03
6	24/05/2010	28	Mezcla "C"	6.450	120	8.44	120.03

**OBSERVACIONES :** Muestra de mortero elaborada en laboratorio.  
Muestras representativas de Mezcla "C" proporcion: 1:3:10% cascara de arroz.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora. CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

10. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Resistencia a tensión  
norma ASTM C-190, julio 2010 **mezcla D**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14939

**RESISTENCIA DE TENSION DE MORTERO**

**NORMA ASTM C-190**

INFORME No. S.C. - 409

O.T. No. 26821

HOJA 1/1

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Pérez, Carné: 92-13528  
**ASUNTO:** ENSAYO A TENSION  
**PROYECTO:** Tesis "Evaluación del uso de la Cascarilla de Arroz como  
agregado organico en Morteros y Acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5 zona 18, Colonia Maya.  
**FECHA:** 20 de Julio de 2010

No. Briqueta	FECHA DE FUNDICION	EDAD en dias	BRIQUETA REPRESENTATIVA DE LA FUNDICION	Area en cm <sup>2</sup>	Tension en libras	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
1	24/05/2010	3	Mezcla "D"	6.450	155	10.90	155.04
2	24/05/2010	3	Mezcla "D"	6.450	153	10.76	153.04
3	24/05/2010	7	Mezcla "D"	6.450	200	14.07	200.05
4	24/05/2010	7	Mezcla "D"	6.450	180	12.66	180.04
5	24/05/2010	28	Mezcla "D"	6.450	50	3.52	50.01
6	24/05/2010	28	Mezcla "D"	6.450	50	3.52	50.01

**OBSERVACIONES :** Muestra de mortero elaborada en laboratorio.  
Muestras representativas de Mezcla "D" proporcion: 1:4:10% cascara de arroz.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora. CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



11. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Adherencia Concreto-acero de refuerzo, julio 2010 mezclas A y D



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 14917

O.T. No.: 26822

INFORME No.: S.C.-394

INTERESADO: Giancarlo Chur Perez, Carné No. 92-13528  
 PROYECTO: Tesis "Evaluación del uso de la Cascarilla de Arroz como Agregado Organico en Morteros y Acabados"  
 ASUNTO: Adherencia concreto-acero de Refuerzo  
 FECHA: 19 de julio de 2010.

RESULTADOS:

EDAD (días)	CARGA (Kg)		FALLA	
	MEZCLA A	MEZCLA D	MEZCLA A	MEZCLA D
7	297.5	20	Por Adherencia	Por Adherencia
14	350	25	Fractura de Block	Por Adherencia
28	365	75	Fractura de Block	Por Adherencia

OBSERVACIONES:

\* Muestra Proporcionada por el Interesado.

Atentamente,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Agregados y Concretos

Vo. Bo.

Inga. Teima Maricela Cano Morales  
Director CII/USAC



m.c.

12. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Permeabilidad, julio 2010  
**mezcla B**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



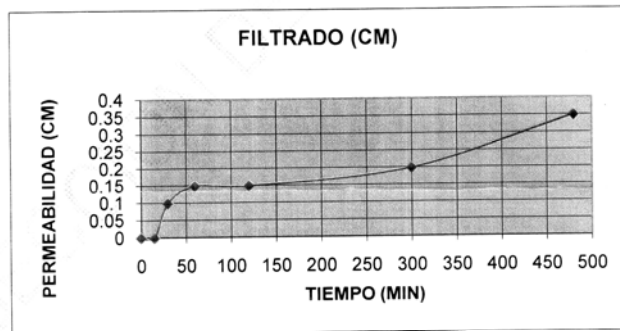
Nº 14900

**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**  
 INFORME No. S.C. - 387  
 HOJA 1/4

O.T. No. 26823

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Perez, Carnè: No. 92-13528  
**ASUNTO:** Permeabilidad  
**PROYECTO:** Tesis: "Evaluacion del uso de la cascarrilla de Arroz como Agregado organico en morteros y acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5, Zona 18, Col. Maya  
**FECHA:** 15 de Julio de 2010

MEZCLA "B"	
Tiempo (min)	Filtrado (cm)
0	0
15	0
30	0.1
60	0.15
120	0.15
300	0.2
480	0.35



Observaciones:  
 Proporción de la mezcla: 1:2: 10% cascara de arroz

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
 Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jd  
 Jefa Sección de Concretos



E.R.

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

13. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Permeabilidad, julio 2010  
mezcla A



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



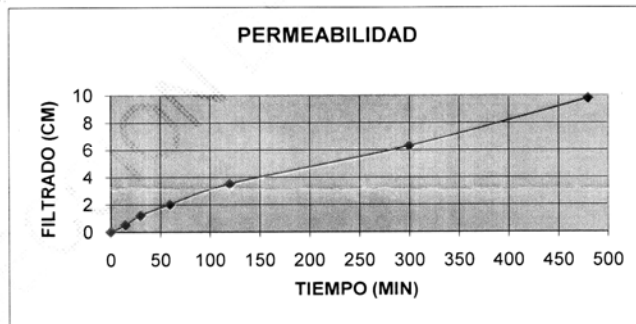
Nº 14901

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO  
INFORME No. S.C. - 388  
HOJA 2/4

O.T. No. 26823

INTERESADO: Giancarlo Chur Perez, Carnè: No. 92-13528  
ASUNTO: Permeabilidad  
PROYECTO: Tesis: "Evaluacion del uso de la cascarilla de Arroz como Agregado organico en morteros y acabados"  
DIRECCION: Lote 568 "A" Manzana 5, Zona 18, Col. Maya  
FECHA: 15 de julio de 2010

MEZCLA "A"	
Tiempo (min)	Filtrado (cm)
0	0
15	0.5
30	1.2
60	2
120	3.5
300	6.3
480	9.8



Observaciones:  
Proporcion de la mezcla: 1:1: 10% cascara de arroz

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



EMG

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

14. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Aislamiento térmico,  
julio 2010 **mezcla A**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



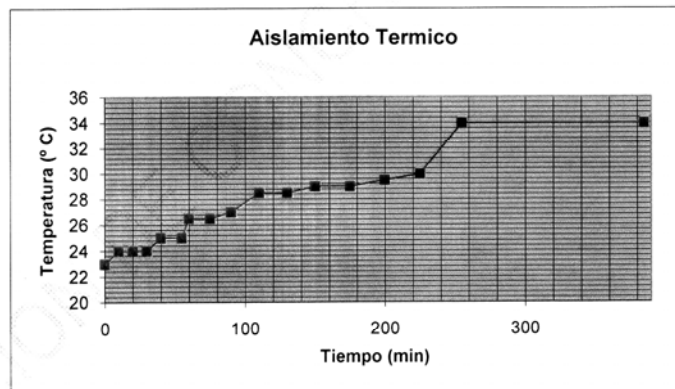
Nº 14902

**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**  
INFORME No. S.C. - 389  
HOJA 3/4

O.T. No. 26823

**INTERESADO:** Giancarlo Chur Perez, Carnè: No. 92-13528  
**ASUNTO:** Aislamiento Termico  
**PROYECTO:** Tesis: "Evaluacion del uso de la cascarilla de Arroz como Agregado organico en morteros y acabados"  
**DIRECCION:** Lote 568 "A" Manzana 5, Zona 18, Col. Maya  
**FECHA:** 15 de julio de 2010

MEZCLA "A"	
Tiempo (min)	Temp. (°c)
0	23
10	24
20	24
30	24
40	25
55	25
60	26.5
75	26.5
90	27
110	28.5
130	28.5
150	29
175	29
200	29.5
225	30
255	34
385	34



**Observaciones:**  
Proporcion de la mezcla: 1:1: 10% cascara de arroz  
Distancia de lampara: 23 cm.  
Temperatura de Radiacion Expuesta: 120 °C

Vo.Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
Directora CII/USAC



*[Signature]*  
Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



E.R.

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

15. Informe Sección de Concretos CII, USAC. Aislamiento térmico,  
julio 2010 mezcla B



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



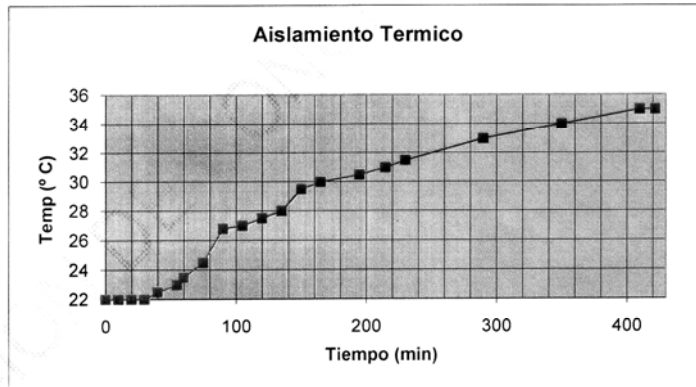
Nº 14903

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO  
INFORME No. S.C. - 390  
HOJA 4/4

O.T. No. 26823

INTERESADO: Giancarlo Chur Perez, Carné: No. 92-13528  
ASUNTO: Aislamiento Térmico  
PROYECTO: Tesis: "Evaluación del uso de la cascarilla de Arroz como Agregado orgánico en morteros y acabados"  
DIRECCION: Lote 568 "A" Manzana 5, Zona 18, Col. Maya  
FECHA: 15 de julio de 2010

MEZCLA "B"	
Tiempo (min)	Temp. (°C)
0	22
10	22
20	22
30	22
40	22.5
55	23
60	23.5
75	24.5
90	26.8
105	27
120	27.5
135	28
150	29.5
165	30
195	30.5
215	31
230	31.5
290	33
350	34
410	35
422	35



Observaciones:  
Proporción de la mezcla: 1:2: 10% cascara de arroz  
Distancia de lámpara: 23 cm.  
Temperatura de Radiación Expuesta: 120 °C

Vo.Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jor  
Jefa Sección de Concretos



E.R.