

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS EN
ADOQUINES DE CONCRETO FABRICADOS CON ARENA CALIZA
Y ARENA DE RIO**

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Ingeniería

POR

**HÉCTOR RENÉ HERNÁNDEZ ANDRADE
Y
CARLOS RAUL HERNÁNDEZ ANDRADE**

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1,999.



FACULTAD DE INGENIERIA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presentamos a su consideración nuestro trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS EN ADOQUINES DE CONCRETO FABRICADOS CON ARENA CALIZA Y ARENA DE RÍO.

Tema que nos fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 11 de octubre de 1,996.


HÉCTOR RENÉ HERNÁNDEZ ANDRADE


CARLOS RAÚL HERNÁNDEZ ANDRADE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I:	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II:	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III:	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV:	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL V:	Br. Mauricio Grajeda Mariscal
SECRETARIA:	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR:	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR:	Ing. Edgar Vinicio Quiñonez de la Cruz
EXAMINADOR:	Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López



Guatemala, 24 de Noviembre de 1,997

Ingeniero
Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador del Area de Materiales
Facultad de Ingenieria
Presente.

Ing. Quiñonez:

Por medio de la presente informo a usted que he revisado el trabajo de tesis titulado "ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS EN ADOQUINES DE CONCRETO FABRICADOS CON ARENA CALIZA Y ARENA DE RIO", el cual fue realizado por los estudiantes Héctor R. Hernández Andrade y Carlos R. Hernández.

El estudio presenta resultados de las mezclas de concreto utilizando como agregado arena caliza y arena de río con adición de escoria de piedra triturada y hace una evaluación de las características Físico-Mecánicas con diferentes porcentajes de escoria de piedra triturada en fabricación de adoquines de concreto, considerándolo de gran importancia para la ingeniería de nuestro medio.

Por lo que me permito recomendar su aprobación.

Sin otro particular me es grato suscribirme de usted,

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. José Rolando Barrios M.
ASESOR - INVESTIGADOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,
27 de Septiembre de 1999

*Ingeniero Jack Douglas Ibarra
Director de la Escuela
De Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería*

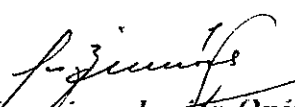
Señor Director

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de tesis ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS EN ADOQUINES DE CONCRETO FABRICADOS CON ARENA CALIZA Y ARENA DE RIO, desarrollado por los estudiantes universitarios Hector R. Hernández Andrade y Carlos R. Hernández Andrade, quienes contaron con la asesoría del Ingeniero Rolando Barrios Morataya.

Considero que el trabajo cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"D Y ESEÑAD A TODOS"


*Ing. Francisco Javier Quiñonez
Coordinador Area de Materiales*

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. José Rolando Barrios Morataya y del Coordinador del Area de Materiales Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, del trabajo de tesis de los estudiantes Héctor René Hernández Andrade y Carlos Raúl Hernández Andrade, titulado ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS EN ADOQUINES DE CONCRETO FABRICADOS CON ARENA CALIZA Y ARENA DE RIO, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, septiembre de 1,999

/bbdeb.

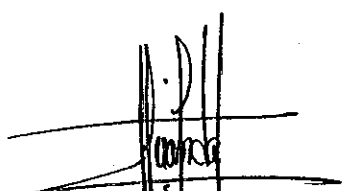
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



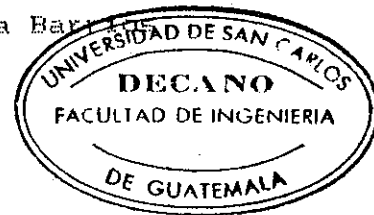
FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS EN ADOQUINES DE CONCRETO FABRICADOS CON ARENA CALIZA Y ARENA DE RIO, de los estudiantes Héctor René Hernández Andrade y Carlos Raúl Hernández Andrade, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barahona

DECANO



Guatemala, septiembre de 1,999

AGRADECIMIENTOS A:

- *Dios, que nos dio la vida, e iluminó nuestra camino
Para lograr culminar nuestra carrera profesional.*

- *Alicia Castillo de Paniagua, José Lorenzo Paniagua Monterroso
(Q.E.P.D.), Ercilia Castillo Montenegro (Q.E.P.D.), por su
colaboración y apoyo espiritual y moral brindado en todo momento.*

- *Dr. Israel Hernández por su colaboración en el inicio de nuestra
carrera.*

- *Al personal de la sección de Tecnología de Materiales del Centro
de Investigaciones de Ingeniería por su valiosa colaboración para la
realización de este trabajo.*

ACTO QUE DEDICAMOS A:

NUESTROS PADRES:

*Carlos Humberto Hernández Ceballos
María Cristina Andrade Balcarcel.
Por todo el amor y el apoyo a lo largo de
nuestras vidas.*

NUESTROS HERMANOS:

*Orlando, Erik, José, Juan Carlos, Carlos
Humerto, Carlos Rodolfo, Yoselin, Wilson
Por su apoyo incondicional*

MI NOVIA:

Gladys Álvarez

NUESTRAS ABUELAS:

*Isabel Balcarcel (Q.E.P.D.)
Jenoveba Ceballos
Con mucho cariño*

ÍNDICE

	<i>Página</i>
<i>GLOSARIO</i>	1
<i>INTRODUCCIÓN</i>	3
<i>OBJETIVOS</i>	5
 CAPÍTULO I	
 NORMALIZACIÓN	
<i>1.1 Especificaciones para Evaluación de Propiedades Mecánicas</i>	6
<i>1.1.1 Norma Colombiana INCONTEC</i>	6
<i>1.1.2 Norma Española UNE</i>	6
<i>1.1.3 Norma Alemana DIN</i>	6
 <i>1.2 Requisitos Geométricos</i>	 7
<i>1.2.1 Norma Colombiana INCONTEC</i>	7
<i>1.2.1.1 Dimensionales</i>	7
<i>1.2.1.2 Tolerancias</i>	7
<i>1.2.2 Norma belga</i>	8
<i>1.2.2.1 Adoquines Rectangulares</i>	8
 <i>1.3 Métodos de Ensayo Propuestos para los adoquines</i>	 9
<i>1.3.1 Norma Colombiana INCONTEC</i>	9
<i>1.3.1.1 Determinación del módulo de ruptura</i>	9
<i>1.3.2 Norma Española UNE</i>	13
<i>1.3.2.1 Ensayo de Compresión</i>	13
<i>1.3.2.2 Ensayo de Desgaste por Rozamiento</i>	13
<i>1.3.3 Norma Alemana DIN</i>	14
<i>1.3.3.1 Ensayo de Compresión</i>	14
<i>1.3.3.2 Desgaste o Abrasión</i>	15
 CAPÍTULO II	
 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ARENA CALIZA	
 <i>2.1 Reacciones químicas de los Agregados</i>	 16
<i>2.1.1 Reacciones ALCALI-Agregado</i>	16
<i>2.1.2 Reacciones Expansión Alkali-Carbonato</i>	17
<i>2.1.3 Reacciones Alkali-Silice</i>	17
<i>2.1.4 Otras Reacciones</i>	18

2.2	<i>Normas Aplicables</i>	18
2.3	<i>Resultados Composición Química de la arena Caliza</i>	18

CAPÍTULO III

ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LA ARENA CALIZA

3.1	<i>Aspectos Generales del Examen Petrográfico de Agregados finos para Concreto.</i>	19
3.2	<i>Significados y usos</i>	20
3.3	<i>Resultados del Informe Técnico</i>	21

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS FÍSICO DE LOS AGREGADOS

4.1	<i>Propiedades del agregado</i>	23
4.1.1	<i>Análisis Granulométrico</i>	23
4.1.2	<i>Peso Volumétrico</i>	25
4.1.3	<i>Tamiz 200</i>	25
4.1.4	<i>Peso Específico</i>	26
4.1.5	<i>Porcentaje de Absorción</i>	26
4.1.6	<i>Contenido de Materia Orgánica</i>	26
4.1.7	<i>Porcentaje de Vacíos</i>	27
4.1.8	<i>Módulo de Finura</i>	27
4.2	<i>Análisis y Tabulación de Resultados</i>	27
4.2.1.	<i>Análisis de Resultados Aplicando la norma ASTM C-33</i>	27

CAPÍTULO V

ELABORACIÓN DE MEZCLAS

5.1	<i>Las normas que se deben cumplir</i>	30
5.2	<i>Proporciones utilizadas en la fabricación</i>	30
5.2.1	<i>Proporciones utilizadas como agregados finos</i>	
	<i>La arena de río y arena caliza</i>	30
5.3	<i>Elaboración de Cilindros</i>	31

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MEZCLAS

6.1	<i>Resultados de las mezclas</i>	34
6.1.1	<i>Análisis Comparativo</i>	37
6.2	<i>Resistencia a Compresión</i>	38

CAPÍTULO VII

FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

7.1	<i>Forma Convencional</i>	43
7.2	<i>Tecnología Convencional</i>	43
7.3	<i>Maquinaria</i>	43
7.4	<i>Tecnología a usar</i>	43
7.5	<i>Proporciones Seleccionadas</i>	45
7.6	<i>Fabricación de Adoquines</i>	46
7.7	<i>Sistema de Curado</i>	46

CAPÍTULO VIII

ENSAYOS SOBRE ADOQUINES FABRICADOS

8.1	<i>Especificaciones</i>	48
8.1.1	<i>Dimensiones</i>	48
8.1.2	<i>Color</i>	48
8.1.3	<i>Textura</i>	48
8.2	<i>Absorción</i>	48
8.3	<i>Resistencia a la Compresión</i>	49

CAPÍTULO IX

ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1	<i>Análisis de las propiedades físicas</i>	50
9.1.1	<i>Dimensiones</i>	51
9.1.2	<i>Color</i>	52
9.1.3	<i>Peso</i>	52
9.2	<i>Análisis de las Propiedades Mecánicas</i>	53

9.2.1	<i>Absorción</i>	53
9.2.2	<i>Resistencia a la Compresión</i>	58
9.3	<i>Análisis Estadístico</i>	65

CAPÍTULO X

MUESTREO Y ENSAYOS

10.1	<i>Muestreo</i>	68
10.1.1	<i>Inventario de Fabricas</i>	68
10.1.2	<i>Elección de fabricas para muestreo</i>	68
10.2	<i>Ensayos</i>	70
10.3	<i>Evaluación de muestreo realizado en las fabricas</i>	70
10.3.1	<i>Proporciones usadas para la elaboración</i>	
	<i>De las mezclas de concreto</i>	70
10.3.2	<i>Trabajabilidad de la mezcla</i>	70
10.3.3	<i>Tipo de Fabrica</i>	70
10.3.4	<i>Método de Curado</i>	71
10.3.5	<i>Tipo de cemento y agua utilizada en la</i>	
	<i>Fabricación del adoquín</i>	71
10.4	<i>Evaluación de Ensayos de adoquín</i>	71
10.4.1	<i>Examen visual, Forma y Medidas</i>	71
10.4.2	<i>Espesor</i>	72
10.4.3	<i>Resultado de los ensayos</i>	72
10.4.3.1	<i>Porcentaje de Absorción</i>	73
10.4.3.2	<i>Resistencia a la Compresión</i>	73

CONCLUSIONES 74

RECOMENDACIONES 76

REFERENCIAS 77

BIBLIOGRAFÍA 78

GLOSARIO

1. **AGREGADOS;**
Son materiales pétreos, inertes, resultantes de la desintegración de las rocas o de la trituración de las mismas.
2. **CALIZAS**
Rocas naturales con contenido de carbonato de calcio. Se llama caliza dolomita a la que además tiene carbonato de magnesio.
3. **CEMENTO PORTLAND**
Es un cemento hidráulico producido por la pulverización del clinker, consistente esencialmente de silicato de calcio hidráulico; usualmente contiene una o más formas de sulfato de calcio, agregado durante la molienda del clinker, cumple con las especificaciones de la norma COGUANOR NGO 41005.
4. **CONCRETO U HORMIGÓN**
Material compuesto, que consiste esencialmente de un medio aglomerante dentro del cual están embebidas partículas o fragmentos de agregado; en el hormigón de cemento hidráulico el aglomerante está formado por una mezcla de cemento hidráulico y agua.
5. **CURADO**
Control de humedad, temperatura y en algunos casos de presión, durante un período de tiempo determinado, a partir del inicio del fraguado para que el concreto adquiera la resistencia requerida.
6. **ESCORIA TRITURADA**
Material que resulta de la trituración artificial de las rocas calizas, en el cual sustancialmente todos los fragmentos tienen caras originadas por la acción de la trituración.
7. **EXUDACIÓN**
Flujo natural de una parte del agua utilizada en la mezcla de concreto o mortero fresco, debido al asentamiento de los materiales sólidos dentro de la masa, también llamada ganancia de agua.

8. **METEORIZACIÓN**
Conjunto de procesos externos que provocan la alteración de rocas superficiales; puede ser química, mecánica, física y biológica.
9. **NORMAS**
Disposiciones que regulan las pruebas de materiales, son de conocimiento general.
10. **PETROGRAFÍA**
Parte de la geología que pone énfasis en la descripción de las rocas, desde el punto de vista de la textura, mineralogía y composición química.
11. **RELACIÓN AGUA - CEMENTO**
Relación que existe entre la masa de agua y la masa de cemento en una mezcla de hormigón o mortero; este valor preferiblemente se establece como una fracción decimal, también expresada en porcentaje.
12. **TAMIZ**
Malla metálica de abertura de tamaño uniforme. Sirve para clasificar los agregados o suelos, haciendo que éstos pasen por dichas mallas.
13. **TENACIDAD**
Propiedad mecánica definida como la resistencia que opone un material a la rotura.
14. **TEXTURA**
Apariencia que se observa en la superficie pulida de una roca homogénea o arreglo mineral que se debe al grado de cristalización tamaño y forma de los cristales.
15. **TRABAJABILIDAD O MANEJABILIDAD**
Conjunto de propiedades del concreto que determinan la facilidad y homogeneidad del mezclado, colocado, compactación y acabado.

INTRODUCCION

Dado que en Guatemala no hay un estudio completo sobre la fabricación de adoquines y debida a la creciente demanda de éstos, se realizó el presente estudio sobre las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto. En este estudio se utilizaron arena caliza y arena de río como agregados finos, con adición de escoria de piedra triturada, con lo cual se buscó obtener mejores resultados en costo o calidad.

A la vez, se compararon las propiedades físico-mecánicas de los adoquines fabricados con las dos clases de agregados.

En el capítulo inicial se describen las normas existentes, las cuales sirven de base de comparación, seguidamente se presenta una evaluación de proceso de fabricación y los ensayos propuestos para mayor exactitud en los resultados de ensayos.

Posteriormente se procedió al análisis químico de la arena caliza, sus componentes y características principales; luego se realiza una descripción del análisis petrográfico, como también se describen las propiedades físicas de los agregados, y a la vez el análisis de los resultados.

Se procede a enunciar el método utilizado en la elaboración de mezclas, como también en la elaboración de especímenes cilíndricos de dichas mezclas. De lo anterior se hace el análisis de los resultados.

Se describe el procedimiento en la elaboración y la cantidad de muestras de adoquines de concreto. Se analizan los resultados de las pruebas en los adoquines fabricados.

En los resultados obtenidos se realizó un análisis estadístico.

Se recabó información sobre las fabricas de adoquines muestrados, existentes en la ciudad capital; a través de entrevistas, visitas y encuestas.

Finalmente como conclusión más importante se determinó que la arena caliza en comparación con la arena de río, es un agregado de gran beneficio para las propiedades físico-mecánicas en la fabricación de adoquines, ya que se obtuvieron mejores resultados de resistencia a compresión y absorción. Los adoquines fabricados con este agregado pueden usarse en la pavimentación de calles de tráfico liviano y pesado.

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar las propiedades fisico-mecánicas en adoquines, fabricados con arena caliza y arena de río con adición de escoria de piedra triturada.

ESPECIFICOS

- 1. Establecer las ventajas y desventajas de la arena caliza en comparación con la arena de río.*
- 2. Determinar la mejor proporción para la fabricación de adoquines.*
- 3. Realizar un muestreo de adoquines de concreto para analizar su calidad, en las diferentes fábricas encuestadas en la ciudad de Guatemala.*

CAPÍTULO I

NORMALIZACIÓN

En este punto se exponen las normas para los ensayos sobre adoquín, indicando los métodos y valores mínimos que éstos deben cumplir.

1.1 ESPECIFICACIONES MÍNIMAS

1.1.1 Norma Colombiana "ICONTEC"

Los adoquines ensayados, tendrán un módulo de ruptura promedio, para la muestra, no menor de 4.5 MPa (45.9 kg/cm²), e individual no menor de 3.6 Mpa (36.7 kg/cm²).

1.1.2 Norma Española "UNE"

La resistencia a la compresión para adoquines de piedra utilizables en la pavimentación, es bastante exigente ya que su valor no será inferior a 127.49 Mpa(1300 kgf/cm²), para un espesor no indicado. En cuanto a la prueba de desgaste establece que dicho coeficiente no será inferior a 0.13 cm³/cm² equivalente a 6.5 cm³/50cm².

Dicho coeficiente no será inferior a 0.13 cm³/cm² equivalente a 6.5 cm³/50cm².

1.1.3 Norma Alemana "DIN"

La resistencia a la compresión se especifica solamente la que se fija a su vez en la relación con la altura del adoquín, de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla No. 1

Altura Espesor cm	Resistencia a compresión Mínima	
	kg/cm ²	Mpa.
20	600	58.86
16	612	60.02
14	618	60.61
12	624	61.69
10	630	61.78
08	636	62.37

En cuanto a la resistencia al desgaste se indica en el ensayo normal, la pérdida volumétrica no debe exceder de 15 cm³/50 cm² y la disminución de espesor no debe exceder de 3mm.

1.2 REQUISITOS GEOMÉTRICOS

1.2.1 Colombiana "ICONTEC"

1.2.1.1 Dimensionales

La longitud (largo del adoquín Ver figura 2), no será mayor de 250mm

Espesor: El espesor no será menor de 60mm y se preferirán dimensiones múltiples de 20mm así: 60, 80, 100, 120 y 140 mm.

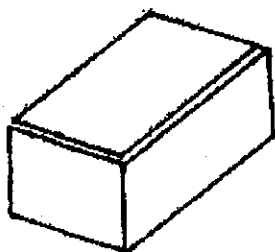
1.2.1.2 Tolerancias

La tolerancia en el espesor será más o menos 3mm de la medida especificada por el productor.

1.2.2 Norma "Belga" NBNB 21-311

1.2.2.1 Adoquines Rectangulares

TIPO A



TIPO B

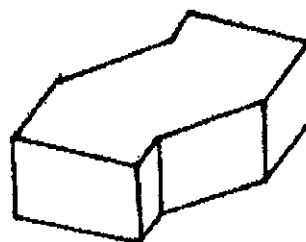


Tabla No. 2

Tipo	Dimensiones Nominales (mm)			Tolerancias Admitidas (mm)		
	Long.	Ancho	Altura	Long.	Ancho	Altura
A	220	107	80	(+ -)2.4	(+ -) 2.4	(+ -) 4.0
	220	107	100	(+ -) 3.0	(+ -) 3.0	(+ -) 5.0
	220	130	130	(+ -) 3.9	(+ -) 3.9	(+ -) 6.5
B	(1)		80	(2)		(+ -) 4.0
	(1)		100	(2)		(+ -) 5.0
	(1)		130	(2)		(+ -) 6.5

Consideraciones:

- 1. La proyección de un plano horizontal de la cara de desgaste, chaflanada y redondeada está comprendida entre 180 y 500 cm².*
- 2. Las tolerancias admitidas en las dimensiones nominales definen las dimensiones totales del adoquín, éstas son de (+ -) 3% de la altura nominal.*
- 3. Ciertos fabricantes suministran adoquines con espesores inferiores a 80mm. Éstos son utilizados para recubrimiento no solicitados por el tráfico, es decir, para pavimentos con tráfico liviano.*

1.3 MÉTODOS DE ENSAYO PROPUESTOS PARA LOS ADOQUINES

1.3.1 Norma Colombiana "ICONTEC"

1.3.1.1 Determinación del módulo de Ruptura

Principio del método: Cada adoquín se debe llevar hasta la ruptura, por flexión, como una viga simplemente apoyada, cuyo eje coincidirá con el eje mayor del rectángulo inscrito mediante la aplicación de una carga uniformemente distribuida a lo ancho del adoquín y sobre la proyección, en la superficie de desgaste, del eje menor del rectángulo inscrito (ver figura No. 2).

PROCEDIMIENTO

- a) El adoquín se debe colocar en la máquina de ensayo con la superficie de desgaste hacia arriba. Como apoyos y elementos de transmisión de carga se deben utilizar tres varillas lisas de acero, del mismo diámetro, el cual debe estar comprendido entre 9.50mm y 16.00 mm y con una longitud igual o mayor que el ancho respectivo del adoquín en el eje de contacto.*
- b) Las varillas de apoyo se deben colocar paralelas entre sí, perpendiculares al eje mayor del rectángulo inscrito y con la proyección vertical de su eje (punto de apoyo), 10mm hacia adentro de los lados menores del rectángulo inscrito. La varilla para la transmisión de carga se debe colocar en la superficie de*

La varilla para la transmisión de carga se debe colocar en la superficie de desgaste sobre la proyección del eje menor del rectángulo inscrito, como lo indica la figura 2.

- c) *La carga se debe aplicar a una velocidad que produzca un aumento en el esfuerzo cercano a 0.5Mpa por segundo (5.09 kg/cm^{2-s}).*

CÁLCULO

- a) *El módulo de ruptura resistencia a flexo-tensión del hormigón debe calcularse para cada adoquín según la siguiente fórmula:*

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Donde:

MR = *Módulo de rotura, en Mpa*

P = *Carga de Rotura en N.*

L = *Distancia entre los ejes de los apoyos equivalentes a la longitud del eje mayor del rectángulo inscrito menos 20mm, en mm.*

B = *Longitud del eje menor del rectángulo inscrito, en mm.*

H = *Espesor del adoquín en mm.*

- b) *El valor calculado para el módulo de ruptura, en N/mm², se dará en la Unidad Equivalente Mpa, con una exactitud de 0.1.*

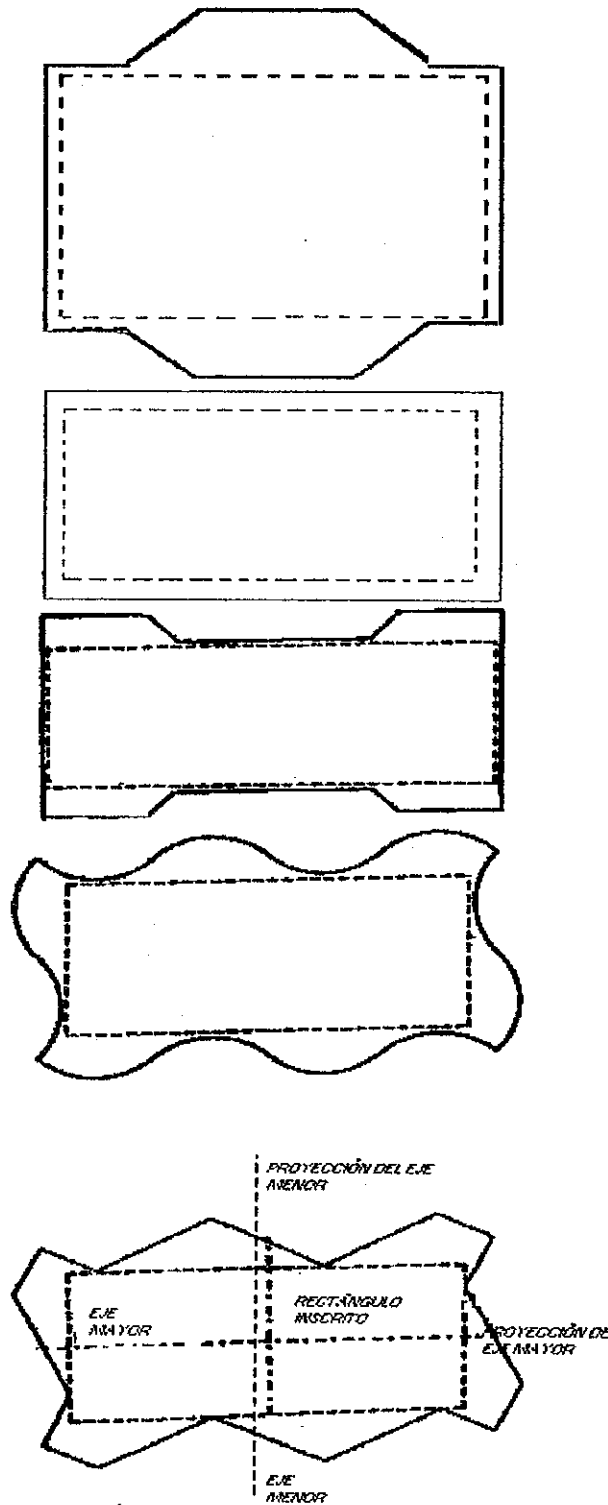


FIGURA 2. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE UN ADOQUÍN Y ESQUEMA DEL

Figura 1. Determinación del rectángulo inscrito, sus ejes y las proyecciones de éstos, para algunos adoquines.

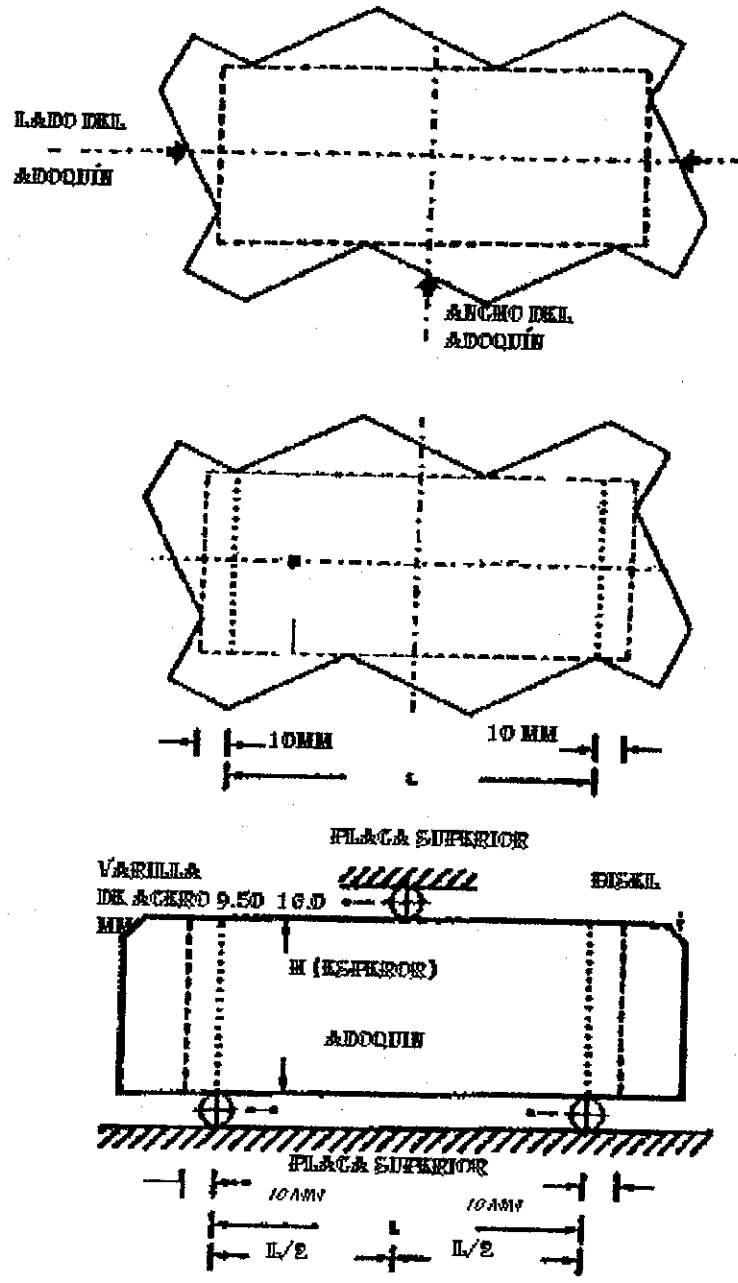


FIGURA 1. DETERMINACIÓN DEL RECTÁNGULO INSCRITO, SUS EJES Y LAS PROYECCIONES DE ÉSTOS, PARA ALGUNOS ADOQUINES

Figura 2. Determinación de las dimensiones de un adoquín y esquema del ensayo a flexión.

1.3.2 Norma Española "UNE"

1.3.2.1 Ensayo de Compresión

Este ensayo se realizará en 6 probetas extraídas de los adoquines, éstas serán cubos de 7cm de lado, teniendo dos de sus caras aproximadamente paralelas a la superficie de rajadura. Las probetas se marcarán con señal indeleble, en dirección normal a la superficie de rodadura.

Para realizar este ensayo será necesario una máquina apta para compresión y capaz de proporcionar una carga total de 150 toneladas. La aplicación de la carga no ha de exceder de 13.73 Mpa/min. (140 kgf/cm²/min.).

1.3.2.2 Ensayo de Desgaste por Razonamiento

Las probetas tendrán forma cúbica, de 7cm de lado y se cortarán con sierra, cuidando especialmente que las cargas sean perfectamente paralelas.

Para la ejecución de este ensayo serán necesarios los aparatos siguientes:

- a.1) Una plataforma giratoria, cuya velocidad sea de 30 RPM, ésta tendrá su superficie paralela a otro plato en el que se fijará la PROBETA.*
- a.2) Dispositivo mediante el cual se podrá comprimir la probeta entre los platos con una presión de 0.5 MPa (0.6kgf/cm²).*
- a.3) Dispositivos por los cuales se podrá verter abrasivo y agua en las superficies de rozamiento.*
- a.4) Contador de vueltas.*
- b) Balanza hidrostática.*
- c) Balanza de sensibilidad no inferior a 0.0001g.*
- d) Calibrador que apreciará 0.1mm para medir los lados de la probeta.*

El proceso operativo se inicia colocando la probeta, puesta la máquina en marcha se va vertiendo el abrasivo y el agua de manera uniforme, después de someter la probeta a un recorrido total de 1000 m se saca de la máquina y se limpia cuidadosamente. Terminado el desgaste por una de las caras del cubo, se repite el ensayo sucesivamente por cada una de las otras dos que forman triedro con la anterior.

En este ensayo se utiliza como abrasivo Carborundo, cuyos granos estén comprendidos entre un tamiz 0.32 y otro 0.63 Une 7050 y en una cantidad de 1g por cm² de superficie sometida al desgaste. La cantidad de agua que se añade es la que salga de un tubo de 2+0.2mm de diámetro, de forma que caigan 12 gotas por minuto sobre la plataforma en que se realiza el desgaste.

Después del desgaste de cada probeta, se determinará nuevamente su volumen por el procedimiento de la balanza Hidrostática y se dividirá la pérdida de volumen por la superficie ensayada, con lo que se obtendrá el desgaste lineal de cada cubo. El ensayo deberá realizarse sobre dos probetas distintas del mismo material, dando como resultado definitivo la media aritmética de los desgastes lineales de cada una, expresada con un error inferior a 0.1mm.

1.3.3 Norma Alemana "DIN"

1.3.3.1 Ensayo de Compresión

Las probetas serán utilizadas en la regla del cubo con un largo de arista de 50 mm (+ -) 2mm ó del cilindro con un diámetro de 50mm (+ -) 2mm y una altura de 50mm (+ -) 2mm. El número debe ser de 5 adoquines completos, colocados entre placas de presión idéntica.

La altura de las probetas, incluyendo la capa de nivelación o coronamiento, debe ser por lo menos 0.9 del lado menor de la cara de compresión del adoquín. Las aristas de los cubos cortados deben tener una longitud mínima de 80mm. Si existe conicidad en las paredes laterales del adoquín y si la misma no excede del 5% de altura, los adoquines pueden probarse en forma entera. La resistencia debe, sin embargo, calcularse sobre un área que represente el valor medio de las áreas de presión.

Las probetas deben ser ensayadas de tal forma que la presión sea perpendicular a la superficie de desgaste del adoquín. Las caras escogidas como caras de presión deben ser paralelas y lisas. Dichas caras deben esmerilarse o nivelarse con una superficie de mortero de cemento de 5mm de espesor.

Durante el ensayo, la carga se aplica despacio y en forma continua. El esfuerzo debe aumentar desde 0.19 Mpa/seg ($2\text{kgf/cm}^2/\text{Seg}$ a $3\text{kgf/cm}^2/\text{seg}$) y la velocidad será tal que la rotura, un poco interna, dure de 60 a 90 segundos. La resistencia obtenida expresada en Mpa(kgf/cm^2), se redondea al valor entero más cercano.

1.3.3.2 Desgaste o Abrasión (prueba de desgaste).

Para la prueba de abrasión se utilizarán probetas en forma de cubo de 71mm (+ -) 1.5, por arista. Las probetas serán secadas a temperatura de 100°C hasta alcanzar peso constante y deberán pre-esmerilarse.

Para iniciar el ensayo se realizan 5 períodos de 22 vueltas; en la primera cara, lo cual se repetirá en las tres caras restantes de la probeta, el ensayo produce un total de 440 vueltas que equivalen a 608m de recorrido. El carril de desgaste será espolvoreado con el abrasivo, en una proporción aproximada de 20g por cada período, luego será puesto en movimiento el disco. Después de un período deberá limpiarse el disco de desgaste y el área de prueba de la probeta.

El cálculo del volumen desgastado, se hará por medida directa, usando un vernier o calculando la densidad del bloque y utilizando la fórmula:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}}$$

CAPÍTULO II

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ARENA CALIZA

En el contenido de este capítulo se analizan los porcentajes de carbonato de calcio (CaCO_3) y de carbonato de magnesio (MgCO_3), así como impurezas presentes en la arena caliza. Se tiene como propósito determinar si este material es químicamente adecuado o no para utilizarlo como agregado del concreto.

La muestra de aproximadamente 300 gramos de material a analizar, se obtuvo del material adquirido para tal efecto, en la empresa productora, la cual se llevó al laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, para efectuar el análisis correspondiente.

2.1 REACCIONES QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS

En estructuras de concreto, se ha observado que se encuentran daños por cambio de volumen, agrietaduras, y a veces hasta explosiones internas, las cuales provocan deterioro; lo cual se debe al desconocimiento de los componentes de los agregados que ocasiona reacciones químicas en combinación con la pasta de cemento portland, temperaturas altas o bajas, etc.

2.1.1 REACCIONES ÁLCALI-AGREGADO

En el concreto se han observado algunas reacciones químicas nocivas entre el agregado y la pasta de cemento circundante. La más común ocurre entre los componentes reactivos de la sílice del agregado y los álcalis del cemento. La reacción empieza con el ataque sobre los minerales silíceos del agregado procedentes de los hidróxidos alcalinos, derivados de los álcalis del cemento. En consecuencia, se forma un gel de álcalis y silicatos, y se produce una alteración de los límites del agregado.

Otros factores que influyen en el desarrollo de la reacción entre el álcalis y el agregado, son la existencia de agua no evaporable en la pasta y la permeabilidad de ésta. La humedad es necesaria y la reacción se acelera en condiciones de humedad y secado sucesivos.

La temperatura acelera la reacción, por lo menos dentro de la gama de 10 a 30 grados centígrados. Por lo tanto, puede verse que el problema de reacción entre el álcalis y agregados se vuelve complejo, debido a la intervención de factores químicos y físicos.

2.1.2 REACCIONES EXPANSIONAL ÁLCALI -CARBONATO

Algunas rocas carbonatadas reaccionan con los álcali, provocando expansión y agrietamiento perjudiciales. Las reacciones que afectan al concreto, generalmente se asocian con calizas dolomíticas arcillosas. En este caso, sucede un proceso de dolomitización que lleva a la formación de brucita y a la regeneración del álcali; esto es, que el álcali existente es consumido durante la reacción. La presencia de minerales arcillosos puede ser significativa y su aumento de volumen, cuando quedan expuestos a la humedad durante el proceso de dolomitización, es la base de una de las posibles explicaciones de la reacción.

El concreto afectado por la reacción expansiva álcali-carbonato, se caracteriza por un patrón de agrietamiento, generalmente, más desarrollado en las partes de la estructura en la que el concreto tiene una constante de renovación de humedad.

Entre los procedimientos recomendados para disminuir la reactividad álcali-carbonato están: evitar el empleo de rocas reactivas por medio de una extracción selectiva, dilución con agregados no reactivos o el uso de un tamaño mínimo, aplicación de un concreto de bajo contenido álcali (posiblemente un 0.4% de álcali combinado o menos).

2.1.3 REACCIONES ÁLCALI -SÍLICE

La reacción de los álcali (Na_2O y K_2O), procedente del cemento o de otras fuentes, con el hidróxido de potasio, sodio y calcio, con los componentes silíceos de los agregados, provocan decrementos de volumen y concentración del concreto por desecación.

Las sustancias reactivas presente en las rocas, minerales y sustancias que pueden causar reacciones dañinas en el concreto son: ópalo, calcedonia, algunas formas de cuarzo, cristobalita, tridimita; cristales riolíticos, dacíticos, latíticos,

andesíticos o productos cripto cristalinos de la descristalización y cristales silíceos sintéticos.

Para cualquier fuente que se pretenda extraer material, con el fin de utilizarlo como agregado del concreto, se recomienda practicarle las siguientes pruebas: examen petrográfico, prueba química y de barra de mortero, para determinar la reactividad potencial.

2.1.4 OTRAS REACCIONES

Dentro de otras reacciones químicas, se encuentra la de oxidación de hidratación de ciertos óxidos minerales inestables, sulfatos y sulfitos (óxido de magnesio anhidro, óxido de calcio, sulfato de calcio y oxidación de pirita); impurezas de los agregados tal como el hierro metálico y materia orgánica.

2.2. NORMAS APLICABLES

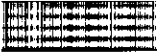
Las normas que se aplican al análisis químico de la arena caliza son: COGUANOR NGO 41019, COGUANOR 7001, COGUANOR 41018 y COGUANOR 41021; ASTM C 227 y ASTM 589.

2.3. RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ARENA CALIZA

A continuación se presentan los principales factores de los resultados del análisis químico de la arena caliza, del informe de laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería. (Ver Apéndice A).

Tabla No. 3

PARÁMETRO (%)	MUESTRA
CaCO ₃	87.3
MgCO ₃	4.2
Fe	0.0001
Al	3.7



CAPÍTULO III

ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LA ARENA CALIZA

3.1 ASPECTOS GENERALES DEL EXAMEN PETROGRÁFICO DE AGREGADOS FINOS PARA CONCRETO.

A continuación se explican los procedimientos para el examen petrográfico de muestras de materiales propuestos para ser utilizados como agregados de concreto. El procedimiento a utilizar depende del propósito para el cual se va a efectuar el examen y del origen y naturaleza de las muestras. En algunos casos para realizar la descripción, puede necesitarse el uso de microscopios especiales. Un examen petrográfico completo, para propósitos particulares y con componentes seleccionados, puede requerir procedimientos adicionales como: análisis de difracción de rayos X, análisis térmico diferencial, espectroscopia infrarroja u otros análisis, los cuales pueden ser más rápidos y definitivos que un examen microscópico.

Los exámenes petrográficos son hechos para los siguientes propósitos

- 1. Para determinar las características físicas y químicas de los materiales.*
- 2. Describir y clasificar los componentes.*
- 3. Determinar la cantidad relativa de los componentes petrográficos y/o mineralógicos de la muestra.*
- 4. Comparar muestras de agregados de diferentes fuentes.*

La identificación de los componentes de una muestra de agregados es el primer paso para formarse una idea de las propiedades que influyen en el comportamiento del material, pero no es una conclusión por sí misma. El valor del examen petrográfico depende de la representatividad de la muestra, de lo completa y exacta que esté la información proporcionada por el petrógrafo, así como la experiencia para correlacionar los datos obtenidos de este examen.

Se pretende hacer un bosquejo, para que quienes hagan uso de la norma, seleccionen adecuadamente los aspectos que se requieren y la forma en que dichas técnicas puedan ser apropiadamente empleadas en el examen de muestras para agregados de concreto.

Los nombres de rocas que figuran en la norma ASTM C-294 (nomenclatura descriptiva de los componentes de agregados minerales naturales), podrían ser usadas cuando sean apropiados para reportes preparados para esta práctica (norma ASTM C-295).

La norma ASTM C-295 puede involucrar materiales, equipo y operaciones peligrosas, no se pretende escribir una guía de seguridad de problemas relacionados con su uso. Esto es responsabilidad de quien las quiera utilizar.

3.2 SIGNIFICADO Y USOS:

- a. El examen petrográfico de agregados usados para concreto hidráulico es uno de los aspectos de la evaluación. Tiene otros usos, sin embargo no pueden ser empleados para todos los casos ni para todo el tiempo, el examen petrográfico proporciona información de tipos y variedades de rocas en agregados potenciales, pero no es necesaria la identificación detallada de todas las rocas y minerales presentes en un banco
- b. El examen debe establecer si el agregado posee minerales químicamente inestables, como sulfatos solubles y/o sulfuros inestables (que formen ácido sulfúrico o creen esfuerzos en el concreto expuesto a altas temperaturas), y materiales volumétricamente inestables como la esmecitas (minerales de arcillas expansivas montmorillonitas-saponitas). Las especificaciones pueden limitar las cantidades de cuarzo, en los agregados para uso en concreto que pueda estar sujeto a altas temperaturas, por la conversión del cuarzo sometido a temperaturas elevadas (573 grados centígrados o 1063 grados Fahrenheit).
- c. El examen petrográfico podría identificar la proporción de cada componente de agregado (estado de partículas meteorizadas o alteradas de otra manera); el grado de la meteorización o alteración, si es severa, moderada o leve, debería determinar la proporción de cada tipo de roca en cada condición.
- d. Los exámenes petrográficos pueden también ser usados para determinar las proporciones por forma de las partículas (cúbicas, esféricas, elipsoidales, piramidales, tubulares, planas y alargadas), en una muestra o muestras de agregado. Partículas planas, alargadas, y super delgadas, semejantes a astillas, en agregados incrementan el agua de mezcla requerida y disminuye la resistencia del concreto.

- e. *El examen petrográfico debería identificar y llamar la atención sobre componentes reactivos potencialmente de álcali-carbonato, determinados científicamente y recomendar ensayos adicionales para confirmar o refutar su presencia en cantidades significativas de componentes de agregados capaces de generar una reacción con los álcalis del cemento. Estas prácticas están referidas en las especificaciones ASTM C-33. Los componentes de la reacción álcali-silice incluyen: ópalo, cristobalita, tridmita, cristal volcánico, cristal siliceo, y volcánicos intermedios, jaspe, rocas, volcánicas ácidas, cristales siliceos sintéticos, algunas pizarras y filitas, grawaca metamórfica, rocas conteniendo cuarzo con alto metamorfismo semejantes a grawaca, esquistos, gneis, granito gnóstico, vetas de cuarzo, cuarzita y arenisca.*

Existen criterios disponibles en la literatura mineralógica para la identificación de los minerales listados anteriormente por medio de sus propiedades ópticas por difracción de rayos X, o ambos, y en literatura petrológica y petrográfica por medio de su composición mineral y textura en secciones delgadas (algunas veces también asistido por difracción de rayos X para compuestos minerales), las rocas potencialmente dañinas (por reacción de álcali-carbonato), son generalmente dolomitas calcáreas o calizas dolomíticas con residuos insolubles, principalmente cuarzo.

- f. *El exámen petrográfico puede ser especialmente dirigido a la posible presencia de contaminantes en los agregados tales como cristales sintéticos, cenizas escorias de carbón o ceniza de carbón, óxido de magnesio, óxido de calcio (o ambos), suelo, hidrocarburos, químicos que pueden afectar al comportamiento del concreto colocado o las propiedades de los agregados, excremento animal, plantas o raíces de vegetación y algunos otros contaminantes que pueden resultar indeseables en el concreto.*

3.3 RESULTADOS DEL INFORME TÉCNICO

A continuación se detallan los resultados del análisis petrográfico, donde se proporcionó una muestra de arena caliza, al Ing. Julio Roberto Luna, asesor, investigador del Centro de Estudios Superiores de Energías y Minas, el cual realizó dicho estudio según el informe técnico del análisis petrográfico. (Apéndice A).

<i>IDENTIFICACIÓN</i>	<i>ARENA</i>
<i>PRESENTACIÓN</i>	<i>MATERIAL GRANULAR TAMAÑO ARENA</i>
<i>PROCEDENCIA</i>	<i>LA PEDRERA, ZONA 6, GUATEMALA</i>
<i>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Y/O PETROGRÁFICA</i>	<i>PRINCIPALMENTE FRAGMENTOS DE ROCA CALIZA, MINERALES DE CALCITA Y DOLOMITA.</i>
<i>COMPOSICIÓN QUÍMICA</i>	<i>CaCO₃, MgCO₃, Fe, Al, otros</i>
<i>NOMBRE</i>	<i>ARENA CARBONÁTICA</i>

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS FÍSICO DE LOS AGREGADOS

Se sabe, que en toda mezcla de concreto, el agregado ocupa, por lo menos, tres cuartas partes del volumen, motivo por el cual es de gran importancia el control de su calidad. El agregado limita la resistencia del concreto, ya que con un agregado débil no se puede producir concreto resistente y además, afecta mucho la durabilidad y comportamiento del concreto endurecido.

Por lo anterior, se decidió estudiar las propiedades de los agregados, fino y grueso, tomando como base métodos de ensayo utilizados para analizar las propiedades de los materiales que se utilizan en la elaboración de la mezcla de concreto, según las normas COGUANOR y/o ASTM, que son las que se utilizan como base para este tipo de ensayos en el país.

4.1. PROPIEDADES DEL AGREGADO

El análisis granulométrico, la gravedad específica, la absorción, el contenido de humedad del agregado fino y del grueso, y el peso volumétrico compactado en seco del agregado grueso, son propiedades físicas esenciales para los cálculos de la mezcla. Otros ensayos que pueden ser aconsejables para trabajos grandes o especiales son el examen petrográfico y ensayos de la reactividad química, durabilidad, resistencia a la abrasión y presencia de diferentes sustancias dañinas; todos estos ensayos dan información valiosa para juzgar la calidad final del concreto y para proyectar las mezclas.

4.1.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Se da ese nombre a la operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales contiene partículas del mismo tamaño. Los tamices son aberturas cuadradas y sus propiedades son descritas en la norma británica BS 410.

Antes de efectuar el análisis granulométrico es preciso secar la muestra con aire, a fin de evitar que los terrones de partículas finas se clasifiquen como si fueran partículas gruesas, así como para que no se tapen los tamices finos.

En el medio guatemalteco se aplican a los agregados las especificaciones: ASTM C33, ASTM C144, AASHTO T84, AASHTO M80, y COGUANOR NGO 41007. En las cuales se establece que: las cantidades de agregado fino que pasan los tamices No. 50 y 100 afectan la manejabilidad, facilitan mejores acabados, la textura superficial y la exudación del concreto. En las especificaciones se permite que el tamiz No. 50 deje pasar del 10 al 30%. Un agregado cuyas características son óptimas en su totalidad dará un buen concreto.

El agregado fino no debe tener más del 45% retenido entre dos tamices estándar consecutivos.

Otro requisito, para que la mezcla sea trabajable, es que debe contener suficiente material cuyo tamaño sea menor de un tamiz de 300 micrones (No. 50 ASTM).

Los agregados de granulométrias discontinuas son aquellos en los cuales faltan algunos tamaños de partículas. La falta de dos o más tamaños sucesivos puede producir problemas de segregación.

Los límites granulométricos para agregado fino, como es analizado en el laboratorio de Concretos, se basan en la norma ASTM C-33, que son descritos a continuación.

<i>Malla</i>	<i>% de materiales que pasa</i>
3/8" (9.5 mm)	100
No. 4 (4.75 mm)	95 a 100
No. 8 (2.36 mm)	80 a 100
No. 16 (1.18 mm)	50 a 85
No. 30 (600 micrones)	25 a 60
No. 50 (300 micrones)	10 a 30
No. 100 (150 micrones)	2 a 10

Los resultados de análisis granulométricos se pueden entender mejor si se presentan gráficamente, por ello se utilizan las curvas granulométricas. Al utilizarlas es posible ver, simultáneamente, si la granulometría de una muestra se ajusta a las especificaciones; si es demasiado gruesa o fina, o bien deficiente en un tamaño en particular.

Se debe decir que no existe curva granulométrica ideal, pero hay que tratar de lograrla. Además de los requisitos físicos, no se debe olvidar el aspecto económico; el concreto debe ser fabricado con materiales que se puedan producir a bajo costo, de manera que no se pongan límites a los agregados.

La granulometría es de vital importancia en el proporcionamiento de las mezclas, aunque su función exacta, en términos matemáticos, todavía no se conoce completamente.

4.1.2 PESO VOLUMÉTRICO

En Guatemala se manejan los agregados por volumen, por lo cual, se requiere conocer el peso de agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario, el cual se conoce como peso volumétrico.

Los métodos para determinar las masas unitarias volumétricas de los agregados se describen en la norma ASTM C29. La masa unitaria volumétrica de los agregados para usarse en varios tipos de concreto son: para concreto aislante liviano, de 100 a 1100; para concreto estructural liviano de 500 a 1100; para concreto de masa normal de 1200 a 1750; y para concreto de gran masa de 1750 kg/m³ en adelante.

4.1.3 TAMIZ 200

El porcentaje que pasa el tamiz 200, según la descripción que se obtiene al consultar la norma COGUANOR NGO 41006, representa aquel material muy fino, que ya no se incluye en la definición de agregado fino; por lo tanto implica tener presente cierta cantidad de polvillo, resultante de la trituración de la roca.

La presencia de un porcentaje muy elevado de material que pasa este tamiz, representa contar con un material que en lugar de mejorar las características de la mezcla, implica mayor relación agua-cemento, con la consiguiente disminución de sus propiedades.

4.1.4 PESO ESPECÍFICO

El peso específico se define como la relación entre el peso de un volumen dado de material y el peso de un volumen igual de agua destilada a 20 grados centígrados. El peso específico debe estar entre 2.45 y 2.75. (Ref. No. 1).

4.1.5 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

La absorción, según la norma COGUANOR NGO 41006, se define como el proceso por el cual un líquido es arrastrado dentro de un cuerpo sólido poroso y tiende a llenar los poros permeables del mismo. En el caso del concreto y agregados, el líquido es el agua y el incremento de masa se expresa como porcentaje, referido a la masa seca del cuerpo, el cual se considera seco cuando ha sido tratado por un medio apropiado, para remover el agua no combinada, tal como el secado hasta masa constante, a una temperatura entre 100 y 110 grado centígrados.

La porosidad de los agregados, su impermeabilidad y absorción influyen en propiedades como la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, así como en la resistencia de la mezcla. La caliza tiene una porosidad, en porcentaje, entre 0 y 37.6. (Ref. No. 1).

La absorción y la humedad superficial se determinan al seguir los lineamientos descritos en las normas ASTM C70, C127 y C128; con el objeto de controlar la proporción de agua en la mezcla.

La arena aumenta de volumen cuando se encuentra húmeda y se patea o se mueve de alguna otra forma, por esta razón no se recomienda la dosificación por volumen.

4.1.6 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica que se encuentra en el agregado suele proceder de la descomposición de materia vegetal y se manifiesta como humus o marga orgánica.

Es una sustancia perjudicial que debe conocerse su contenido, ya que afecta en el fraguado, endurecimiento, produce deterioro, la hidratación del cemento y si está en alto grado puede reducir la resistencia. El análisis se basa en las normas ASTM C-40 y ASTM C-87.

4.1.7 PORCENTAJE DE VACÍOS

El porcentaje de vacíos está asociado con el porcentaje de absorción, si existen vacíos en un material, tendrá mayor capacidad de absorber agua.

El porcentaje de vacíos normal debe estar comprendido entre 36 y 38 (Ref. No. 1).

4.1.8 MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura se obtiene de la suma de los porcentajes acumulados de los agregados retenidos en los tamices estándar, dividida por 100.

Es un indicador de la finura de los granos de un agregado. Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas.

El módulo de finura debe estar comprendida entre 2.3 y 3.1, no debe variar más de 0.20 del valor supuesto al elegir las proporciones de agregados (Ref. No. 1).

Eligiendo los agregados, inicialmente por observación visual, se hizo analizar en el laboratorio del CII, para conocer las características físicas de éstos. (Ver apéndice A).

4.2. ANÁLISIS Y TABULACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS APLICANDO LA NORMA ASTM-C33

De las cuatro muestras que fueron analizadas, y como se puede observar en los gráficos del informe final del CII (ver apéndice A), la muestra del agregado fino de arena caliza es la que presenta una distribución uniforme, y que cumple con el rango del tamaño de los tamices, mientras que la muestra agregado fino de arena de río se observa que no rebasa los límites fijados por la norma ASTM C-33, la cual se encuentra ubicada cerca del límite máximo, e inclusive se hace notar que el agregado grueso de pedrín de 3/8" y la escoria de piedra triturada,

independientemente el uno del otro, están fuera de límites de la norma ASTM C-33.

Tabla No. 4

Cuadro de resultados obtenidos al ensayar los agregados aplicando los procedimientos de la norma ASTM C-33

Agregados	Arena caliza	Arena de río	Piedrin 3/8"	Escoria de piedra triturada
Peso Especifico	2.73	2.35	2.65	2.70
Peso Unitario (Kg/m ³)	1854.00	1179.0	1613.0	1890.0
Porcentaje de Vacíos	32.0	49.8	39.1	30.0
Porcentaje de Absorción	0.46	4.6	1.52	0.36
Contenido de Materia Orgánica	No tiene	# 3	-----	No tiene
Porcentaje que pasa Tamiz 200	6.7	2.32	-----	12.14

Fuente: Apéndice A

En lo que se refiere al agregado fino utilizado, el peso específico que debe estar entre los valores de 2.45 y 2.75, (inciso 4.1.4), cumpliendo únicamente la arena caliza; el peso unitario clasifica a la arena caliza con un valor de 1854 kg/m³, en concreto de gran masa y la arena de río con 1179 kg/m³, en concreto estructural liviano; el porcentaje de vacíos que debe estar entre 36 y 38%, (inciso 4.1.7), se observa que para la arena de río no cumple, y la arena caliza con un porcentaje de vacíos de 32%, por lo consiguiente el porcentaje de absorción es bajo y la hace impermeable; el contenido de materia orgánica no debe ser mayor que el número 3.1 y cumplen las dos arenas; el porcentaje máximo que deberá pasar el tamiz 200 es de 5% según el resultado del análisis cumple únicamente la arena de río.

CAPÍTULO V

ELABORACIÓN DE MEZCLAS

La utilización del concreto abarca un amplio campo en estructuras de diversos tipos y tamaños, diseñadas para usos distintos y expuestas a muy variadas acciones. Los agregados son de muchas clases y se extraen de innumerables fuentes. Los tamaños deseados o disponibles varían, desde las de las arenas naturales y trituradas, hasta los de canto radado y rocas fraccionadas. El problema de la dosificación de las mezclas consiste en seleccionar, de las fuentes aprovechables y de la combinación de materiales que producen, en la forma más económica, el concreto que mejor se apegue a los requisitos o necesidades de una obra determinada.

Con el descubrimiento de la función primordial de la relación agua-cemento y el desarrollo de equipos para el proceso de agregados, mezclado y manejados de grandes volúmenes de concreto y con el mejoramiento de los cementos, la tecnología del concreto ha avanzado hasta el punto de poder dosificar las mezclas.

El problema primordial en el proporcionamiento del concreto es:

- *Encontrar la combinación de cemento y agregados que satisfagan, al máximo posible, las exigencias requeridas.*

Los factores que deberán ser considerados en el proporcionamiento de la mezcla son:

- *Los requisitos concernientes a la colocación*
- *Las interrelaciones entre el contenido del cemento, la relación agua-cemento, la granulometría de los agregados y la cantidad total de agua por unidad de volumen.*
- *La resistencia requerida.*
- *La calidad necesaria del concreto para resistir las condiciones a los que está expuesto.*
- *Consideraciones económicas.*

5.1 NORMAS QUE SE DEBEN CUMPLIR:

El cemento utilizado en las mezclas, debe cumplir con lo especificado en las normas COGUANOR 41003, 41004, 41005 Y 41014; ASTM C 1500; ICAITI 41005; AASHTO M85. El agua utilizada debe estar libre de impurezas perjudiciales al concreto.

Los agregados finos y gruesos deben cumplir con las normas COGUANOR, NGO 41006 Y 41066; ASTM C 33; ASTM C 144 Y ASTM C 125.

5.2 PROPORCIONES UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN

5.2.1 PROPORCIONES UTILIZADAS COMO AGREGADOS FINOS LA ARENA DE RÍO Y ARENA CALIZA.

Para la elaboración de las mezclas de concreto se utilizan tres proporciones dadas en volumen, las cuales son:

<i>Ident.</i>	<i>Ce Af Ag</i>
<i>A</i>	<i>1 : 6 : 1.5</i>
<i>B</i>	<i>1 : 3 : 3</i>
<i>C</i>	<i>1 : 2 : 4</i>

DONDE:

Ce = Cemento gris

Af = Agregado fino

Ag = Agregado grueso

Primero:

Se decidió iniciar con la proporción A por su alto contenido de agregados finos y por el bajo contenido de agregado grueso.

Segundo:

Proporción B, porque está intermedia, ya que contiene la misma cantidad de agregado fino y agregado grueso.

Tercero:

Proporción C, por su bajo contenido de las mezclas de concreto se utilizarán las tres proporciones A, B, C para arena de río y las tres proporciones A, B, C para arena caliza, a éstas se le adiciona 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de escoria de piedra triturada.

Como resultado de la utilización de las proporciones y las adiciones ya mencionadas, se elaborarán 30 mezclas, con el objetivo de poder determinar si mejora o no las propiedades de la arena caliza con respecto a la arena de río (ver tablas 5 y 6).

5.3 ELABORACIÓN DE CILINDROS

La elaboración de los cilindros de concreto, se llevó a cabo en las instalaciones de la sección de prefabricados del CII, donde se realizó la preparación y dosificación por volumen de los componentes de la mezcla.

Para lo cual se determinan las cantidades de materiales se mezclarán hasta obtener una mezcla homogénea que luego se vertió en el cilindro metálico, hasta ser llenado en tres capas, que fueron compactadas a mano.

Se elaboraron 180 cilindros de concreto, donde fueron 6 para cada mezcla, cuyo tipo de curado es el sumergido en agua durante 28 días.

A continuación se muestra las distintas mezclas utilizadas en la elaboración de cilindros.

TABLA No. 5

No. de Mezcla	Ident. Mezcla	Proporción C:A:EP:P	Porcentaje de escoria %	Cantidad de Cilindros
1	AR1	1:6:0.00:1.5	0	6
2	AR2	1:6:0.43:1.5	5	6
3	AR3	1:6:0.85:1.5	10	6
4	AR4	1:6:1.25:1.5	15	6
5	AR5	1:6:1.70:1.5	20	6
6	BR1	1:3:0.00:3	0	6
7	BR2	1:3:0.35:3	5	6
8	BR3	1:3:0.70:3	10	6
9	BR4	1:3:1.05:3	15	6
10	BR5	1:3:1.40:3	20	6
11	CR1	1:2:0.00:4	0	6
12	CR2	1:2:0.35:4	5	6
13	CR3	1:2:0.70:4	10	6
14	CR4	1:2:1.05:4	15	6
15	CR5	1:2:1.40:4	20	6

DONDE: C = Cemento gris
A = Clases de arena utilizada
EP = Escoria de piedra triturada
P = Piedrín diámetro 3/8"
FUENTE = Proporciones elaboradas

NOMENCLATURA DE LA IDENT. MEZCLA

A,B Y C = Identificación de la proporción
R = Arena de río
No. 1 = 0% de escoria
2 = 5% de escoria
3 = 10% de escoria
4 = 15% de escoria
5 = 20% de escoria

TABLA No. 6

No. de Mezcla	Ident. Mezcla	Proporción C:A:EP:P	Porcentaje de escoria %	Cantidad de Cilindros
1	AC1	1:6:0.00:1.5	0	6
2	AC2	1:6:0.43:1.5	5	6
3	AC3	1:6:0.85:1.5	10	6
4	AC4	1:6:1.28:1.5	15	6
5	AC5	1:6:1.70:1.5	20	6
6	BC1	1:3:0.00:3	0	6
7	BC2	1:3:0.35:3	5	6
8	BC3	1:3:0.70:3	10	6
9	BC4	1:3:1.05:3	15	6
10	BC5	1:3:1.40:3	20	6
11	CC1	1:2:0.00:4	0	6
12	CC2	1:2:0.35:4	5	6
13	CC3	1:2:0.70:4	10	6
14	CC4	1:2:1.05:4	15	6
15	CC5	1:2:1.40:4	20	6

DONDE: C = Cemento gris
A = Clases de arena utilizada
EP = Escoria de piedra triturada
P = Piedrín diámetro 3/8"
FUENTE = Proporciones elaboradas

NOMENCLATURA DE LA IDENT. MEZCLA

A, B Y C = Identificación de la proporción
C = Arena de caliza
No. 1 = 0% de escoria
2 = 5% de escoria
3 = 10% de escoria
4 = 15% de escoria
5 = 20% de escoria

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MEZCLAS

El método para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos, se establece en la norma COGUANOR NGO 41017 h1 y/o ASTM C-31.

El ensayo de resistencia a la compresión de cilindros, consiste en la aplicación de una carga en el área normal al eje longitudinal del cilindro, produciendo una acción de compresión. Con una edad de 7,14 y 28 días previo al ensayo, se procedió a pesarlas y medirlas para conocer sus dimensiones y luego nivelar sus áreas extremas para evitar puntos concentrados de esfuerzos y evitar errores en los resultados.

La expresión de resultados se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado y se calcula por medio de la fórmula siguiente:

$$S = F/A$$

Donde:

S = Esfuerzo a compresión, en kg/cm²

F = Carga necesaria para que falle el espécimen en kg.

A = área de la sección transversal del espécimen, en cm².

A continuación se analizan los resultados obtenidos en las pruebas en especímenes de mezcla utilizadas para la elaboración de adoquines; los informes de resultados se encuentran en el apéndice B.

6.1. RESULTADOS DE LAS MEZCLAS

El promedio aritmético de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio de cada una de las mezclas, se detallan en las siguientes tablas.

TABLA No. 7

Promedio aritmético de resultados, mezclas elaboradas con agregado fino de arena de río.

Ident. Mezcla	Altura H (cm)	Diámetro D (cm)	Peso W (kg)	Resistencia (kg/cm ²)		
				7 días	14 días	28 días
AR1	30.48	15.2	10.90	40.70	52.00	66.75
AR2	30.48	15.2	10.63	33.60	46.35	64.70
AR3	30.48	15.2	11.67	36.70	50.72	49.50
AR4	30.48	15.2	10.87	26.30	40.70	49.80
AR5	30.48	15.2	10.90	30.70	40.45	56.73
BR1	30.48	15.2	11.97	139.02	168.60	194.14
BR2	30.48	15.2	11.82	125.25	154.70	186.67*
BR3	30.48	15.2	12.00	97.70	118.80	156.67
BR4	30.48	15.2	11.83	75.25	90.85	131.65
BR5	30.48	15.2	11.80	76.55	93.30	127.13
CR1	30.48	15.2	11.43	128.40	152.18	185.33
CR2	30.48	15.2	11.60	103.30	134.66	162.20
CR3	30.48	15.2	11.67	95.25	113.66	140.90
CR4	30.48	15.2	12.00	88.35	105.20	126.09
CR5	30.48	15.2	12.17	102.18	116.20	138.06

Fuente: Tablas apéndice B

TABLA No. 8

Promedio aritmético de resultados, mezclas elaboradas con agregado fino de arena caliza.

Ident. Mezcla	Altura H (cm)	Diámetro D (cm)	Peso W (kg)	Resistencia (kg/cm ²)		
				7 días	14 días	28 días
AC1	30.48	15.2	11.83	54.75	66.40	67.60
AC2	30.48	15.2	11.53	38.55	52.65	59.24
AC3	30.48	15.2	11.77	46.95	41.96	64.28
AC4	30.48	15.2	12.00	34.45	32.60	53.60
AC5	30.48	15.2	11.80	33.20	45.05	50.10
BC1	30.48	15.2	12.67	145.92	176.00	186.60
BC2	30.48	15.2	12.77	180.98	194.80	220.54
BC3	30.48	15.2	12.90	116.45	135.05	158.71
BC4	30.48	15.2	12.87	134.00	154.70	181.72
BC5	30.48	15.2	12.83	118.70	147.15	184.12
CC1	30.48	15.2	12.10	162.00	155.07	162.80
CC2	30.48	15.2	12.07	119.60	149.04	156.56
CC3	30.48	15.2	12.20	94.50	114.54	128.38
CC4	30.48	15.2	12.43	94.57	113.84	126.91
CC5	30.48	15.2	12.40	73.45	86.42	102.70

Fuente: Tablas apéndice B

6.1.1 ANÁLISIS COMPARATIVO

Las siguientes tablas muestran los porcentajes que presentan la resistencia a las 7 y 14 días de la resistencia a 28 días.

Tabla No. 9

Ident. Mezcla	% de Resistencia	
	7 días	14 días

AR1	62	79
AR2	52	72
AR3	62	85
AR4	53	82
AR5	54	71
BR1	72	87
BR2	61	83
BR3	62	76
BR4	57	69
BR5	60	73
CR1	69	82
CR2	64	83
CR3	67	80
CR4	70	83
CR5	74	84

Fuente: Tabla No. 7

Tabla No. 10

Ident. Mezcla	% de Resistencia	
	7 días	14 días

AC1	81	98
AC2	65	89
AC3	73	65
AC4	64	61
AC5	66	90
BC1	78	94
BC2	82	88
BC3	73	85
BC4	73	85
BC5	64	80
CC1	99	95
CC2	76	95
CC3	74	89
CC4	74	89
CC5	72	84

Fuente: Tabla No. 8

Analizando y comparando los porcentajes de resistencia a compresión se observa que las mezclas con agregado fino de arena caliza alcanzan mayores porcentajes de resistencia a compresión a 7 y 14 días.

Por los porcentajes establecidos anteriormente se obtuvo que las mezclas de agregado fino de arena caliza a los 14 días alcanza casi su máximo porcentaje de resistencia a compresión a 28 días, por lo consiguiente se tiene que el comportamiento de las mezclas de agregado fino de arena de río es distinto a los

14 días para alcanzar su máximo porcentaje de resistencia a compresión le faltan un 20% de su resistencia a 28 días.

En los concretos normales, la resistencia de los cilindros de prueba a los 7 días de curado representa el 70% aproximadamente de la resistencia, a los 28 días (Ref. No. 2). En los cilindros ensayados en este trabajo se promedian los porcentajes de las diferentes mezclas, y se observa que cumplen las mezclas de agregado fino de arena caliza.

6.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Este parámetro es el de mayor importancia dentro de los resultados de las mezclas, establece la capacidad de soportar carga de los cilindros que contienen cada una de las mezclas analizadas.

Tabla No. 11

Tabla No. 12

Promedio aritmético de la resistencia alcanzada a los 28 días, mezclas para adoquines.

Ident. Mezcla	Resistencia a Compresión	
	kg/cm2	Mpa

Ident. Mezcla	Resistencia a Compresión	
	kg/cm2	Mpa

AR1	66.15	6.5
AR2	64.70	6.4
AR3	59.50	5.8
AR4	49.80	4.9
AR5	56.73	5.6
BR1	194.14	19.0
BR2	186.67	18.3
BR3	156.67	15.4
BR4	131.65	12.9
BR5	127.13	12.5
CR1	185.53	18.2
CR2	162.20	15.9
CR3	140.90	13.8
CR4	126.09	12.4
CR5	138.06	13.5

AC1	67.60	6.6
AC2	59.24	5.8
AC3	64.28	6.3
AC4	53.60	5.3
AC5	50.10	4.9
BC1	186.60	18.3
BC2	220.54	21.6
BC3	158.71	15.6
BC4	181.72	17.8
BC5	184.12	18.1
CC1	162.80	16.0
CC2	156.56	15.4
CC3	128.38	12.6
CC4	126.91	12.5
CC5	102.70	10.1

Fuente: Tabla No. 7

Fuente: Tabla No. 8

Para los resultados obtenidos se establece que los dos grupos de mezclas "A", cuyo contenido de agregados finos es de un 70% del total de la mezcla, representada en los cilindros, tienen la mejor resistencia a compresión promedio en resistencias de 59.38 kg/cm² (5.8 Mpa), para AR y 58.96 kg/cm² (5.8Mpa), para AC.

Los dos grupos de mezclas "B", con un contenido de agregados finos de 3% del total de la mezcla, representa en los cilindros alcanzados la mayor resistencia a compresión promedio de 159.25 kg/cm² (15.6 Mpa), para BR y 186.30 kg/cm² (18.3 Mpa), para BC. La mezcla "C", que es la que presenta un contenido de

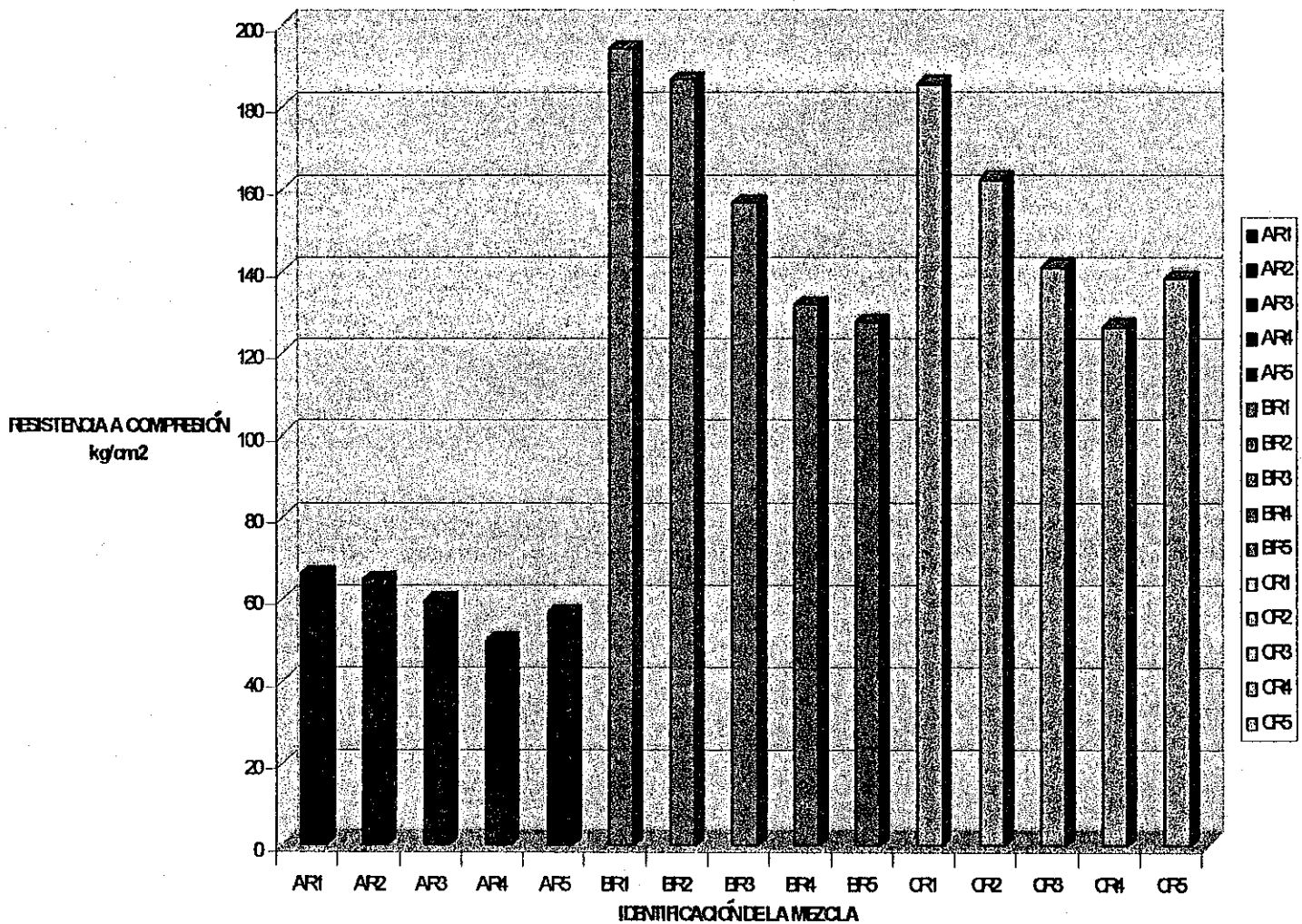
agregados finos de 28% con una resistencia a compresión promedio de 150.52 kg/cm² (14.8 Mpa), para CR y 135.47 kg/cm² (13.3 Mpa), para CC.

El promedio de los resultados obtenidos, en el grupo de las mezclas de agregado fino de arena de río establece, las mezclas bases con 0% de escoria de piedra triturada muestran una mayor resistencia a compresión, con promedios para AR1 66.15 kg/cm² (19.0 Mpa), y 185.53 kg/cm² (18.2 Mpa), para CR1. (Gráfica No. 2)

En el grupo de mezclas de agregado fino de arena caliza presenta: las mezclas con 0% de escoria de piedra triturada, una mayor resistencia de compresión para AC1 y CC1 con promedios de 186.60 kg/cm² (18.3 Mpa), 162.80 kg/cm² (16.0 Mpa), respectivamente. Para el grupo de mezclas BC presenta su mayor resistencia a compresión en la mezcla BC2 con un porcentaje de escoria de piedra triturada de 5% con promedio de 220.54 kg/cm² (21.6 Mpa).

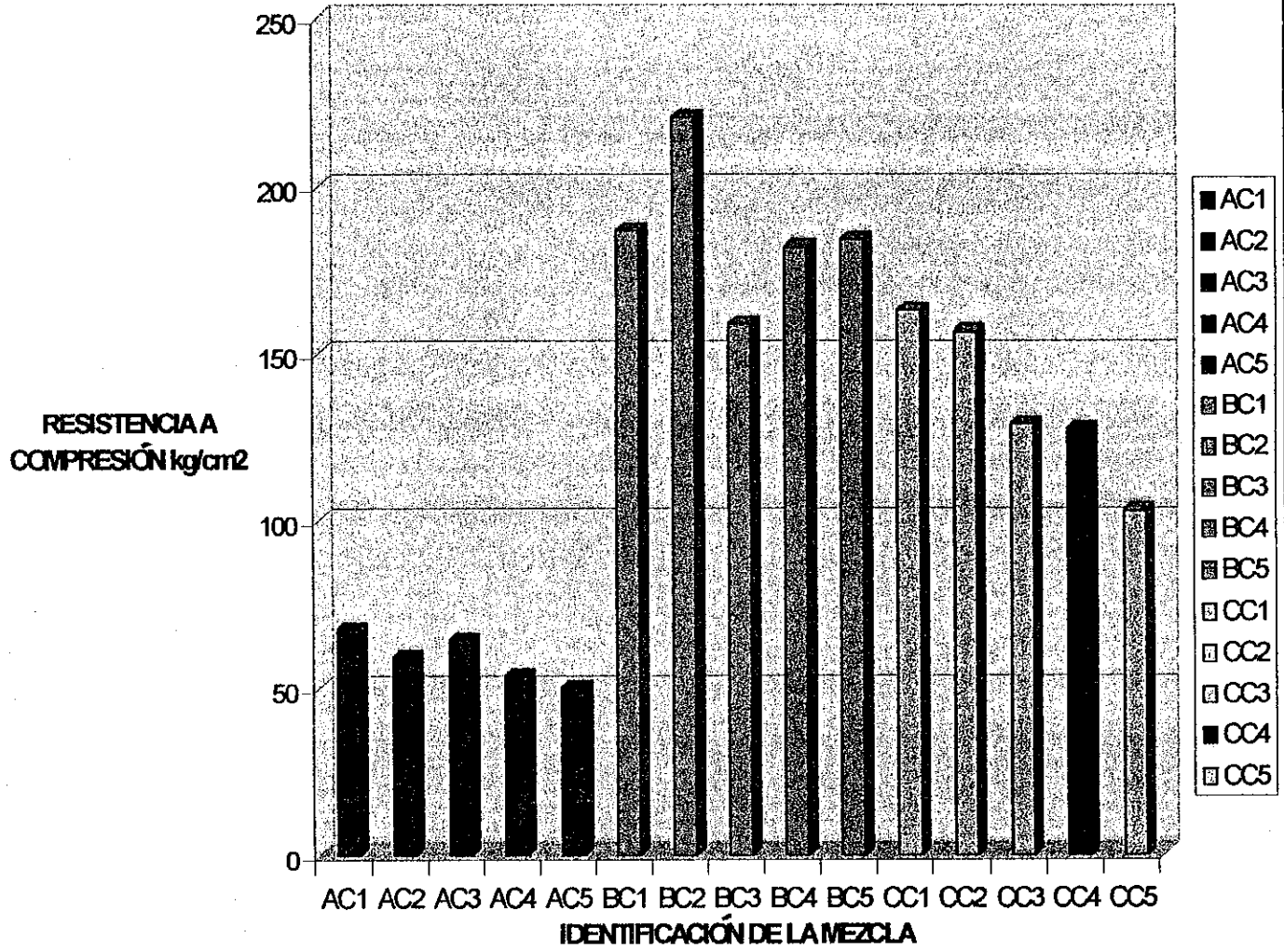
La incidencia producida por la adición de escoria de piedra triturada en las mezclas de: 5%, 10%, 15% y 20%. Es de notar que la adición ha disminuido en sus resistencia como se puede observar en las gráficas Nos. 2 y 3.

GRÁFICA No. 1
Promedio aritmético a Compresión
Mezcla para adoquines

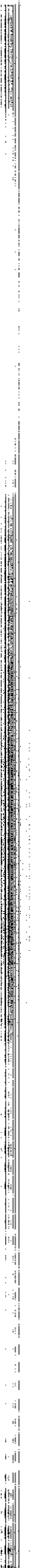


Fuente: tabla No. 11

GRÁFICA No. 2
 Promedio aritmético, Resistencia a Compresión
 Mezcla para adoquines



Fuente: Tabla No. 12



CAPÍTULO VII

FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

7.1. FORMA CONVENCIONAL

Los adoquines de este estudio, tienen la forma convencional, es decir, son elementos en forma de huella de cruz. Las dimensiones comerciales de los adoquines varían dependiendo del molde, el espesor varía desde 8cm a 15cm. Del cual se escogió un espesor de 10cm, por razones de su posible utilización para pavimentar, siendo el más usado en Guatemala.

Para una mejor idea de las dimensiones, forma, así como las características del adoquín, ver figura No.3.

7.2. TECNOLOGÍA CONVENCIONAL:

Para la fabricación de adoquines de concreto, se ha utilizado la tecnología convencional. Esta tecnología, es la más aceptada por los usuarios y, además existen numerosas máquinas vibradoras y vibro-compactadoras que hay en el comercio de adoquines local, facilitando con ello su elaboración en serie.

7.3. MAQUINARIA

La maquinaria utilizada en este proyecto, es una vibradora mecánica, que se puede clasificar dentro del tipo de semi-mecanizado, de mediana producción, que consiste en un molde para 2 adoquines, los cuales son llenados manualmente de mezcla, vibrados mecánicamente y finalmente, compactados a mano.

7.4. TECNOLOGÍA A USAR:

La diferencia fundamental en la tecnología utilizada en la fabricación de adoquines de concreto, es que se le adicionó escoria de piedra triturada en diferentes porcentajes.

Respecto de los agregados, se utilizó como agregados finos la arena de río y la arena caliza, usando como agregado grueso Piedrín de 3/8".

Respecto a los medios utilizados en la elaboración de adoquines de concreto, el Centro de Investigación de Ingeniería, proporcionó maquinaria y equipo, para la fabricación de los mismos, si bien es cierto, que no es un equipo modernizado, se considera, que con un equipo más adecuado, se puede alcanzar mejores resultados.

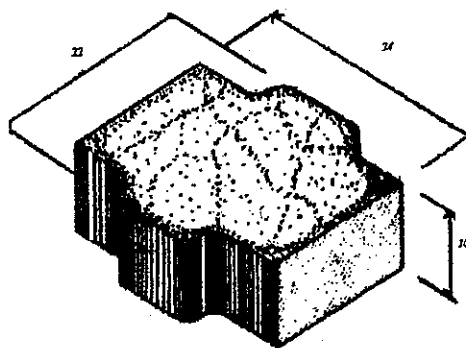
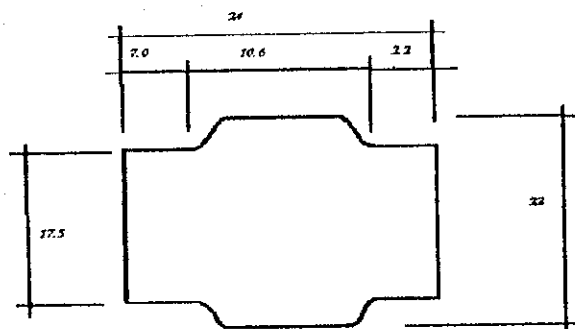


Figura No. 3

7.5. PROPORCIONES SELECCIONADAS:

Para seleccionar las proporciones se efectuó un estudio preliminar de elaboración de cilindros, de donde se escogieron las mezclas que dieron las mejores resistencias, aunque no cumplieron con las especificaciones medias requeridas 210 kg/cm^2 , se utilizó este criterio de tomar las mejores resistencias (según Ref. No.1), ya que al fabricar adoquines con estas mezclas se espera duplicar o triplicar la resistencia.

De cada proporción se decidió tomar las tres mejores mezclas, de donde se tomó la mezcla base y las otras dos con cierto porcentaje de escoria de piedra triturada, siendo éstas en la mayoría de mezclas de 5% y 10% de adición de escoria.

Estas mezclas son con agregados finos de arena de río y arena caliza.

Las proporciones son las siguientes:

Tabla No. 13

Tabla No. 14

Proporciones de las mejores mezclas seleccionadas con agregados finos de arena de río y arena caliza.

Ident. Mezcla	Proporción C:A:EP:P
AR1	1:6:0:1.5
AR2	1:6:0.43:1.5
AR3	1:6:0.85:1.5
BR1	1:3:0:3
BR2	1:3:0.35:3
BR3	1:3:0.70:3
CR1	1:2:0:4
CR2	1:2:0.35:4
CR3	1:2:0.70:4

Ident. Mezcla	Proporción C:A:EP:P
AC1	1:6:0:1.5
AC2	1:6:0.43:1.5
AC3	1:6:0.85:1.5
BC1	1:3:0:3
BC2	1:3:0.35:3
BC3	1:3:1.05:3
CC1	1:2:0:4
CC2	1:2:0.35:4
CC3	1:2:0.70:4

Donde: C = cemento gris

Nomenclatura de la Ident.

A = clase de arena
EP = escoria de piedra triturada
P = Piedrin

FUENTE: proporciones elaboradas.

Mezcla.
A, B y C = Ident. proporción
R = Arena de río
C = Arena caliza
No. 1 = 0% de escoria
2 = 5% de escoria
3 = 10% de escoria

7.6. FABRICACIÓN DE ADOQUINES:

El procedimiento utilizado en la fabricación de adoquines de concreto es el tradicional, utilizado en una fábrica semimecanizada, una breve descripción de este procedimiento es el siguiente:

Número de adoquines a elaborar = 10 adoquines por mezcla, lo que da un total de 180 adoquines fabricados, la cantidad de material necesario para fabricar 12 adoquines es de 0.12549m^3 , por capacidad de la mezcladora se hicieron dos bachadas para cada mezcla. Los materiales fueron distribuidos de acuerdo a la proporción utilizada.

Después de este cálculo se procedió a mezclar los materiales, en la mezcladora, adicionándole agua, que no se calculó matemáticamente, si no que fue tanteada empíricamente, de tal forma que se alcanzara una mezcla trabajable y homogénea. Luego se vertió la mezcla a los moldes de la máquina vibradora, con la ayuda del operador de la misma, la mezcla era moldeada, vibrada y compactada, hasta formar los adoquines, listos para transportarlos al lugar de secado. Este procedimiento se repitió sucesivamente en cada bachada, hechas hasta obtener finalmente, 216 adoquines.

7.7. SISTEMAS DE CURADO:

Existen varios métodos de curado, entre los cuales están:

- a) Curado por inmersión completa;*
- b) Curado por riego constante;*
- c) Curado por pozo geotérmico de vapor;*
- d) Curado al ambiente en sombra;*
- e) Curado usando acelerantes.*

De estos métodos se utilizó el curado por riego constante, que consiste en regar el adoquín y luego dejarlo cubierto con nylon para que no esté expuesto al sol directo. Esto fue durante un período de 28 días, para luego proceder a efectuar los ensayos correspondientes.

CAPÍTULO VIII

ENSAYOS SOBRE ADOQUINES FABRICADOS

8.1. ESPECIFICACIONES

8.1.1 DIMENSIONES

El adoquín de concreto debe tener un área de 450 a 550 cm². La dimensión más importantes en la elaboración y diseño de adoquín es el espesor. Para un espesor de 10 centímetros, que es el analizado.

8.1.2 COLOR

El color del adoquín puede ser cualquiera, siempre que el aditivo colorante no altere las propiedades del concreto, de preferencia, el color debe ser neutro, es decir color gris oscuro.

8.1.3 TEXTURA

La textura del adoquín deber ser fina para que sea impermeable. Las caras superiores e inferior del adoquín deben ser planas, la cara expuesta debe tener arista recortadas o biseladas. Ambas superficies deben ser rugosas o ásperas.

8.2. ABSORCIÓN

El estudio sobre absorción de agua en adoquines consiste en obtener el porcentaje de agua absorbida al estar la muestra sumergida por 24 horas. Este estudio no posee norma de base.

PROCEDIMIENTO:

- a) *Se toma una parte del adoquín ensayado a flexión, y se coloca en el horno a una temperatura entre 100 y 110 grados centígrados por un período no menor de 24 horas, luego se procede a pesar la muestra para obtener la masa seca.*

b) Se sumerge la muestra en agua a temperatura ambiente entre 7 y 15 grados centígrados durante 24 horas, luego se drena por un minuto, con un paño ligeramente húmedo se quita el agua superficial y se pesa, para obtener la masa saturada.

El cálculo de la absorción máxima de agua, puede expresarse de la siguiente forma:

$$\text{Absorción máxima en } = \frac{M_{\text{sat.}} - M_{\text{seco}}}{M_{\text{seco}}} * 100$$

En lo que:

$M_{\text{sat.}}$ = masa saturada

$M_{\text{seco.}}$ = masa seca de la muestra.

8.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para obtener la resistencia en adoquines de concreto, se utiliza el módulo de ruptura, descrito en la norma colombiana incotec 2017, en el inciso 3.3.1, obtenido del ensayo a flexión, empleado en el Centro de Investigación de Ingeniería. Al ensayar los adoquines se obtiene el esfuerzo a flexión, por medio de la gráfica compresión-flexión, se determina el esfuerzo a compresión equivalente, tal método se encuentra descrito en el apéndice D.

CAPÍTULO IX

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos a través de los ensayos, reflejan las características Físico-Mecánicas, de las propiedades logradas en los adoquines de concreto fabricados con arena de río y arena caliza.

El análisis de los resultados de laboratorio tiene importancia, ya que por medio de éste, se determina en qué porcentaje cumplen o no con las especificaciones. Los adoquines que fueron elaborados para tal fin. Es útil el análisis de especímenes, para determinar la mezcla que cumpla con todos o con la mayoría de requisitos especificados.

9.1. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

A continuación se presentan las tablas donde inician el promedio aritmético de los resultados.

Tabla No. 15

Promedio aritmético de resultados, adoquines fabricados con Arena de Río.

Ident. Adog.	Largo (Cm)			Ancho (Cm)			Grosor (Cm)
	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
AR1	6.9	10.7	2.4	2.4	17.5	2.4	10.1
AR2	7.0	10.6	2.4	2.4	17.5	2.4	10.3
AR3	7.0	10.6	2.5	2.4	17.5	2.5	10.5
BR1	6.9	10.7	2.4	2.4	17.5	2.4	10.1
BR2	6.9	10.7	2.4	2.4	17.4	2.4	9.9
BR3	6.9	10.7	2.4	2.4	17.5	2.3	10.2
CR1	7.0	10.6	2.4	2.4	17.6	2.4	10.3
CR2	7.2	10.6	2.5	2.3	17.6	2.3	10.2
CR3	6.9	10.8	2.4	2.4	17.6	2.4	10.3

Fuente: Tablas apéndice C

Tabla No. 16

Promedio aritmético de Resultados, adoquines fabricados con arena caliza.

Ident. Adoq.	Largo (Cm)			Ancho (Cm)			Grosor (Cm)
	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
AC1	7.0	10.7	2.4	2.3	17.6	2.4	10.1
AC2	7.0	10.7	2.4	2.4	17.6	2.3	10.0
AC3	6.9	10.7	2.4	2.4	17.6	2.4	10.0
BC1	6.9	10.8	2.2	2.4	17.5	2.4	9.8
BC2	6.9	10.8	2.2	2.4	17.4	2.4	9.9
BC3	7.0	10.6	2.5	2.4	17.6	2.4	9.9
CC1	7.0	10.6	2.4	2.4	17.6	2.3	10.2
CC2	7.0	10.7	2.4	2.3	17.6	2.3	10.2
CC3	6.9	10.8	2.4	2.3	17.7	2.4	10.3

Fuente: Tablas apéndice C

9.1.1. DIMENSIONES

En este inciso no se extenderá el análisis, ya que las dimensiones de los adoquines, son función directa del molde de la máquina vibradora, lo que dio como resultado regularidad en la forma y tamaño del adoquín.

El promedio de medidas, en cuanto al largo y ancho de adoquines, en promedio es de 24.60 cm y 22.30 cm en adoquines fabricados con arena de río y 24.62 cm y 22.30 cm en adoquines fabricados con arena caliza. La totalidad de las muestras cumplen este requisito ya que las variaciones no exceden los (+ -) 3mm de variación permitida. (Ver apéndice C).

Evaluando los resultados se tiene que para un espesor de diseño de 10 cm, se observa que la totalidad de las muestras cumplen con las especificaciones, en la cual el espesor de los adoquines puede tener una variación máxima de 0.05cm (ver apéndice C).

9.1.2 COLOR

Los adoquines analizados fabricados con arena de río, no presentan color alguno agregado; por lo tanto tienen un color gris oscuro, que le proporciona el cemento y los agregados utilizados.

Los adoquines analizados fabricados con arena caliza, presentan un color gris claro, que le fue proporcionado por el agregado fino utilizado.

9.1.3 PESO:

Tabla No. 17

Promedio Aritmético

Ident. Adoq.	Peso Kg.
AR1	9.612
AR2	10.039
AR3	10.130
BR1	9.858
BR2	10.026
BR3	10.384
CR1	11.250
CR2	11.087
CR3	11.305

Tabla No. 18

Promedio Aritmético

Ident. Adoq.	Peso Kg.
AC1	10.379
AC2	10.690
AC3	9.873
BC1	10.989
BC2	10.649
BC3	11.170
CC1	11.175
CC2	11.473
CC3	11.574

Fuente: Tablas. Apéndice C

Se nota que en las diferentes mezclas de adoquines fabricados, con los dos tipos de agregados finos analizados, la adición de la escoria de piedra triturada produce un aumento en su peso.

Haciendo un análisis comparativo de los resultados, se observa que los adoquines fabricados con arena caliza, en sus diferentes mezclas presentan un mayor aumento en peso que los adoquines fabricados con arena de río.

Se concluye que las mezclas de adoquines fabricados, que tienen un mayor peso de los analizados es la mezcla "C".

9.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

Se realizó un análisis comparativo sobre los resultados de los ensayos de absorción y resistencia a compresión con el objeto de profundizar en una mejor forma la información obtenida.

Se comparan, primeramente, los resultados de la prueba de porcentaje de absorción:

9.2.1 ABSORCIÓN

A continuación se tabulan los promedios aritméticos de las pruebas de absorción:

Tabla No. 19

Ident. Adoquín	Absorción %
AR1	14.39
AR2	14.12
AR3	11.74
BR1	13.65
BR2	11.55
BR3	10.02
CR1	6.77
CR2	7.22
CR3	6.80

Tabla No. 20

Ident. Adoquín	Absorción %
AC1	7.93
AC2	8.06
AC3	9.15
BC1	6.20
BC2	7.46
BC3	5.69
CC1	7.28
CC2	5.59
CC3	6.15

Fuente: Tablas apéndice C

Debido a que no existe norma alguna de comparación, como se indicó anteriormente, la absorción se realizó a nivel exploratorio, en consecuencia se dejan los presentes resultados como medio de consulta para futuros estudios.

Se realizó análisis de comparación de los dos tipos de agregados finos, en este trabajo, donde los adoquines fabricados con arena caliza presentan un menor porcentaje de absorción y los adoquines fabricados con arena de río un mayor porcentaje de absorció; a continuación se pueden ver los promedios de la diferencia de porcentaje de absorción en cada mezcla de adoquines fabricado (ver cuadros 1 y 2).

Cuadro No. 1

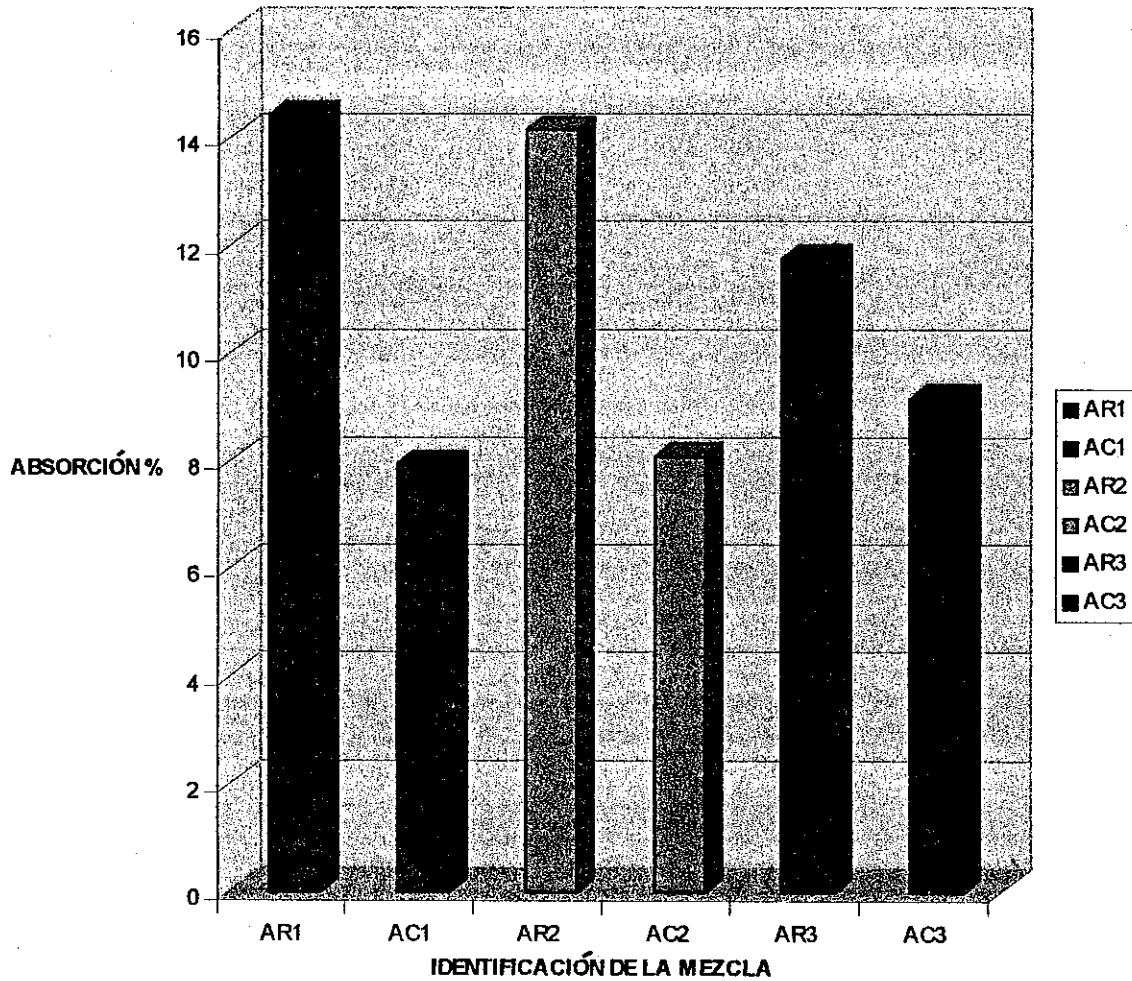
Ident. Mezcla	Absorción %
AR	6.93
BR	11.74
CR	13.42

Cuadro No. 2

Ident. Mezcla	Absorción %
AC	6.34
BC	6.45
CC	8.38

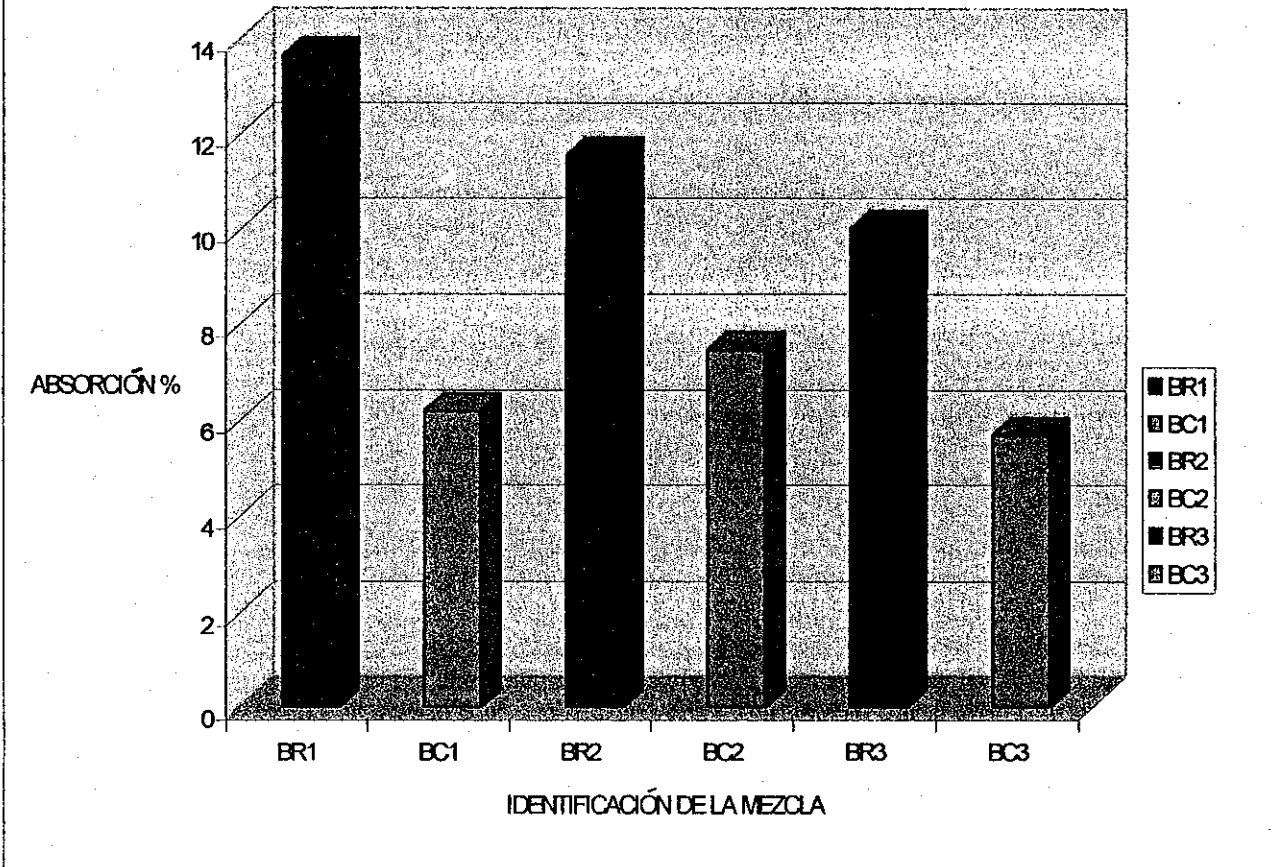
El objetivo de haber efectuado una comparación es demostrar que la arena caliza influye en gran parte a disminuir el porcentaje de absorción de los adoquines fabricados, que resultan en beneficio del pavimento, ya que se logra una mayor impermeabilización.

GRÁFICA No. 3
*Comparación de Promedios Aritméticos
porcentajes de absorción para adoquines*



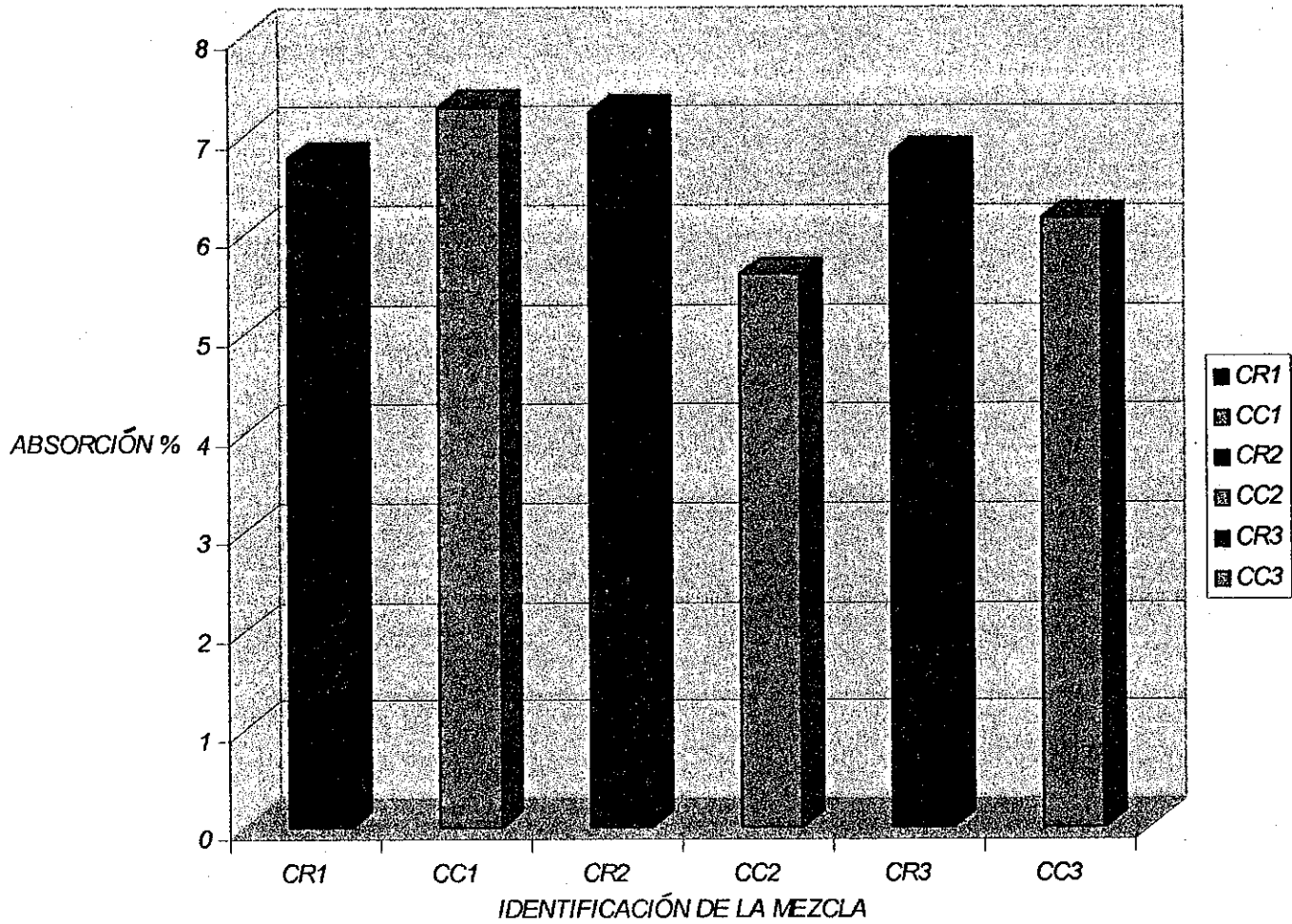
Fuente: Tabla 19 y 20

GRÁFICA No. 4
Comparación de Promedios Aritméticos
Porcentaje de Absorción para adoquines



Fuente Tabla 19 y 20

GRÁFICA No. 5
Comparación Promedios Aritméticos
Porcentajes de Absorción para adoquines



Fuente: Tabla 19 y 20

9.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabulación de los promedios aritméticos.

Tabla No. 21

Ident. Mezcla	Módulo Ruptura kg/cm ²	Resistencia de compresión equivalente kg/cm ²
AR1	26.99	124.44
AR2	28.01	128.46
AR3	22.88	107.71
BR1	37.44	177.19
BR2	39.57	194.59
BR3	42.41	216.23
CR1	59.71	385.29
CR2	59.58	380.35
CR3	63.27	431.03

Tabla No. 22

Ident. Mezcla	Módulo Ruptura kg/cm ²	Resistencia compresión equivalente kg/cm ²
AC1	45.86	237.14
AC2	48.91	263.69
AC3	33.56	155.61
BC1	59.40	377.68
BC2	50.82	281.36
BC3	67.64	501.35
CC1	62.22	413.76
CC2	66.69	485.94
CC3	66.19	483.63

Fuente: Tablas apéndice C

Fuente: Tablas apéndice C

La resistencia a compresión es uno de los principales parámetros de comparación; ya que se determina la mezcla con la cual se obtiene mejor resistencia. La resistencia a compresión está asociada directamente al módulo de ruptura de 45.00 kg/cm², equivalente a un esfuerzo de compresión de 210 kg/cm² (20.59 Mpa), que corresponde al mínimo valor para los adoquines de tipo liviano según comunicado del CII. (apéndice D).

Evaluando los resultados se puede decir que las mezclas que no cumplen con las exigencias de las recomendaciones del CII (apéndice D), son AR1, AR2, AR3, BR1, BR2, BR3 en promedio, muestran un módulo de ruptura que está por debajo del mínimo. De los cuales los adoquines fabricados no pasan el mínimo que es de 45 kg/cm².

Los resultados promedios de las mezclas CR1, CR2, CR3 son de muy buena calidad, porque se podrían clasificar para adoquines de tránsito de tipo pesado, porque sobrepasan el mínimo especificado del módulo de ruptura de 51.00 kg/cm², que corresponde a un esfuerzo de compresión de 280 kg/cm². (Ref. No.3).

La mezcla AC3 es la única que no cumple con recomendaciones mínimas del CII, de los cuales todos los adoquines muestreados no sobrepasan el mínimo. Los resultados obtenidos de las demás mezclas demuestran que es significativo, porque pone en evidencia que las mezclas de adoquines fabricados con arena caliza cumplen con los requisitos mínimos propuestos en las especificaciones y se clasifican de la siguiente forma:

Tráfico liviano las mezclas: AC1, AC2

Tráfico pesado las mezclas: BC1, BC2, BC3, CC1, CC2, CC3.

Evaluando los resultados se puede decir que las muestras ensayadas, si cumplen o, no, las exigencias de la norma colombiana ICONTEC "2017". (ver inciso 3.3.1)

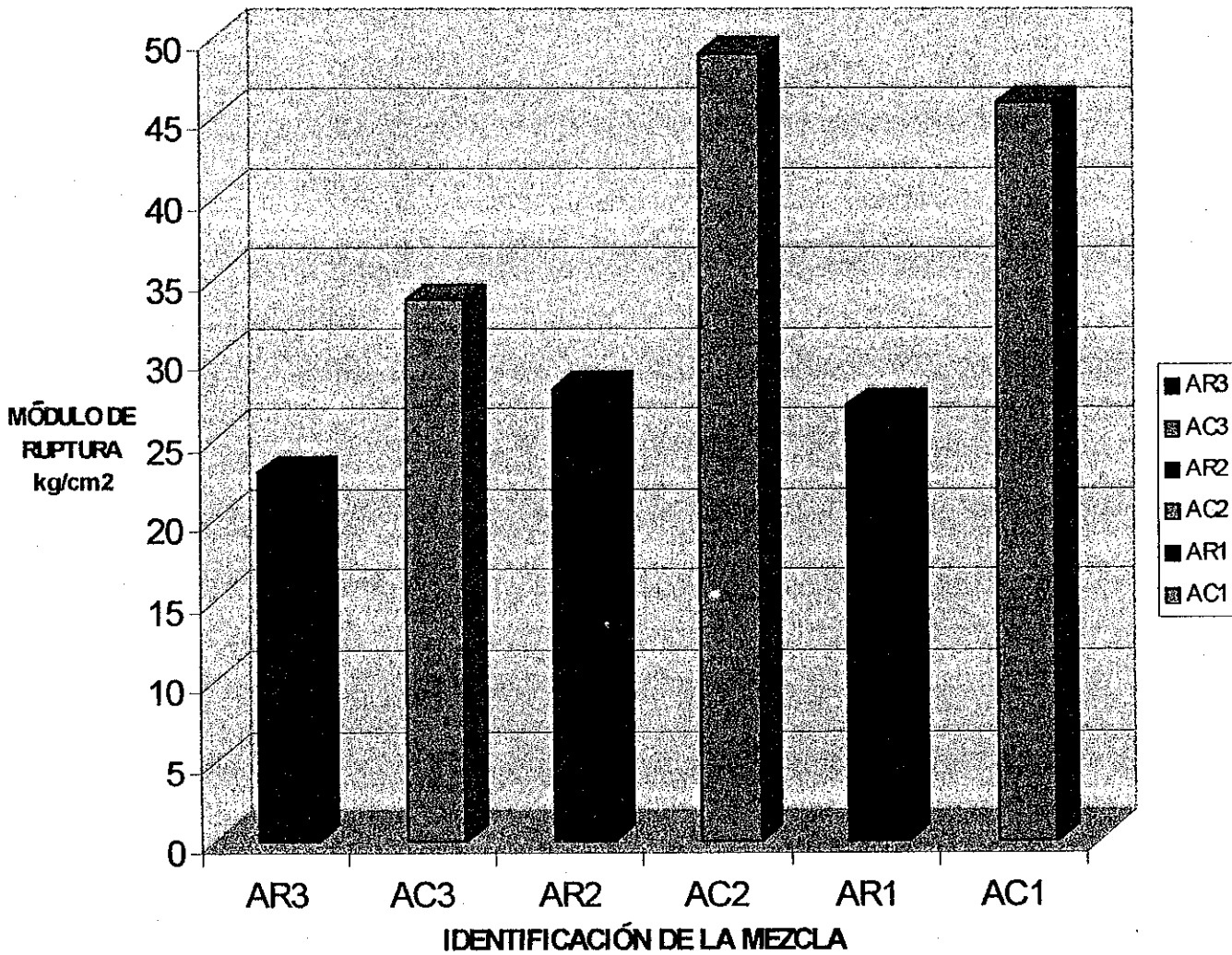
De los resultados promedios se puede decir que el 33.33% de las muestras promedio, de adoquines fabricados con agregado fino de arena de río, cumplieran con la norma ICONTEC, la que especifica que el mínimo para un módulo de ruptura promedio es de 45.9 kg/cm² (4.5 Mpa).

Los adoquines fabricados con agregado fino de arena caliza, según los resultados obtenidos, son muy buenas porque el 88.88% de las muestras promedio, cumplieran con lo especificado con la norma ICONTEC.

Para analizar los resultados con las normas Europeas, Alemana DIN y Española UNE se analizó con la resistencia a compresión equivalente. (Ver inciso 1.1.2 y 1.1.3)

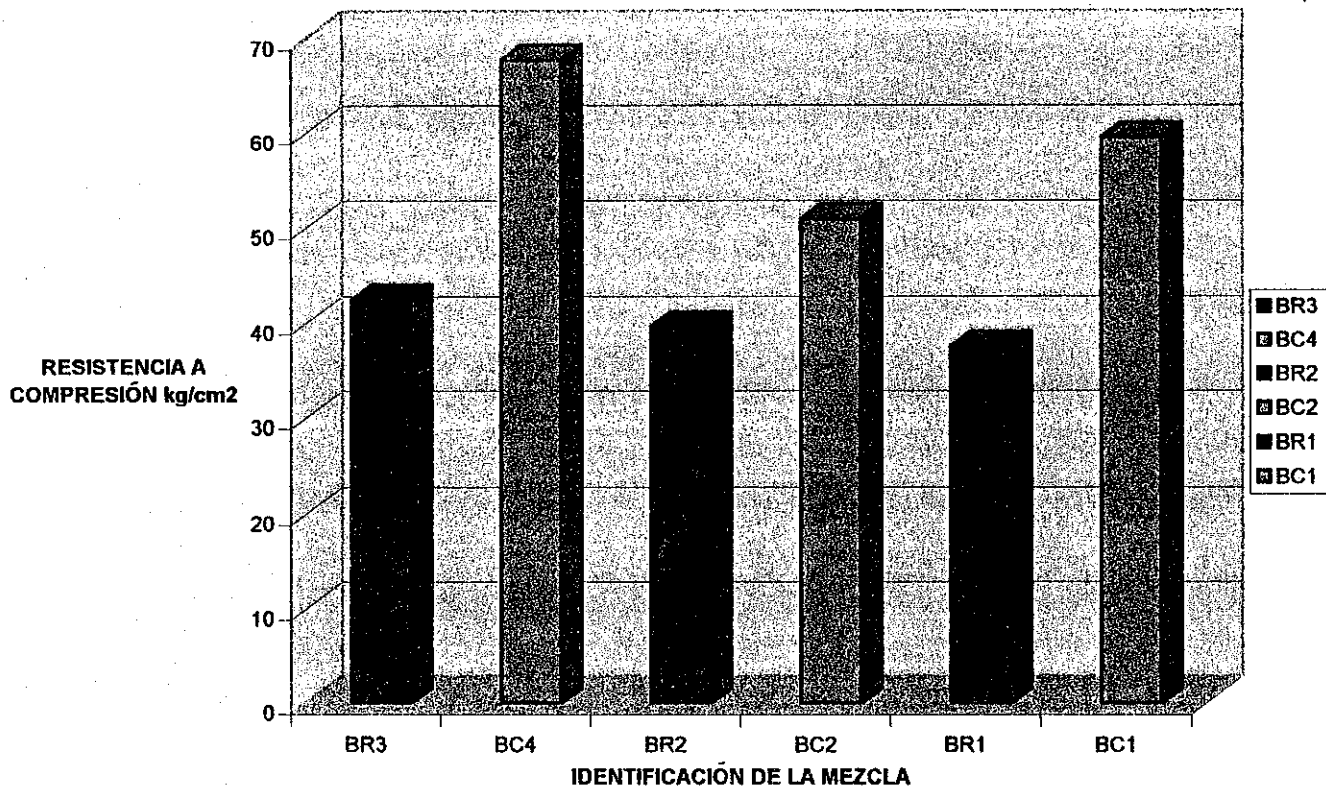
Evaluando los resultados se puede decir que el 100% de los adoquines fabricados con arena de río y arena caliza ensayados, no cumplen con la norma Alemana DIN y Española UNE, donde se especifica que el valor de resistencia a compresión, no será inferior a 630 kg/cm² y 1,300 kg/cm² respectivamente.

GRÁFICA No. 6
Comparación de promedios aritméticos;
Resistencia a Compresión para adoquines



Fuente: Tabla No. 21 y 22

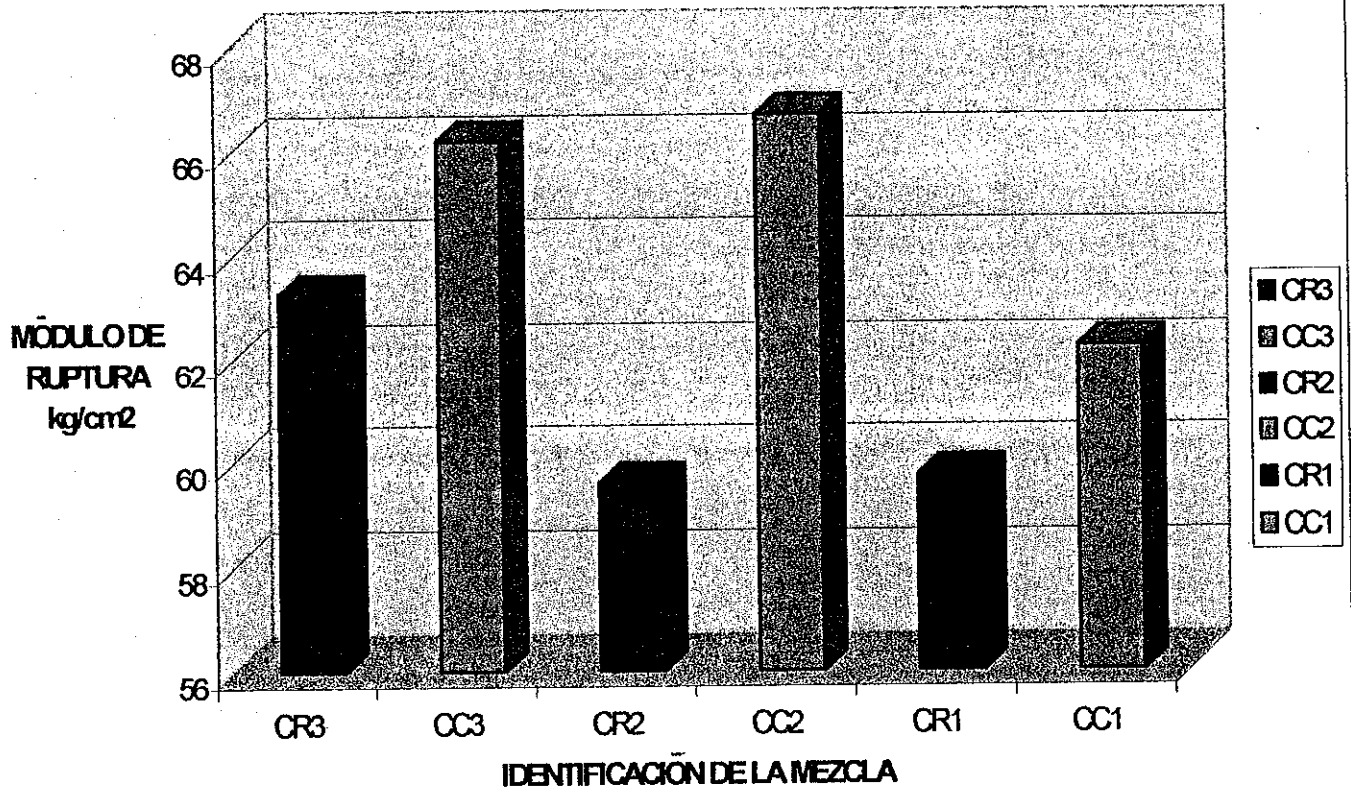
GRÁFICA No. 7
Comparación de promedios aritméticos
Resistencia a Compresión para adoquines



IDENTIFICACIÓN DE LA MEZCLA

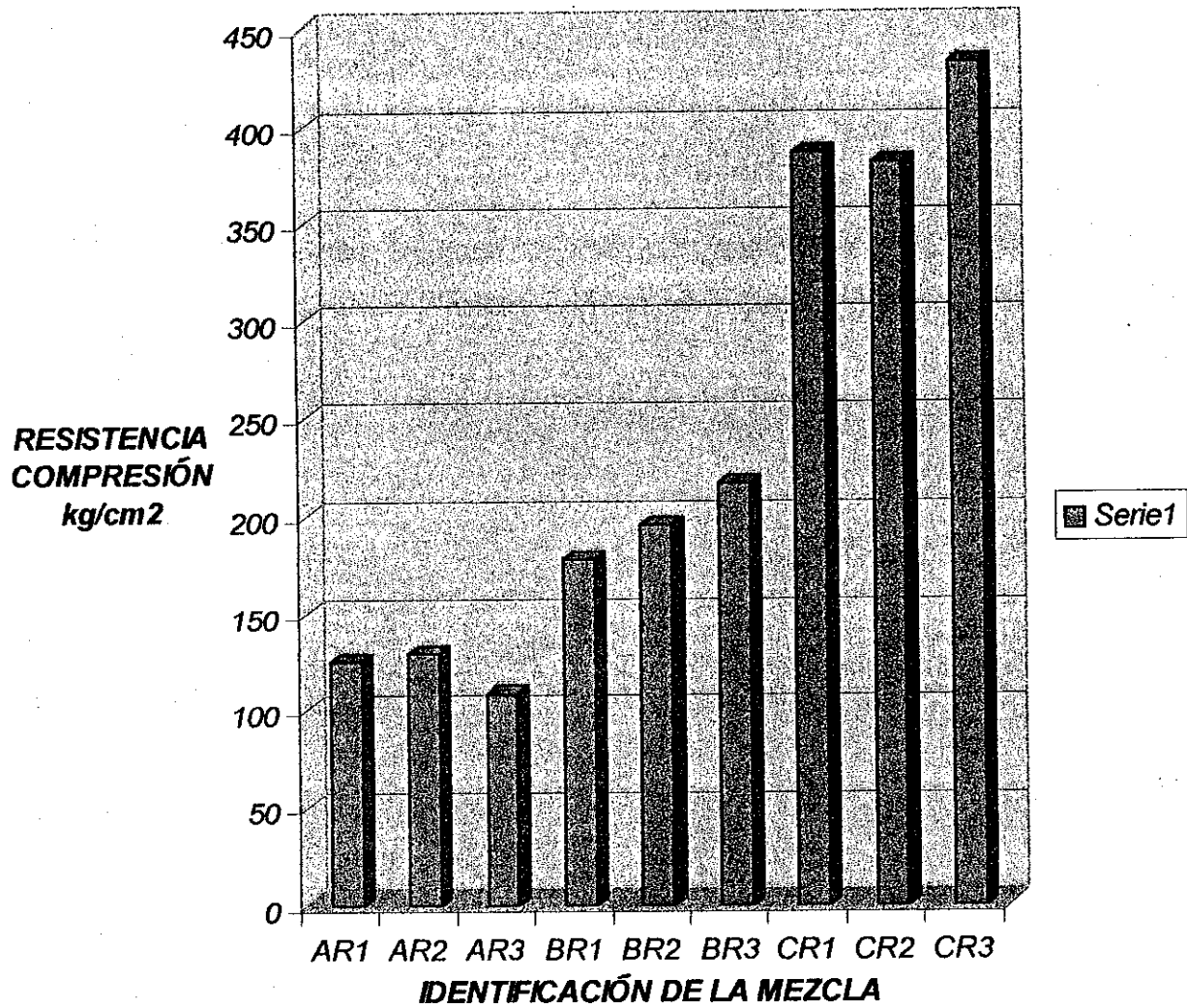
FUENTE: TABLA 21 Y 22

GRÁFICA No. 8
Comparaciones de promedios aritméticos
Resistencia a Compresión para adoquines



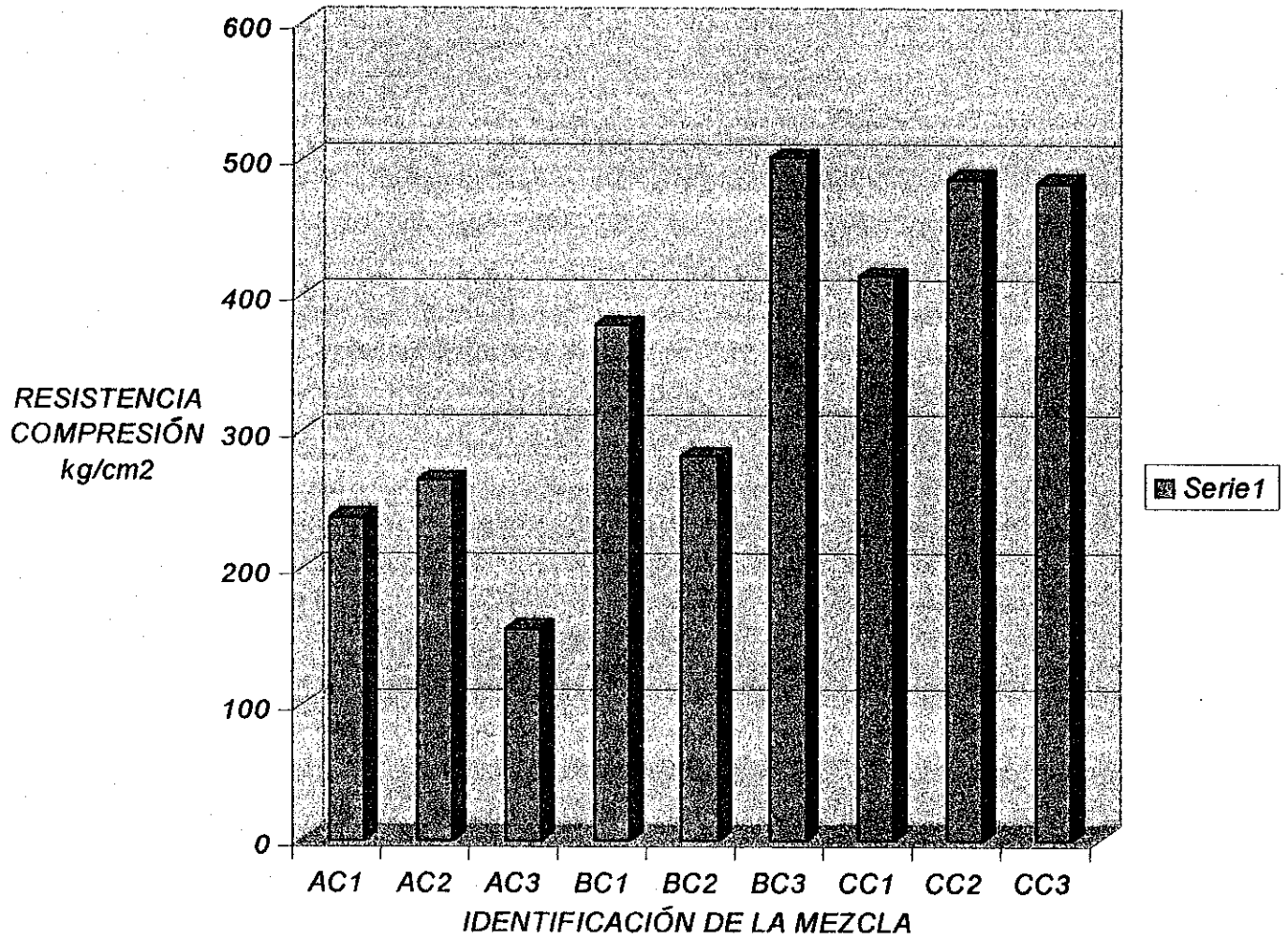
Fuente: Tabla 21 y 22

GRÁFICA No. 9
*Promedio Aritméticos Resistencia a la Compresión
para adoquines fabricados con arena de río*



FUENTE: TABLA 21

GRÁFICA No. 10
Promedio Aritmético Resistencia a la Compresión
para adoquines fabricados con arena caliza



FUENTE: TABLA 22

9.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los procedimientos estadísticos empleados en la interpretación de los resultados de las pruebas, proporcionan la mejor herramienta para que se determine y se expresen los resultados de la manera más útil.

Se decidió hacer un análisis estadístico para poder dejar una mejor información, para lo cual se aplican los cálculos que recomienda las especificaciones técnicas del IMCYC. (Ver apéndice E), donde se indica cómo determinar los límites superior e inferior, este intervalo indica el rango donde los resultados, al fabricar adoquines con las diferentes mezclas, podrán ubicar la resistencia a compresión y el porcentaje de absorción.

Con el criterio tomado, las mezclas de los adoquines ensayados con un coeficiente de Variación menor del 15% son mezclas Homogéneas, las de mayor del 15% son mezclas no Homogéneas, por lo consiguiente hubo Dispersión en los resultados.

Se estima que los resultados presentados en las tablas siguientes, de las diferentes mezclas de adoquines ensayados, de los intervalos de resistencia a compresión y el porcentaje de absorción se encuentra con una confiabilidad del 95%.

Las mezclas BR2, BR3 presentan resultados variables, por lo que se rechazan, debido al coeficiente de variación elevado. Ya que presentaría poca inconsistencia y esto indica que dichas mezclas no sirven para fabricar adoquines.

A continuación se presentan en las tablas No. 23 y 24 los resultados obtenidos de los cálculos anteriormente mencionados.

Tabla No. 23

Ident. Mezcla	Desviación Standar S	Coefficiente de variación CV	Intervalos de resistencia a compresión (kg/cm ²)	
			Límite Inf.	Límite Sup.
AR1	15.29	12.98	99.36	149.52
AR2	11.93	9.28	108.88	148.03
AR3	8.43	7.82	93.88	121.54
BR1	14.56	8.22	153.31	201.07
BR2	44.46	22.85	121.66	267.50
BR3	65.07	30.09	109.52	322.95
CR1	72.83	18.90	265.85	504.73
CR2	58.83	15.48	283.86	476.83
CR3	61.82	14.34	329.64	532.40

Fuente: Tablas apéndice C

Tabla No. 24

Ident. Mezcla	Desviación Standar S	Coefficiente de variación CV	Intervalos de resistencia a compresión (kg/cm ²)	
			Límite Inf.	Límite Sup.
AC1	27.94	11.78	191.32	282.96
AC2	34.60	13.12	206.95	320.43
AC3	18.10	11.63	125.93	185.29
BC1	55.55	14.70	286.58	468.78
BC2	38.38	13.64	218.42	344.30
BC3	75.44	15.05	377.63	625.07
CC1	42.07	10.16	344.76	482.75
CC2	76.94	15.83	359.76	612.12
CC3	85.23	17.95	335.03	614.59

Fuente: tablas apéndice C

Tabla No. 25

Ident. Mezcla	Desviación Standar S	Coefficiente de variación CV	Intervalos de porcentaje de absorción %	
			Límite Inf.	Límite Sup.
AR1	2.66	18.50	8.37	20.41
AR2	2.62	18.56	8.24	20.00
AR3	1.04	8.86	9.39	14.09
BR1	0.90	6.59	11.61	15.69
BR2	1.81	15.67	7.46	15.64
BR3	1.18	11.78	7.35	12.69
CR1	0.36	5.32	5.96	7.58
CR2	0.43	5.96	6.25	8.19
CR3	0.56	8.24	5.53	8.07

Fuente: Tablas apéndice C

Tabla No. 26

Ident. Mezcla	Desviación Standar S	Coefficiente de variación CV	Intervalos de porcentaje de absorción %	
			Límite Inf.	Límite Sup.
AC1	0.68	8.58	6.39	9.47
AC2	1.17	14.52	5.41	10.71
AC3	0.73	7.98	7.50	10.80
BC1	0.47	7.58	5.14	7.26
BC2	0.74	9.92	5.78	9.13
BC3	0.31	5.41	4.99	6.39
CC1	0.96	13.18	5.11	9.45
CC2	0.16	2.86	5.23	5.95
CC3	0.28	4.55	5.52	6.78

Fuente: Tablas apéndice C

CAPÍTULO X

MUESTREO Y ENSAYOS

10.1. MUESTREO

Al iniciar el muestreo de fábricas productoras de adoquín se pensó en hacerlo de acuerdo a la importancia que tienen las propiedades físico-mecánicas de este producto, por lo tanto no se tomó en cuenta la capacidad existente en cada una, cantidad y calidad de mano de obra o procedencia de los materiales. De manera que se optó por realizar un muestreo al azar de la siguiente manera:

10.1.1. INVENTARIO DE FÁBRICAS

La base que se utilizó para el inventario de fábricas fue de las siguientes fuentes: Cámara de la construcción, páginas amarillas y directorio telefónico.

Las fábricas visitadas fueron las siguientes:

- *Fábrica los canarios*
- *Fábrica Preyco*
- *Fábrica Bloteca*
- *Fábrica Procreto*
- *Fábrica Productos para la construcción*
- *Fábrica Promacasa*
- *Fábrica Blotecnic*
- *Fábrica Adoblock*
- *Fábrica el Constructur*
- *Fábrica Blotecs y Cía Ltda.*
- *Fábrica don Justo.*

10.1.2 SELECCIÓN DE FÁBRICAS PARA MUESTREO

Dado el poco número de fábricas, todas fueron seleccionadas para el muestreo.

Para la visita que se llevó a cabo en cada fábrica, se diseñó un cuestionario en el que solicitaba la siguiente información:

- 1. Nombre de la fábrica.*
- 2. Procedencia de los materiales utilizados en la fabricación*
- 3. Proporciones usadas en la mezcla*
- 4. Control de calidad del concreto:*
 - a) Ensayos*
 - b) Control de agua*
- 5. Forma de colocar el concreto en los moldes:*
 - a) Sin compactar*
 - b) Compactado*
 - c) Vibrado*
 - d) Combinado*
- 6. Consistencia de la mezcla utilizada:*
 - a) Seca*
 - b) Plástica*
 - c) Fluida*
- 7. Tipo de Fábrica*
 - a) Artesanal*
 - b) Semimecanizada*
 - c) Mecanizada*
- 8. Espesores fabricados*
- 9. Formas:*
 - a) Tradicional*
 - b) Otros*
- 10. Tiempo y método de curado*
- 11. Tipo de cemento que se utiliza*
- 12. Qué ensayos se le realizan a los adoquines*

Es necesario aclarar que no se estableció un ordenamiento para la visita a cada una de ellas.

10.2. ENSAYOS

ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS DEL ADOQUÍN

Examen Visual, Forma y medidas

Grosor

Absorción

Resistencia a la compresión

Resistencia al desgaste.

10.3. EVALUACIÓN DE MUESTREO REALIZADO EN LAS FÁBRICAS

Cuando se inició el estudio se visitaron 10 de las principales fábricas productoras de adoquín, de las cuales 5 proporcionaron la información y muestras requeridas, las restantes indicaron que se reservaban el derecho de proporcionar la información acerca de su industria, a pesar de haberseles proporcionado una nota solicitando su colaboración, firmada por el director del Centro de Investigación de Ingeniería. A las fábricas que proporcionaron la información se les denominaron Fa, Fb, Fc, Fd y Fe.

10.3.1 PROPORCIONES USADAS PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO

Cabe mencionar que para la obtención de esta información no hubo colaboración por parte de los fabricantes, debido a que varios de ellos desconfiaban de la veracidad del estudio, e informaron que este tipo de datos eran confidenciales.

10.3.2. TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA

Se observó que el 100% de los fabricantes utiliza la mezcla para colocarla en los moldes en estado seco, lo cual indica que el estado plástico y fluido no es utilizado en la elaboración de este producto.

10.3.3. TIPO DE FÁBRICA

La clasificación de las fábricas existentes en el área muestreada indica que no existen fábricas del tipo artesanal, pero se pudo establecer que el 60% de las fábricas muestreadas son de tipo mecanizado y el resto son del tipo

semimecanizado; al referirse al área muestreada, ésta fue limitada a producción de adoquín en la ciudad capital y poblaciones aledañas.

10.3.4. MÉTODO DE CURADO

Se obtuvo que el 60% de las fábricas muestreadas utilizan el método de curado al ambiente con sombra, y el resto utilizan el método de curado al vapor.

El método de curado al vapor es en cuartos de vapor, en pozos Geotérmicos de vapor, el tiempo de curado es de 1 a 4 días. El curado al ambiente tiene un tiempo de 15 a 21 días.

10.3.5 TIPO DE CEMENTO Y AGUA UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DEL ADOQUÍN

El tipo de cemento utilizado por los fabricantes, es cemento importado de 5000 PSI de esfuerzo.

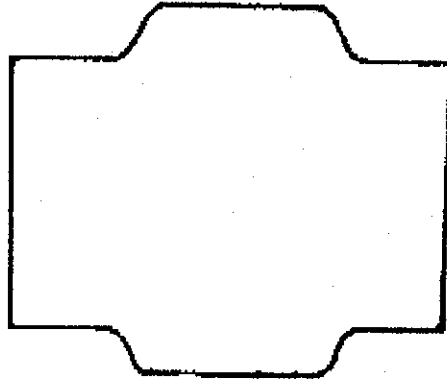
El agua utilizada es potable, el 90% de los fabricantes se limita a la inspección visual, el otro 10% por medio de computadora que tiene un detector automático de la humedad.

10.4 EVALUACIÓN DE ENSAYOS DE ADOQUÍN

10.4.1. EXAMEN VISUAL, FORMA Y MEDIDAS

Las muestras de adoquín presentaron una superficie buena, esto indica libre de porosidad e irregularidades y aristas bien definidas.

Respecto a su forma de presentación, todas las muestras presentaron la forma tradicional tipo huella de cruz.



10.4.2. ESPESOR

El 100% de las muestras presentan un espesor entre 9.8 a 10.6 cm., lo cual indica la tendencia de los fabricantes nacionales de elaborar adoquín de 10cm de espesor, pero en la actualidad se ha iniciado la fabricación de adoquín de 5cm., de acuerdo a las normas, éstas no especifican límites.

10.4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

A continuación se presenta una tabla donde se indica el promedio de resultados de pruebas de laboratorio en adoquines.

Tabla No. 27

Promedio de resultados, prueba de laboratorio adoquines

Fábrica	Absorción %	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	Esfuerzo a compresión Equivalente (kg/cm ²)
FA	11.39	42.00	207.09
FB	21.44	41.00	200.40
FC	16.85	40.71	197.60
FD	13.19	60.73	394.39
FE	12.60	82.22	852.13

10.4.3.1 PORCENTAJES DE ABSORCIÓN

Según los resultados mostrados en la anterior tabla, la mezcla que tiene menor porcentaje de absorción es la de fábrica A, cuyos adoquines en promedio presentan un porcentaje de 11.39. La mezcla de la fábrica B presenta un 21.44% de absorción, que es la mayor de las demás fábricas.

10.4.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a compresión está asociada directamente al módulo de ruptura, el mínimo módulo de ruptura que deben cumplir los adoquines es de 45 kg/cm², equivalente a un esfuerzo de compresión de 210 kg/cm², que corresponde al mínimo valor para los adoquines de tipo liviano (apéndice C).

De los resultados obtenidos, la mezcla de la fábrica E, es la que tiene un mayor módulo de ruptura con un promedio de 82.22 kg/cm² y la mezcla de la fábrica C es la que presenta un menor módulo de ruptura de 40.71 kg/cm²

De los promedios de los resultados los que cumplen con el valor mínimo de módulo de ruptura, son las fábricas D y E, a pesar que estos adoquines pertenecen a tránsito liviano, sobrepasa los 51 kg/cm² de esfuerzo a flexión, que corresponde a un esfuerzo de compresión de 280 kg/cm², clasificado como adoquines de tránsito pesado. (Ref. No. 3).

CONCLUSIONES

1.- De acuerdo a los resultados obtenidos, de la resistencia a compresión, los cilindros de arena caliza a temprana edad alcanzan una resistencia alta, conforme el tiempo el incremento de su resistencia presenta una pendiente suave. Los cilindros de arena de río a temprana edad alcanzan una resistencia baja, conforme el tiempo el incremento de su resistencia presenta una pendiente alta.

2.- El control de calidad en el proceso de fabricación, incluyendo la operación de la máquina y la medición de los materiales en el mezclado, mejora las características del adoquín, tanto cualitativa como cuantitativamente.

3.- Analizando el porcentaje de absorción, que es una de las características físicas importantes, se concluye que cuando se aumenta el porcentaje de escoria de piedra triturada influye en gran parte a disminuir el porcentaje de absorción de los adoquines fabricados con arena de río, mientras que en los adoquines fabricados con arena caliza influye en mínima parte el porcentaje de absorción.

4.- Como la arena caliza presenta una buena graduación en su granulometría y mejores características físicas en general, en comparación con la arena de río, se observa que influye en mejores resultados de resistencia a compresión y porcentaje de absorción, en la elaboración de adoquines de concreto.

5.- Al efectuar el análisis que deben cumplir los adoquines de concreto, sobre los mínimos valores que presentan las normas, alemana DIN, española UNE, colombiana ICONTEC y recomendaciones de CII, se nota que las normas europeas son muy exigentes para el medio guatemalteco y latinoamericano, porque presentan valores altos de resistencia a compresión, teniendo una relación de 6:1 y 3:1.

6.- *La arena caliza como agregado fino y la adición de escoria de piedra triturada son materiales que resultan en beneficio de los adoquines fabricados, ya que se logra una mayor impermeabilidad (por su menor porcentaje de absorción) y un mayor esfuerzo de compresión.*

RECOMENDACIONES

- 1.- Hacer énfasis en el control de calidad, para el logro de buenos adoquines de concreto. Iniciando desde la elección de agregados, su proporcionamiento, mezclado, vibrado, compactado y manejo cuidadoso de los especímenes en etapa de curado.*
- 2.- Se recomienda utilizar un porcentaje de escoria de piedra triturada que esté en el rango de 5 y 10% para la fabricación de adoquines.*
- 3.- Realizar un estudio sobre el porcentaje de absorción del adoquín, debido a que no existe norma alguna en ese sentido.*
- 4.- Impulsar el uso de la arena caliza como agregado del concreto, para ser utilizado en la elaboración de otros productos para la construcción.*
- 5.- Se recomienda realizar la prueba de desgaste, ya que en el CII no se practica este ensayo, porque es importante conocer esta propiedad mecánica de los adoquines de concreto y existen valores permisibles en las normas.*

REFERENCIAS

1. *Uso de la escoria de piedra triturada como agregado del cemento.*

Urias Fredy Fuentes Velásquez, Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1,996.

2. *Evaluación de los procesos de fabricación y características de la tubería de cemento en la ciudad de Guatemala.*

García Calderón, Carlos Roberto José; Dávila Solares, Oscar Eduardo. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1,993.

3. *Estudio de adoquines de concreto fabricados en GUATEMALA y propuesta de norma.*

Pinto Acevedo, Ricardo Asinio, Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1984.

BIBLIOGRAFÍA

- *NORMA ALEMANA DIN 18501. BLOQUES PARA PAVIMENTOS (ADOQUINES), DE CONCRETO. SEPTIEMBRE DE 1964.*
- *NORMA ALEMANA DIN 52105. PRUEBA DE COMPRESIÓN AGOSTO 1965.*
- *NORMA ALEMANA DIN 52108. PRUEBA DE DESGASTE. AGOSTO 1968.*
- *NORMA ESPAÑOLA UNE 7068. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE PIEDRA. OCTUBRE 1953.*
- *NORMA ESPAÑOLA UNE 7069. ENSAYO DE DESGASTE POR RAZONAMIENTO, EN ADOQUINES DE PIEDRA. OCTUBRE 1953.*
- *NORMA ESPAÑOLA UNE 41005. ADOQUINES DE GRANITO PARA PAVIMENTOS DE MISMO TIPO Y TAMAÑO. DICIEMBRE 1952.*
- *NORMA COLOMBIANA ICONTEC 2017. ADOQUINES DE HORMIGÓN. 1983.*
- *NORMA BELGA NBNB 21-311. ADOQUINES DE CONCRETO. 1974.*
- *USO DE LA ESCORIA DE PIEDRA TRITURADA COMO AGREGADO DEL CONCRETO.*
Fuentes Velásquez Urias Fredy. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1996.
- *ESTUDIO SOBRE ADOQUINES DE CONCRETO FABRICADOS EN GUATEMALA Y PROPUESTA DE NORMA PARA EL CONTROL DE SU CALIDAD.*
Pinto Acevedo, Ricardo Asinio. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1984.

- *ANÁLISIS MINERALÓGICO Y EXAMEN PETROGÁFICO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO DE TRES BANCOS DE LA REGIÓN CENTRAL DEL PAIS.*
Gaitan Orosco, Sergio. Tesis de graduación de Ingeniero Civil.
Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
Guatemala 1996.

- *NORMAS PARA LA DESCRIPCIÓN Y EXAMEN PETROGRÁFICO DE LOS COMPONENTES MINERALES DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO.*
Villegas Cancinos, Dionisio. Tesis de graduación de Ingeniero Civil.
Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
Guatemala 1992.

- *ADOQUIN EN GUATEMALA. Manual Técnico.*
Instituto de Fomento Municipal (INFOM). Guatemala 1986.

- *MANUAL DE PAVIMENTOS*
Jesús Moncayo V. CECSA. México 1985.

- *CARTILLA DEL CONCRETO. Revista IMCYC.*
F.R. Mcmillan y Lewis H. Tuthill.

- *ADOQUINES DE CONCRETO. Revista IMCYC.*
A.A. Lilley y A.J. Clark.

APÉNDICE "A"

Resultados de Laboratorio de los Agregados.



Informe de laboratorio No 071
Orden de trabajo No. 008156

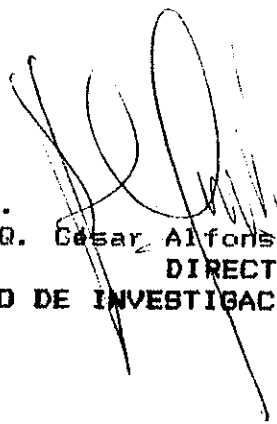
INTERESADO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE. Att. Ing.
Rolando Barrios.
MUESTRA: 1 bolsa de arena caliza
FECHA: Guatemala 27 de noviembre 1996.

EVALUACION DE COMPOSICION QUIMICA DE ARENA CALIZA

PARAMETRO(%)	MUESTRA
CaCO ₃	87.3
MgCO ₃	4.2
Fe	0.0001
Al	3.7

muestra proporcionada por el interesado


Ing. Q. Telma Maricela Cano M.
JEFATURA
LABORATORIO QUIMICA INDUSTRIAL/CII


Vo.Bo.
Ing. Q. César Alfonso García Guerra
DIRECTOR
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ENERGIA Y MINAS.
FACULTAD DE INGENIERIA.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

INFORME TECNICO

INTERESADO: HERNANDEZ ANDRADE
OBJETIVO: ESTUDIO DE TESIS
FECHA: 29 DE NOVIEMBRE DE 1996

SOLICITUD: ANALISIS PETROGRAFICO DE DOS MUESTRAS
PROPORCIONADAS POR EL INTERESADO.

MUESTRA No. 1

IDENTIFICACION: ARENA CALIZA
PRESENTACION: MATERIAL GRANULAR TAMAÑO ARENA
PROCEDENCIA: LA PEDRERA, ZONA 6, GUATEMALA.
COMPOSICION MINERALOGICA Y/O PETROGRAFICA: PRINCIPALMENTE
FRAGMENTOS DE ROCA CALIZA, MINERALES DE CALCITA Y
DOLOMITA.
COMPOSICION QUIMICA: CaCO_3 , MgCO_3 , Fe, Al, otros.

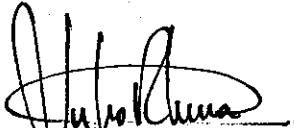
NOMBRE: ARENA CARBONATICA.

MUESTRA No. 2

IDENTIFICACION: ESCORIA DE PIEDRA CALIZA
PRESENTACION: MATERIAL GRANULAR (MAL CLASIFICADO)
PROCEDENCIA: LA PEDRERA, ZONA 6, GUATEMALA.
COMPOSICION MINERALOGICA Y/O PETROGRAFICA: FRAGMENTOS DE
TAMAÑO ARENA Y GRAVA, PRINCIPALMENTE DE ROCA CALIZA Y
PROBABLEMENTE DOLOMITA.
COMPOSICION QUIMICA PROBABLE: PRINCIPALMENTE CARBONATOS DE
CALCIO Y MAGNESIO.
OBSERVACIONES: ES UN SUBPRODUCTO DE TRITURACION DE ROCAS
CARBONATADAS.

NOMBRE: MATERIAL CARBONATADO NO CLASIFICADO.



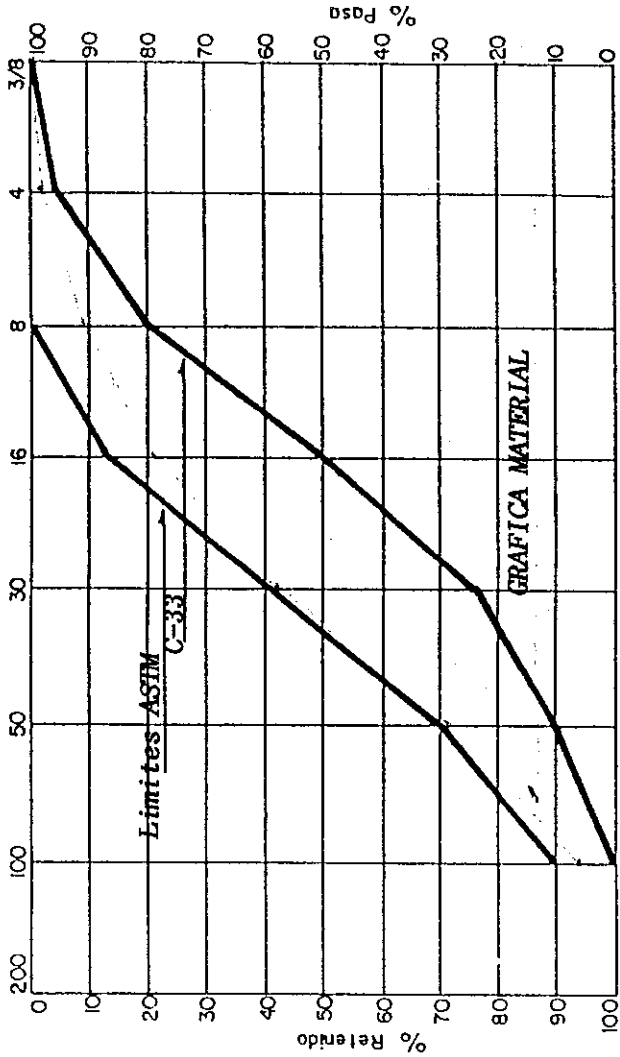

ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE
PROFESOR - INVESTIGADOR.
CESEM.

AGREGADO FINO PARA CONCRETO

INTERESADO:		INFORME N.º. 500-Sc		PROYECTO:	
ING. ROLANDO BARRIOS		Muestra: Arena de Río		Tesis Hernández Andrade	
		Fecha: 28 de nov. 1996		O. T. N.º. 007957	
				Lab. Concretos	

CARACTERISTICAS FISICAS:

Peso Especifico	2.35
Peso Unitario (Kg/m ³)	1179.0
Porcentaje de Vacíos	49.8
Porcentaje de Absorción	4.6
Contenido de Materia Orgánica	# 3
% de Retenido en Tamiz 6.35 mm	13.6
Porcentaje que Pasa Tamiz 200	2.32
Porcentaje de Material Liviano	
Porcentaje de Desgaste por Sulfato de Sodio	
% de Material Friable	



Observaciones: _____

Tamiz No.	9-52	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
% Que Pasa	100	98.5	90.8	79.5	57.6	28.9	6.3

Vo. Bo.

Jefe de Laboratorio
 X Director CII

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 ... GUATEMALA, C. A.

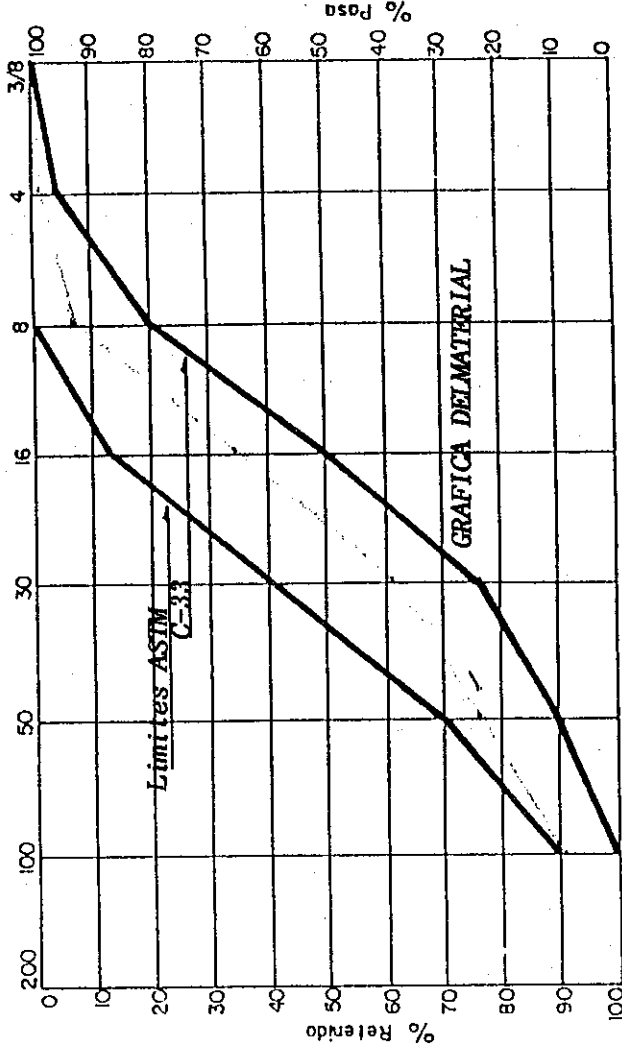
aebr/

AGREGADO FINO PARA CONCRETO

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS	INFORME No. 501-Sc	PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE
Muestra: ARENA CALIZA	Fecha: 27 Nov. 1996	O. T. No. 007957
		Lab. Concretos

CARACTERISTICAS FISICAS:

Peso Especifico	2.73
Peso Unitario (Kg/m ³)	1854.0
Porcentaje de Vacios	32.0
Porcentaje de Absorción	0.46
Contenido de Materia Orgánica	No tiene
% de Retenido en Tamiz 6.35 mm	0.5
Porcentaje que Pasa Tamiz 200	6.7
Porcentaje de Material Liviano	
Porcentaje de Desgaste por Sulfato de Sodio	
% de Material Friable	



Observaciones: _____

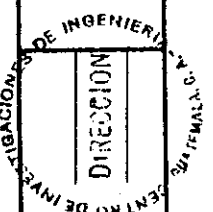
Tamaño en Milímetros

Tamiz No.	9.52	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
% Que Pasa	100	99.5	92.6	65.8	39.2	22.6	9.2

Observaciones: _____

Vo. Bo. _____
 Jefe de Laboratorio

 Director CIV



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 ooo GUATEMALA, C. A.

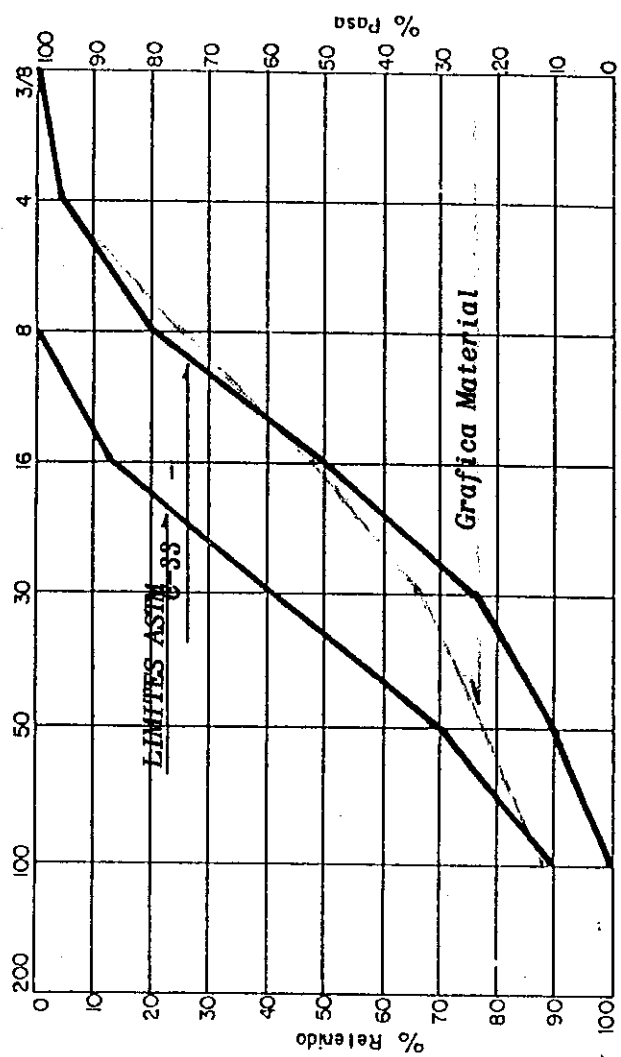
aabr/

AGREGADO FINO PARA CONCRETO

INTERESADO: INGENIERO ROLANDO BARRIOS	INFORME N.º. 496-Sc	PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE
Muestra: Polvo de Piedra	Fecha: 27-11-96	O. T. N.º. 007957
		Lab. Concretos

CARACTERISTICAS FISICAS:

Peso Especifico	2.70
Peso Unitario (Kg/m ³)	1890.0
Porcentaje de Vacios	30.0
Porcentaje de Absorción	0.36
Contenido de Materia Orgánica	no tiene
% de Retenido en Tamiz 6.35 mm	----
Porcentaje que Paso Tamiz 200	12.14
Porcentaje de Material Liviano	----
Porcentaje de Desgaste por Sulfato de Sodio	----
% de Material Friable	----



Observaciones: Modulo de Finura 3.11

 Jefe de Laboratorio

 ING. CESAR GARCIA GUERRA
 Director C/L

Tamiz No.	9.52	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
% Que Pasa	100	96.1	74.7	52.1	33.1	20.8	12.4

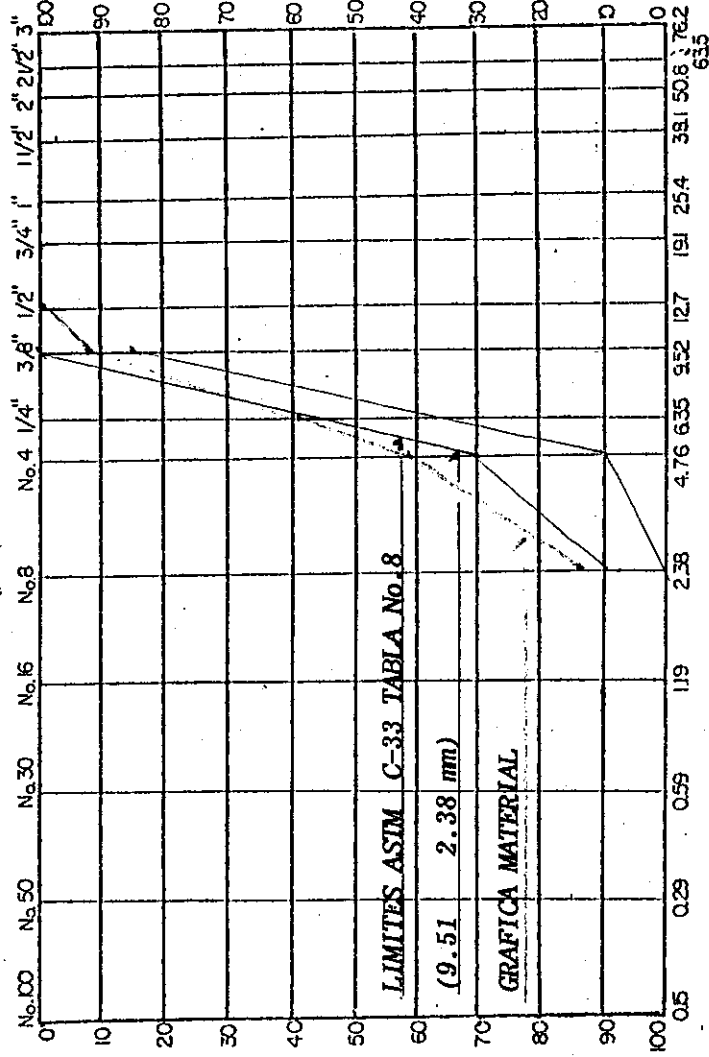
Yo. 8o.


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 ••• GUATEMALA, C. A.

AGREGADO PARA CONCRETO

ING. ROLANDO BARRIOS	PROYECTO TESIS HERNANDEZ ANDRADE	502-SC INFORME N.º.
INTERESADO	MUESTRA PIEDRIN 3/8"	FECHA 27 nov. 1996
		O.T. N.º. 007957

CARACTERISTICAS FISICAS	
Peso Especifico	2.65
Peso Unitario (kg/cm ³)	1613.0
% Vacios	39.1
% Absorcion	1.52
Materia Organica	
% Pasa Tamiz 200	
% Desgaste de Abrasion	
% Desgaste de Sulfato de Sodio	
% de Particulas Planas y Alargadas	



TAMAÑO EN MILIMETROS						
TAMIZ N.º.	19.1	12.7	9.52	6.35	4.76	2.38
% QUE PASA	100	99.9	92.0	59.5	41.3	13.4

OBSERVACIONES _____

Jefe de Laboratorio

Ing. César A. García Guerra
 Director C.I.I.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 GUATEMALA, C.A.

V.º.Bo.º

sebr/

APÉNDICE "B"

Resultados de Pruebas de Cilindros

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA-27 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 486-SC

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE

PROYECTO TESIS

No OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEASURAS en cm	RESISTENCIA kg/cm ²	OBSERVACIONES
1	7-49	10-7-96	8	---	---	1-muestra prueba 2-3-4 mezcla base (AR)	---	10.4	15.3 x 30.48	39.6	3.9 Mpa.
2	7-50	10-7-96	8	---	---	5-6-7 mezcla base (AC)	---	11.4	15.2 x 30.48	42.6	4.2 Mpa.
3	7-51	10-7-96	8	---	---	8-9-10 AC-0.5 %	---	11.4	15.2 x 30.48	38.8	3.8 Mpa.
4	7-52	10-7-96	8	---	---		---	11.4	15.2 x 30.48	50.1	4.9 Mpa.
5	7-53	10-7-96	8	---	---	11-12-13 AR-0.5 %	---	11.8	15.3 x 30.48	51.9	5.1 Mpa.
6	7-54	10-7-96	8	---	---		---	12.0	15.2 x 30.48	57.6	5.6 Mpa.
7	7-55	10-7-96	8	---	---	11-12-13 AR-0.5 %	---	12.0	15.2 x 30.48	63.9	6.3 Mpa.
8	7-56	11-7-96	7	---	---	11-12-13 AR-0.5 %	---	11.0	15.3 x 30.48	42.0	4.1 Mpa.
9	7-57	11-7-96	7	---	---	11-12-13 AR-0.5 %	---	11.2	15.2 x 30.48	35.1	3.4 Mpa.
10	7-58	11-7-96	7	---	---	11-12-13 AR-0.5 %	---	11.8	15.2 x 30.48	51.4	5.0 Mpa.
11	7-59	11-7-96	7	---	---	11-12-13 AR-0.5 %	---	10.3	15.2 x 30.48	35.1	3.4 Mpa.
12	7-60	11-7-96	7	---	---	11-12-13 AR-0.5 %	---	10.3	15.3 x 30.48	32.1	3.1 Mpa.
13	7-61	11-7-96	7	---	---	11-12-13 AR-0.5 %	---	10.6	15.2 x 30.48	45.1	4.4 Mpa.

Ve. Bo. *[Signature]*

[Signature]
Ing. Cesar A. García Guerra
Director C.I.

[Signature]
Ing. Erik-Rosales Torres
Jefe/ Sección/ Concypa.

DIRECCION

INVESTIGACIONES DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS

CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12

GUATEMALA, C.A.

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA 27 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 487-SC

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE

PROYECTO TESIS

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNCION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
14	7-62	12-7-96	7	---	---	11-12-13 AR 0.5%	---	11.0	15.2 x 30.48	37.6	S.O.T. No. 008015 3.7 Mpa.
15	7-63	12-7-96	7	---	---	11-12-13 AR 0.5%	---	10.8	15.3 x 30.48	35.8	3.5 Mpa.
16	7-64	12-7-96	7	---	---	11-12-13 AR 0.5%	---	11.8	15.2 x 30.48	45.1	4.4 Mpa.
17	7-65	12-7-96	7	---	---	11-12-13 AR 0.5%	---	11.8	15.2 x 30.48	48.8	4.8 Mpa.
18	7-74	16-7-96	7	---	---	AR-15%	---	10.8	15.2 x 30.48	30.1	2.9 Mpa.
19	7-75	16-7-96	7	---	---	AR-15%	---	10.0	15.2 x 30.48	22.5	2.2 Mpa.
20	7-76	16-7-96	7	---	---	AC-15%	---	11.8	15.2 x 30.48	33.8	3.3 Mpa.
21	7-77	16-7-96	7	---	---	AC-15%	---	12.0	15.2 x 30.48	35.1	3.4 Mpa.
22	7-78	17-7-96	7	---	---	AR-20%	---	11.0	15.2 x 30.48	30.1	2.9 Mpa.
23	7-79	17-7-96	7	---	---	AR-20%	---	11.0	15.2 x 30.48	31.3	3.1 Mpa.
24	7-80	17-7-96	7	---	---	AC-20%	---	11.6	15.2 x 30.48	30.1	2.9 Mpa.
25	7-81	17-7-96	7	---	---	AC-20%	---	11.8	15.2 x 30.48	36.3	3.6 Mpa.
4AC1	7-82	10-7-96	7	---	---	AC-20%	---	12.0	15.2 x 30.48	68.9	6.8 Mpa.

Vo. Bo.

Ing. César A. Gargiú Guzmán
Director C.A.I.

Ing. Erik Rosales Torres
Jefe Sección Concreto



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
GUATEMALA, C.A.





RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA 27 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 488-Sc.-

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE PROYECTO TESIS

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
4ACI	7-82	10-7-96	14	---	---	AG-20%	---	12.0	15.2x30.48	68.9	6.8 Mpa.-
4ARI	7-83	"	14	---	---	AC-20%	---	10.6	15.2x30.48	53.9	5.3 Mpa.-
5ACI	7-84	"	28	---	---	AC-20%	---	11.4	15.3x30.48	61.8	6.1 Mpa.-
6ACI	7-85	"	28	---	---	AC-20%	---	11.8	15.2x30.48	67.6	6.6 Mpa.-
5ARI	7-86	"	28	---	---	AC-20%	---	10.2	15.3x30.48	64.3	6.3 Mpa.-
6ARI	7-87	"	28	---	---	AC-20%	---	10.4	15.3x30.48	68.0	6.7 Mpa.-
4AC2	7-88	11.7.96	14	---	---	AC-20%	---	11.6	15.2x30.48	53.9	5.3 Mpa.-
4AC2	7-89	"	14	---	---	AC-20%	---	10.8	15.2x30.48	47.6	4.7 Mpa.-
5AC2	7-90	"	28	---	---	AC-20%	---	12.0	15.2x30.48	61.37	6.01Mpa.-
6AC2	7-91	"	28	---	---	AC-20%	---	11.6	15.1x30.48	57.11	5.60Mpa.-
5AR2	7-92	"	28	---	---	AC-20%	---	10.8	15.1x30.48	63.47	6.22Mpa.-
6AR2	7-93	"	28	---	---	AC-20%	---	11.0	15.2x30.48	65.93	6.38Mpa.-
3AC3	7-94	"	14	---	---	AC-20%	---	11.6	15.3x30.48	40.08	3.93Mpa.-

No. Bo.


 Ing. Carlos A. García Guerra
 Director C.I.I.

 DIRECCION
 Ing. Eny Rosales Torres
 Jefe Sección Concreto

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE

GUATEMALA, 27 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 489 S.C.-

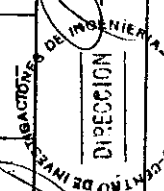
PROYECTO TESIS

No OBRA No CILINDRO	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDACION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
4AC3	7-95	12.7.96	14	---	---		---	11.6	15.3x30.48	43.84	4.30 Mpa.-
3AR3	7-96	"	14	---	---		---	11.2	15.3x30.48	50.09	4.91 Mpa.-
4AR3	7-97	"	14	---	---		---	11.2	15.3x30.48	51.35	5.03 Mpa.-
5AC3	7-98	"	28	---	---		---	11.8	15.3x30.48	61.81	6.06 Mpa.-
6AC3	7-99	"	28	---	---		---	12.0	15.3x30.48	66.75	6.54 Mpa.-
5AR3	7-100	"	28	---	---		---	15.2	15.2x30.48	60.12	5.89 Mpa.-
6SR3	7-101	"	28	---	---		---	10.6	15.2x30.48	58.87	5.77 Mpa.-
3AC4	7-102	16-7-96	14	---	---		---	12.2	15.2x30.48	32.6	3.2 Mpa.-
4AC4	7-103	"	14	---	---		---	12.6	15.2x30.48	32.6	3.2 Mpa.-
3AR4	7-104	"	14	---	---		---	11.8	15.2x30.48	41.3	4.1 Mpa.-
4AR4	7-105	"	14	---	---		---	11.8	15.2x30.48	40.1	3.9 Mpa.-
5AC4	7-106	"	28	---	---		---	11.6	15.2x30.48	51.35	5.03 Mpa.-
6AC4	7-107	"	28	---	---		---	11.8	15.1x30.48	55.84	5.47 Mpa.-

Vo. Bo.

[Signature]
Ing. César A. García Guerra
Director C.I.I.

[Signature]
Ing. Erik Rosales Torres
Jefe Sección Concursa.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA - DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
GUATEMALA, C.A.



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

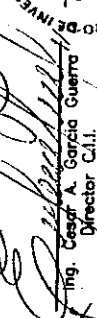
GUATEMALA, 27 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 499-Sc.-

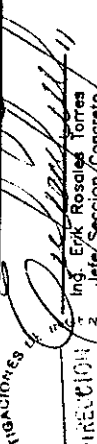
INTERESADO CARLOS RAÚL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR REVE HERNANDEZ ANDRADE

PROYECTO TESIS

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
5AR4	7-108	16-7-96	28	---	---		---	10.2	15.2x30.48	43.84	O.T.No.008015 4.30 Mpa.-
6AR4	7-109	"	28	---	---		---	10.6	15.2x30.48	55.11	5.40 Mpa.-
3AC5	7-110	17-7-96	14	---	---		---	12.0	15.2x30.48	46.3	4.5 Mpa.-
4AC5	7-111	"	14	---	---		---	12.0	15.2x30.48	43.8	4.3 Mpa.-
3AR5	7-112	"	14	---	---		---	11.0	15.3x30.48	39.6	3.9 Mpa.-
4AR5	7-113	"	14	---	---		---	11.0	15.2x30.48	41.3	4.1 Mpa.-
5AC5	7-114	"	28	---	---		---	11.6	15.2x30.48	47.59	4.66 Mpa.-
6AC5	7-115	"	28	---	---		---	11.8	15.2x30.48	52.60	5.16 Mpa.-
5AR5	7-116	"	28	---	---		---	10.8	15.2x30.48	57.61	5.65 Mpa.-
6AR5	7-117	"	28	---	---		---	10.6	15.1x30.48	55.84	5.47 Mpa.-
1-BCI	7-118	19-7-96	7	---	---		---	12.9	15.3x30.48	151.55	14.86 Mpa.-
2BCI	7-119	"	7	---	---		---	12.9	15.3x30.48	140.28	13.75 Mpa.-
3BCI	7-120	"	14	---	---		---	12.6	15.3x30.48	179.2	17.6 Mpa.-

Vs. So.


 Ing. Cesar A. Garcia Guerra
 Director C.A.I.


 Ing. Erik Rosales Torres
 Jefe Sección/Concreto

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA 27 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 491 -Sc-

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE PROYECTO TESIS

No OBRA	No CILINDRO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN kg	MEMORIAS en cm	RESISTENCIA kg/cm ²	OBSERVACIONES
4BCI	7-121	19-7-96	14	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	172.8	O.T.No. 008015
5BCI	7-122	"	28	---	---	---	---	12.4	15.2x30.48	162.8	16.9 Mpa.-
6BCI	7-123	"	28	---	---	---	---	12.6	15.3x30.48	186.6	15.96Mpa.-
1BRI	7-124	"	7	---	---	---	---	12.2	15.3x30.48	139.02	18.20Mpa.-
2BRI	7-125	"	7	---	---	---	---	12.2	15.3x30.48	95.18	13.63Mpa.-
3BRI	7-126	"	14	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	170.3	9.33Mpa.-
4BRI	7-127	"	14	---	---	---	---	11.8	15.3x30.48	166.9	16.7 Mpa.-
5BRI	7-128	"	28	---	---	---	---	12.0	15.3x30.48	189.13	16.4 Mpa.-
6BRI	7-129	"	28	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	199.14	18.53Mpa.-
1BC2	7-130	"	7	---	---	---	---	13.0	15.3x30.48	181.60	19.52Mpa.-
2BC2	7-131	"	7	---	---	---	---	13.0	15.3x30.48	180.36	17.80Mpa.-
3BC2	7-132	"	14	---	---	---	---	12.6	15.3x30.48	184.2	17.68Mpa.-
4BC2	7-133	"	14	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	205.4	18.1 Mpa.-


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA - DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 GUATEMALA, C.A.

DIRECCION DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 Ing. César K. García Guerra Director C.I.
 Ing. Erik Rosales Torres Jefe Sección Concreto

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA 26 DE noviembre DE 199 6 INFORME No. 492-Sc.-

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR REVE HERNANDEZ ANDRADE

PROYECTO TESIS

No OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNCION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEASURAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
5BC2	7-134	19.7.96	28	---	---	---	---	12.8	15.2x30.48	224.2	O. T. No. 008015 21.97 Mpa. -
6BC2	7-135	"	28	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	216.88	21.23 Mpa. -
1BR2	7-136	"	7	---	---	---	---	12.0	15.3x30.48	120.24	11.79 Mpa. -
2BR2	7-137	"	7	---	---	---	---	12.1	15.3x30.48	130.26	12.77 Mpa. -
3BR2	7-138	"	14	---	---	---	---	11.6	15.2x30.48	152.8	15.0 Mpa. -
4BR2	7-139	"	14	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	156.6	15.3 Mpa. -
5BR2	7-140	"	28	---	---	---	---	11.6	15.2x30.48	177.95	17.43 Mpa. -
6BR2	7-141	"	28	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	195.39	19.15 Mpa. -
1BC3	7-142	"	7	---	---	---	---	13.4	15.2x30.48	117.7	11.5 Mpa. -
2BC3	7-143	"	7	---	---	---	---	13.4	15.2x30.48	115.2	11.3 Mpa. -
3BC3	7-144	"	14	---	---	---	---	12.8	15.3x30.48	132.3	13.0 Mpa. -
4BC3	7-145	"	14	---	---	---	---	12.8	15.2x30.48	137.8	13.5 Mpa. -
5BC3	7-146	"		---	---	---	---	12.4	15.3x30.48	164.41	16.11 Mpa. -

Ing. Cesar A. Garcia Guerra
 Director C.I.I.

Ing. Erik Rosales Torres
 Jefe Sectorio Concreto.

DIRECCION DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA CIVIL Y MATEMATICAS DE LA UNIVERSIDAD DE GUATEMALA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA 27 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 493-Sc. -

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE

PROYECTO TESIS

No OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNCION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEASURAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
6BC3	7-147	22-7-96	28	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	153.01	608015 15.22 Mpa. -
1BR3	7-148	"	7	---	---	---	---	12.4	15.2x30.48	95.2	9.3 Mpa. -
2BR3	7-149	"	7	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	100.2	9.8 Mpa. -
3BR3	7-150	"	14	---	---	---	---	11.8	15.3x30.48	117.4	11.5 Mpa. -
4BR3	7-151	"	14	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	120.2	11.8 Mpa. -
5BR3	7-152	"	28	---	---	---	---	11.6	15.2x30.48	153.01	15.22 Mpa. -
6BR3	7-153	"	28	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	160.32	15.71 Mpa. -
1BC4	7-154	23.7.96	7	---	---	---	---	13.8	15.2x30.48	136.5	13.4 Mpa. -
2BC4	7-155	"	7	---	---	---	---	13.6	15.2x30.48	131.5	12.9 Mpa. -
3BC4	7-156	"	14	---	---	---	---	12.2	15.2x30.48	140.3	14.0 Mpa. -
4BC4	7-157	"	14	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	169.1	16.6 Mpa. -
5BC4	7-158	"	28	---	---	---	---	12.4	15.3x30.48	181.72	17.81 Mpa. -
6BC4	7-159	"	28	---	---	---	---	12.6	15.3x30.48	181.72	17.81 Mpa. -

Vo. Bo.

[Signature]
 Ing. Cesar García Guerra
 Director C.I.I.
 Ing. Erik Rosales Torres
 Jefe Sección Concreto.

DIRECCION
 DE INVESTIGACIONES DE
 MATERIALES

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 28 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 494-Sc.-


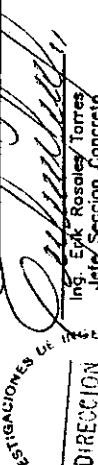
INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE PROYECTO TESIS

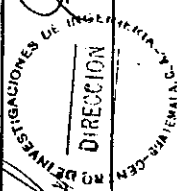
No OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
1BR4	7-160	23.7-96	7	---	---	---	---	12.4	15.3x30.48	75.4	7.4 Mpa.-
2BR4	7-161	"	7	---	---	---	---	12.2	15.2x30.48	75.1	7.4 Mpa.-
3BR4	7-162	"	14	---	---	---	---	11.6	15.3x30.48	90.2	9.0 Mpa.-
4BR4	7-163	"	14	---	---	---	---	11.6	15.3x30.48	91.5	9.0 Mpa.-
5BR4	7-164	"	28	---	---	---	---	11.6	15.3x30.48	131.03	12.84 Mpa.-
6BR4	7-165	"	28	---	---	---	---	11.6	15.3x30.48	132.27	12.96 Mpa.-
1BC5	7-166	"	7	---	---	---	---	13.2	15.3x30.48	118.7	11.6 Mpa.-
2BC5	7-167	"	7	---	---	---	---	13.4	15.3x30.48	118.7	11.6 Mpa.-
3BC5	7-168	"	14	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	146.5	14.4 Mpa.-
4BC5	7-169	"	14	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	147.8	14.5 Mpa.-
5BC5	7-170	"	28	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	182.86	17.92 Mpa.-
6BC5	7-171	"	28	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	185.37	18.17 Mpa.-
1BR5	7-172	"	17	---	---	---	---	12.4	15.3x30.48	74.2	7.3 Mpa.-

Vo. Bo.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.


 Ing. Cesar A. García Guerra
 Director C.I.I.

 Ing. Erik Rosales Torres
 Jefe Sección Concreto.



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 28 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 485-SC.

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE

PROYECTO TESIS

No CILINDRO	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNCION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
2BR5	7-173	23.7.96	7	---	---	---	---	12.4	15.2x30.48	78.9	7.7 Mpa. -
3BR5	7-174	"	14	---	---	---	---	11.2	15.2x30.48	88.9	8.7 Mpa. -
4BR5	7-175	"	14	---	---	---	---	11.6	15.2x30.48	97.7	9.6 Mpa. -
5BR5	7-176	"	28	---	---	---	---	11.6	15.2x30.48	129.0	12.64 Mpa. -
6BR5	7-177	"	28	---	---	---	---	11.6	15.2x30.48	125.25	12.27 Mpa. -
1CC1	8-05	25.7.96	7	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	162.8	16.0 Mpa. -
2CC1	8-06	"	7	---	---	---	---	12.8	15.2x30.48	161.2	16.0 Mpa. -
3CC1	8-07	"	14	---	---	---	---	12.8	15.2x30.48	155.31	15.22 Mpa. -
4CC1	8-08	"	14	---	---	---	---	12.6	15.1x30.48	154.83	15.17 Mpa. -
5CC1	8-09	"	28	---	---	---	---	11.4	15.2x30.48	165.3	16.2 Mpa.
6CC1	8-10	"	28	---	---	---	---	10.4	15.2x30.48	160.3	15.7 Mpa. -
1CR1	8-11	"	7	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	137.8	13.5 Mpa. -
2CR1	8-12	"	7	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	119.0	11.7 Mpa. -

Vb. Bb.

[Signature]
 Ing. Cesar A. Garza Guerra
 Director C.A.I.

[Signature]
 Ing. Erik Rosales Torres
 Jefe Sección Concreto.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 DIRECCION

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 28 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 496-So.-

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE PROYECTO TESIS

No OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
3CRI	8-13	25-7-96	14	---	---	---	---	12.0	15.2x30.48	146.54	14.36 Mpa
4CRI	8-14	"	14	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	157.81	15.47 Mpa.-
5CRI	8-15	"	28	---	---	---	---	10.4	15.2x30.48	189.1	18.5 Mpa.-
6CRI	8-16	"	28	---	---	---	---	10.8	15.2x30.48	181.6	17.8 Mpa.-
1CC2	8-17	30-7-96	7	---	---	---	---	12.4	15.2x30.48	119.0	11.7 Mpa.-
2CC2	8-18	"	7	---	---	---	---	12.4	15.2x30.48	120.2	11.8 Mpa.-
3CC2	8-19	"	14	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	149.04	14.61 Mpa.-
4CC2	8-20	"	14	---	---	---	---	12.2	15.1x30.48	135.80	13.31 Mpa.-
5CC2	8-21	"	28	---	---	---	---	11.4	15.2x30.48	142.78	13.99 Mpa.-
6CC2	8-22	"	28	---	---	---	---	11.4	15.2x30.48	156.56	15.34 Mpa.-
1CR2	8-23	"	7	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	98.9	9.7 Mpa.-
2CR2	8-24	"	7	---	---	---	---	12.0	15.2x30.48	107.7	10.6 Mpa.-
3CR2	8-25	"	14	---	---	---	---	12.0	15.2x30.48	134.02	13.13 Mpa.-

Vo. Bo.


 Ing. Cesar A. Garcia Guerra
 y Director C.I.I.
 DIRECCION DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 Ing. Erik Rosales Torres
 Jefe/Seccion Concreto.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 28 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 497-Sc.-

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE PROYECTO TESIS

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNCION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
4CR2	8-26	30.7.96	14	---	---	---	---	---	---	---	O.T.No. 008015
5CR2	8-27	"	28	---	---	---	---	11.0	15.2x30.48	161.57	15.83 Mpa.-
6CR2	8-28	"	28	---	---	---	---	11.2	15.2x30.48	162.82	15.96 Mpa.-
1CC3	8-29	31.7.86	7	---	---	---	---	12.2	15.2x30.48	88.9	8.7. Mpa.-
2CC3	8-30	"	7	---	---	---	---	12.6	15.3x30.48	100.1	9.81 Mpa.-
3CC3	8-31	"	14	---	---	---	---	12.6	15.3x30.48	105.07	10.30 Mpa.-
4CC3	8-32	"	14	---	---	---	---	12.6	15.2x30.48	124.0	12.15 Mpa.-
5CC3	8-33	"	28	---	---	---	---	11.6	15.2x30.48	123.99	12.15 Mpa.-
6CC3	8-34	"	28	---	---	---	---	11.6	15.2x30.48	132.76	13.01 Mpa.-
1CR3	8-35	"	7	---	---	---	---	11.8	15.3x30.48	87.8	8.6 Mpa.-
2CR3	8-36	"	7	---	---	---	---	11.8	15.2x30.48	102.7	10.1 Mpa.-
3CR3	8-37	"	14	---	---	---	---	12.0	15.2x30.48	113.58	11.17 Mpa.-
4CR3	8-38	"	14	---	---	---	---	12.0	15.3x30.48	113.73	11.15 Mpa.-

Vo. Bo.  

Ing. Cesar A. Garcia Guerra Director C.I.I.
 Ing. Erik Rosales Torres Jefe Seccion Concreto.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.

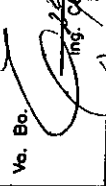


RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA 28 DE noviembre DE 199 6 INFORME No. 498-Sc.-

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE PROYECTO TESIS

No OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNCION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
5CR3	8-39	31-7-96	28	---	---		---	11.2	15.2x30.48	144.03	O.T.No.008015
6CR3	8-40	"	28	---	---		---	11.2	15.2x30.48	137.77	14.11 Mpa .-
1CC4	8-41	1-8-96	7	---	---		---	12.8	15.2x30.48	95.19	13.50 Mpa .-
2CC4	8-42	"	7	---	---		---	12.6	15.2x30.48	93.94	9.33 Mpa .-
3CC4	8-43	"	14	---	---		---	12.8	15.3x30.48	114.96	9.21 Mpa .-
4CC4	8-44	"	14	---	---		---	12.8	15.2x30.48	112.72	11.27 Mpa .-
5CC4	8-45	"	28	---	---		---	11.8	15.3x30.48	127.32	11.05 Mpa .-
6CC4	8-46	"	28	---	---		---	11.8	15.2x30.48	126.50	12.48 Mpa .-
1CR4	8-47	"	7	---	---		---	12.4	15.2x30.48	91.4	12.40 Mpa .-
2CR4	8-48	"	7	---	---		---	12.4	15.3x30.48	85.3	9.0 Mpa .-
3CR4	8-49	"	14	---	---		---	12.2	15.3x30.48	96.42	8.4 Mpa .-
4CR4	8-50	"	14	---	---		---	12.2	15.2x30.48	113.98	9.45 Mpa .-
5CR4	8-51	"	28	---	---		---	11.4	15.3x30.48	128.56	11.17 Mpa .-

Vo. Bo. 
 Ing. Cesar A. Garcia Guerra Director C.I.I.
 Ing. Erik Rosales Torres Jefe Seccion Concreto.
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 GUATEMALA, C.A.



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 28 DE noviembre DE 1996 INFORME No. 499-Sc.-

INTERESADO CARLOS RAUL HERNANDEZ ANDRADE, HECTOR RENE HERNANDEZ ANDRADE PROYECTO TESIS

No OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNCION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm	RESISTENCIA Kg/cm ²	OBSERVACIONES
6CR4	8-52	01.8.96	28	---	---		---	11.4	15.3x30.48	123.62	12.11 Mpa.-
1CC5	8-53	"	7	---	---		---	12.8	15.3x30.48	67.99	6.66 Mpa.-
2CC5	8-54	"	7	---	---		---	12.6	15.2x30.48	78.91	7.73 Mpa.-
3CC5	8-55	"	14	---	---		---	12.8	15.2x30.48	92.68	9.08 Mpa.-
4CC5	8-56	"	14	---	---		---	12.6	15.2x30.48	80.16	7.86 Mpa.-
5CC5	8-57	"	28	---	---		---	11.8	15.3x30.48	76.64	7.51 Mpa.-
6CC5	8-58	"	28	---	---		---	11.8	15.2x30.48	102.70	10.06 Mpa.-
1CR5	8-59	"	7	---	---		---	12.4	15.1x30.48	110.41	10.82 Mpa.-
2CR5	8-60	"	7	---	---		---	12.6	15.2x30.48	93.94	9.21 Mpa.-
3CR5	8-61	"	14	---	---		---	12.4	15.3x30.48	110.02	10.78 Mpa.-
4CR5	8-62	"	14	---	---		---	12.4	15.3x30.48	122.38	11.99 Mpa.-
5CR5	8-63	"	28	---	---		---	11.4	15.2x30.48	129.01	12.64 Mpa.-
6CR5	8-64	"	28	---	---		---	11.8	15.3x30.48	147.10	14.42 Mpa.-

No. Bo.

[Signature]
 Ing. Cesar A. García Guerra
 Director G.I.I.

[Signature]
 Ing. Erik Rosales Torres
 Jefe Sección Concreto.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIAS
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
 GUATEMALA, C.A.

APÉNDICE "C"

*Resultados de Prueba de Laboratorio
En adoquines Ensayados.*



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

Ciudad Universitaria, Zona 12

Tels. directos: 763992/3 Planta: 760790/4 Ext. 372 Fax: 005022-763993

Guatemala C. A.



FACULTAD DE INGENIERIA - USAC

DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS

MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

INFORME No.

O.T. No.

Fecha:

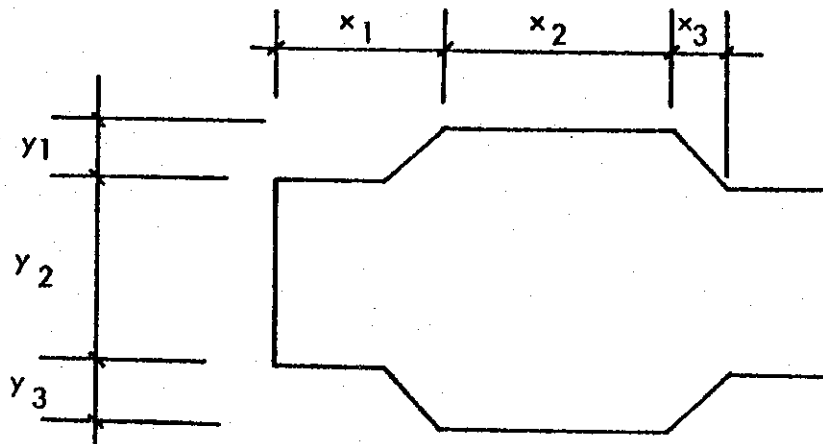
Labs.

Interesado:

Proyecto:

Dimensiones:

Medidas (cm)	Largo en (cm)			Ancho en (cm)			GROSOR cm
	x1	x2	x3	y1	y2	y3	



CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS

Peso (en kg)		% ABSORCION	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	Módulo de Ruptura Mínimo (kg/cm ²)
Natural	Seco			
				45.00

OBSERVACIONES: El módulo de ruptura mínimo de 45 kg/cm² equivale a un esfuerzo de compresión de 210 kg/cm².

Vo. Bo.

Ing. César A. García Guerra
Director

Ing. Juan Miguel Rubio
Jefe Sección

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8199-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No: 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	arl	7.0	10.6	2.5	2.4	17.4	2.4	10.0
2	arl	6.7	10.9	2.4	2.2	17.7	2.5	10.2
3	arl	6.9	10.8	2.4	2.3	17.4	2.5	10.0
4	arl	6.9	10.8	2.5	2.2	17.7	2.4	10.1
5	arl	7.0	10.7	2.3	2.5	17.4	2.3	10.4
6	arl	6.7	10.7	2.4	2.5	17.4	2.3	9.8
7	arl	7.0	10.5	2.5	2.5	17.4	2.2	10.1
8	arl	7.0	10.5	2.4	2.4	17.4	2.5	10.0
9	arl	6.9	10.6	2.5	2.4	17.6	2.4	10.5
10	arl	6.9	10.8	2.5	2.4	17.4	2.5	10.2

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	9.440	5.135	5.828	13.50	2000	142.59	31.17
22.0	9.950	4.600	5.157	12.11	2200	151.58	32.96
22.0	9.590	4.126	4.664	13.04	1800	128.21	28.06
22.0	9.853	4.061	4.512	11.11	1900	132.53	29.03
21.9	10.140	4.392	4.855	10.54	2000	132.16	28.95
21.7	9.003	3.067	3.595	17.22	1100	107.96	23.03
21.8	9.306	4.030	4.656	15.53	1500	108.33	23.13
21.9	9.290	4.417	5.127	16.07	1540	112.02	24.11
22.0	9.905	4.475	5.270	17.76	1700	111.72	24.03
22.0	9.640	4.700	5.500	17.02	1700	117.27	25.47

NOTA: * SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

DIRECCION
Vo.Bo.

ING. CESAR A. GARCIA G.
DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
JEFE SECCION METALES

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
CIENTIFICAS Y TECNOLÓGICAS
GUATEMALA, C. A.

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8200-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

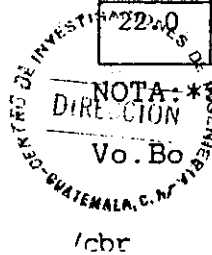
PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

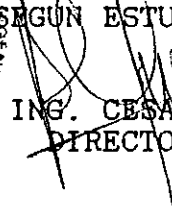
O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	ar2	7.1	10.5	2.4	2.5	17.5	2.2	10.5
2	ar2	6.9	10.8	2.4	2.4	17.6	2.3	10.1
3	ar2	7.0	10.6	2.4	2.2	17.7	2.4	9.9
4	ar2	7.0	10.5	2.5	2.4	17.4	2.5	10.1
5	ar2	7.1	10.6	2.5	2.4	17.4	2.5	10.1
6	ar2	7.0	10.6	2.5	2.5	17.5	2.5	10.0
7	ar2	6.8	11.0	2.2	2.5	17.5	2.5	10.4
8	ar2	7.1	10.5	2.5	2.3	17.5	2.5	10.7
9	ar2	7.0	10.7	2.4	2.5	17.4	2.5	10.5
10	ar2	7.0	10.5	2.4	2.5	17.5	2.2	10.5

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.8	10.270	6.040	6.757	11.87	1800	25.68	118.20
21.9	9.950	4.678	5.450	16.50	1740	26.71	122.43
21.9	9.610	5.660	6.507	14.96	1680	26.84	122.98
21.8	9.660	4.411	5.129	16.28	2040	31.46	144.00
22.0	9.320	5.443	6.449	18.48	1600	24.44	113.29
22.0	9.745	4.192	4.850	15.70	2100	32.73	150.39
22.0	10.362	4.651	5.187	11.52	2000	28.82	131.58
22.0	10.935	4.808	5.388	11.02	2200	29.95	136.76
22.0	10.332	4.438	4.943	11.38	1920	27.14	124.24
22.0	10.205	4.517	5.125	13.46	1860	26.30	120.73


 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA Y METALURGIA, GUATEMALA, C.A.

NOTA: * SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

Vo. Bo. 
 ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.


 ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

lchr

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8201-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	ar3	7.1	10.4	2.4	2.5	17.5	2.4	10.5
2	ar3	7.0	10.4	2.4	2.5	17.5	2.4	10.5
3	ar3	6.9	10.9	2.4	2.4	17.4	2.6	10.5
4	ar3	7.0	10.6	2.4	2.5	17.4	2.4	10.5
5	ar3	7.0	10.6	2.6	2.5	17.5	2.56	10.6
6	ar3	6.9	10.9	2.4	2.4	17.4	2.5	10.1
7	ar3	7.1	10.4	2.4	2.3	17.6	2.4	10.5
8	ar3	7.0	10.5	2.5	2.2	17.7	2.3	10.7
9	ar3	7.2	10.3	2.6	2.5	17.5	2.7	10.5
10	ar3	7.0	10.6	2.4	2.3	17.8	2.4	10.2

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.9	10.005	4.946	5.490	11.00	1600	22.72	1600
22.0	10.500	5.883	6.492	10.35	1900	25.87	1900
22.0	10.200	4790	5.375	12.21	1725	24.39	1725
22.0	9.982	4.927	5.500	11.63	1575	22.27	1575
22.0	10.330	4.712	5.320	12.90	1900	26.36	1900
22.0	9.785	5.267	5.852	11.11	1225	18.71	1225
21.80	10.132	4.493	4.973	10.68	1600	22.83	1600
21.9	10.287	4.267	4.844	13.76	1500	20.51	1500
22.0	10.198	4.811	5.373	11.68	1550	21.91	1550
22.0	9.883	4.611	5.168	12.08	1550	23.22	1550

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

Vo.Bo.

ING. CESAR A. GARCIA G.
DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
JEFE SECCION METALES

lchr

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8184-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	br1	6.8	10.9	2.4	2.4	17.6	2.5	10.2
2	br1	7.0	10.5	2.5	2.5	17.4	2.6	10.0
3	br1	6.9	10.8	2.4	2.1	17.6	2.2	10.1
4	br1	6.8	10.9	2.3	2.4	17.6	2.5	10.1
5	br1	7.0	10.8	2.3	2.5	17.4	2.5	10.1
6	br1	6.9	10.8	2.3	2.3	17.5	2.4	10.2
7	br1	7.0	10.7	2.4	2.4	17.5	2.5	10.2
8	br1	7.0	10.5	2.5	2.4	17.4	2.5	10.2
9	br1	7.0	10.5	2.4	2.5	17.4	2.4	10.0
10	br1	6.8	10.9	2.4	2.4	17.6	2.3	10.2

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	9.949	4.465	5.098	14.17	2200	32.96	151.57
22.0	9.835	4.948	5.665	14.49	2500	38.97	186.13
21.9	9.837	4.490	5.045	12.36	2500	38.37	182.36
21.8	9.793	4.815	5.400	12.15	2400	37.00	174.02
22.0	9.950	4.685	5.295	13.02	2400	36.67	172.07
22.0	10.133	4.512	5.150	14.14	2800	41.95	206.09
22.0	9.928	4.770	5.400	13.20	2500	37.45	176.71
22.0	9.698	4.615	5.280	14.45	2400	35.95	167.88
21.9	9.626	4.190	4.800	14.56	2500	39.14	187.22
22.0	9.830	4.618	5.263	13.96	2400	35.95	167.88

NOTA: * SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

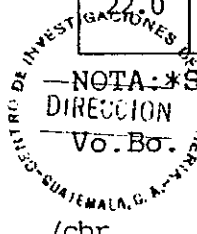
DIRECCION

Vo. Bo.

ING. CESAR A. GARCIA G.
DIRECTOR C.I.I.

ING. RABLO DE LEON
JEFE SECCION METALES

/chr



SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8185-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	br2	7.0	10.8	2.3	2.4	17.4	2.2	9.8
2	br2	7.1	10.6	2.4	2.5	17.4	2.2	10.1
3	br2	7.0	10.6	2.4	2.4	17.4	2.6	10.2
4	br2	7.0	10.4	2.5	2.4	17.5	2.5	9.7
5	br2	7.0	10.8	2.4	2.4	17.5	2.2	10.0
6	br2	6.7	10.8	2.5	2.2	17.5	2.2	10.1
7	br2	7.0	10.6	2.1	2.4	17.4	2.4	10.1
8	br2	6.9	10.8	2.4	2.3	17.4	2.6	9.8
9	br2	6.8	10.8	2.4	2.4	17.4	2.2	10.0
10	br2	6.8	10.9	2.3	2.3	17.5	2.4	10.0

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.8	9.766	4.419	4.993	12.99	1900	31.12	142.34
21.8	9.840	4.490	5.020	11.80	2900	44.72	226.93
22.0	9.761	4.837	5.338	10.36	2400	35.95	167.88
22.0	9.965	4.469	4.921	10.11	3000	49.70	268.56
21.9	10.154	4.103	4.588	11.82	2900	45.41	231.94
21.8	10.132	4.972	5.365	7.90	2600	40.09	193.40
22.0	10.050	4.702	5.205	10.70	3000	45.84	235.38
22.0	10.500	5.591	6.340	13.40	2000	32.46	149.01
21.9	9.632	4.295	4.839	12.66	2500	39.14	187.22
21.9	10.464	4.130	4.700	13.88	2000	31.31	143.27

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE
 DIRECCION
 Vo.Bo.
 1/cbr

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8186-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	br3	7.0	10.7	2.2	2.4	17.5	2.2	10.3
2	br3	6.9	10.6	2.5	2.4	17.5	2.4	10.4
3	br3	6.9	10.9	2.3	2.5	17.5	2.5	10.2
4	br3	7.0	10.7	2.4	2.3	17.4	2.5	10.0
5	br3	6.9	10.6	2.5	2.4	17.4	2.4	10.0
6	br3	6.9	10.8	2.3	2.4	17.4	2.1	10.4
7	br3	7.0	10.7	2.6	2.4	17.5	2.4	10.4
8	br3	6.9	10.8	2.3	2.5	17.5	2.2	10.0
9	br3	7.0	10.8	2.4	2.5	17.5	2.2	10.0
10	br3	6.9	10.9	2.4	2.3	17.5	2.4	10.0

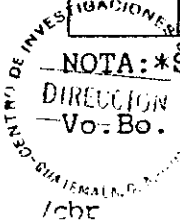
BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.9	10.195	3.905	4.353	11.47	2500	36.90	173.42
22.0	9.010	3.775	4.190	10.99	2100	30.26	138.22
22.0	10.335	4.820	5.320	10.37	2600	38.95	186.01
22.0	10.050	4.195	4.669	11.30	2500	38.97	186.13
22.0	10.017	4.500	4.965	10.38	2400	37.41	176.47
22.0	10.249	4.465	4.942	10.68	2500	36.03	168.34
22.0	11.000	4.234	4.635	9.47	3100	44.67	226.16
22.0	10.930	4.885	5.316	8.82	3200	49.87	270.13
21.9	10.595	5.122	5.535	8.06	3400	53.24	303.10
22.0	10.556	4.865	5.289	8.71	3600	56.11	334.33

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

DIRECCION
-Vo: Bo.

ING. CESAR A. GARCIA G.
DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
JEFE SECCION METALES



SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8187-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	cr1	7.1	10.5	2.4	2.2	17.9	2.4	9.4
2	cr1	6.9	10.8	2.3	2.5	17.5	2.2	10.6
3	cr1	7.2	10.4	2.5	2.3	17.8	2.4	9.9
4	cr1	7.0	10.9	2.4	2.4	17.6	2.5	10.2
5	cr1	7.0	10.5	2.5	2.5	17.5	2.5	10.5
6	cr1	6.9	10.9	2.3	2.4	17.5	2.5	10.6
7	cr1	7.0	10.6	2.5	2.5	17.4	2.3	10.5
8	cr1	7.2	10.4	2.5	2.3	17.8	2.3	10.2
9	cr1	7.1	10.4	2.4	2.3	17.3	2.4	10.6
10	cr1	7.1	10.5	2.5	2.4	17.5	2.6	10.7

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	10.206	5.098	5.465	7.20	3300	58.21	359.21
21.8	11.602	4.996	5.280	6.32	4500	62.99	422.94
22.0	11.102	5.295	5.655	6.80	3800	60.43	387.51
22.0	11.220	5.020	5.350	6.57	4300	64.42	444.12
21.9	11.748	5.635	6.000	6.48	4800	68.17	504.83
22.0	10.595	5.405	5.783	7.27	3500	48.55	258.22
22.0	11.227	4.611	4.915	6.59	4100	58.23	359.45
21.9	11.220	4.880	5.228	7.13	3700	55.68	329.46
22.0	11.740	3.663	3.895	6.33	4700	65.20	456.11
22.0	11.839	6.387	6.836	7.03	4100	55.82	331.04

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

DIRECCION
Vo.Bo.

ING. CESAR A. GARCIA G.
DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
JEFE SECCION METALES

/cbr

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8188-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	cr2	7.10	10.5	2.6	2.3	17.7	2.2	10.00
2	cr2	7.0	10.7	2.3	2.4	17.4	2.2	10.4
3	cr2	7.0	10.6	2.4	2.3	17.7	2.3	10.0
4	cr2	7.2	10.5	2.5	2.4	17.6	2.3	10.1
5	cr2	7.9	10.9	2.6	2.4	17.5	2.5	10.2
6	cr2	7.1	10.5	2.6	2.4	17.4	2.5	10.5
7	cr2	6.9	10.5	2.4	2.3	17.4	2.6	10.0
8	cr2	7.1	10.5	2.4	2.2	17.6	2.3	10.1
9	cr2	7.1	10.6	2.3	2.3	17.8	2.2	10.1
10	cr2	7.1	10.5	2.5	2.2	17.8	2.3	10.3

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.9	10.670	5.443	5.855	7.57	3500	54.80	319.70
21.8	11.148	5.446	5.840	7.23	4100	59.62	376.94
21.8	10.927	4.735	5.065	6.97	3900	61.34	399.75
22.0	11.070	5.360	5.748	7.24	3500	53.48	305.60
22.0	10.940	4.692	5.017	6.93	4180	62.62	417.63
22.0	11.570	5.572	5.970	7.14	4300	60.79	392.31
21.8	10.666	5.852	6.264	7.04	3500	55.05	322.44
21.8	11.265	4.655	5.040	8.27	3700	57.05	345.25
21.9	11.325	4.740	5.076	7.09	4400	67.54	494.08
21.9	11.292	5.500	5.870	6.73	4300	63.46	429.79

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 DIRECCION
 Vo.Bo.
 CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 GUATEMALA, C.A.
 /cbr

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8189-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	cr3	6.9	10.8	2.4	2.4	17.5	2.5	10.1
2	cr3	7.0	10.7	2.4	2.4	17.5	2.3	10.2
3	cr3	7.1	10.6	2.4	2.4	17.8	2.4	10.1
4	cr3	6.9	10.8	2.2	2.4	17.5	2.1	10.0
5	cr3	7.1	10.5	2.5	2.3	17.7	2.4	10.4
6	cr3	6.8	10.8	2.5	2.4	17.5	2.5	10.1
7	cr3	6.9	10.9	2.4	2.4	17.5	2.5	10.5
8	cr3	6.9	10.9	2.5	2.4	17.5	2.5	10.3
9	cr3	6.9	10.9	2.4	2.4	17.5	2.5	10.5
10	cr3	6.9	10.9	2.4	2.4	17.5	2.2	10.5

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	11.580	5.280	5.652	7.05	4240	64.78	449.62
22.0	11.070	5.510	5.890	6.70	3700	55.43	336.65
21.9	10.957	4.488	4.833	7.69	4000	61.40	400.57
21.8	10.695	5.338	5.728	7.30	3950	62.13	410.69
21.9	11.132	5.091	5.440	6.86	4050	58.63	364.40
21.9	11.130	5.137	5.494	6.95	4300	66.00	468.75
21.9	11.643	5.391	5.760	6.84	4400	62.49	415.77
21.9	11.445	5.338	5.705	5.82	4340	64.05	438.54
22.0	11.825	5.955	6.364	6.86	4800	67.86	499.51
21.8	11.570	4.833	5.173	5.94	4900	69.91	535.76

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

CENTRO DE INVESTIGACIONES
 DIRECCION
 Vo. Bo.
 CENTRO DE INVESTIGACIONES
 GUATEMALA, C.A.
 lcb

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PARLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8190-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	ac1	7.1	10.6	2.5	2.2	17.8	2.4	10.3
2	ac1	6.9	10.8	2.2	2.3	17.5	2.5	10.1
3	ac1	6.9	10.9	2.3	2.4	17.5	2.5	10.1
4	ac1	7.1	10.5	2.4	2.3	17.8	2.3	10.1
5	ac1	7.1	10.6	2.4	2.3	17.7	2.3	10.0
6	ac1	6.9	10.9	2.3	2.4	17.5	2.4	10.0
7	ac1	7.0	10.8	2.4	2.5	17.5	2.5	9.9
8	ac1	7.0	10.6	2.4	2.3	17.7	2.3	10.0
9	ac1	7.1	10.6	2.4	2.3	17.7	2.3	10.0
10	ac1	7.0	10.7	2.4	2.3	17.5	2.4	10.3

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	10.161	4.970	5.364	7.93	3200	47.01	244.98
22.0	10.938	5.287	5.692	7.66	2500	38.20	181.30
22.0	10.285	5.150	5.509	6.97	3100	47.36	247.93
22.0	11.012	4.285	4.596	7.26	3040	46.45	240.34
22.0	10.910	4.930	5.310	7.70	3080	48.01	253.50
22.0	10.712	4.800	5.204	8.42	3000	46.76	242.90
22.0	7.740	4.595	4.970	8.16	3200	50.89	279.72
22.0	10.905	4.600	4.960	7.83	3100	48.32	256.20
22.0	10.374	4.986	5.459	9.48	2760	43.02	213.76
22.0	10.752	5.100	5.500	7.84	2900	42.61	210.79

22/00
 DIRECCION
 Vo. Bo.
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE GENIUM
 GUATEMALA, G. A.
 1cht

NOTA: * SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8191-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	ac2	7.0	10.7	2.4	2.4	17.5	2.5	10.1
2	ac2	7.1	10.6	2.6	2.2	17.8	2.4	10.0
3	ac2	6.9	10.8	2.3	2.5	17.5	2.1	10.4
4	ac2	7.0	10.6	2.5	2.5	17.5	2.4	10.0
5	ac2	6.8	10.8	2.4	2.4	17.6	2.4	10.1
6	ac2	6.9	10.7	2.4	2.5	17.7	2.2	10.0
7	ac2	7.0	10.7	2.4	2.5	17.5	2.1	9.6
8	ac2	7.0	10.6	2.3	2.5	17.5	2.3	9.7
9	ac2	7.0	10.6	2.5	2.5	17.5	2.3	9.8
10	ac2	6.9	10.8	2.4	2.4	17.7	2.1	9.9

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	11.254	5.135	5.505	7.20	3400	51.95	289.64
21.9	11.025	5.009	5.377	7.35	3400	53.24	303.10
21.9	11.315	5.310	5.692	7.19	3400	49.21	264.11
22.0	10.710	4.840	5.198	7.40	3400	52.99	300.52
22.0	11.077	4.870	5.240	7.60	3100	47.37	248.02
22.0	10.600	4.890	5.265	7.67	2500	38.97	186.13
21.9	9.877	4.230	4.665	10.28	2700	45.87	235.62
22.0	10.122	4.280	4.645	8.52	3000	49.70	258.57
22.0	10.477	5.325	5.717	7.36	3100	50.31	274.23
21.9	10.745	4.575	5.034	10.03	3100	49.52	266.92

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 DIRECCION
 Vo. Bo.
 ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.
 /cbr

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8192-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	ac3	7.1	10.6	2.4	2.4	17.5	2.3	10.0
2	ac3	6.9	10.8	2.4	2.4	17.8	2.5	9.9
3	ac3	6.8	10.7	2.4	2.4	17.4	2.6	10.0
4	ac3	7.1	10.5	2.4	2.3	17.7	2.4	10.0
5	ac3	6.9	10.9	2.4	2.4	17.5	2.5	10.0
6	ac3	6.8	10.8	2.3	2.3	17.7	2.3	10.0
7	ac3	7.0	10.5	2.5	2.3	17.6	2.4	9.9
8	ac3	6.9	10.8	2.5	2.4	17.5	2.5	10.0
9	ac3	6.9	10.8	2.4	2.3	17.5	2.3	10.0
10	ac3	7.0	10.7	2.3	2.3	17.6	2.3	10.0

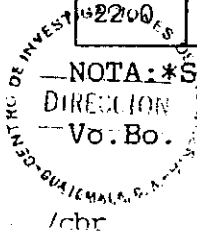
BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.8	9.700	4.420	4.806	8.73	2000	31.46	144.01
22.0	9.608	3.983	4.295	7.83	2200	34.99	162.47
22.0	9.929	4.795	5.210	8.65	2000	31.17	142.59
21.9	10.025	4.217	4.595	8.96	2100	32.88	151.16
22.0	10.077	4.517	4.997	10.62	2000	31.17	142.59
21.9	9.930	4.940	5.383	8.97	2000	31.32	143.32
21.9	9.515	4.520	4.947	9.45	2100	33.55	154.67
22.0	10.140	4.618	5.052	9.40	2600	40.52	196.26
22.0	9.802	4.314	4.715	9.29	2400	37.41	176.47
22.0	10.00	4.350	4.768	9.60	2000	31.17	142.59

—NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

DIRECCION
—Vo.Bo.

ING. CESAR A. GARCIA G.
DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
JEFE SECCION METALES



SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8193-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	bc1	7.0	10.8	2.2	2.3	17.7	2.1	9.6
2	bc1	6.8	11.0	2.1	2.4	17.3	2.6	9.5
3	bc1	6.8	11.0	2.1	2.5	17.5	2.2	10.0
4	bc1	6.7	11.0	2.0	2.4	17.2	2.6	10.0
5	bc1	6.8	11.0	2.2	2.4	17.5	2.5	9.7
6	bc1	6.8	10.8	2.4	2.5	17.5	2.5	10.0
7	bc1	6.8	10.7	2.3	2.3	17.6	2.4	9.7
8	bc1	7.0	10.6	2.3	2.2	17.6	2.3	9.6
9	bc1	7.0	10.5	2.5	2.4	17.5	2.4	9.8
10	bc1	7.0	11.0	2.1	2.4	17.4	2.4	9.8

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.8	10.560	5.073	5.400	6.45	3200	54.62	313.73
21.8	10.638	5.450	5.813	6.66	3300	57.51	350.72
21.8	11.588	5.490	5.795	5.56	3960	62.29	412.94
22.0	10.843	5.996	6.350	5.90	3880	60.48	388.18
22.0	10.944	5.290	5.610	6.04	3500	57.98	356.39
22.0	11.624	5.475	5.795	5.84	3900	60.79	392.31
21.8	10.856	5.623	5.960	5.99	3900	65.20	456.11
21.8	10.946	5.540	5.865	5.87	3860	65.88	466.84
21.9	11.020	5.196	5.550	6.81	3300	53.80	308.96
21.9	10.866	5.250	5.613	6.91	3400	55.43	326.65

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

Vo.Bo.

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

/cbr

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8194-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	bc 2	6.90	10.9	2.2	2.5	17.4	2.5	10.0
2	bc 2	6.70	11.0	2.2	2.3	17.5	2.5	10.0
3	bc 2	7.00	10.6	2.2	2.2	17.2	2.6	9.9
4	bc 2	6.80	10.7	2.2	2.3	17.4	2.2	10.0
5	bc 2	7.0	10.7	2.3	2.3	17.5	2.2	10.0
6	bc 2	7.0	10.6	2.5	2.1	17.5	2.4	9.6
7	bc 2	6.8	11.0	2.1	2.4	17.4	2.4	10.0
8	bc 2	7.0	10.5	2.2	2.4	17.4	2.4	9.8
9	bc 2	6.9	10.9	2.2	2.5	17.4	2.4	9.6
10	bc 2	6.6	10.8	2.2	2.5	17.3	2.1	9.7

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.8	10.6	4.342	4.68	7.90	3100	48.76	260.08
21.8	10.83	5.300	5.6	6.79	3360	52.85	299.09
21.9	11.15	5.502	5.865	6.60	3480	55.59	328.42
21.8	10.56	4.670	5.045	8.03	3400	53.48	305.60
21.9	11.18	5.160	5.490	6.40	3300	51.67	287.27
21.8	10.22	5.070	5.495	8.38	2700	46.08	237.32
21.9	10.38	4.770	5.170	8.38	2900	45.41	231.95
21.9	10.36	5.295	5.700	7.65	2900	47.28	247.25
21.8	10.37	4.239	4.563	7.64	3340	57.01	344.77
21.7	10.77	4.390	4.690	6.83	2980	50.05	271.80

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
DIRECCION
VO. BO.
C.I.I.

ING. CESAR A. GARCIA G.
DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8195-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	bc3	7.0	10.5	2.4	2.5	17.4	2.5	9.9
2	bc3	7.0	10.6	2.4	2.4	17.6	2.5	10.0
3	bc3	7.0	10.6	2.5	2.5	17.5	2.5	9.9
4	bc3	6.8	10.9	2.4	2.3	17.6	2.3	9.9
5	bc3	7.1	10.6	2.6	2.4	17.7	2.4	9.7
6	bc3	7.0	10.5	2.5	2.4	17.8	2.4	9.9
7	bc3	7.1	10.5	2.4	2.4	17.7	2.5	10.1
8	bc3	7.0	10.7	2.5	2.4	17.7	2.4	9.7
9	bc3	6.9	10.7	2.4	2.5	17.4	2.5	9.9
10	bc3	7.0	10.6	2.4	2.2	17.7	2.2	10.1

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	10.985	5.060	5.370	6.13	3800	60.43	387.51
22.0	11.397	4.870	5.155	5.85	4400	68.58	511.96
22.0	11.327	6.360	6.690	6.02	4500	71.56	566.83
21.9	11.000	5.255	5.566	5.92	4400	70.29	542.76
21.8	10.815	5.670	5.990	5.64	3500	58.51	362.91
21.9	11.198	5.490	5.800	5.64	4400	70.29	542.76
21.9	11.478	5.546	5.853	5.53	4300	66.00	468.75
22.0	10.888	5.830	6.125	5.06	4400	72.89	593.19
21.9	10.991	5.300	5.598	5.62	4400	70.29	542.76
21.9	11.617	5.700	6.013	5.49	4400	67.54	494.08

NOTA: * SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y
 DESARROLLO TECNOLÓGICO
 DIRECCION
 Vo. Bo.
 GUATEMALA, G.A.
 /cbr

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8196-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	cc1	6.9	10.7	2.4	2.3	17.5	2.4	10.4
2	cc1	7.1	10.6	2.4	2.4	17.5	2.3	10.0
3	cc1	7.0	10.5	2.5	2.4	17.5	2.4	10.5
4	cc1	7.0	10.8	2.3	2.4	17.5	2.1	10.3
5	cc1	7.0	10.6	2.4	2.5	17.5	2.1	10.0
6	cc1	6.8	10.8	2.3	2.4	17.5	2.2	10.0
7	cc1	7.1	10.5	2.3	2.3	17.8	2.2	10.1
8	cc1	6.9	10.7	2.3	2.3	17.5	2.4	10.1
9	cc1	7.2	10.6	2.2	2.2	17.8	2.3	10.0
10	cc1	7.0	10.6	2.4	2.3	17.5	2.5	10.4

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	11.440	5.268	5.596	6.22	4100	59.08	370.04
22.0	10.737	4.938	5.240	6.12	3900	60.79	392.31
22.0	11.810	4.872	5.206	6.86	4500	63.62	432.14
22.0	11.403	5.182	5.544	6.96	4100	60.24	385.01
22.10	10.837	4.755	5.175	8.83	3900	60.51	388.58
22.0	10.457	4.392	4.759	8.36	3900	60.79	392.31
22.0	11.210	5.025	5.454	8.54	4000	61.12	396.76
22.0	11.373	4.785	5.130	7.21	4500	68.76	515.11
22.0	11.081	5.138	5.495	6.95	4100	63.90	436.30
22.0	11.405	5.115	5.459	6.73	4400	63.41	429.05

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

CENTRO DE INVESTIGACIONES
 DIRECCION
 Vol. B0.
 GUATEMALA, G.A.-I.COR.
 I.COR.

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8197-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	cc2	7.1	10.4	2.5	2.3	17.7	2.3	10.3
2	cc2	7.1	10.6	2.3	2.1	17.7	2.4	10.1
3	cc2	6.8	10.6	2.5	2.2	17.8	2.2	10.0
4	cc2	7.0	10.6	2.4	2.2	17.8	2.3	10.0
5	cc2	7.2	10.5	2.5	2.3	17.7	2.3	10.5
6	cc2	6.8	10.8	2.3	2.3	17.7	2.3	10.0
7	cc2	6.9	10.9	2.3	2.5	17.5	2.4	10.0
8	cc2	6.9	11.0	2.2	2.3	17.5	2.4	10.4
9	cc2	7.0	10.7	2.4	2.3	17.5	2.5	10.0
10	cc2	7.0	10.8	2.4	2.4	17.5	2.3	10.3

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	11.605	5.408	5.698	5.36	4500	66.11	470.52
22.0	11.295	6.619	7.00	5.76	4100	62.64	417.91
22.0	10.784	5.882	6.213	5.63	4100	63.90	436.30
22.0	11.275	5.440	5.752	5.74	4400	68.58	511.96
22.0	12.213	5.440	5.740	5.51	4600	65.03	453.47
22.0	11.305	5.295	5.592	5.61	4200	65.46	460.18
22.1	11.322	5.820	6.155	5.76	4200	65.16	455.49
22.0	11.947	5.483	5.782	5.45	5100	73.49	605.48
22.0	11.325	5.456	5.769	5.74	4800	74.81	633.41
22.0	11.655	5.930	6.248	5.36	4200	61.70	404.70

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

CENTRO DE INVESTIGACIONES
 DIRECCION
 Vo. Bo.
 QUATEMALA, G. P.
 1989

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS
 INFORME No. 8198-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	cc3	7.0	10.6	2.4	2.2	17.8	2.2	10.0
2	cc3	7.0	10.7	2.4	2.4	17.8	2.3	10.2
3	cc3	6.8	10.9	2.3	2.2	17.8	2.2	10.6
4	cc3	6.8	11.0	2.1	2.4	17.5	2.6	10.6
5	cc3	6.9	10.9	2.5	2.3	17.6	2.5	10.4
6	cc3	7.0	10.9	2.5	2.5	17.5	2.4	10.0
7	cc3	6.8	10.9	2.4	2.3	17.8	2.2	10.2
8	cc3	6.9	10.9	2.5	2.2	17.7	2.4	10.9
9	cc3	7.1	10.5	2.6	2.4	17.5	2.5	9.8
10	cc3	7.0	10.8	2.3	2.4	17.6	2.5	10.2

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.0	11.437	5.115	5.450	6.55	3800	59.23	371.95
22.0	11.693	5.628	5.978	6.22	4400	61.92	407.75
22.0	12.215	5.900	6.285	6.53	5500	76.29	666.27
22.0	11.932	5.680	6.025	6.07	5200	72.13	577.98
22.0	11.893	5.560	5.890	5.94	5100	73.49	605.48
22.0	11.178	5.105	5.402	5.81	4300	67.02	485.38
22.0	11.740	5.115	5.410	5.77	4800	71.90	573.46
21.8	11.154	4.925	5.228	6.15	4300	56.92	343.72
22.0	11.058	5.635	5.995	6.39	3700	60.04	382.38
22.0	11.438	4.870	5.164	6.04	4200	62.92	421.93

NOTA: * SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 DIRECCION
 Vo. Bo.
 ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.
 Ichr

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8182-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	FA	7.8	10.1	3.0	2.5	15.3	3.3	10.0
2	FA	7.9	10.0	2.9	3.3	15.2	3.3	9.9
3	FA	7.7	10.2	3.0	3.1	15.5	3.3	10.0
--	---	---	---	---	---	---	---	---
1	FB	7.4	9.4	2.8	2.8	16.6	3.2	9.8
2	FB	7.5	9.2	3.3	2.9	16.5	2.3	9.9
--	--	--	--	--	--	--	--	-----
1	FC	7.0	10.6	2.8	2.4	17.9	2.6	10.5
2	FC	7.6	9.5	2.9	3.2	16.8	3.1	10.5
--	---	---	---	---	---	---	---	---

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
21.8	9.060	4.105	4.616	12.45	2760	43.41	216.63
21.8	9.295	3.293	3.643	10.63	2400	38.52	183.29
21.8	9.530	2.320	2.577	11.08	2800	44.04	221.34
----	---	----	---	----	----	----	-----
22.0	8.130	3.249	3.892	19.79	2700	43.82	219.68
22.0	7.485	3.144	3.870	23.09	2400	38.17	181.11
---	---	---	---	---	---	----	-----
22.5	9.665	4.387	5.140	17.16	3000	41.47	202.73
21.8	8.270	3.600	4.195	16.53	2800	39.95	192.47
---	---	---	---	---	----	----	-----

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

DIRECCION
Vo: Bo

ING. CESAR A. GARCIA G.
DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
JEFE SECCION METALES

CENTRO DE INVESTIGACIONES
C.I.I.
GUATEMALA, G. A.

/cbr

SECCION DE METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS

INFORME No. 8183-M

INTERESADO: ING. ROLANDO BARRIOS

PROYECTO: TESIS HERNANDEZ ANDRADE

PRUEBA DE ADOQUIN DE CONCRETO

O.T. No. 008314

#	IDENT. ADO	LARGO (CM)			ANCHO (CM)			GROSOR (CM)
		X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	
1	fd	7.4	9.7	2.5	2.9	16.4	2.9	10.0
2	fd	7.0	9.7	2.7	2.9	16.6	3.0	10.1
3	fd	7.5	9.3	2.8	2.9	16.5	3.0	10.0
---	---	---	---	---	---	---	---	---
1	fe	7.4	9.9	2.0	3.2	15.8	3.2	10.6
2	fe	6.7	9.8	2.3	3.4	15.2	3.1	10.2
3	fe	7.0	9.9	2.1	3.1	15.6	3.1	10.3
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

BASE	PESO KG	PS	PH	% ABS	CARGA KG	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²	ESFUERZO COMPRESION EQUIVALENTE * KG/CM ²
22.2	9.745	4.383	4.920	12.25	4200	65.46	460.18
22.2	9.615	4.045	4.582	13.28	3900	59.59	376.55
22.2	9.462	4.383	4.998	14.03	3700	57.15	346.43
---	---	---	---	---	---	---	---
21.9	9.934	4.242	4.820	13.63	5000	69.68	521.57
21.6	9.437	4.097	4.629	12.99	5700	86.97	959.70
21.9	9.550	4.700	5.225	11.17	6100	90.02	1065.12
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 DIRECCION
 Vo.Bo
 1chr

NOTA: *SEGUN ESTUDIO EN C.I.I. ABRIL DE 1989.

ING. CESAR A. GARCIA G.
 DIRECTOR C.I.I.

ING. PABLO DE LEON
 JEFE SECCION METALES

APÉNDICE "D"

Resistencia Adquines de Concreto
*Centro de Investigación de **INGENIERÍA***

COMUNICADO CII

Centro de investigaciones de ingeniería IMPULSA NUEVO ENSAYO EN ADOQUINES

Un nuevo procedimiento para ensayar adoquines impulsa el CII con el objeto de agilizar el proceso de entrega de resultados de análisis.

El procedimiento de análisis de las muestras que los usuarios entregan a la institución, ha consistido en realizar ensayos de compresión. Este tipo de ensayo, que se viene realizando por mucho tiempo, retrasa la entrega de informes y no permite adaptarse a las necesidades reales del usuario.

Por otro lado, la utilización de este nuevo procedimiento aportado por iniciativa del Centro de Investigaciones de Ingeniería, es el resultado del análisis de muestras de adoquines fabricados y utilizados en nuestro país para la construcción de carreteras y calles, siendo el que más se adecúa a las condiciones actuales y a las necesidades de los usuarios de la construcción. Este procedimiento se usa extensamente en los países europeos y algunos de América.

El sistema consiste en la aplicación de ensayos a flexión; metodología puesta en práctica a partir del 1 de abril del año en curso, y que beneficia tanto a la institución como al usuario; además de estar al día con nuevas técnicas que el avance tecnológico exige para mejorar el servicio.

La única variante que el usuario de la construcción encontrará al solicitar el servicio CII, consiste en interpretar la información de otra manera. Anteriormente con el ensayo tradicional a compresión, el usuario obtenía como resultado un esfuerzo a compresión de adoquín. Hoy, con el nuevo procedimiento al usuario se le dará un esfuerzo a flexión que por medio de una gráfica podrá convertir en el equivalente y tradicional esfuerzo de compresión.

PARA QUÉ NECESITA EL CONSTRUCTOR ESTA INFORMACIÓN.

El esfuerzo a compresión tradicional y el nuevo esfuerzo a flexión ó módulo de ruptura, son valores que indican la resistencia y el control de calidad del producto, en este caso el adoquín. El constructor necesita valorar el adoquín que le surte el fabricante y el CII, a su solicitud, le brinda el control de calidad que necesita.

Considere el constructor que el sistema de adoquines se está usando cada vez más como la capa de "rodadura" de calles y carreteras, lugares donde es necesario usar material de calidad y resistencia adecuadas.

ES NECESARIA LA ADAPTACIÓN DEL USUARIO

Como se mencionó antes, este procedimiento permite al CII mejorar sus servicio de laboratorio, pues, además de brindarle el control de calidad, los resultados se proporcionan en menor tiempo.

El usuario, comerciante, obrero, técnico ó profesional, tendrá que "pensar" en función del módulo de ruptura, en lugar del tradicional esfuerzo de compresión, ya que son equivalentes; a mayor módulo de ruptura, mayor esfuerzo de compresión en el adoquín, lo que significa un mejor control de calidad en su elaboración.

También, las empresas constructoras y en especial las instituciones gubernamentales que tengan relación con especificaciones sobre adoquines, deberán tomar nota de este cambio para su control y descripción adecuada de sus proyectos.

ADOQUINES DE CONCRETO
RELACIÓN ESFUERZO DE COMPRESIÓN-FLEXIÓN

$$LN (COMPRESIÓN) = 3.89486 + FLEXIÓN (0.03417)$$

<i>ESF.CALC.A</i> <i>FLEX.kg/cm²</i>	<i>ESF.EQUIV. A</i> <i>COMP.kg/cm²</i>	<i>ESF.CALC.A</i> <i>FLEX.kg/cm²</i>	<i>ESF.EQUIV.A</i> <i>COMP. kg/cm²</i>
10.....	69	40.....	193
11.....	72	41.....	200
12.....	74	42.....	206
13.....	77	43.....	214
14.....	79	44.....	221
15.....	82	45.....	229
16.....	85	46.....	237
17.....	88	47.....	245
18.....	91	48.....	253
19.....	94	49.....	262
20.....	97	50.....	271
21.....	101	51.....	281
22.....	104	52.....	291
23.....	108	53.....	301
24.....	112	54.....	311
25.....	115	55.....	322
26.....	120	56.....	333
27.....	124	57.....	345
28.....	128	58.....	357
29.....	132	59.....	363
30.....	137	60.....	382
31.....	142		
32.....	147		
33.....	152		
34.....	157		
35.....	163		
36.....	168		
37.....	174		
38.....	180		
39.....	186		

APÉNDICE "E"

*Adoquines de Concreto
Información Técnicas del IMCYC*

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

La Resistencia a compresión mínima y máxima se calcula tomando como base los valores propios de los diez adoquines, ensayados.

A su vez, la desviación estándar se determinará a partir de la muestra de diez adoquines, utilizando la formula:

$$S = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$
$$S = \frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n - 1}$$

Donde:

S = Desviación Estándar (kg/cm^2);

X_i = La resistencia a la compresión de cada las muestras.
(kg/cm);

\bar{X} = Media aritmética (promedio) de las Resistencias a la compresión de todas las muestras (kg/cm);

n = Adoquines ensayados.

Coefficiente de Variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

La resistencia a compresión mínima y máxima, representado por R_{min} y R_{max} , se calcula de la siguiente manera:

$$R_{min} = (\bar{X} - 1.64 S)$$

$$R_{max} = (\bar{X} + 1.64 S)$$

El porcentaje de absorción mínima y máxima se calcula tomando como base los valores propios de los diez adoquines ensayados.

Desviación Standard

$$S = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

$$S = \frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n - 1}$$

Donde:

S = Desviación Estandard (%)

X_i = Porcentaje de absorción de cada una de las muestras (%);

\bar{X} = Media aritmética (promedio) de los porcentajes a la compresión de todas las muestras (%);

n = Adoquines ensayados.

Coefficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

El porcentaje de absorción mínima y máxima, representada por A_{min} y A_{max} , se calcula de la siguiente manera:

$$A_{min} = (\bar{X} - 2.262 S)$$

$$A_{max} = (\bar{X} + 2.262 S)$$

Para poder dejar constancia del método aplicado se calculó una de las mezclas de adoquines ensayados.

Resistencia máxima y mínima

Número del adoquín	Identificación del adoquín	Resistencia del Adoquín (kg/cm) X_i	$\sum X_i$
1	1 AR	142.59	20,331.9081
2	1 AR	151.58	22,976.4964
3	1 AR	128.21	16,437.8041
4	1 AR	132.53	17,564.2009
5	1 AR	132.16	17,466.2656
6	1 AR	107.96	11,655.3616
7	1 AR	108.33	11,735.3889
8	1 AR	112.02	12,548.4804
9	1 AR	111.72	12,481.3584
10	1 AR	117.27	13,752.2529
		E=12,44.37	E=156,949.5173

Resistencia Promedio del adoquín:

$$\bar{X} = \frac{1,244.37}{10} = 12,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum Exi^2 - (\sum Exi)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{156,949.5173 - \frac{(1244.37)^2}{10}}{9}}$$

$$S = 15.29 \text{ kg/cm}^2$$

La Resistencia mínima y máxima se obtiene de la siguiente manera:

$$R_{min} = (\bar{X} - 1.64 S)$$

$$= (124.44 - (1.64 * 15.29))$$

$$R_{min} = 99.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{max} = (\bar{X} + 1.64 S)$$

$$= (124.44 + (1.64 * 15.29))$$

$$R_{max} = 149.52 \text{ kg/cm}^2$$

Porcentaje de absorción Maxima y Mínima

Número del Adoquin	Identificación del Adoquin	Porcentaje de Absorción del adoquin (%) X_i	$\sum X_i$
1	1 AR	13.50	182.25
2	1 AR	12.11	146.65
3	1 AR	13.04	170.04
4	1 AR	11.11	123.43
5	1 AR	10.54	111.09
6	1 AR	17.22	296.53
7	1 AR	15.53	241.18
8	1 AR	16.07	258.25
9	1 AR	17.76	315.42
10	1 AR	17.02	289.68
		$E = 143.90$	$E = 2,134.52$

Absorción Promedio del Adoquin:

$$X = \frac{143.90}{10} = 14.39 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{2,134.52 - \frac{(143.90)^2}{10}}{9}}$$

$$S = 2.66 \%$$

El porcentaje de absorción mínimo y máximo se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} A_{min} &= (\bar{X} - 2.262 S) \\ &= (14.39 - (2.262 * 2.66)) \end{aligned}$$

$$A_{min} = 8.37\%$$

$$A_{max} = (\bar{X} + 2.262 * 2.66)$$

$$A_{max} = (14.39 + (2.262 * 2.66))$$

$$\underline{A_{max} = 20.41\%}$$