



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

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y EL ÍNDICE
DE REBOTE, POR MÉTODOS DE ENSAYO DESTRUCTIVO Y NO
DESTRUCTIVO (ASTM C-39, C-805) Y SU CORRELACIÓN, A CONCRETOS
AUTOCOMPACTANTES PARA VIVIENDA EN SERIE**

Israel Alfonso Orellana Barrera

Asesorado por el Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus

Guatemala, noviembre de 2009



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y EL ÍNDICE
DE REBOTE, POR MÉTODOS DE ENSAYO DESTRUCTIVO Y NO
DESTRUCTIVO (ASTM C-39, C-805) Y SU CORRELACIÓN, A CONCRETOS
AUTOCOMPACTANTES PARA VIVIENDA EN SERIE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

ISRAEL ALFONSO ORELLANA BARRERA

ASESORADO POR EL ING. SERGIO VINICIO CASTAÑEDA LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivòne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivòne Véliz Vargas



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[*Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features*](#)



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y EL ÍNDICE DE REBOTE, POR MÉTODOS DE ENSAYO DESTRUCTIVO Y NO DESTRUCTIVO (ASTM C-39, C-805) Y SU CORRELACIÓN, A CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES PARA VIVIENDA EN SERIE,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el día de 09 de abril de 2008

Israel Alfonso Orellana Barrera



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Ingeniero Sergio V. Castañeda L.
Colegiado 5319

Guatemala 07 de mayo de 2008

Ingeniero
Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador Área de Materiales
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ing. Quiñonez de la Cruz:

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de Graduación titulado "Determinación de la resistencia a compresión y el índice de rebote, por métodos de ensayo destructivo y no destructivo (ASTM C-39, C-805) y su correlación, a concretos autocompactantes para vivienda en serie", desarrollado por el estudiante universitario Israel Alfonso Orellana Barrera quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo elaborado por el estudiante Orellana Barrera, satisface los requisitos exigidos en la Facultad, por lo que recomiendo su aprobación,

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus
Asesor Trabajo de Graduación


Sergio Vinicio Castañeda Lemus
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 5319

Ingeniería Civil, Sanitaria y Ambiental
Tel. Oficina: 22328650
Tel. Celular 52212491



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 23 de marzo de 2 009

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Samuels Milson.

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Determinación de la resistencia a compresión y el índice de rebote, por métodos de ensayo destructivo y no destructivo (ASTM C-39, C-805) y su correlación, a concretos autocompactantes para vivienda en serie”**, elaborado por el estudiante universitario **Israel Alfonso Orellana Barrera**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Sergio Vinicio Castañeda Lemus.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Orellana Barrera**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles

Cc archivo



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

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. Sergio Vinicio Castañeda Lemus y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Israel Alfonso Orellana Barrera, titulado DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y EL ÍNDICE DE REBOTE, POR MÉTODOS DE ENSAYO DESTRUCTIVO Y NO DESTRUCTIVO (ASTM C-39, C-805) Y SU CORRELACIÓN, A CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES PARA VIVIENDA EN SERIE, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, noviembre 2009

/bbdeb.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Universidad de San Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.500.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y EL ÍNDICE DE REBOTE, POR MÉTODOS DE ENSAYO DESTRUCTIVO Y NO DESTRUCTIVO (ASTM C-39, C-805) Y SU CORRELACIÓN, A CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES PARA VIVIENDA EN SERIE,** presentado por el estudiante universitario **Israel Alfonso Orellana Barrera,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2009



/gdech



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

AGRADECIMIENTOS A:

Dios: Por ser la fuente que me proporciona la vida. Por su misericordia estoy en esta etapa de mi vida tan importante.

Mis padres: Israel Orellana Girón
Magaly Barrera de Orellana
Por su abnegada lucha y dedicación. Con amor, paciencia y la ayuda de Dios me supieron dar la luz de vida, los principios, los valores que me sirvieron para dar ese impulso; y así salir adelante en mi desarrollo como profesional productivo, útil para la sociedad.

Mi hermana: Ana Lisseth Orellana Barrera de Barrios
Por ser una hermana ejemplar, siempre teniendo el amor para ayudarme y aconsejarme en mi vida.

Mi tío: Ing. Herberth Barrera Mayén
Por ser la persona que más admiro profesionalmente. Sus valores, principios y la calidad humana que el tenía lo llevaban a ser un humano impetuoso, dinámico, de superación constante. La forma de hacer su trabajo, con amor y pasión, me inspiran a seguir y dar lo mejor de mí. Con amor me supo dar esa dirección y apoyo en el inicio como profesional de mi amada carrera.

Mi amigo: Juan Pablo Barrios Recinos
Por ser como un hermano en mi vida y darme siempre su apoyo incondicional.

Mis abuelos: Idelfonso Orellana y Orellana (papito Alfonso)
Rosario Girón de Orellana (mamita Challito)
Jorge Barrera Porres (papito Jorge)
María Marta Mayen de Barrera (mamita tita)
Por ser las personas que de pequeño ayudaron a mi formación
como una persona de bien.

Mi familia: En general, por darme su amor y cariño.

LAS EMPRESAS FORCOGUA, SOLECSA, SENDAS, CASABELLA:


Por darme la confianza de desarrollarme profesionalmente y seguir aprendiendo día con día de esta maravillosa vida. Por darme el privilegio de ayudar a mi prójimo por este medio. En especial a mis primas hermanas Niky, Dany y la familia Barrera Illescas por tener la confianza en mí y apoyarlas en su afán de servir profesionalmente para contribuir en el desarrollo de nuestra amada patria.

La Facultad de Ingeniería

La Universidad de San Carlos de Guatemala.

ACTO QUE DEDICO A:

- Mi Dios:** Mi Padre Celestial el eterno.
- Mis padres:** Israel Orellana Girón
Magaly Barrera de Orellana
- Mi hermana:** Ana Lisseth Orellana Barrera de Barrios
- Mi tío:** Herberth Barrera Mayen
- Mi cuñado:** Eddy Barrios
- Mi hermano:** Juan Pablo Barrios Recinos
- Mis abuelos:** Idelfonso Orellana y Orellana
Rosario Girón de Orellana
Jorge Barrera Porras
María Marta Mayen de Barrera
- Mis tíos:** Edgar, Orinaldo, Arely, Ileana, Niti, Lis
- Mis primos:** Alejandra, Daniela, Sofía, Oliver, Denver, Francisco Javier, Francisco Rubén, Haroldo, Jorge Luís, Nicté Maria, Tania, Lisbeth, Jorge Roberto, Herberth Antonio, Roxana, Estefany, Daniel, José Pablo.
- Mi empresa:** FORCOGUA



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Mis amigos: Luís Pedro Santos, Marcelo Quiñones, Alan Paúl, Oliver Contreras, Oudry Aldana, Roberto Oliva, Roberto Morales, Ely Hidalgo, Daniel Pinho, Josué España, Sergio Irugaray, Enrique De León.

La Universidad: Gloriosa Tricentenario Universidad de San Carlos de Guatemala.

Mi Patria: Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. CONCRETO	1
1.1. Definición	1
1.2. Clasificación	1
1.2.1. Tamaño máximo del agregado	1
1.2.2. Consistencia	1
1.2.3. Tiempos de fraguado	1
1.2.4. Resistencia a la compresión	2
1.2.5. Durabilidad	2
1.2.6. Peso unitario	2
1.2.7. Apariencia	2
1.2.8. Especialidad	2
1.3. Tipos	3
1.4. Concreto autocompactante (HAC)	3

	(ASTM C-900, BS 1881 y 5080)	24
2.3.1.2.8.	Extracción de insertos o de <i>Pull-out</i>	
	(ASTM C-900, BS 1881 y 5080)	24
2.3.1.2.9.	Análisis petrográfico del concreto endurecido (ASTM C-856)	24
2.3.1.2.10.	Extracción de núcleos o vigas	
	(ASTM C-42)	24
2.3.1.2.11.	Determinación de la humedad y densidad del concreto (ASTM C-1040)	24
2.3.1.2.12.	Determinación de la adherencia	
	(ACI 503, ASTM C-4541, BS 1881)	25
2.3.1.2.13.	Determinación de la carbonatación	25
2.3.1.2.14.	Determinación de la corrosión	
	(ASTM C-876, BS 1881)	28
2.3.1.2.15.	Determinación de la permeabilidad	
	(ASTM C-1202)	25
2.3.1.2.16.	Arranque de cilindros colados <i>en situ</i> o <i>brake off</i> (ASTM C-1150)	25
2.3.1.2.17.	Cilindros colados <i>en situ</i> (ASTM C-873)	26
2.3.1.2.18.	Pruebas de carga y deformación	
	(ACI 318)	26
2.3.1.2.19.	Detección magnética de armaduras	
	(BS 1881)	26

	o viejas para su rehabilitación y/o modificación	41
2.5.1.1.6.	Efectos de procesos constructivos en la resistencia final del concreto	41
2.5.2.	Control de calidad estado fresco obra	41
2.6.	Control de calidad en laboratorio	42
2.6.1.	Estado fresco	42
2.6.2.	Estado endurecido	42
3.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	43
3.1.	Caracterización materiales	43
3.1.1.	Cemento	43
3.1.2.	Agregados	43
3.1.3.	Aditivos	43
3.2.	Concretos	45
3.2.1.	Ensayo destructivo (ASTM C-39)	45
3.2.2.	Ensayo no destructivo (ASTM C-805)	45
3.2.3.	Metodología de ensayo	45
3.2.4.	Estado fresco	47
3.2.4.1.	Características físicas	47
3.2.5.	Estado endurecido	50
3.2.5.1.	Índice de rebote campo	50
3.2.5.2.	Índice de rebote laboratorio	50

3.2.5.3. Resistencia a compresión	52
3.3. Correlación entre los métodos evaluados	53
3.3.1. Índice de rebote laboratorio vrs. resistencia a compresión CN	54
3.3.1.1. Correlación edad 21 días	54
3.3.1.2. Correlación edad 28 días	55
3.3.2. Análisis error estimado correlación CN, CA	56
3.3.2.1. Análisis error estimado edad 21 días	57
3.3.2.2. Análisis error estimado edad 28 días	58
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
4.1. Generalidades	59
4.2. Materiales	59
4.2.1. Cemento	59
4.2.2. Agregados	60
4.2.3. Aditivos	60
4.2.4. Agua	60
4.3. Concretos	60
4.3.1. Proporciones	61
4.3.2. Estado fresco	61
4.3.2.1. Trabajabilidad	61
4.3.2.2. Temperatura de la mezcla	61
4.3.2.3. Relaciona a/c	61
4.3.2.4. Masa unitaria	62

4.3.2.5. Contenido de aire	62
4.3.2.6. Tiempos de fraguado	62
4.3.3. Estado endurecido	63
4.3.3.1. Índice de rebote campo	63
4.3.3.2. Índice de rebote laboratorio	63
4.3.3.3. Resistencia a compresión (ensayo de probetas)	63
4.3.3.4. Correlación índice de rebote laboratorio vrs. resistencia a compresión	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS	71
BIBLIOGRAFÍA	73
APÉNDICES	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES


FIGURAS

1. Composición típica concretos	11
2. END, uso de líquidos penetrantes en concreto	22
3. END, Martillo Schmidt	29
4. Ensayo de trabajabilidad concreto autocompactante	35
5. Evaluación trabajabilidad concreto autocompactante	35
6. Probetas normalizadas para el ensayo a compresión (ASTM C-39)	39
7. Ensayo velocidad de endurecimiento (ASTM C-403)	40
8. Dosificación aditivo inclusor de aire, CA	44
9. Fundición de concretos evaluados	44
10. Resultados relación a/c, concretos evaluados	48
11. Resultados trabajabilidad, concretos evaluados	48
12. Resultados masa unitaria, concretos evaluados	49
13. Resultados contenido de aire, concretos evaluados	49
14. Resultados tiempos de fraguado, concretos CN y CA	50
15. Resultados índice de rebote campo CN	51
16. Resultados índice de rebote laboratorio CN y CA	52
17. Resultados resistencia a compresión CN y CA (ASTM C-39)	53

18. Resultados correlación CN edad 21 días (ASTM C-39, C-805)	54
19. Resultados correlación CA edad 21 días (ASTM C-39, C-805)	55
20. Resultados correlación CN edad 28 días (ASTM C-39, C-805)(55
21. Resultados correlación CA edad 28 días (ASTM C-39, C-805)	56
22. Resultados error valores $f_{\text{œ}}$ y $F_{\text{œ}}$ (edad 21 días)	57
23. Resultados error valores $f_{\text{œ}}$ y $F_{\text{œ}}$ (edad 28 días)	58

TABLAS

I. Composición típica mezclas de HAC	11
II. Propiedades y métodos de ensayo para HAC	15
III. Factor de corrección por esbeltez (norma ASTM C-A2)	19
IV. Métodos de ensayo END, y su aplicación	30
V. Normas para el control del concreto	33
VI. Normas para el control del concreto	33
VII. Normas para el control del concreto	34
VIII. Normas para el control del concreto	34
IX. Valores de la relación $f_{\text{œ}} / f_{\text{œ}28 \text{ días}}$	43
X. Resultados concretos evaluados	47



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

XI. Resultados concretos evaluados	47
XII. Resultados índice de rebote campo	50
XIII. Resultados índice de rebote laboratorio	51
XIV. Resultados resistencia a compresión (ASTM C-39)	52
XV. Resultados análisis error 21 días	57
XVI. Resultados análisis error 28 días	58



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[*Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features*](#)

LISTA DE SÍMBOLOS

CN	Concreto normal
CA	Concreto aire incluido
E	Error estimado, ecuaciones de regresión
ED	Ensayo destructivo
END	Ensayo no destructivo
HAC	Hormigón (concreto) autocompactante
IR	Índice de rebote
$f_{cc}^{28,56}$	Resistencia a compresión diseño a 28, 56 días
F_{cc}	Resistencia a compresión proyectada a 28, 42 y 56 días ecuaciones de regresión
°C	Grados Celsius
g	Gramos
kg	Kilogramos
l	Litros
ml	Mililitros
psi	Libras por pulgada cuadrada
S	Desviación estándar
\bar{x}	Media (promedio)

Z	Índice tipificado de la probabilidad
	Esfuerzo
μ	Media del universo
	Desviación del universo
δ	Pulgadas

GLOSARIO

a/c	Relación agua cemento.
Aditivo	Compuesto químico que se agrega al concreto al momento del mezclado, para mejorar sus características y cualidades.
ACI	Siglas del Instituto Americano del Concreto (<i>American Concrete Insitute</i>).
ASTM	Siglas de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales (<i>American Society for Testing and Materials</i>).
COGUANOR	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
Compactación	Proceso según el cual un volumen de mortero o concreto recién colocado se reduce al espacio mínimo practicable, por medio de vibración, centrifugación, apisonamiento, o una combinación de estas acciones.

Concreto

autocompactante

Concreto capaz de fluir y recubrir cualquier parte y rincón del encofrado, a través de las armaduras por la acción de su propio peso y sin la necesidad de cualquier otro tipo de método de compactación, sin segregación ni indicios de bloqueo.

Consistencia de mezclas

de concreto

Es una característica que se relaciona principalmente con el aspecto de la trabajabilidad definido como movilidad.

Control de calidad

Acciones que toma un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo que se está suministrando, para asegurar que se están cumpliendo con las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución.

Durabilidad del concreto

Capacidad para resistir las acciones del medio, el ataque químico, la abrasión o cualquier otro proceso que pueda causar deterioro.

Ensayo destructivo

Es aquel que destruye la muestra al ser ensayada, puede ser en la obra o en el laboratorio.

Ensayo no destructivo

Aquellas pruebas que no causan daño estructural significativo en el concreto, radican en su relativa simplicidad, rapidez y en la posibilidad de efectuar un alto número de determinaciones sin alterar su resistencia y funcionalidad a un relativo bajo costo.

Fraguado

Condición adquirida paulatinamente por una pasta de cemento o por una mezcla de mortero o concreto, cuando ha perdido plasticidad en un grado arbitrario, definido normalmente en función de su resistencia a la penetración o de su deformación.

f_{c}

Resistencia a compresión del concreto.

Muestra

Grupo de unidades o porción de material, tomados de una cantidad mayor de unidades o de material. Sirve para aportar información para tomar decisiones sobre el conjunto mayor de unidades, sobre un material o sobre un proceso de producción.

Probeta

Parte de una porción de lo que se va a analizar o ensayar, que puede tener forma de un prisma, cilindro, cubo, etc.



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Réplica

Repetir el ensayo para asegurar que el valor obtenido es correcto.

Segregación del concreto

Una concentración diferencial de sus componentes que da como resultado proporciones no uniformes en la masa (estado opuesto a la homogeneidad).



RESUMEN

El concreto es un material heterogéneo que depende de muchas variables, como la calidad de cada uno de los materiales que lo componen, las proporciones utilizadas y las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado, por esta razón el control de calidad (obra y/o laboratorio) que se implemente en cada proyecto será decisivo en el desempeño que el material tenga en estado fresco y endurecido.

El uso de formaleta metálica y los sistemas constructivos en serie, permiten satisfacer en parte el déficit de vivienda que existe actualmente en Guatemala (más de 1 100 000 unidades), siendo el concreto autocompactante el más utilizado dado que posee características físicas y mecánicas particulares necesarias para su correcta aplicación, generalmente el mecanismo de control es la trabajabilidad en estado fresco y la resistencia a compresión en estado endurecido, por lo general se utilizan ensayos destructivos para su determinación aun y cuando existen no destructivos que permiten tener una estimación de este parámetro en obra para su evaluación.

El presente estudio evaluó la resistencia a compresión y el índice de rebote a diferentes edades de concretos autocompactantes y se determinó la correlación existente entre ellos y el error estimado, lo que es de utilidad a los productores y usuarios de este material, ya que puede ser aplicada en situaciones de reclamos, evaluaciones o arbitrajes a concretos de similares características y materiales.

Para esto se contó con el apoyo de las empresas Formaletas para la Construcción de Guatemala S.A. (FORCOGUA) quienes desde hace 5 años bajo un concepto de calidad total en sus materiales, procesos y productos, ofrecen sus servicios atendiendo proyectos de construcción de vivienda en serie (80% de su producción), Cementos Progreso S. A. por medio de su laboratorio de control de calidad y SIKA de Guatemala.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[*Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features*](#)

OBJETIVOS

GENERAL

- Evaluar la resistencia a compresión y el índice de rebote a mezclas de concreto autcompactante, por los métodos de ensayo indicados en las normas ASTM C-39 y C-805 y determinar la correlación y el error estimado entre estos.

ESPECÍFICOS:

1. Caracterizar los materiales utilizados para elaborar concreto autocompactante por medio de procedimientos y especificaciones indicados en las normas ASTM y COGUANOR aplicables.
2. Elaborar y evaluar concretos con proporciones y trabajabilidad similares y contenidos de aire diferentes por medio de procedimientos y especificaciones indicados en las normas ASTM y COGUANOR aplicables.
3. Evaluar la resistencia a compresión de concreto por medio del método de ensayo destructivo (ASTM C-39).
4. Verificar experimentalmente el comportamiento del ensayo del martillo de rebote en la estimación de la resistencia a compresión. en laboratorio y campo a diferentes edades.
5. Aplicar conceptos estadísticos, que permitan analizar de manera confiable los resultados obtenidos entre los dos métodos.
6. Fortalecer la vinculación entre los sectores académico y privado, por medio del apoyo a la investigación.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[*Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features*](#)

INTRODUCCIÓN

Guatemala tiene un alto déficit de vivienda (más de 1 100 000 unidades), sobre todo, para los sectores de menores ingresos, situación que provoca demanda y producción constante de vivienda en serie por medio del uso de formaletas de aluminio y concreto autocompactante. Este sistema constructivo requiere de materiales con características particulares, el concreto deberá ser capaz de consolidarse por su propio peso, lo que requiere una elevada fluidez y resistencia a la segregación así como satisfacer el fraguado y resistencia requeridos. En el presente estudio se evaluó la resistencia a compresión (ASTM C-39) y el índice de rebote (ASTM C-805) a diferentes edades de concretos autocompactantes con similares proporciones y trabajabilidad y contenidos de aire diferentes, con el objetivo de verificar experimentalmente el comportamiento del END en la estimación de la resistencia a compresión y la correlación entre los dos métodos.

El capítulo uno presenta aspectos teóricos sobre concretos incluyendo definición, clasificación y tipos, así como conceptos sobre el concreto autocompactante. El capítulo dos incluye definiciones sobre control de calidad al concreto así como el control de calidad en obra y laboratorio, destacando ensayos destructivos y no destructivos.

El capítulo tres contiene el desarrollo experimental, definiendo los criterios estadísticos que fueron utilizados para el análisis de los métodos evaluados, así como la caracterización de materiales y concretos elaborados.

En el capítulo cuatro se incluyen el análisis de los resultados, por último las conclusiones y recomendaciones producto del presente estudio.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

1. CONCRETO

1.1. Definición

El concreto u hormigón se define como la mezcla de un material aglutinante (cemento hidráulico), un material de relleno (agregado fino y grueso), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forman un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo, es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. (1)

1.2. Clasificación

1.2.1. Tamaño máximo del agregado

- Mortero
- Concreto
- Concreto ciclópeo

1.2.2. Consistencia

- Muy seca
- Seca
- Semi seca
- Media húmeda
- Muy húmeda

1.2.3. Tiempos de fraguado

- Aditivo retardante
- Aditivo reductor de agua
- Aditivo acelerante

1.2.4. Resistencia a la compresión

- Normal
- Alta resistencia
- Ultra alta resistencia

1.2.5. Durabilidad

- Permeabilidad normal
- Concretos impermeables
- Concretos resistentes al congelamiento y deshielo

1.2.6. Peso unitario

- Ligero
- Normal
- Pesado

1.2.7. Apariencia

- Coloreados
- Agregado expuesto
- Estampados
- Abusrdados

1.2.8. Especialidad

- Agregado precolocado
- Lanzado
- Pavimentos
- Bombeo
- Vaciado por tubo embudo
- Fluido
- Ligero

- Aireado
- Reforzado con fibras
- Alta resistencia
- Compactado con rodillo

1.3. Tipos

- De agregado precolocado
- Lanzado
- Para pavimentos
- De bombeo
- Vaciado por tubo embudo (*tremie*)
- Fluido
- Ligero
- de alta resistencia
- Reforzado con fibras
- Compactado con rodillo

1.4. Concreto autocompactante (HAC)

1.4.1. Definición

Hormigón diseñado para que posea una consistencia líquida, capaz de llenar los moldes y encofrados por la simple acción de la gravedad, es decir su propio peso, sin ayuda de medios de compactación externos, y que confiere a la estructura una calidad igual, al menos a la proporcionada por el hormigón convencional. (3)

Hormigón capaz de fluir y recubrir cualquier parte del encofrado y a través del armado simplemente por la acción de su propio peso y sin la necesidad de ningún otro tipo de método de compactación sin segregación ni indicios de bloqueo. (4)

1.4.2. Antecedentes

El concreto que requiere de pequeñas vibraciones o compactaciones se ha venido utilizando en Europa desde inicio de los sesenta pero el concreto autocompactante (HAC) se desarrolló en Japón en los 80 en la Universidad de Tokio por el Dr. Okamura, la escasez de mano de obra y los ahorros en el tiempo de construcción fueron las razones principales detrás del uso cada vez mayor en Japón. La composición, las propiedades y las aplicaciones de las mezclas de concreto superfluidificado y autocompactante se describen en varios documentos japoneses recientemente publicados. Nótese que algunos autores prefieren el uso del término *concreto autonivelante* en vez de concreto autocompactante.

La alta fluidez y la resistencia a la segregación necesarias se obtienen mediante el uso simultáneo de un aditivo superfluidificador y un aditivo que aumenta la viscosidad. En otra aplicación, se usó concreto de gran fluidez con una relación extremadamente baja de a/c para el colado del concreto de abajo hacia arriba, en una columna de acero rellena de concreto sin compactación, un alto contenido de cemento puede causar agrietamiento térmico en algunas estructuras. En Francia, la industria del concreto premezclado está usando concreto autocompactante como un producto libre de ruido que puede usarse las 24 horas en áreas urbanas.

1.4.3. Usos

Se cree que en Europa se usó inicialmente en obra civil en Suecia a mediados de los noventa, y desde entonces su aplicación ha venido en aumento en todos los países europeos. El concreto autocompactante ofrece una rápida adaptación al encofrado, por lo que disminuye el plazo de construcción y los problemas de colocación por la alta densidad del armado. Puede ser hecho en obra a mano o con mezcladora, también

premezclado en alguna planta y transportado en camión al proyecto, ha sido aplicado en:

- Pisos
- Losas armadas
- Elementos modulares
- Elementos pretensados
- Muros densamente armados
- Revestimiento de túneles
- Puentes
- Rellenos de difícil acceso

Su uso ofrece ventajas a los involucrados en los procesos constructivos, pudiéndose mencionar los siguientes:

- Propietario de la obra: reducción de costos de mantenimiento y reparaciones, garantía de comportamiento estructural y de durabilidad de su edificación, mejores acabados y reducción de costos de ejecución.
- Ejecutor: buen desempeño mecánico y durabilidad, protege el acero de refuerzo, se evita la concentración del agregado grueso en zonas mal vibradas
- Trabajadores: mejora las condiciones de salud y seguridad, se reduce el riesgo de caídas, mayor facilidad y menor esfuerzo para trabajarlo.

1.4.4. Composición

1.4.4.1. Cemento

Se pueden utilizar Cementos Pórtland o con adiciones que cumplan la normativa aplicable, la elección final estará sujeta a requisitos específicos en cada proyecto.

1.4.4.1.1. Efectos en el concreto

- Cohesión y manejabilidad

- Pérdida de revenimiento
- Asentamiento y sangrado
- Resistencia mecánica
- Generación de calor
- Resistencia al ataque de sulfatos
- Estabilidad volumétrica
- Estabilidad química

1.4.4.1.2. Adiciones minerales

Se usan a menudo para incrementar y mantener la cohesión y la resistencia a la segregación, regulan también el contenido de cemento para reducir el calor de hidratación y la retracción térmica.

1.4.4.2. Agua

Tiene en general dos diferentes aplicaciones en las mezclas de concreto: como ingrediente interno y como medio de curado externo en las estructuras, el agua que se utilice para curarlo debe ser del mismo origen, o similar al de la mezcla. Suele representar aproximadamente entre 10 y 25 por ciento del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera.

En general no podrá utilizarse agua reciclada, pero si es necesario se controlará que no tenga agentes químicos ni partículas sólidas que afecten su reología, en determinados casos se requiere con el objeto de disminuir la temperatura del concreto al ser elaborado, que una parte del agua de mezclado se administre en forma de hielo molido o en escamas. En cuanto al agua de mar, su principal inconveniente consiste en su elevado contenido de cloruros (más de 20000 ppm) que la convierten en un medio altamente corrosivo para el acero de refuerzo.

1.4.4.2.1. Efectos en el concreto

En diversas especificaciones y prácticas recomendadas, al establecer la calidad necesaria en el agua de mezclado, se pone más énfasis en la valuación de los efectos que produce en el concreto, que en la cuantificación de las sustancias indeseables e impurezas que contiene. Esto aparentemente se justifica porque tales reglamentaciones están dirigidas principalmente a construcciones urbanas, industriales o similares, cuyo concreto se produce en localidades donde normalmente se dispone de suministro de agua para uso industrial o doméstico, no siempre ocurre así durante la construcción de las centrales eléctricas.

Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son:

- Corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales.
- Mediano plazo se relacionan con las resistencias posteriores (a 28 días o más).
- Largo plazo pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali-agregado y la corrosión del acero de refuerzo. La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio del análisis químico del agua antes de emplearla.

1.4.4.3. Agregados

En las mezclas de concreto hidráulico convencional, los agregados suelen representar entre 60 y 75 por ciento, aproximadamente, del volumen absoluto de todos los componentes; de ahí la notable influencia que las características y propiedades de los agregados ejercen en las del correspondiente concreto. Es necesario controlar los agregados de forma minuciosa y continuada, tener en cuenta su contenido de humedad, absorción, granulometría y su variación en contenidos de finos.

La forma y distribución del tamaño de los agregados (coeficiente de forma) son muy importantes y afectan la compacidad y el % de vacíos, las mezclas de agregados discontinuas ofrecen resultados mejores que las continuas (que generan mayor fricción interna que pudiera reducir la velocidad de flujo). En el mismo sentido el agregado triturado tiende a mejorar la resistencia mientras que el rodado facilita el flujo a causa de su menor fricción interna.

1.4.4.3.1. Materiales contaminantes presentes en los agregados

- Limo y arcilla
- Materia orgánica
- Partículas inconvenientes
- Sales inorgánicas

1.4.4.3.2. Agregado grueso

Las especificaciones químicas, físicas y mecánicas son comunes a las definidas para los agregados para concretos tradicionales, recomendándose no obstante mayor control sobre el tamaño máximo, coeficiente de forma o el índice de lajas a fin de garantizar una mayor deformabilidad y disminuir los riesgos del bloqueo. La separación entre las armaduras es el factor principal en la selección del tamaño máximo del agregado grueso. Es deseable que este en conjunto posea continuidad de tamaños en su composición granulométrica, si bien los efectos que la granulometría de la grava produce sobre la manejabilidad de las mezclas de concreto no son tan notables como los que produce la arena.

La granulometría y forma del agregado grueso influyen directamente en la fluidez y capacidad de paso del HAC y en la demanda de pasta. Cuanto más esféricos sean los agregados (canto rodado) menores serán los bloqueos y mayor la fluidez puesto que se reduce la fricción interna.

1.4.4.3.3. Agregado fino

Es el de mayor responsabilidad en la calidad del concreto, no es posible hacer un buen concreto con una arena deficiente, estos contienen una mayor superficie específica que los agregados gruesos, y como la pasta tiene que recubrir todas las superficies de los agregados, el requerimiento de pasta en la mezcla se verá afectado por la proporción en que se incluyan.

No existe limitación en cuanto a la naturaleza de las arenas a utilizar en el concreto autocompactante, todas las utilizadas para el concreto convencional son adecuadas para el HAC, si bien la mayor fluidez se obtiene con arenas de río y es preferible evitar el empleo de arenas silíceas machacadas, por su forma lajosa. Es necesaria una curva granulométrica continua sin cortes en su distribución.

1.4.4.4. Aditivos

Debido a que los componentes básicos del concreto hidráulico son el cemento, el agua y los agregados, cualquier otro ingrediente que se incluya en su elaboración puede ser considerado, literalmente hablando, como un aditivo. Un material sólo puede considerarse como aditivo cuando se incorpora individualmente al concreto, es decir, que se puede ejercer [control](#) sobre su dosificación.

Son un componente esencial en los HAC, se usan para ayudar a reducir la segregación, exudación y sensibilidad a las variaciones de otros componentes de la mezcla, especialmente para el contenido de humedad. La elección del aditivo para un aplicación ideal estará influenciado por sus propiedades físicas y químicas.

1.4.4.4.1. Aditivos súper plastificante

El aditivo superplastificante es imprescindible para la confección de HAC, no todos los tipos son utilizables. Los aditivos basados en naftaleno-sulfonatos o condensados de melamina no ofrecen suficiente poder reductor de agua y en consecuencia, los únicos tipos utilizables son los basados en éter policarboxílico

modificado, capaces de reducir agua en valores superiores al 35%. Los polycarboxílicos confieren al concreto las siguientes características:

- Reducción de agua elevada
- Gran cohesión
- Tiempo de manejabilidad muy superior a la de los superplastificantes convencionales.
- Gran impermeabilidad
- Excelentes acabados

1.4.4.4.2. Aditivos moduladores de viscosidad

Confieren cohesión interna a la masa sin apenas pérdidas de fluidez, su empleo puede no ser imprescindible en el caso de emplear las adiciones y el cemento en su cantidad óptima. En estos casos, el aporte de finos será suficiente para mantener la cohesión interna y el empleo de aditivo modulador de viscosidad podría incluso ser perjudicial por la elevada cohesión de la masa, que requería altos volúmenes de concreto para su autocompacidad. El empleo de modulador de viscosidad es imprescindible en el caso de insuficiencias en el aporte de finos. Además ofrece grandes resultados como elemento tolerante de las variaciones en las características de los materiales.

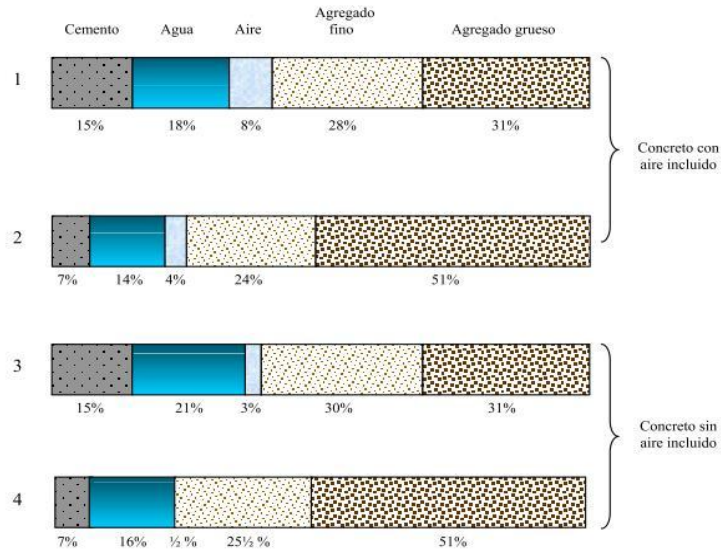
1.4.4.5. Pigmentos

Se emplean para la coloración del concreto, su uso no difiere en relación con la coloración del concreto normal. Las dosis necesarias pueden ser más altas al ser mayor el volumen de pasta.

1.4.4.6. Fibras

Las fibras más utilizadas son las polipropileno (se usan para reducir fisuraciones por asentamiento y retracción plástica) y las de acero (resistencia a flexo tracción, impacto y la tenacidad del concreto).

Figura 1 Composición típica concretos



Fuente (1)

Tabla I Composición típica mezclas de HAC

Rangos típico de la composición de mezclas de HAC		
Componente	Rango típico por masa (kg/m ³)	Rango típico por volumen (litros/m ³)
Finos	380-600	
Pasta		300-380
Agua	150-210	150-210
Agregado grueso	750-1000	270-360
Agregado fino (arenas)	El volumen de otros constituyentes es usualmente un 45-55 % del peso total de los agregados en dosificaciones equilibradas	
Relación a/finos por volumen		085-1.10

Fuente (1)

1.4.5. Características

Como ya se indicó el concreto está compuesto principalmente por cemento, agregados y agua, contiene así mismo una cantidad de aire atrapado y puede contener aire incluido mediante el uso de aditivos. Las propiedades del concreto y del mortero se estudian primordialmente con la finalidad de determinar el diseño de la mezcla, los factores básicos en el diseño de una mezcla de concreto son los siguientes:

- Economía
- Facilidad de colocación y consolidación
- Velocidad de fraguado
- Resistencia
- Durabilidad
- Impermeabilidad
- Peso unitario
- Estabilidad de volumen
- Apariencia adecuada

La fluidez y la resistencia a la segregación del HAC aseguran un buen nivel de homogeneidad, una mínima porosidad en el concreto y una resistencia constante, proporcionando mejores niveles de acabados y una mayor durabilidad de la estructura. Generalmente se elaboran con una relación a/c baja por lo que se obtiene una mayor resistencia, desencofrado más rápido y entrada en servicio de las estructuras en menor tiempo. La eliminación de los elementos de vibrado disminuye sensiblemente el impacto ambiental en la obra y sus proximidades, así como en las plantas de prefabricación, reduciendo el tiempo y la intensidad de exposición de los trabajadores al ruido y las vibraciones.

1.4.5.1. Estado fresco

La capacidad de relleno y la estabilidad del concreto fresco se definen por cuatro características principales que son:

- Flujo
- Viscosidad
- Capacidad de paso
- Segregación

Estas dependerán del tipo de aplicación que tenga el concreto, y especialmente de:

- Condiciones de confinamiento relacionadas con la geometría del elemento a fundir, y de la cantidad, tipo y localización de las armaduras, embebidos recubrimientos y huecos.
- Ubicación de los equipos.
- Métodos de colocación en obra.
- Métodos de acabados.

1.4.5.2. Estado endurecido

- Resistencia a compresión
- Resistencia a tracción
- Módulo de elasticidad
- Fluencia
- Retracción
- Coeficiente de dilatación térmica
- Adherencia
- Capacidad a corte
- Resistencia al fuego
- Durabilidad

1.4.6. Normativa aplicable

Se han desarrollado una amplia gama de de métodos de ensayos para medir y caracterizar las propiedades del HAC, siendo particulares para cada país o región.

1.4.6.1. Europa

- UNE 83900 Hormigón, prestaciones, fabricación, puesta en obra y criterios de aceptación.
- PNE EN 13369 Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón
- PNE EN 12350 Ensayos de hormigón fresco. Parte 1 y 2
- PNE EN 12620 Áridos para hormigón
- UNE 83361 Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez. Ensayo del escurrimiento.
- UNE 83362 Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Ensayo del escurrimiento con el anillo japonés
- UNE 83363 Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Método de la caja en L.
- UNE 83364 Hormigón autocompactante. Determinación del tiempo de flujo de barras. Ensayo del embudo en V.

1.4.6.2. *American Society for Testing and Materials* (ASTM)

- Método de ensayo estándar para la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de concreto (ASTM C-39).
- Especificación estándar para concreto premezclado (ASTM C-94).
- Práctica estándar para el muestreo de concreto fresco (ASTM C-172).
- Método de ensayo para el número de rebote de concreto endurecido (ASTM C-430).
- Especificación estándar de aditivos químicos para concreto (ASTM C-494).

1.4.6.3. Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR

- NGO 41069 Hormigón (concreto). Aditivos incorporadores de aire.

- NGO 41069 Hormigón (concreto). Aditivos químicos. Especificaciones.
- NGO 41069 Hormigón (concreto). Aditivos químicos. Métodos de ensayo.

Tabla II Propiedades y métodos de ensayo para HAC

Propiedades y métodos de ensayo para HAC, estado fresco		
Característica	Método de ensayo	Valor medido
Caracterización de la fluidez /capacidad de llenado	Ensayo del escurrimiento	Extensión
	Caja de kajima	Llenado visual
Viscosidad/caracterización de la viscosidad	T ₅₀₀	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo en V	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo en O	Tiempo de flujo
	Orimet	Tiempo de flujo
Capacidad de paso	Método de la caja en L	Relación de paso
	Método de la caja en U	Diferencia de altura
	Ensayo del escurrimiento con el añillo japonés	Altura de paso, flujo total
	Caja de Kajima	Capacidad de paso visual
Resistencia a la segregación	Penetración	Profundidad
	Segregación en tamiz	% de retención
	Columna de decantación	Relación de segregación

Fuente (1)



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

2. CONTROL DE CALIDAD CONCRETO

2.1. Definición

Acciones que toma un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo que se está suministrando, para asegurar que se están cumpliendo con las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución. (1)

2.2. Generalidades

Las propiedades y características del concreto en sus dos estados pueden ser predecibles y regulables a pesar de su composición heterogénea, esto mediante una adecuada selección y combinación de sus componentes así como de un adecuado control de calidad. Se realiza en sus dos estados; fresco para conocer sus características y endurecido para determinar sus cualidades y resistencia.

El estudio de las tolerancias permisibles y la distinción entre causas fortuitas o causas específicas reales de estas variaciones se hace fácilmente y en forma racional y sistemática, por medio del control estadístico de calidad. Una calidad deficiente del concreto que se utiliza representa un riesgo que con frecuencia absorbe el propietario de la obra, caso contrario un desperdicio que no beneficia a nadie y que también suele ser por cuenta del propietario, su comportamiento frente a los distintos esfuerzos es variable y complejo.

Definimos el control de calidad como la aptitud de éste para satisfacer un requerimiento (especificación) definida, al menor costo. Existen dos medios básicos para esta labor:

- Control interno
- Supervisión externa

2.3. Ensayos

Las variaciones que presentan los resultados de los ensayos de control de calidad del concreto, tienen dos orígenes:

- Variaciones reales de la calidad del material.
- Variaciones aparentes debidas a la imprecisión propia del ensayo.

Cuando los ensayos se realizan de forma adecuada, siguiendo los procedimientos indicados, las variaciones debidas a ellos son de una magnitud bastante menor que las debidas a las reales alteraciones de la calidad del producto, los ensayos mal hechos pueden indicar niveles de calidad y variabilidad del concreto que no existen.

La estimación de la calidad y la seguridad de servicio que una estructura puede seguir brindando a los usuarios no está ligada única y de manera exclusiva a la resistencia a compresión del concreto y por ellos se requieren las evaluaciones, tanto del concreto como de los elementos estructurales a través de las pruebas destructivas y no destructivas.

Con respecto al método general utilizado en los ensayos, estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Ensayos en estructuras, miembros o partes de tamaño natural.
- Ensayos en modelos de estructuras, miembros o partes.
- Ensayos en probetas cortadas de las partes acabadas.
- Ensayos en muestras de materiales naturales o transformados.

Según su finalidad los ensayos pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Ensayos previos
- Ensayos característicos
- Ensayos de control
- Ensayos de información

2.3.1. Tipos

2.3.1.1. Destructivos (ED)

2.3.1.1.1. Extracción de testigos

Para su obtención se utilizan brocas con superficies diamantadas que permiten el corte del concreto de una manera adecuada, utilizando los medios necesarios para la lubricación de las superficies, los testigos obtenidos son de forma cilíndrica y de diámetro ligeramente menor al de la broca utilizada y altura de acuerdo a la esbeltez recomendada, o bien aplicar los factores de corrección necesarios. (ver tabla III)

- Ventaja: la muestra ensayada es representativa del concreto que la circunda en el estado real de funcionamiento.
- Desventaja: proceso lento de obtención de la muestra, costos.

Tabla III Factor de corrección por esbeltez (norma ASTM C-A2)

Factor de corrección por esbeltez aplicable	
Cociente altura/diámetro	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Fuente: (2)

2.3.1.1.2. Pruebas de carga

La mayoría de reglamentos establecen la necesidad de efectuar ensayos de cargas de las estructuras cuando de los ensayos de las probetas realizados, testigos extraídos y/o ensayos no destructivos realizados, surja que las mismas no ofrecen garantías en cuanto

a su grado de seguridad. No deben de considerarse como ensayos destructivos, ya que su ejecución busca evaluar la estructura sin introducir daños (con la sola excepción de algunas fisuras) en ellas. Son necesarias en los siguientes casos:

- Cuando lo indiquen las especificaciones de la obra.
- Cuando el concreto no reúna los requisitos de calidad exigidos.
- Cuando existan dudas sobre la calidad del acero utilizado, y esta no puede ser determinada una vez ejecutada la obra.
- Cuando se hayan excedido las tolerancias de orden constructivo.
- En todos los casos que existan vicios de construcción o cuando la estructura o parte de ella se encuentre condiciones de dudosa o deficiente estabilidad.

Al cargar las estructuras y medir la deformaciones producidas, estas pueden compararse contra las establecidas en el diseño y si resultan inferiores se considera que la estructura es apta fijar las cargas determinadas en el diseño. Las siguientes consideraciones deben de atenderse en el ensayo:

- Aplicar las cargas en forma estática.
- En el caso de cargas dinámicas, puede aplicarse una carga estática equivalente.
- Aplicar la carga de manera proporcional.
- Dejar la carga aplicada un cierto tiempo.
- Registrar deformaciones bajo cargas y remanentes.
- Evitar o contemplar en los resultados las variaciones térmicas.
- Dependiendo del tipo de cemento utilizado, pueden realizarse las pruebas a 60 días de haber colocado el concreto.
- Considerar los apuntalamientos y medidas de seguridad necesarias.
- Tipo y cantidad de equipo necesario para medir deformaciones.
- Tipo de cargas de ensayo.
- Ciclos de cargas y descargas durante el ensayo.

Los criterios de evaluación generalmente utilizados, son los siguientes:

- Control de flechas máximas registradas.
- Control de las deformaciones remanentes.
- Control de fisuras, grietas, desprendimientos de material.

2.3.1.2. No destructivos (END)

Aquellas pruebas que no causan daño estructural significativo en el concreto, radican en su simplicidad, rapidez y en la posibilidad de realizar gran número de determinaciones sobre la estructuras sin alterar su resistencia y funcionalidad a un bajo costo, de esta manera es posible evaluar su homogeneidad sin comprometer su integridad. (ver tabla IV)

Algunas de las condiciones que hacen necesaria su aplicación, se presentan cuando los cilindros tomados en obra no dieron los resultados esperados y su evaluación estadística deja dudas en ciertos elementos de la estructura o el que las condiciones en que se mantuvieron los testigos en campo no fueron las adecuadas en tiempo y forma o simplemente para determinar la posibilidad del desencofrado o las malas prácticas en el manejo del concreto. Permiten realizar un diagnóstico rápido y confiable sobre el estado que guarda una estructura y sus materiales componentes, así como lo que se puede esperar de esta ante solicitudes futuras, por está razón es necesario conocer lo siguiente:

- Métodos de ensayo más comunes, aplicaciones y alcances.
- Eficacia y alcances relativos.
- Costos de las diversas pruebas.
- Aplicación de cada método.
- Cuando no es aplicable ningún método.

2.3.1.2.1. Inspección visual (ACI 201.1, 207.3)

No requiere de equipo especializado pero si de personal con experiencia y conocimientos de construcción, materiales e ingeniería estructural. Sus resultados son subjetivos, es conveniente planificar su realización, su costo es reducido.

2.3.1.2.2. Medición de grietas

Complementa la inspección visual, da una mejor definición en las zonas con problemas detectadas en la inspección visual.

- Existen en el mercado equipo para medir el espesor y profundidad de las grietas de manera aproximada, su costo es mínimo.
- Líquidos penetrantes están esencialmente enfocados para la detección de discontinuidades superficiales, y que están accesibles a la superficie, como grietas y poros.

2.3.1.2.3. Medición de la madurez del concreto (ASTM C-1074)

Esta prueba cuantifica la relación madurez-resistencia a compresión en el concreto fresco y endurecido, así como el ritmo de endurecimiento o de adquisición de madurez (temperatura histórica). Requiere de personal con experiencia en su aplicación, equipo especial y muestras previas de los concretos a evaluar, su costo es significativo.

2.3.1.2.4. Detención del acero de refuerzo e instalaciones

Una prueba sencilla, pero requiere de equipo especializado y de personal capacitado para su realización, resulta auxiliar para otras pruebas como extracción de testigos y la determinación del valor de rebote y ultrasonido, prueba relativamente económica y complementaria para otros ensayos.

Figura 2 END, uso de líquidos penetrantes en concretos



Fuente (3)

2.3.1.2.5. Prueba de rayos X

Detección de ubicación y dimensiones del acero de refuerzo, densímetro nuclear para pavimentos y otras.

2.3.1.2.6. Resistencia del concreto a la penetración.

Pistola de *Windsor* (ASTM C-803)

Requiere de equipo especial y de personal capacitado y entrenado, la determinación de la calidad del concreto está en función de la longitud promedio que los insertos penetren en el concreto midiendo la parte externa de estos usando una placa triangular.

2.3.1.2.7. Extracción de insertos o de *Pull-out* (ASTM C-900, BS 1881 y 5080)

Prueba de poco uso, requiere de equipo especial y de personal capacitado, debe ser planeada antes de la fundición, pues consiste en dejar ahogados en los concretos insertos metálicos parecidos a un hongo con una perforación roscada. La resistencia del concreto estará en función de la presión requerida para extraer el inserto.

2.3.1.2.8. Análisis petrográfico del concreto endurecido (ASTM C-856)

Se requieren muestras del concreto a evaluar, equipo especializado, personal con experiencia y capacitación, prueba relativamente cara dada la preparación de las muestras. Prueba muy útil para conocer múltiples datos del concreto como el contenido de aire, falta de curado, vibrado, presencia o ausencia de algunos materiales, componentes del concreto como *fly ash*, puzolana, humo de sílice, etc., distribución del cemento en el concreto, así como sus posibles efectos nocivos.

2.3.1.2.9. Extracción de núcleos o vigas (ASTM C-42)

Prueba relativamente económica, requiere de equipo y personal capacitado, se extrae un mínimo de tres núcleos por cada zona a evaluar, los resultados obtenidos son confiables.

2.3.1.2.10. Determinación de la humedad y densidad del concreto (ASTM C-1040)

Se requiere de un densímetro nuclear, personal certificado y capacitado en el manejo del equipo y material radioactivo, conocer el peso volumétrico del concreto a evaluar.

2.3.1.2.11. Determinación de la adherencia (ACI 503, ASTM C-4541, BS 1881)

Se requiere de equipo para medir el esfuerzo a tensión y personal capacitado, se calcula la adherencia del concreto como un esfuerzo.

2.3.1.2.12. Determinación de la carbonatación

Prueba química, requiere de materiales especiales y personal capacitado para su ejecución, se utiliza para diagnóstico.

2.3.1.2.13. Determinación de la corrosión (ASTM C-876, BS 1881)

Prueba electroquímica, que requiere de equipo y personal capacitado, emplea electrodos de plata para una mejor medición, tiene un tiempo de lectura rápido, existe software especializado para su empleo.

2.3.1.2.14. Determinación de la permeabilidad (ASTM C-1202)

Prueba electroquímica, requiere de equipo y personal capacitado, la duración de la prueba es de seis horas, se produce un ligero deterioro al extraer los testigos.

2.3.1.2.15. Arranque de cilindros colados *en situ* o *brake off* (ASTM C-1150)

Consiste en obtener un cilindro de concreto del cuerpo del elemento, previamente preparado.

2.3.1.2.16. Cilindros colados *en situ* (ASTM C-873)

Se deja un molde en la formaleta y se funde directamente con el elemento, los cilindros se someten a las mismas condiciones de la estructura. Solo se aplica a losas planas horizontales y requiere preparación previa.

2.3.1.2.17. Pruebas de carga y deformación (ACI 318)

Requiere de equipo especializado y personal capacitado, la prueba consiste en cargar el elemento a evaluar con el 85 % de la carga de diseño, aplicada en fracciones de 25 %, se toman lecturas de deformación en cada etapa y la final. El elemento se deja cargado 24 horas y se mide de nuevo la deformación, es un ensayo caro.

2.3.1.2.18. Detección magnética de armaduras (BS 1881)

Debido a que el acero es un material ferromagnético ubicado en el interior de uno no magnético, como el concreto puede ser detectado utilizando un aparato de medición adecuado. Mediante una auscultación magnética en las partes estructurales de interés, se puede detectar la posición y dirección de las armaduras, y en cierto grado el diámetro y recubrimiento de cada barra.

Cuando se trabaja en la evaluación de recubrimientos es necesario mantener la sonda paralela a la barra que se ha localizado y conocer el diámetro de la barra, las mediciones pueden ser afectadas cuando las armaduras están muy cercanas unas de las otras.

2.3.1.2.19. Esclerometría (Martillo de rebote ASTM C-805, D-5873, UNE 83.307, BS 1881, COGUANOR 41 017 h9)

Se basa en principios semejantes a los aplicados en metalurgia, o sea que se sacan conclusiones sobre el elemento a evaluar, midiendo en el comportamiento de la superficie ante la acción de una carga concentrada. El dispositivo de medición de

dureza superficial más extendido a nivel internacional es el denominado martillo Schmidt (martillo suizo). Su funcionamiento es muy sencillo, ya que consiste en la medición de una escala graduada del rebote que sufre una masa que es proyectada contra la superficie del concreto al liberarse un resorte previamente comprimido.

Para efectuar el ensayo se apoya el dispositivo contra la superficie que interesa evaluar y se presiona contra esta, con lo que se logra la penetración dentro del aparato, de un vástago de acero cuyo extremo en contacto con el concreto es ligeramente convexo. Al introducirse el vástago este comprime un resorte, el que disminuye su longitud y almacena energía que se libera bruscamente desplazando a la masa que golpea contra el extremo anterior del aparato y retrocede en mayor o menor medida según la dureza del concreto evaluado.

Debe tenerse en cuenta que por sus limitaciones, este método no debe emplearse como sustituto de la extracciones de testigos de concreto endurecido, para decidir como único elemento de juicio, la recepción o rechazo de un concreto.

- Ventajas del método
 - Facilidad de manejo
 - Rapidez de las mediciones
 - Posibilidad de comparar concretos de características conocidas (por ensayos de compresión) con otros desconocidos.
 - Seguimiento del proceso de aumento de la resistencia del concreto, para determinar momento de desencofrado y desapuntalamiento.
 - Complemento de ensayos de probetas y de testigos en proyectos de grandes dimensiones.
- Consideraciones en su aplicación:
 - Calibración periódica, mediante ensayos de concreto de características similares a los que se evaluarán.
 - Corregir curvas por cambios de posición respecto a la vertical, de las superficies a ensayar.

- Las superficies a evaluar deben estar en las mismas condiciones de humedad que las probetas de calibración.
- Las determinaciones deben efectuarse sobre piezas con una gran rigidez.

Debe de realizarse un número adecuado de lecturas para obtener una determinación. Existe también el martillo Frank, que mide la dureza superficial del concreto por el diámetro de la huella que deja impresa una bola de acero sobre la que se da un golpe. (ver Figura 3)

2.3.1.2.20. Ultrasonido (Determinación de la velocidad de pulsos ultrasónicos ASTM C-597, BS 1881)

Se basa en la medición de la velocidad con que atraviesa una masa de concreto un tren de vibraciones mecánicas amortiguadas, con una frecuencia de vibración superior a la audible (20000 ciclos/segundo). El aparato que se emplea para el ensayo está provisto de dos cabezales llamados transductores, que se aplican sobre las superficies que limitan la masa a atravesar por las ondas.

La velocidad de propagación está relacionada con el módulo de elasticidad del concreto, puede determinarse este parámetro, el que a la vez guarda proporcionalidad con la resistencia a compresión del concreto. Entre los factores que pueden influir en los resultados están los siguientes:

- Edad
- Variación de la relación agua/cemento.
- Relación cemento/agregados y tipo de agregados
- Cambios en el contenido de humedad
- Tipo de cemento, tamaño máximo del agregado grueso, empleo de aditivos, etc.

Este método resulta casi insustituible para la detección de soluciones en la continuidad en la masa del concreto; por este motivo en el elemento estructural a evaluar se trazan en superficies opuestas, cuadrículas de ordenadas y abscisas, de manera que se enfrenten (para lo cual se numeran en forma similar), cuando en un sector dado aparecen una serie de lecturas diferentes significa que estamos en presencia de algún defecto de carácter interno el que puede ser perfectamente localizado en el elemento.

Otra aplicación es la determinación de profundidad de grietas en concretos de gran superficie, en el caso de estructuras afectadas por corrosión, algunas de las determinaciones semi y no destructivas utilizadas son las determinaciones de la profundidad de carbonatación, medición de potenciales y velocidad de corrosión.

Figura 3 END Martillo Schmidt resistencia a compresión



Fuente (3)

Tabla IV Métodos de ensayo END y su aplicación

Tabla IV Métodos de ensayo END y su aplicación

Métodos de ensayos no destructivos y semidestructivos aplicables a estructuras de concreto	
Ensayo	
Tipo	
Característica de medida	
Limitaciones	
Esclerometría (martillo Schmidt)	ND
Penetración (Windsor Probe)	SD
Abrancamiento (pull out)	SD
Abrancamiento (lock test)	SD
Abrancamiento (capo test)	SD
Quebramiento (break off)	SD
Medición de la velocidad de pulso ultrasónico	ND
Fractura interna	SD
Desprendimiento (pull off)	SD
Presiones localizadas	SD
Esclerometría ultrasonido (sonreb)	ND
electromagnético de recubrimiento (cover meter Pachometer)	ND
	Presencia de armaduras. Profundidad de recubrimiento
	Resistencia y módulo de elasticidad
	Resistencia a presiones localizadas
	Resistencia a la tracción
	Superficial, temperatura del concreto, humedad del concreto.
	Superficial
	Rugosidad superficial, longitud de la pieza, temperatura del concreto, humedad del concreto, edad del concreto, resistencia a compresión.
	Planificación previa, superficial, tamaño del agregado grueso.
	Superficial
	Planificación previa, superficial.
	Planificación previa, superficial.
	Edad del concreto, dureza del agregado grueso, superficial.
	Superficial, textura de la superficie, carbonatación, humedad, rigidez del elemento, edad del concreto, tipo de agregado grueso.
	Cada ensayo en particular.
	Diámetro de las armaduras

2.4. Definición muestra de estudio

El concreto es un material heterogéneo que depende de numerosas variables, como lo son la calidad de cada uno de sus materiales componentes, las proporciones en que estos son mezclados entre si y las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado. La forma más eficiente para considerar y manejar la variabilidad del concreto, es mediante procedimientos estadísticos. Se manejan datos obtenidos de las observaciones con el objetivo de llegar a conclusiones respecto a dicha fuente.

El conjunto de observaciones se llama muestra, en tanto que la fuente se denomina población, de donde los métodos estadísticos son aquellos que sirven para obtener conclusiones acerca de las poblaciones a partir de la muestra, para que sea representativa esta debe ser tomada al azar. La magnitud de la probabilidad asignada a una conclusión representa el grado de confianza que posee sobre la veracidad de dicha conclusión (pe. una probabilidad del 0.95 significa que alrededor del 95 % son válidas y el 5 % no), la mayor parte de los métodos estadísticos tienen dos objetivos fundamentales:

- Estimar alguna propiedad de la población.
- Probar alguna hipótesis respecto de la población.

Para satisfacer requerimientos de resistencia para el diseño de estructuras, la resistencia promedio del hormigón debe exceder a la de diseño (f_{ϕ}). Esta cantidad en exceso depende de la variabilidad de los resultados obtenidos expresados mediante el coeficiente de variación o la desviación estándar.

2.4.1. Criterios de significancia

2.4.1.1. Parámetros estadísticos

- Promedio \bar{x}
- Variabilidad
- Rango d , permite obtener una desviación de un conjunto de valores.

- Desviación estándar **S**
- Coeficiente de variación **v**

2.4.1.2. Parámetros del universo

- Media **μ**
- Desviación estándar
- Probabilidad de ocurrencia **Z**
- Dispersión global

2.4.1.3. Resistencia de cálculo o crítica

- **$F_{\text{oc}} = f_{\text{oc}} + Z$**
- Resistencia media **f_{oc}**
- Desviación estándar cuando no hay antecedentes (tabla).
- Desviación media en base a ensayos.

2.4.1.4. Tipos de dispersiones

- Variación dentro del ensayo **S_e**
- Variación entre mezclas **$S_e = d_i / n$**

2.4.1.5. Criterios de aceptación y rechazo

- Los promedios de todos los conjuntos de tres pruebas consecutivas (promedio) de ensayos de resistencia, iguale o exceda el valor especificado de f_{oc} 17.2 MPa (175.8 kg/cm²).
- Ningún resultado individual de las pruebas de resistencia a los 28 días (promedio de dos cilindros), sea inferior a $f_{\text{oc}} - 35$ kg/cm² (175.8-35 = 140.8) o aplicar el valor de la tabla VII
- En el caso del número de rebote, es usual descartar los valores que se encuentran por encima o por debajo del promedio (\pm permisible).

Tabla V Normas para el control del concreto

Resistencia a compresión promedio requerida cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar	
Resistencia especificada $f_{\text{œ}}$ (kg/cm ²)	Resistencia promedio requerida (kg/cm ²)
Menos de 210 kg/cm ²	$f_{\text{œ}} + 70$
210-350	$f_{\text{œ}} + 85$
+ de 350	$f_{\text{œ}} + 100$

Fuente (4)

Tabla VI Normas para el control del concreto

Producción total-Variación total					
Variabilidad esperada en probetas de resistencia a compresión					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control en kg/cm ² (coeficiente de variación para diferentes grados de control en %)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
Pruebas de control en campo	Menor de 25 (menor de 10)	25-35 (-)	35-40 (10-15)	40-50 (15-20)	Mayor de 50 (mayor de 20)
Mezclas de pruebas	Menor de 15 (menor de 5)	15-17 (5-7)	17-20 (7-10)	20-25 (7-10)	Mayor de 25 (mayor de 10)

Fuente (4)

Tabla VII Normas para el control del concreto

Desviaciones estándar permisibles para varios promedios de lecturas de número de rebote, END			
Promedio obtenido	20	30	45
Desviación estándar	± 2.5	± 3.0	± 3.5

Fuente (4)

Tabla VIII Normas para el control del concreto

Producción de una sola mezcla-Variación en las pruebas					
Variabilidad esperada en probetas de resistencia a compresión					
Clase de operación	Coefficiente de variación para diferentes grados de control en %				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
Pruebas de control en campo	Menor de 3	3-4	4-5	4-6	Mayor de 6
Mezclas de pruebas	Menor de 2	2-3	3-4	4-5	Mayor de 5

Fuente (4)

2.5. Control de calidad en obra

La evaluación de cualquier estructura de calidad dudosa debe comenzar con la inspección visual del elemento, identificación del problema, selección del o los métodos más adecuados a aplicar, considerando su eficacia en términos de los resultados a obtener, facilidad de aplicación, la aceptación del método por las partes involucradas, la seguridad o confiabilidad en los resultados por obtener, tiempo y costo de ejecución.

Para la obtención de la resistencia existen varios métodos de ensayos (destrutivos y no destructivos), como el martillo de rebote, pulso ultrasónico, prueba de penetración y la extracción de núcleos de concreto endurecidos. Actualmente, dentro de

un análisis de vulnerabilidad sísmica se extraen núcleos de concreto de los edificios y se realizan ensayos para encontrar su resistencia a la compresión.

Figura 4 Ensayo de trabajabilidad concreto autocompactante



Figura 5 Evaluación trabajabilidad concreto autocompactante



2.5.1. Control de calidad estado endurecido obra

Suele ocurrir que una estructura controlada o no en su ejecución, ofrezca dudas sobre su comportamiento ya sea por la aparición de deformaciones, grietas o desintegración del concreto, estas pueden tener su origen en deficiencias propias de la estructura, accidentes, o en usos diferentes de aquellos para la que fue diseñada. Por esta razón muchas veces es necesario determinar las características del concreto que nos interesa evaluar, cuando se requiere:

- No cumplimiento de la resistencia especificada del concreto (estructura nueva).
- Desconocimiento de las condiciones de la estructura, por carencia de información o bien cambio en el uso del edificio.
- Presencia de patología constructivas y/o estructurales.
- Estructuras siniestradas (incendios, sismos, atentados, etc.).

A continuación se presentan los pasos para encarar la evaluación de la condición en que se encuentra el concreto ya endurecido en estructuras o elementos estructurales.

- Primera etapa: examen del concreto de la estructura.
- Segunda etapa: planificación, muestreo y ensayo del concreto endurecido.

Entre las causas de patologías generales más frecuentes se pueden mencionar las siguientes:

- Errores de proyectos
- Materiales inadecuados
- Deficiencias de la construcción
- Ambientes agresivos
- Usos inadecuados de la estructura
- Siniestros

Entre las patologías constructivas y/o estructurales más frecuentes se encuentran:

- Fisuras y grietas causadas por:

- Retracción plásticas
- Retracción por secado
- Variaciones térmicas
- Cargas excesivas
- Movimientos diferenciales
 - Deficiencias en la juntas.
 - Levantamientos.
 - Desplazamientos relativos longitudinales.
 - Daños en el material de sellado.
 - Reventones.
- Daños superficiales
 - Desgaste por abrasión-erosión.
 - Descascaramiento de laminación.
 - Reventones.
 - Desintegración.
- Alteraciones dimensionales o de forma
 - Curvado de elementos rectos.
 - Deformación por flexión.
 - Desplazamientos.
- Otros síntomas superficiales
 - Eflorescencias.
 - Incrustaciones.
 - Nidos de abeja.
 - Bolsas de arena.
 - Agregados desgastados.

Estas condiciones pueden hacer necesario tener que evaluar diferentes aspectos de la estructura de concreto, como pueden ser:

- Resistencia de los materiales
 - Resistencia a compresión del concreto (efectiva).

- Resistencia del acero a tensión.
- Durabilidad de la estructura y sus materiales
 - Análisis del concreto en si.
 - Contenido de cemento
 - Análisis de agregados reactivos
 - Presencia de agentes agresivos externos (sulfatos)
 - Análisis del concreto como material de recubrimiento.
 - Espesores de recubrimiento.
 - Avance de la carbonatación.
 - Penetración de cloruros.
 - Densidad, porosidad, permeabilidad.
 - Detección y control de procesos de corrosión en la armadura.
- Capacidad funcional de la estructura.
 - Capacidad resistente, comportamiento bajo ciclos de carga y descarga.
 - Capacidad para otras funciones (estéticas, aislación hidráulica, etc.).

2.5.1.1. Control de calidad, resistencia a compresión.

2.5.1.1.1. Cilindros de control de calidad de producción

Son tomados por el productor del concreto, bajo condiciones normales de laboratorio (humedad y temperatura).

2.5.1.1.2. Cilindros de control de calidad supervisión

Es costumbre tomar cilindros a la descarga de la mezcladora con el fin de evitar discrepancias, son elaborados, curados y ensayados bajo condiciones normales de laboratorio.

Figura 6 Probetas normalizadas para el ensayo a compresión concreto (ASTM C-39)



2.5.1.1.3. Cilindros de control en obra

Se toman y se dejan al pie de la obra (bajo las mismas condiciones de la estructura), con el fin de ensayarlos a distintas edades y conocer la resistencia real del elemento fundido.

Figura 7 Ensayo velocidad de endurecimiento concreto (ASTM C-403)



2.5.1.1.4. Obra nueva

- Resistencia a compresión del concreto.
- Ubicación del acero de refuerzo.
- Determinación del diámetro del acero de refuerzo.
- Identificación de posibles fallas por procesos constructivos.
- Como una segunda opción del control de calidad del proyecto.

2.5.1.1.5. Evaluación de estructuras ya existentes o viejas para su rehabilitación y/o modificación.

- Determinación de la resistencia a compresión o del módulo de elasticidad del concreto.

- Ubicación del acero de refuerzo.
- Determinación del grado de corrosión en el acero.
- Determinación de la carbonatación o ataques químicos al concreto
- Valorar la durabilidad del concreto.
- Emitir dictámenes de aptitud técnica

2.5.1.1.6. Efectos de procesos constructivos en la resistencia final del concreto.

- Retiro prematuro de formaleta
- Tensado prematuro de los cables en el pretensado.
- Mal proceso de colocación o manejo.
- Ataques por agentes químicos o medio ambiente
- Congelamiento o excesiva pérdida de humedad en el concreto.

Tabla IX Valores de la relación $f_{cc} / f_{cc28 \text{ días}}$

Valores relación f_{cc}					
Edad de hormigón, en días	3	7	28	90	360
Cemento Portland normal	0.40	0.65	1.00	1.20	1.35
Cemento Portland de alta resistencia inicial	0.55	0.75	1.00	1.15	1.20

Fuente (4)

2.5.2. Control de calidad estado fresco obra

Existen pruebas rápidas para analizar la composición del concreto conforme sale de la mezcladora, con ellas se pretende mejorar su uniformidad en la elaboración, verificando y ajustando las proporciones de sus componentes y anticipar las propiedades del concreto endurecido. Dentro de estas las más comunes son los ensayos de:

- Trabajabilidad
 - o Mesa de extensibilidad: es una prueba desarrollada en Alemania, se rige por la norma EN 206.
 - o Caja tipo L: es una medida de la fluidez del concreto, se relaciona con la resistencia a la segregación al traspasar zonas de armadura.
 - o Slump-flow: prueba que determina y cuantifica la fluidez de la masa, se relaciona con la viscosidad del concreto, para que este pueda ser considerado como autocompactante, la expansión obtenida debe ser de 0.60 a 0.70 m.
- Peso unitario
- Contenido de aire
- Temperatura
- Tiempos de fraguado

2.6. Control de calidad en laboratorio

2.6.1. Estado fresco

Las mismas que en obra, las condiciones de temperatura y humedad controlada en laboratorio permiten obtener mejores resultados.

2.6.2. Estado endurecido

No debe dejarse de considerar que la mayoría de las propiedades del concreto cambian continuamente con el tiempo y las condiciones ambientales. Se aplican los métodos de ensayos no destructivos presentados anteriormente, se pueden realizar pruebas de carga así como determinar otras propiedades mecánicas del concreto, este será de calidad adecuada cuando su uniformidad, resistencia mecánica, impermeabilidad, durabilidad y deformabilidad son tales que aseguren a la estructura de la cual forma parte, la vida útil prevista, en condiciones satisfactorias de funcionamiento.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Caracterización de materiales

3.1.1. Cemento

Actualmente, la empresa Formaletas y Construcciones de Guatemala FORCOGUA, utiliza cemento mezclado del tipo ARI (alta resistencia inicial) marca Cementos Progreso, de acuerdo al fabricante cumple con lo indicado en la norma ASTM C-1157, fue el mismo para los concretos elaborados.

3.1.2. Agregados

Se utilizaron agregados pétreos triturados, de la empresa AGREGUA, los cuales son de uso regular en FORCOGUA, de acuerdo a las especificaciones de las normas ASTM aplicables se consideran adecuados para mezclas de concreto. El tamaño máximo nominal del agregado grueso utilizado fue de 1.0 cm (ϕ), siendo el mismo para los concretos elaborados. (ver apéndice 1)

3.1.3. Aditivos

Se utilizaron las siguientes dosificaciones para los aditivos incluidos en cada mezcla de acuerdo a sus características.

- SIKA Plastocrete 161 R (CN, CA) 2.5 ml/kg de cemento, aditivo fluidizante, reductor de agua y retardante de fraguado, de doble funcionalidad. cumple con la norma ASTM C-494.
- SIKA Viscocrete 2100 (CN, CA) 3.5 ml/kg de cemento, aditivo reductor de agua de alto rango.
- SIKA AER-D (CA) 0.4 ml/kg de cemento, aditivo inclusor de aire-plastificante para concreto. Incorpora una cantidad controlada de aire en el concreto a fin de mejorar sus propiedades, cumple con la norma ASTM C-260.

Figura 8 Dosificación aditivo inclusor de aire, CA



Figura 9 Fundición de concretos evaluados



3.2. Concretos

Se evaluaron dos mezclas de concretos autocompactante, con proporciones (proporción en masa 1: 3.3: 3.0) y trabajabilidad (55-65 cm) similares y contenido de aire diferente, el f_{cd} de diseño fue de 17.2 MPa (175.8 kg/cm²), ambas fueron elaboradas en camión concretero, en las mismas condiciones de manejo, curado y ensayo, identificadas de la siguiente manera:

- Concreto normal **CN**
- Concreto aire incluido **CA**

(ver figuras 4,5,6,7,8,9 y apéndice 3)

3.2.1. Ensayo destructivo (ASTM C-39)

- **Moldes:** se utilizaron moldes normalizados de 15.2 x 30.5 cm (6x12ö), las muestras fueron tomadas, curadas y ensayadas de acuerdo a lo indicado en las normas ASTM aplicables. Los moldes deben cumplir con ciertas características tales como indeformabilidad, estanqueidad para evitar pérdidas de pasta y ser de un material no absorbente.
- **Máquina de ensayo:** las características que pueden afectar la medición de la resistencia a la compresión incluyen una calibración precisa, rigidez longitudinal y lateral, estabilidad, alineamiento de sus componentes, tipo de plato de carga y el comportamiento de los asientos esféricos de los platos. También hay que considerar lo siguiente:
 - Capacidad de carga máquina de ensayo
 - Sensibilidad máquina de ensayo.

3.2.2. Ensayo no destructivo (ASTM C-805)

3.2.2.1. Metodología de ensayo

Después de tomar las muestras de cada fundición, se mantuvieron en los moldes durante 24 horas, luego se trasladaron a los laboratorios del Centro Tecnológico de

Cementos Progreso, donde se almacenaron inmersas en agua hasta la fecha de ensayo, previo a este se eliminó la humedad en exceso a las probetas dejándolas fuera de la pileta durante dos horas (igual para todos los ensayos), a cada una se le tomaron diez lecturas con el martillo esclerométrico en sentido vertical, con las que se determinó el índice de rebote (valor promedio de las lecturas aceptadas), luego se evaluó su resistencia a compresión por método destructivo, los ensayos fueron realizados en iguales condiciones de acuerdo a lo indicado en las normas aplicables.

A fin de encontrar la correlación entre los valores obtenidos, se aplicaron los criterios estadísticos necesarios para su análisis, aceptación o rechazo. Los pares de valores obtenidos por los dos métodos se trasladaron a un gráfico, en el que las abscisas corresponden al índice de rebote y las ordenadas al valor de la resistencia a compresión de cada concreto a determinada edad. La regresión permite determinar el grado de dependencia de las series de valores X e Y, prediciendo el valor y estimado que se obtendría para un valor x que no esté en la distribución. De este modo se proyectaron los valores de resistencia a compresión a 28, 42 y 56 días con las ecuaciones de regresión obtenidas y se compararon contra los valores de los ensayos a las mismas edades para poder calcular el error entre los dos valores. (ver tablas VI, VII, VIII y IX)

3.2.3. Estado fresco

3.2.3.1. Características físicas

Véase tablas X y XII.

Tabla X Resultados concretos evaluados

Concretos evaluados							
Tipo de concreto	Materiales						
	Cemento (kg)	AF (kg)	AG (kg)	Agua (L)	Aditivos		
					Plasto Crete (mL)	Vibro Crete (mL)	SIKA AER-D (mL)
CN	297.0	976.0	869.0	184	742.5	1039.0	0.0
CA	298	1003	869.0	156	742.5	1039.0	1118.0

Tabla XI Resultados concretos evaluados

Resultados concretos			
Parámetro		Tipo de concreto	
		CN	CA
Temperatura °C	Ambiente	16.0	18.5
	Mezcla	25.0	27.0
Trabajabilidad medición de fluidez (cm)		57.0	54.0
Masa unitaria (kg/m ³)		2306.9	2185.0
Contenido de aire (%)		3.0	5.5
Relación a/c (%)		62.0	52.0
Tiempos de fraguado		Inicial = 440 minutos (3.4 MPa)	Inicial = 565 minutos (3.4 MPa)
		Final = 595 minutos (27.5 MPa)	Final = + de 08 horas (27.5 MPa)

Figura 10 Resultados relación a/c, concretos evaluados

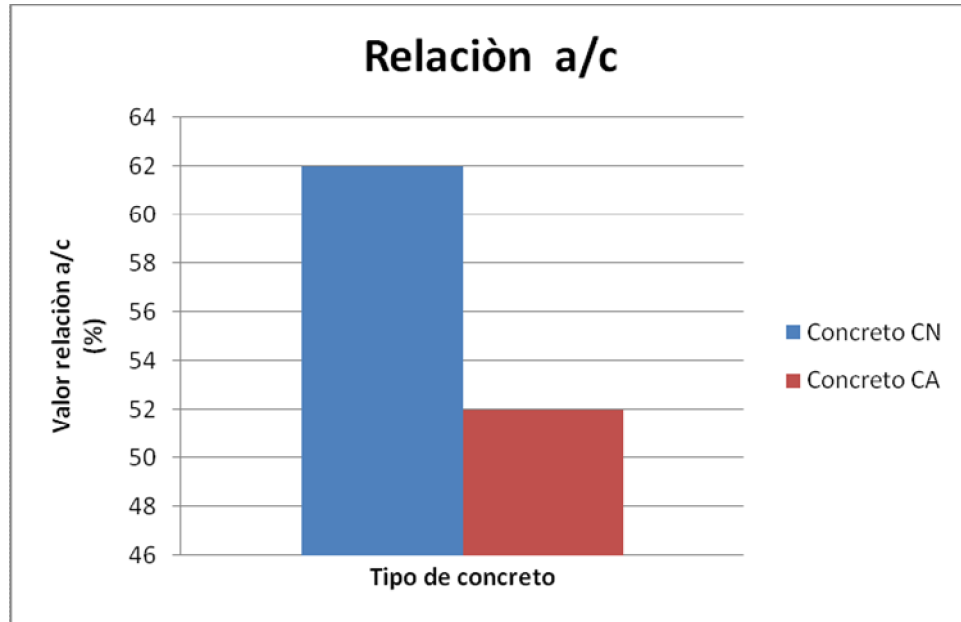


Figura 11 Resultados trabajabilidad, concretos evaluados

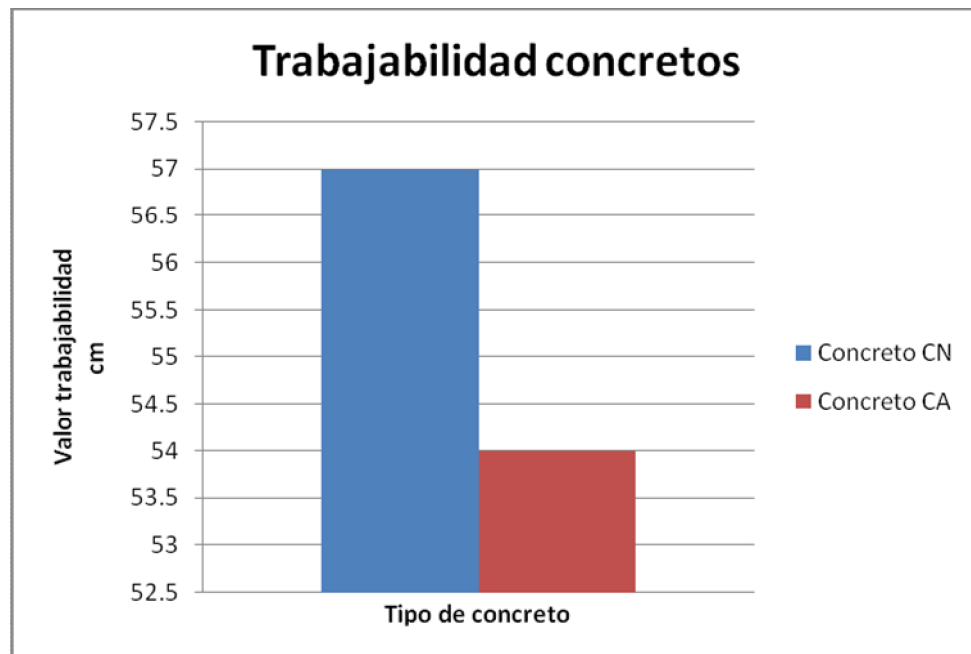


Figura 12 Resultados masa unitaria, concretos evaluados

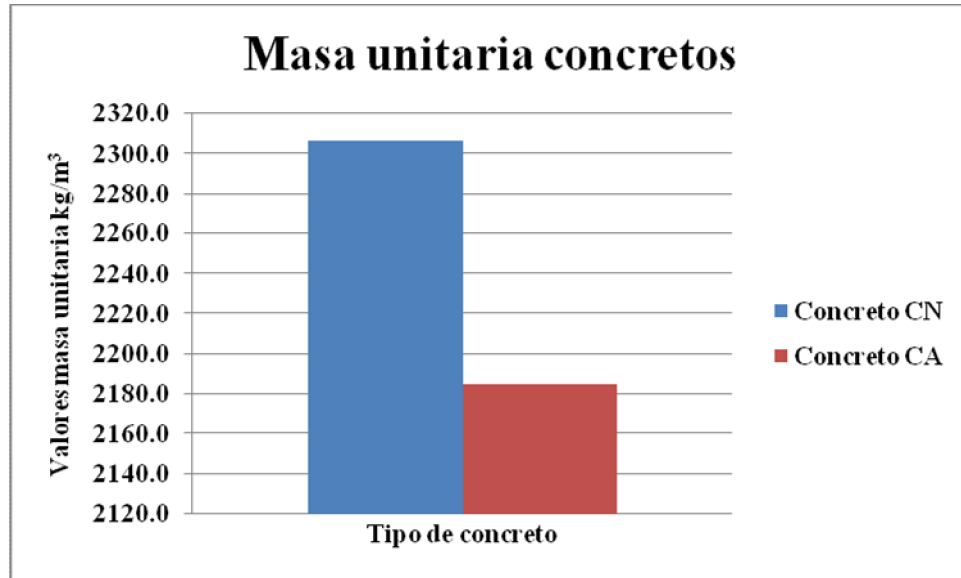


Figura 13 Resultados contenido de aire, concretos evaluados

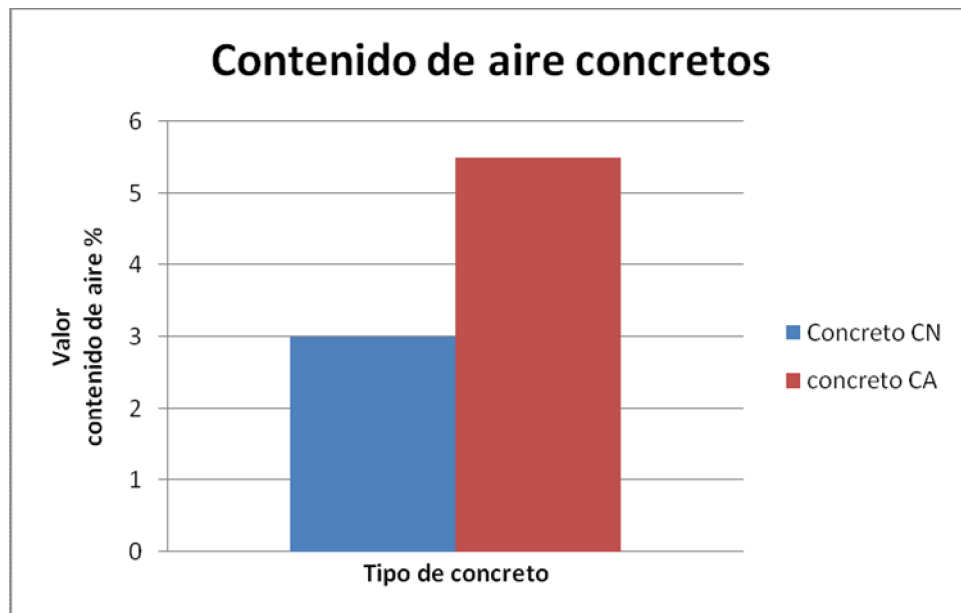
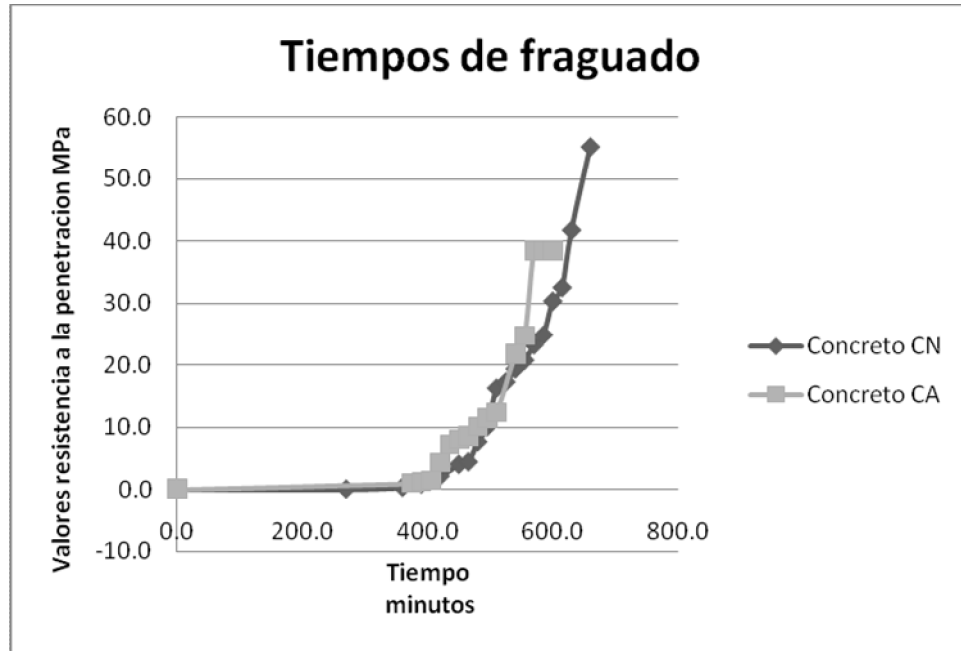


Figura 14 Resultados tiempos de fraguado, concreto CN y CA



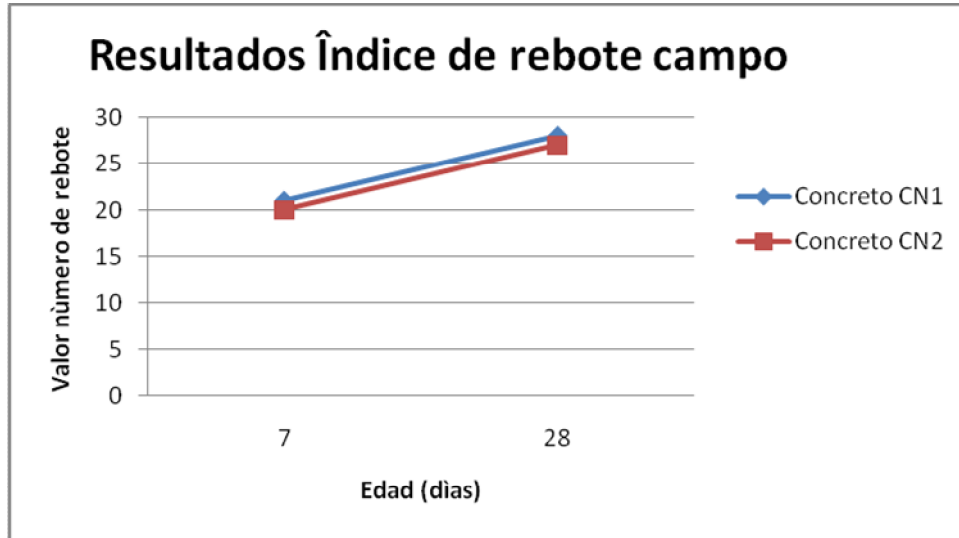
3.2.4. Estado endurecido

3.2.4.1. Índice de rebote campo

Tabla XII Resultados índice de rebote campo

Resultados martillo esclerométrico (posición horizontal)				
Proyecto Condado San naranjo CN ($f_{\text{c}} = 17.2 \text{ MPa}$)				
Casa No.	Edad (días)			
	7		28	
	Índice de rebote	Resistencia a compresión estimada MPa (kg/cm^2)	Índice de rebote	Resistencia a compresión estimada MPa (kg/cm^2)
158	21.0	11.7 (119.3)	27.0	20.0 (204.0)
143	20.0	10.0 (102.0)	27.0	20.0 (204.0)

Figura 15 Resultados índice de rebote campo CN



3.2.4.2. Índice de rebote laboratorio

Tabla XIII Resultados índice de rebote laboratorio, (ASTM C-805)

Resultados número de rebote, posición vertical (ASTM C-805) *												
Tipo de concreto	Edad (días)											
	1	2	3	4	5	6	7	14	21	28	42	56
CN	12.3	18.4	18.3	19.0	19.3	22.6	23.6	21.5	23.3	25.6	24.5	25.2
CA	10.8	15.5	16.4	16.5	20.8	21.0	18.9	22.4	23.3	22.7	20.3	23.2

* promedio de 10 lecturas por probeta (3)

3.2.4.3. Resistencia a compresión (ASTM C-39)

Tabla XIV Resultados resistencia a compresión (ASTM C-39)

Resultados resistencia a compresión MPa (ASTM C-39)*												
Tipo de concreto	Edad (días)											
	1	2	3	4	5	6	7	14	21	28	42	56
CN	5.5	7.5	13.7	14.1	13.7	14.3	15.6	16.8	19.7	19.1	19.9	21.6
CA	3.7	9.0	10.8	11.3	12.0	13.0	12.7	14.9	16.1	14.5	16.1	17.3

* Valor promedio 3 probetas por ensayo.

Figura 16 Resultados índice de rebote laboratorio (ASTM C-805)

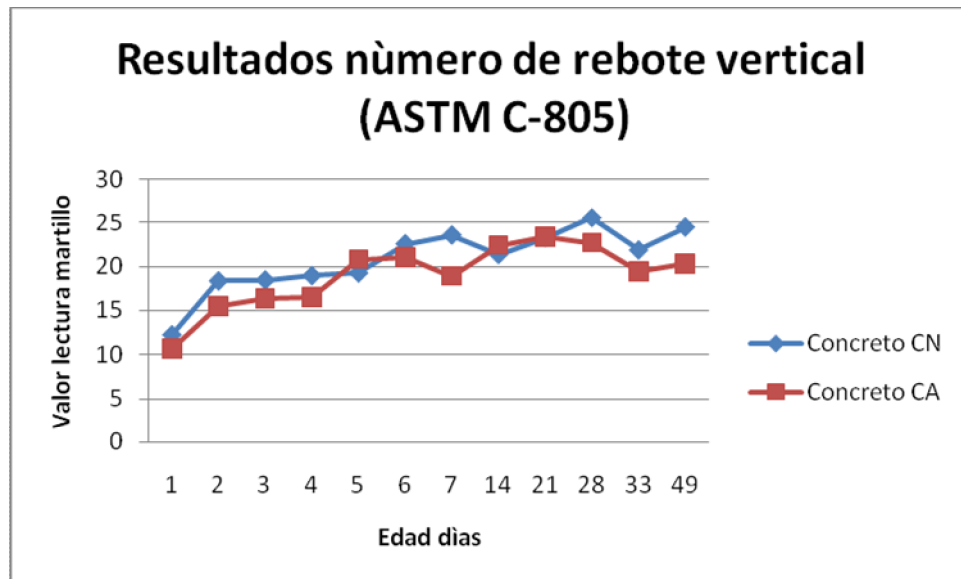
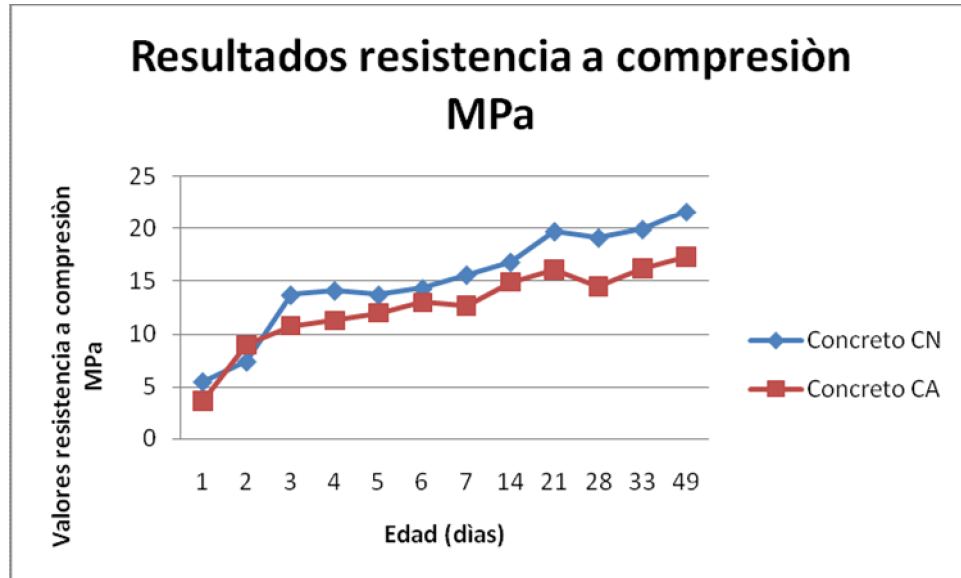


Figura 17 Resultados resistencia a compresión CN y CA (ASTM C-39)



3.5. Correlación entre los métodos evaluados

Se busca expresar mediante una relación cómo depende una de ellas (variable dependiente) de la otra (variable independiente). Normalmente se elige a **y como la variable dependiente (ED, ASTM C-39)** y a **x como la independiente (END, ASTM C-805)**. Con el coeficiente de correlación podemos medir la correlación lineal, en caso de existir, las líneas que mejor se aproximen a la nube de puntos se les llama **líneas de regresión**.

Mediante la recta de regresión podríamos obtener de manera aproximada la resistencia a compresión de un concreto similar a los estudiados, del que se conozca su valor del índice de rebote, en una población semejante a aquella de la que se ha obtenido la muestra (se pueden calcular valores para la variable y, conocidos los de x o viceversa). Una vez observado que en una variable bidimensional existe una cierta dependencia entre las dos características o variables que la forman (nube de puntos y covarianza), podemos precisar el grado de dicha dependencia, esta puede ser:

- Dependencia funcional, si los puntos de la nube estuvieran todos sobre la recta de regresión.
- Correlación lineal, si los puntos no están todos sobre la recta de regresión.

Para cuantificar el grado de dicha correlación se usa el **coeficiente de correlación de Pearson (r)**, su valor esta comprendido entre -1 y 1.

- **si r es positivo la dependencia es directa y si es negativo inversa.**
- Si r se acerca a **-1 o a +1**, la **dependencia es fuerte** y por tanto las **predicciones** que se realicen a partir de la recta de regresión serán bastante **fiables**.
- Si r se acerca a **0** la **dependencia es débil** y por tanto las **predicciones** que se realicen a partir de la recta de regresión serán **poco fiables**.

3.5.1. Índice de rebote laboratorio vrs. resistencia a compresión CN

3.5.1.1. Correlación edad 21 días

Figura 18 Resultados correlación CN edad 21 días (ASTM C-39, C-805)

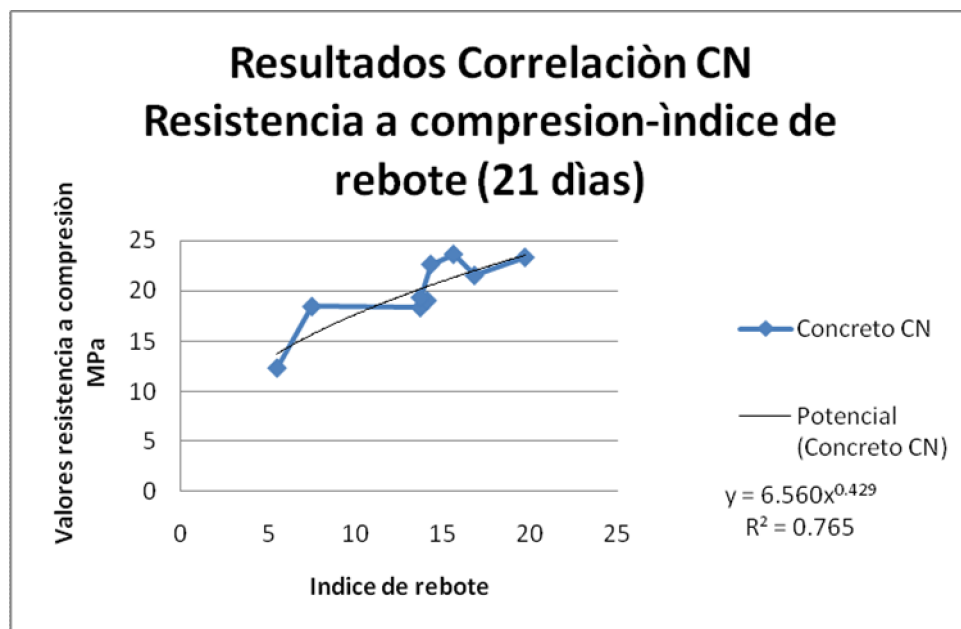
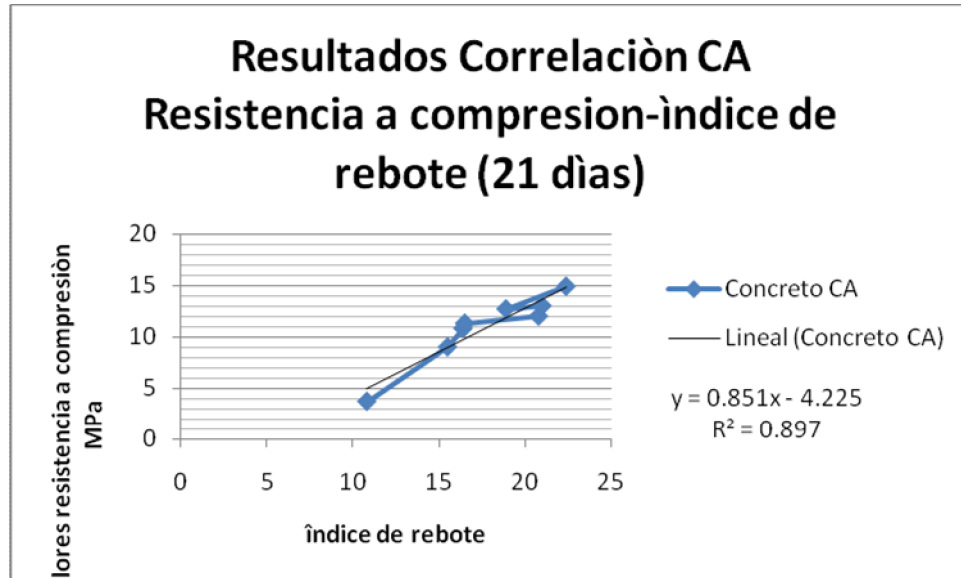


Figura 19 Resultados correlaciòn CA edad 21 días (ASTM C-39, C-805)



3.5.1.2. Correlaciòn edad 28 días

Figura 20 Resultados correlaciòn CN edad 28 días (ASTM C-39, C-805)

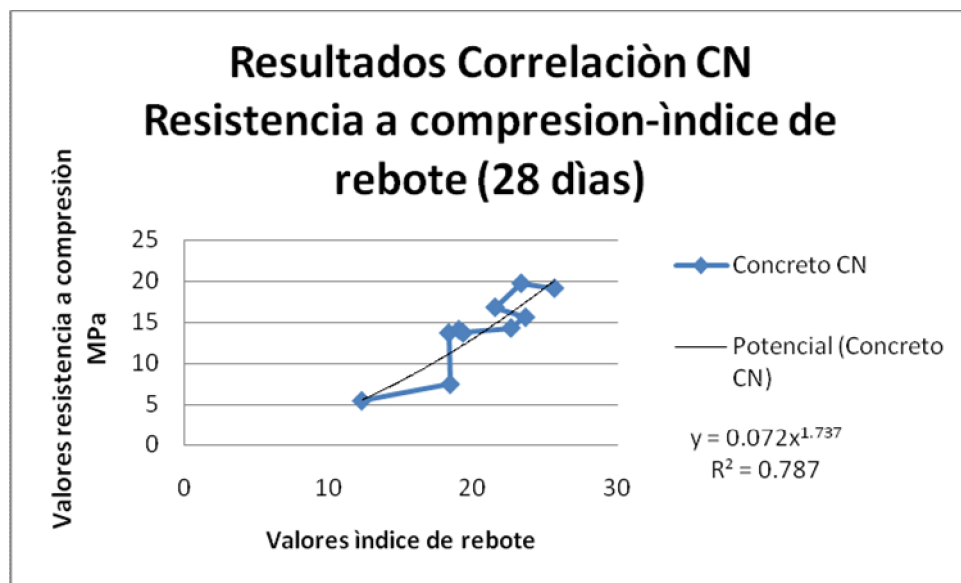
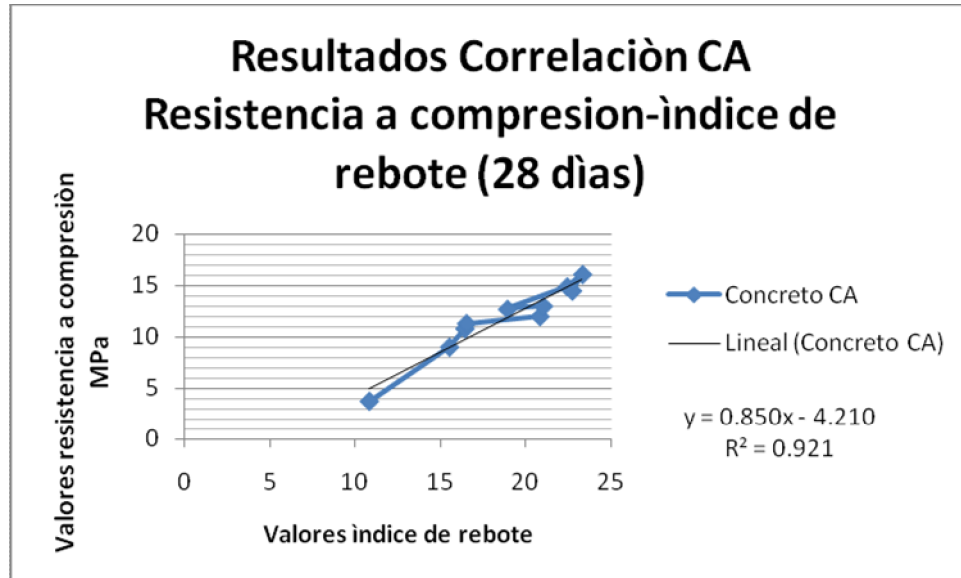


Figura 21 Resultados correlación CA edad 28 días (ASTM C-39, C-805)



3.5.2. Análisis error estimado correlación CN, CA

Se determinaron las ecuaciones de regresión que vinculan la resistencia a compresión de probetas cilíndricas sometidas a curado normalizado y el índice de rebote determinado en el ensayo del martillo esclerométrico a la misma edad (28, 42 y 56 días) y del mismo concreto. La resistencia estimada mediante las ecuaciones de correlación ($F'c$), se compara con la cuantificada en el ensayo de la resistencia a compresión ($f_{cc28,42}$ y f_{cc56}), calculándose luego el error de estimación. Se consideró la correlación a 21 y 28 días con el propósito de ver las variaciones entre las dos evaluaciones.

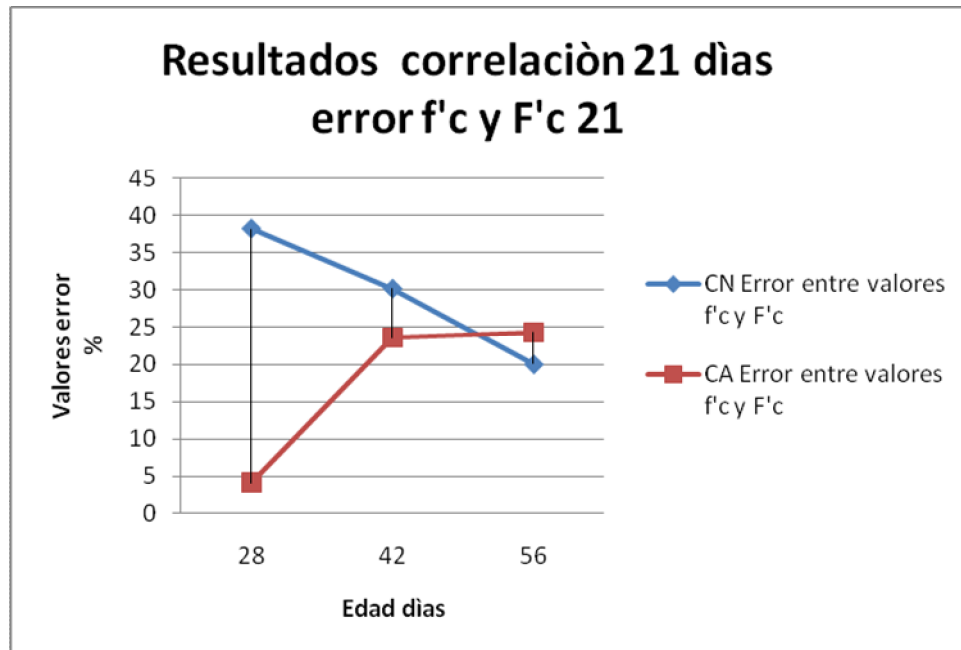
- $X = IR, Y = f_{cc}$
- $f_{cc56} = 1.1 f_{cc28}$
- $Error = (\text{valor ensayo } (f_{cc})) \text{ ó } \text{valor proyectado } (F_{cc}) / (\text{valor ensayo } (f_{cc}))$

3.5.2.1. Análisis error estimado edad 21 días

Tabla XV Resultados análisis error 21 días

Edad (días)	Valor Índice de rebote IR laboratorio		Valor diseño $f'_{c28,56}$ CN, CA	Resultado f'_{c} laboratorio		Valor f'_{c} proyectado		Error entre resultados (%) $E = (f'_{c\text{ó}} - f'_{c}) / (f'_{c})$	
	CN	CA		CN	CA	F'_{c} CN $Y = 6.56X^{0.429}$	F'_{c} CA $Y = 0.851X^6$ 4.225	ECN (%)	CA (%)
28	25.6	22.7	17.2 MPa (175.8 kg/cm ²)	19.1	14.5	26.4	15.1	38.2	4.1
42	24.5	20.3	--	19.9	16.1	25.9	12.3	30.2	23.6
56	24.5	20.3	18.9 MPa (193.6 kg/cm ²)	21.6	17.3	25.9	13.1	20.0	24.3

Figura 22 Resultados error valores f'_{c} y F'_{c} (edad 21 días)

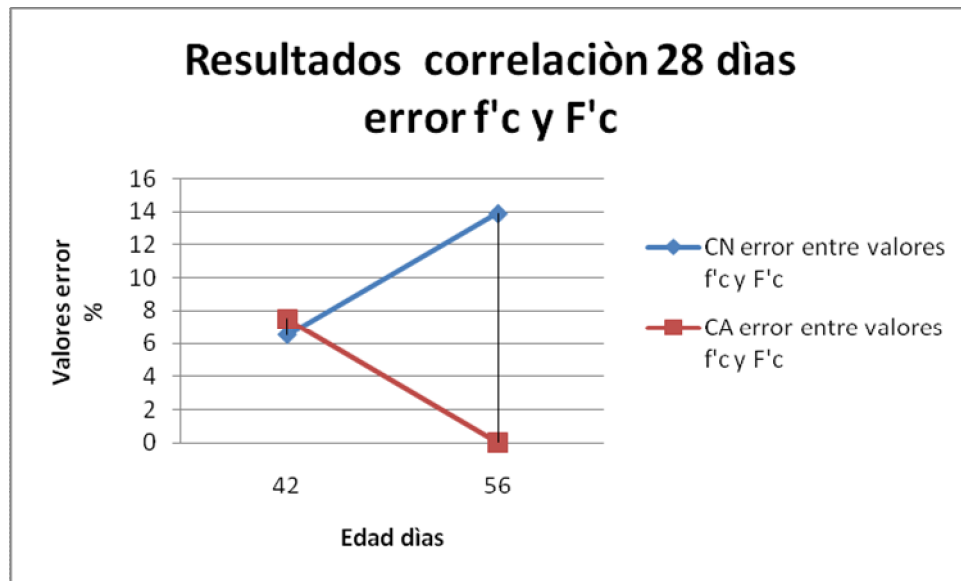


3.5.2.2. Análisis error estimado edad 28 días

Tabla XVI Resultados análisis error 28 días

Edad (días)	Valor Índice de rebote IR laboratorio		Valor diseño $f_{\text{c}28,56}$ CN, CA	Resultado f_{c} laboratorio		Valor f_{c} proyectado		Error entre resultados (%) $E = (f_{\text{c}} \text{ ó } F_{\text{c}}) / (f_{\text{c}})$	
	CN	CA		CN	CA	F_{c} CN $Y = 0.072 X^{1.737}$	F_{c} CA $Y = 0.850X \text{ ó } 4.210$	CN (%)	CA (%)
42	24.5	20.3	..	19.9	16.1	18.6	17.3	6.5	7.5
56	24.5	20.3	18.9 MPa (193.6 kg/cm ²)	21.6	17.3	18.6	17.3	13.9	0

Figura 23 Resultados error valores f_{c} y F_{c} (edad 28 días)



4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Generalidades

Los reglamentos, a pesar de utilizar criterios diferentes para establecer el rechazo o la aceptación del concreto ejecutado, tienen en común los lineamientos generales de control de calidad que se resumen a continuación:

- Las variaciones que se producen en concretos elaborados con una misma dosificación nominal y el mismo equipo de elaboración, se analizan siguiendo el criterio estadístico mediante la curva de distribución normal o gaussiana.
- Para determinar la resistencia media de dosificación, partiendo de la resistencia característica especificada para el proyecto, se estima la regularidad en la fabricación del concreto con base a valores mínimos estipulados o valores experimentales de la desviación normal, desechando el criterio tradicional del coeficiente de variación.
- Se tipifica a los concretos sobre la base de su resistencia característica a la edad de 28 días, definiéndose grados de resistencia; las mezclas de concreto que se destinan para cada tipo de estructura, deberán cumplir con una determinada resistencia característica mínima especificada, es decir, con un grado de resistencia mínimo.

4.2. Materiales

4.2.1. Cemento

Se utilizó cemento mezclado tipo ARI de acuerdo a la norma ASTM C-1157, se considera adecuado para la elaboración de mezclas de concreto autocompactante, fue el mismo para los dos concretos.

4.2.2. Agregados

Son los de uso regular en la planta de FORCOGUA, se consideran adecuados para los propósitos del estudio ya que cumplen con las especificaciones COGUANOR y ASTM aplicables, la dosificación se hizo por mecanismo automático, fueron los mismos para los dos concretos.

Es de aceptación el hecho de que el agregado fino causa un impacto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso. Estos contienen una mayor superficie específica que los agregados gruesos y como la pasta tiene que recubrir todas las superficies de los agregados, el requerimiento de pasta en la mezcla se verá afectado por la proporción en que se incluyan los agregados. La cantidad óptima y tamaño de agregado grueso para una arena determinada dependerá en su mayoría de las características de esta, sobre todo el módulo de finura (MF). (Ver apéndice 3)

4.2.3. Aditivos

Son los de uso regular en la planta de FORCOGUA, se consideran adecuados para los propósitos del estudio, se contó con el apoyo del personal profesional de la empresa SIKA para su dosificación y control, fueron dosificados de la misma manera en las dos aplicaciones. (Ver apéndice 2)

4.2.4. Agua

Se utilizó del servicio municipal para los dos concretos elaborados, la cantidad de agua fue controlada por medio de los ensayos de trabajabilidad.

4.3. Concretos

Algunas de las causas de variaciones en los métodos de ensayos para juzgar la calidad del concreto son las siguientes:

- Procedimientos incorrectos de toma de las muestras de hormigón fresco.
- Métodos incorrectos de ejecución de las probetas de hormigón.
- Deficiencia de curado y acondicionamiento de probetas.

- Errores relacionados con el ensayo mecánico.

4.3.1. Proporciones

Los concretos evaluados tenían proporción y trabajabilidad iguales y contenido de aire diferente, ambos calificados como concretos autocompactantes debido a sus características físicas. El proceso de mezclado se realizó en camión concretero de la empresa FORCOGUA, siendo el mismo para las dos mezclas elaboradas. (Ver figura 8 y apéndice 3)

4.3.2. Estado fresco

4.3.2.1. Trabajabilidad

Evaluada por el método del cono de Abrams, midiendo el *flow* (escurrimiento) sobre la plancha, de acuerdo a la metodología del estudio fue similar para los dos concretos, teniendo el **CN** un valor de 57 cm y el **CA** de 54 cm., estos se ven influenciados por el uso de los aditivos; los resultados obtenidos corresponden a concretos autocompactantes. (Ver apéndice 3)

4.3.2.2. Temperatura de la mezcla

De acuerdo a los resultados obtenidos el gradiente de temperatura fue normal para los dos concretos evaluados, siendo la diferencia entre el **CN** y el **CA** de 2 °C. (Ver apéndice 3)

4.3.2.3. Relación a/c

De acuerdo a los resultados obtenidos el **CN** tiene un valor más alto que el **CA** (62.0 y 52.0 % respectivamente), siendo la diferencia entre ellos de 10 %, producto de la adición del aditivo inductor de aire al **CA**. (Ver apéndice 3)

4.3.2.4. Masa unitaria

De acuerdo a los resultados obtenidos el **CN** tiene un valor más alto que el **CA** (2307.0 y 2185.0 kg/m³ respectivamente), siendo la diferencia entre ellos de 122.0 kg/m³, este se ve influenciado por el uso del aditivo inductor de aire en el **CA**. Mayor peso del concreto significa mayor carga muerta en los diseños, y por lo tanto aumento de sección estructural. (Ver apéndice 3)

4.3.2.5. Contenido de aire

De acuerdo a los resultados obtenidos el **CA** (5.5 %) tiene un valor más alto que el **CN** (3.0 %), siendo la diferencia entre ellos de 2.5 %, este valor se ve influenciado por el uso del aditivo inductor de aire en el **CA**. El contenido de aire aumenta la resistencia a los ciclos hielo-deshielo del concreto que lo contiene, hace que se varían las propiedades reológicas del concreto, aumentando la cohesión, con lo cual se reduce la tendencia a la segregación y la exudación, lo que facilita su puesta en obra, al disminuirse la exudación se evita la acumulación de agua bajo las barras de acero y los áridos gruesos, mejorando su adherencia, así como también disminuye la formación de lechada en las superficies. El concreto resultante es más impermeable e, indirectamente, por ello más resistente a la acción de agentes agresivos. (Ver apéndice 3)

4.3.2.6. Tiempos de fraguado

En el proceso de endurecimiento del concreto, se distinguen tres estados:

- Lapso anterior al fraguado (aquella en que el concreto puede ser moldeado o remodelado).
- Lapso del fraguado (se halla en curso de rigidización y no puede ser moldeado sin riesgo de causar daño permanente).
- Lapso posterior al fraguado (manifiesta demasiada rigidez y dureza para permitir cualquier manipulación adicional)

De acuerdo a los resultados obtenidos el **CN** tiene tiempos de fraguado inicial y final de 440 y 595 minutos respectivamente, menores que los obtenidos por el **CA** (560 minutos y + de 08 horas), estos valores se ven influenciados por el uso del aditivo incluso de aire en el **CA**. Se considera que cuando el concreto alcanza una resistencia a la penetración de 35 kg/cm^2 es el tiempo de fraguado inicial, una resistencia igual a 280 kg/cm^2 corresponde al tiempo de fraguado final de acuerdo a la norma aplicable. (Ver figura 14 y apéndice 3)

4.3.3. Estado endurecido

En general para el laboratorio el desarrollo de resistencia mecánica fue irregular, sobre todo a los 28 y 56 días, siendo más sensible en el **CA**, posiblemente por algún efecto de la combinación de los tres aditivos. En el trabajo de campo no existió esta situación.

El curado es esencial en la producción de concreto de calidad; la resistencia potencial y durabilidad de este se desarrollarán por completo solamente si es curado correctamente durante un período adecuado antes de ponerlo en servicio, los HAC son más vulnerables a los efectos de la desecación superficial y la retracción plástica. Las características de la máquina de ensayo que pueden afectar la medición de la resistencia a la compresión incluyen una calibración precisa, rigidez longitudinal y lateral, estabilidad, alineamiento de sus componentes, tipo de plato de carga, y el comportamiento de los asientos esféricos de los platos. Con un buen control en la práctica los valores de resistencia a compresión estarán agrupados cerca del promedio por lo que la curva normal será estrecha y alta.

4.3.3.1. Índice de rebote campo

Las condiciones fueron iguales en los ensayos (10 lecturas por ensayo), se aplicaron los criterios de aceptación y rechazo indicados anteriormente. Con el apoyo de FORCOGUA y Cementos Progreso, se tomaron lecturas a 2 viviendas construidas en serie dentro del Proyecto Condado Naranjo, con concreto similar al **CN** a edades de 7 y

28 días. De acuerdo a los resultados obtenidos el comportamiento con respecto a la edad fue normal (mayor edad resultado mayor), con valores de índice de rebote a 7 y 28 días de (20 y 27) respectivamente. (Ver figura 15)

4.3.3.2. Índice de rebote laboratorio

En el ensayo del martillo esclerometrico, se eliminó la humedad superficial de las probetas al dejarlas un período de tiempo fuera de la pileta antes del ensayo, las condiciones fueron iguales en todos los ensayos. Se aplicaron los criterios de aceptación y rechazo indicados anteriormente. De acuerdo a los resultados obtenidos el comportamiento con respecto a la edad fue irregular sobre todo en el **CA**, (a 28 y 56 días), el **CN** tiene resultados mayores a los del **CA** en general (lo esperado en virtud del uso del aditivo inclusor de aire), con diferencias entre sus valores de índice de rebote a 7, 28 y 56 días de (4.2, 2.9 y 4.2) respectivamente. (Ver figura 16)

4.3.3.3. Resistencia a compresión (ensayo de probetas)

En el ensayo a compresión, si la probeta se encuentra saturada de humedad su resistencia es menor que la de una probeta del mismo ensayo que se encuentre exenta o con baja humedad, esto es debido a la naturaleza de los esfuerzos realizados, en efecto los huecos accesibles que tiene la probeta considerada al estar seca ayudan a mejorar el resultado del ensayo de compresión. Algunas de las causas que afectan la resistencia a compresión del concreto son las siguientes:

- Cambios de la relación agua-cemento, en peso.
- Mal control del contenido de agua en la mezcla.
- Variaciones en el contenido de agua requerido.
- Variaciones en las características y proporciones de los componentes.
- Variaciones en el mezclado.
- Variaciones en el traslado, colocación y compactación.
- Variaciones en temperatura y curado.

El desarrollo de resistencia con respecto a la edad es normal para los dos tipos de concretos evaluados, siendo el f_{c28} de diseño de **17.2 MPa (175.8 kg/cm²)**, valor que se alcanzó a los 28 días para el **CN (19.1 MPa)** y 56 días para el **CA (17.3 MPa)**. De acuerdo a los resultados obtenidos el **CN** tiene los valores más altos (a excepción de 2 días), teniendo diferencias a 7, 28 y 56 días con el **CA** de (2.9, 4.6, 4.1 MPa.) respectivamente.

El uso del aditivo inclusor de aire afecta el desarrollo de la resistencia a la compresión, se aplicaron los criterios de aceptación y rechazo indicados anteriormente, aunque las desviaciones entre las lecturas de cada probeta para cada edad tuvieron valores aceptables. (Ver figura 17)

4.3.4. Correlación índice de rebote laboratorio vrs. resistencia a compresión

Las resistencias proyectadas (edades de 28, 42 y 56 días) se calcularon mediante la aplicación de las ecuaciones de regresión obtenidas con valores correspondientes a las edades de hasta 21 y 28 días, se compararon con las obtenidas en los ensayos de las probetas en laboratorio, los resultados obtenidos para los dos análisis muestran que existe correlación, con valores del coeficiente de Pearson para el **CN** (0.77 y 0.79 %) y para el **CA** (0.90 y 0.92 %) para 21 y 28 días respectivamente, siendo la dependencia más fuerte para los valores del **CA**. (Ver figuras 23, 24, 25 y 26)

Los resultados del error entre los valores de f_{c} y F_{c} son variables para los dos edades (**CA < CN**), a 21 días para el **CN** (a mayor edad más pequeño), para el **CA** (a mayor edad más grande), a 28 días para el **CN** (a mayor edad más grande), para el **CA** (a mayor edad más pequeño), se puede considerar que el efecto del ensayo del martillo esclerométrico y el comportamiento de la resistencia a compresión (variable a edades mayores a 21 días) influyen de manera directa en estos resultados.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en el presente estudio corresponden a tipos de concretos con las características de proporción, materiales, trabajabilidad y manejo indicados que sólo pueden ser aplicados concretos similares (autocompactantes).
2. La lectura del martillo de rebote se ve afectada por la gravedad al momento del ensayo (sentido horizontal < sentido vertical).
3. La utilización de moldes que no cumplan con las especificaciones pueden ocasionar diferencias notables en la resistencia del concreto y afectar el análisis deseado.
4. Para concretos producidos por una misma planta con el mismo tipo de cemento y el mismo tipo de agregados, el martillo de rebote puede ser un buen instrumento para realizar una evaluación cualitativa de la resistencia mecánica.
5. El uso del aditivo inclusor de aire, redujo el valor de la resistencia a los 28 días del **CA** respecto al **CN**, solamente el **CN** cumple con el requisito del $f_{cc_{28}}$ de diseño.
6. El tiempo de fraguado tiene relación con el desarrollo de la resistencia mecánica, así como con el valor del número de rebote a las edades tempranas (0-48 horas).
7. Para el **CN** los resultados del índice de rebote de campo y laboratorio son similares a 7 y 28 días.



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

8. Existe correlación directa entre los métodos evaluados para los dos concretos, con valores de coeficiente de *Pearson* que muestran una dependencia fuerte.

9. Se puede usar la correlación a 28 días entre $f_{\text{œ}}$ y el índice de rebote como un mecanismo cualitativo dentro del uso del ensayo del martillo esclerométrico para concretos similares a los evaluados.

10. No se pueden aplicar los resultados del análisis de correlación a 21 días para evaluaciones del ensayo del martillo esclerométrico.

RECOMENDACIONES

1. En la medida de lo posible para trabajos de investigación usar mezclado mecánico, a efecto de evitar esta variable, así como aplicar las normas técnicas recomendadas.
2. Utilizar de preferencia moldes de materiales adecuados, para que no interfieran en la evaluación de la resistencia a compresión por el método destructivo. Las probetas nunca deben ser alteradas por movimientos, sacudidas o golpes, especialmente durante las primeras 24 horas.
3. Además de las probetas de control de calidad en laboratorio, resulta de mucha utilidad trabajar con cilindros curados en obra, por lo que en la medida de lo posible deben de realizarse los dos procedimientos.
4. Debido a la influencia que tiene la humedad en los ensayos mecánicos del concreto, se recomienda para estudios similares, dejar que las probetas pierdan la humedad en exceso antes de su ensayo.
5. El control de calidad del concreto en estado fresco y endurecido requiere de personal calificado y capacitado para su realización, por lo que deberá de evaluarse y actualizarse constantemente al personal responsable.
6. Atender las recomendaciones y limitaciones para cada método de ensayo. Se deben de realizar curvas de calibración para el índice de rebote, para diferentes tipos de concreto.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

7. Impulsar el uso de técnicas de ensayo END, se sugiere a los laboratorios divulgar las ventajas de su aplicación.

8. Realizar estudios similares con mayor cantidad de probetas y fechas de ensayos, que permitan obtener resultados con mayor confiabilidad.

9. Realizar un estudio que permita evaluar la resistencia a compresión de concretos, curados en condiciones similares a las del proyecto a efecto de evaluar su comportamiento.

REFERENCIAS

1. Consejería de obras públicas y transportes, gestión de infraestructura de Andalucía, S.A.
2. Chutàn Muñoz, Rudy Artemio. Concreto auto compactado experimentación en Guatemala. Trabajo de Graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
3. **Pruebas no destructivas del concreto.** Las estructuras no son eternas. [www.imcyc.com/ciencia y tecnologia.html](http://www.imcyc.com/ciencia-y-tecnologia.html). julio, 2006.
4. Sánchez de Guzmán, Diego. **Tecnología del concreto y del mortero.** Colombia Bhandar editores 2001.
5. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional de Santa Fe. **Evaluación de estructuras de concreto en servicio.** Curso de tecnología del hormigón. Ingeniería Civil. 2005.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

BIBLIOGRAFÍA




1. ACI 214-89, "**Práctica recomendada para la evaluación de los resultados de pruebas de resistencia del concreto**".
2. **Aditivos y adiciones del concreto, normas y aplicaciones.**
www.imcyc.com/biblioteca/bibliodigital.html. julio, 2005.
3. ASTM *Book of Standards. Standard Specification for Concrete Aggregates.*
USA: Vol. 04.02 2002.
4. Carrasco, María F. **Evaluación de estructuras de hormigón en servicio.**
Universidad Tecnológica Nacional. Argentina 2006.
5. COGUANOR. **Normas relacionadas con la industria de la construcción.**
6. Chutàn Muñoz, Rudy Artemio. Concreto auto compactado experimentación en Guatemala. Trabajo de Graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
7. Di Maio Angela, Traversa Luis. **Evaluación de la resistencia del hormigón *in situ*.** Material de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Argentina 2005.
8. Freund John E, Miller Irwin y Miller Maryless. **Estadística matemática con aplicaciones.** Sexta edición 2000.




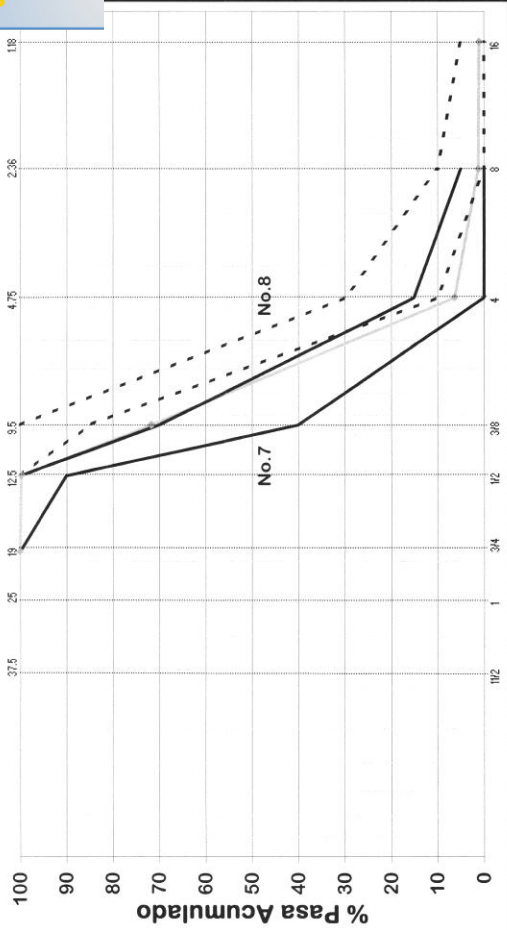
9. Instituto de Ingeniería, Comisión Federal de electricidad. **Manual de Tecnología del concreto.** Volumen 1. México. LIMUSA, Noriega Editores, 1994.
10. Lavon, Benjamín y Fradua, Martin. **Las pruebas de cilindros de concreto ¿Cuándo deben cuestionarse sus resultados?** Colombia 2002.
11. Ortiz, Evelyn. Calidad de agregados producidos en Guatemala. Trabajo de Graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006.
12. **Pruebas no destructivas del concreto. Las estructuras no son eternas.** www.imcyc.com/ciencia_y_tecnologia.html. julio, 2006.
13. Sánchez de Guzmán, Diego. **Tecnología del concreto y del mortero.** Colombia Bhandar editores 2001.
14. Segovia, Maximiliano. **Aplicación de ensayos no destructivos en la evaluación de estructuras de hormigón armado afectadas por corrosión.** IV Conferencia panamericana de ensayos no destructivos. Argentina 2007.
15. Soto Olivares, Armando. **Los conceptos de probabilidad en la evaluación de la calidad del hormigón.** Escuela Tecnológica, Universidad de Santiago.
16. Muñoz Barrantes, Jorge. Rivas García, Erick. Correlación entre pruebas destructivas y pruebas no destructivas para medir propiedades mecánicas del concreto hidráulico. Informe del Trabajo Final de Graduación Grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <http://hdl.handle.net/2238/254>



APÉNDICES

1. Centro Tecnológico, Cementos Progreso. Informe Resultados Arena de río, piedrín 3/8 ñ, noviembre de 2007.
2. Fichas técnicas aditivos
3. Informe fundición concretos (FORCOGUA)
4. Centro Tecnológico, Cementos Progreso. Informe Resultados ensayo martillo de rebote mezclas 1 (CN) y 2 (CA), febrero 2008.
5. Centro Tecnológico, Cementos Progreso. Informe Resultados ensayo martillo de rebote, prueba en campo, febrero 2008.
6. Centro Tecnológico, Cementos Progreso. Informe Resultados ensayo probetas resistencia a compresión mezclas 1 (CN) y 2 (CA), febrero 2008.

	Laboratorio Central Centro Tecnológico 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181																																										
	ASESORIA DIVISION COMERCIAL - CEMPRO ING. MARIO MENDIZABAL ARENA DE RIO RIO LAS VACAS INFORME																																										
AGREGADO FINO NATURAL <small>Granulometría ASTM C-33</small>	CLIENTE: CONTACTO: MUESTRA: PROCEDENCIA: OT:	ASESORIA DIVISION COMERCIAL - CEMPRO ING. MARIO MENDIZABAL ARENA DE RIO RIO LAS VACAS 10152-1	 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio																																								
Fecha: Laboratorio: Analista: Fecha Ensayo: Supervisor: Fecha impresión:	22/11/2007 AGREGADOS AC 26/11/2007 MDL 29/11/2007																																										
ENSAYO COMPLETO DEL AGREGADO																																											
Densidad Relativa (ss)	2.47																																										
Absorción (%)	3.12																																										
Materia Orgánica (color)	1																																										
Pasa Tamiz 0.075mm (%)	2.2																																										
Módulo de Finura (MF)	2.86																																										
Módulo de Hudson (A)	6.16																																										
Masa Unitaria Compactada (kg/m³)	1,586																																										
Masa Unitaria Suelta (kg/m³)	1,474																																										
Masa Unitaria Suelta Humeda (kg/m³)	1,314																																										
Pérdida Sulfato Sodio (%)																																											
Humedad (%)	4.2																																										
OBSERVACIONES:																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>TAMIZ (")</td> <td>3/8</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>16</td> <td>30</td> <td>50</td> <td>100</td> <td>200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TAMIZ (mm)</td> <td>9.5</td> <td>4.75</td> <td>2.36</td> <td>1.18</td> <td>0.6</td> <td>0.3</td> <td>0.15</td> <td>0.075</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Que Pasa</td> <td>100.0</td> <td>98.2</td> <td>81.9</td> <td>62.3</td> <td>44.0</td> <td>21.4</td> <td>6.4</td> <td>2.2</td> <td></td> </tr> </table>														TAMIZ (")	3/8	4	8	16	30	50	100	200		TAMIZ (mm)	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075		% Que Pasa	100.0	98.2	81.9	62.3	44.0	21.4	6.4	2.2	
TAMIZ (")	3/8	4	8	16	30	50	100	200																																			
TAMIZ (mm)	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075																																			
% Que Pasa	100.0	98.2	81.9	62.3	44.0	21.4	6.4	2.2																																			
Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETI																																											

	Laboratorio Central Centro Tecnológico 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181																						
AGREGADO GRUESO (7 8) Granulometría ASTM C-33	CLIENTE: ASESORIA DIVISION COMERCIAL - CEMPRO CONTACTO: ING. MARIO MENDIZABAL MUESTRA: PIEDRIN DE 3/8" PROCEDENCIA: LA ROCA	 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio																					
OT: 10152-3 Fecha: 2007-11-22 Laboratorio: AGREGADOS AC Analista: 2007-11-26 Fecha Ensayo: MDL Supervisor: 2007-11-29 Fecha impresión:	INFORME																						
ENSAYO COMPLETO DEL AGREGADO Densidad Relativa (ss) 2.76 Absorción (%) 1.27 Pasa Tamiz 0.075mm (%) 0.7 Módulo de Finura (MF) 6.20 Módulo de Hudson (A) 2.81 Masa Unitaria Compactada (kg/m³) 1,557 Masa Unitaria Suelta (kg/m³) 1,429 Desgaste Máq. de Los Angeles (%) Pérdida Sulfato de Sodio (%) % Humedad																							
OBSERVACIONES:	<table border="1"> <tr> <td>TAMIZ (")</td> <td>3/4</td> <td>1/2</td> <td>3/8</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>TAMIZ (mm)</td> <td>19</td> <td>12.5</td> <td>9.5</td> <td>4.75</td> <td>2.36</td> <td>1.18</td> </tr> <tr> <td>% Que Pasa</td> <td>100.0</td> <td>99.8</td> <td>71.7</td> <td>6.3</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> </tr> </table>		TAMIZ (")	3/4	1/2	3/8	4	8	16	TAMIZ (mm)	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	% Que Pasa	100.0	99.8	71.7	6.3	1.2	1.0
TAMIZ (")	3/4	1/2	3/8	4	8	16																	
TAMIZ (mm)	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18																	
% Que Pasa	100.0	99.8	71.7	6.3	1.2	1.0																	

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETE Tecnología y Ensayos de Cementos y Concretos.

Plastocrete 161 R

(Antes Plastiment BV-40)
FLUIDIZANTE, REDUCTOR DE AGUA Y
RETARDANTE DE FRAGUADO, DE DOBLE
FUNCIONALIDAD



DESCRIPCION

Plastocrete 161 R es un aditivo plastificante, reductor de agua y retardante de fraguado de doble funcionalidad ya que dosifica-do hasta 4.5 ml/kg de cemento, cumple como aditivo reductor de agua, según la norma **ASTM C 494 tipo A** y dosificado a una cantidad mayor de 4.5 ml/kg de cemento, cumple como reductor de agua y retardante de fraguado, **tipoD**.

USOS

El **Plastocrete 161 R** tiene 3 usos básicos:

Como plastificante:

Añadiéndolo a una mezcla con revenimiento normal, la fluidez se incrementa notablemente gracias a la acción dispersante del aditivo, sin necesidad de hacerlo con agua.

Como reductor de agua:

Adicionándose en el agua de mezcla se alcanzan reducciones de hasta un 14% del agua de mezclado, obteniéndose el mismo revenimiento y un notable incremento de la resistencia a la compresión a todas las edades. Este incremento se puede aprovechar para disminuir el contenido de cemento en las mezclas con su correspondiente beneficio económico.

Como retardante de fraguado:

Su uso permite un mayor tiempo de trabajabilidad del concreto al disponerse de un mayor periodo de tiempo para su transporte y colocación.

VENTAJAS

- Mayor tiempo en el manejo de concreto fresco en climas cálidos y concreto en masa, evitándose la formación de juntas frías.
- Mayor resistencia a iguales consumos de cemento.
- Mayor impermeabilidad y durabilidad.
- Menor sangrado y segregación.
- Excelente compatibilidad con los cementos portland.
- Mejoramiento del bombeo.
- Reducción del agrietamiento.
- Estructuras de concreto con mejor apariencia.

MODO DE EMPLEO

Como **plastificante**, debe añadirse a la mezcla ya preparada y remezclar medio minuto por cada m³ de concreto para permitir su adecuada integración.

Como **reductor de agua y retardante**, debe agregarse en el agua de mezclado, evitando verterlo directamente sobre los agregados secos y en el cemento.

Dosificación:

Como **plastificante**, la adición de 0.2 a 0.29% en base al peso de cemento (2.5 a 3.5 ml/kg de cemento) a la mezcla ya preparada produce un incremento en el revenimiento del concreto de 6 a 10 cm.

Como **reductor de agua**, el **Plastocrete 161 R** se debe dosificar en un rango de 0.23 - 0.37% en base al peso de cemento (2.8 a 4.5 ml/kg de cemento).

Como **reductor de agua y retardante**, se debe dosificar de 0.37 - 0.49% en base al peso de cemento (4.5 a 6.0 ml/kg de cemento).

DATOS TECNICOS

Tipo:	Aditivo líquido a base de lignosulfonato modificado.
pH:	4.0 a 5.0
Color:	Café oscuro.
Densidad:	1.22 kg / l.

PRECAUCIONES

La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de la obra.

Los resultados óptimos se obtienen, cuando los componentes que intervienen en la preparación del concreto cumplen con las normas vigentes.

Dosificar por separado cuando se usen otros aditivos en la misma mezcla.

El curado del concreto con Antisol y/o agua es indispensable antes y después del fraguado.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Usar guantes de hule y gafas de seguridad durante su manipulación.

PRESENTACION

Cubeta de 20 kg.
Tambor de 240 kg.
Granel.

ALMACENAMIENTO

Un año en su envase original, bajo techo en un sitio fresco y seco.

Hoja Técnica
Edición 1, 2007
Identificación no. 1051
Sika Viscocrete PC2100-D

Sika Viscocrete PC2100-D

Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante de alto desempeño para concreto.

Descripción Aditivo líquido reductor de agua de alto rango y superplastificante de alto desempeño y de tercera generación para concretos. **No contiene cloruros.** Cumple con la norma **ASTM C 494 Tipo F** y **ASTM C 1017 Tipo I**.

Usos El **Sika Viscocrete PC2100-D** se utiliza en la producción de concretos de alto desempeño en obras y plantas de concreto premezclado.

Los concretos elaborados con **Sika Viscocrete PC2100-D** se caracterizan por su baja relación agua / cemento, una fluidez elevada, buena permanencia de fluidez, así como una cohesión óptima y una gran facilidad de autocompactación.

El **Sika Viscocrete PC2100-D** se utiliza en:

- Concretos con una gran reducción de agua.
- Concretos de alto desempeño.
- Concretos de altas resistencias.

La importante reducción de agua unida a su elevada fluidez dan lugar a concretos de muy alto desempeño.

Ventajas El **Sika Viscocrete PC2100-D** combina diferentes mecanismos de acción. La adsorción en la superficie de finos así como su mejor dispersión durante el proceso de hidratación producen los siguientes efectos:

- Alta compactación, es conveniente para la producción de concretos autocompactantes.
- Alta reducción de agua, produciendo concretos de altas resistencias y gran impermeabilidad.
- Disminución de la retracción del concreto.
- Reduce la velocidad de la carbonatación del concreto.

El **Sika Viscocrete PC2100-D** no contiene cloruros ni sustancias que puedan favorecer la corrosión del acero de refuerzo y por lo tanto puede utilizarse sin restricciones en concretos armados o pretensados.

**Modo de Empleo
Aplicación del
Producto** El **Sika Viscocrete PC2100-D** se añade en el agua de mezcla o simultáneamente con esta. Para aprovechar de manera óptima la gran capacidad de reducción de agua recomendamos ampliar el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto.

Dosificación De 0,5% y el 1,5% del peso del cemento (4,5 a 14,0 ml/kg de cemento), dependiendo de que se emplee como superplastificante o reductor de agua de alto poder. En caso necesario puede aumentarse dicha dosificación.

Construcción



Datos Técnicos	Tipo: Aditivo líquido con base de policarboxilatos modificados. Color: Ligeramente amarillo. Densidad: 1,10 kg/lt aprox.
Precauciones	El uso de Sika Viscocrete PC2100-D permite la producción de concreto autocompactante y de alta calidad; para estas aplicaciones es necesario un diseño de mezcla especial y deberán cumplirse las normas que permitan una adecuada producción y colocación del concreto. La dosis y el diseño de mezcla óptimo deberán determinarse mediante ensayos con los materiales y las condiciones de la obra.
Medidas de Seguridad	En caso de contacto con la piel, lave la zona afectada inmediatamente con abundante agua y jabón. En caso de contacto con los ojos, lave enseguida con agua abundante durante 15 minutos y acuda al médico. En caso de ingestión no provoque el vómito y solicite atención médica. Para mayor información y en caso de derrames consulte la hoja de seguridad.
Almacenamiento	Un (1) año en su envase original bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.
Advertencia	Todos nuestros productos han sido desarrollados y fabricados con toda la precaución razonable de acuerdo a normas de exactitud y calidad de Sika. La información que suministramos es correcta de acuerdo a nuestra experiencia; los productos tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante, no se responde por variaciones en el método de empleo, condiciones en que sean aplicados, cuando la vigencia del producto esté vencida, o si son utilizados en forma que afecten la salud o cualquier patente propiedad de otros. Para sus usos especializados o cuando surjan dudas en cuanto al uso o aplicación de un producto, deberá consultarse al Departamento Técnico de Sika.

Sika Mexicana S.A. de C.V.

Sika Responde
01 800 123 7452
sopORTE.tecnico@mx.sika.com
www.sika.com.mx

Planta y Regional Bajío
Tel: 01(442) 2 38 58 00
Fax: 01(442) 2 25 05 37
Centro.informacion@mx.sika.com
regional_bajio@mx.sika.com

Regional Centro
Tel: 01(55) 26 26 54 30 y 39
Fax: 01(55) 26 26 54 44 y 45
regional.centro@mx.sika.com

Regional Occidente
Tel: 01(33) 38 38 03 65
Fax: 01(33) 38 38 43 60
regional_occidente@mx.sika.com

Regional Norte
Tel: 01(81) 83 90 19 06 y 07
Fax: 01(81) 83 90 19 08
regional_norte@mx.sika.com

Regional Sureste
Tel/Fax: 01(229) 921 82 79 / 86 79
regional_sureste@mx.sika.com

Regional Noroeste
Tel: 01(662) 218 50 54 y 55
Fax: 01(662) 260 51 00
regional_noroeste@mx.sika.com

Regional Baja Norte
Tel: 01(664) 621 73 55
01(664) 621 66 28 / 67 75
regional_bajanorte@mx.sika.com

Oficina Baja Sur
Tel: 01(612) 165 41 33
Fax: 01(612) 121 44 07
oficina_bajasur@mx.sika.com



Sika-Aer

INCLUSOR DE AIRE PARA CONCRETO



DESCRIPCION

Sika-Aer es un aditivo que incorpora una cantidad controlada de aire en el concreto a fin de mejorar sus propiedades. **No contiene cloruros**. Cumple especificaciones **ASTM C 260**.

USOS

Sika - Aer se emplea en el concreto cuando se requiera incrementar la impermeabilidad del concreto. Aumentar la durabilidad del concreto y su resistencia a ambientes agresivos (agua de mar, aguas o suelos sulfatados, etc).
Impedir la exudación del concreto y la correspondiente formación de capilares.
Evitar la segregación del concreto durante el transporte. Mejorar la bombeabilidad de concreto con deficiencia de finos.
Aumentar la manejabilidad de mezclas con agregados de trituración.

VENTAJAS

- Controla la exudación de la mezcla.
- Hace el concreto más durable y resistente al medio ambiente agresivo.
- Excelente auxiliar en el bombeo de concreto.
- Disminuye la fricción en las tuberías al bombear concreto.
- Mejora notablemente la apariencia y consistencia de mezclas ásperas.
- No afecta el tiempo de fraguado.

MODO DE EMPLEO

El **Sika-Aer** se adiciona en la última porción del agua de mezcla o en las arenas, nunca en el cemento durante la elaboración del concreto.

Dosificación

Sika-Aer se dosifica de 0.2 a 0.4 ml por kilo de cemento. El contenido de aire debe verificarse por medio de un medidor de aire y la dosificación ajustarse según el resultado. Los concretos de agregados ásperos requieren más **Sika - Aer** que la proporción indicada. Evítese incluir más del 6% de aire para no provocar el abatimiento de la resistencia.

DATOS TECNICOS

Tipo:	Base, resinas sintéticas modificadoras de la tensión superficial
Color:	Líquido translúcido de color café
Densidad:	1.06 kg/l aprox.
pH:	12 aprox.

PRECAUCIONES

El uso de aditivos incorporadores de aire en el concreto exige un perfecto control sobre:

- La granulometría de la mezcla, especialmente en la zona de las arenas.
- La dosis de aditivo y el contenido del aire obtenido el cual no debe sobrepasar el 6%.
- El tiempo de mezcla, el cual se debe incrementar un 25% aprox. para favorecer la formación de las burbujas.
- Nunca adicionar el **Sika-Aer** en el cemento.

El contenido de aire se puede ver afectado por la temperatura del lugar, la cantidad y finura del cemento. La dosificación óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de la obra.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Usar guantes de hule y gafas de seguridad durante su manipulación.

PRESENTACION

Garrafón de 4 kg.
Cubeta de 20 kg.
Tambor de 200 kg.

ALMACENAMIENTO

Un año en su envase original bien cerrado, bajo techo y en un sitio fresco y seco.



Concreto AutoCompactante Tesis Israel Orellana

Fecha: 6 de Diciembre de 2007

Mezcla 1

Tara: 0.28 kg
Masa: 0.60 Kg saturada
Masa Seca: 0.54 Kg

% Humedad Arena: 11%
% Humedad Piedra: 0%

Hora Inicio Bachada: 07:30 a.m. Temperatura Ambiente: 16°C

SLUMP con agua y Aditivo: 6 1/2"

Masa : 2306 kg/m³

Temperatura de Concreto: 25°
Humedad Relativa: 47%
Masa Unitaria Teorica: 2326

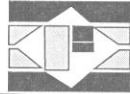
% Aire : 3%
Flujo Final : 57cm

Prueba Fraguado 09:00 am

Inicio Hacer Cilindros : 08:30 am
Termino Hacer Cilindros : 09:40 am



Arq. Roberto Morales
Gerente de Producción
Forcogua Concreto Premezclado



FORCOGUA

Tipo Concreto	2500M1	CONCRETO PREMEZCLADO
Inicio de Prueba	Hora	07:30
	Temperatura Ambiente	12°C
	Humedad Relativa	73%

Hora	Temp. Amb.	Aguja	Resistencia lb/pul2
	Humedad Relativa	Carga	

Hora	Temp. Amb.	Aguja	Resistencia
	Humedad Relativa	Carga	

12:00	22.2	1	0
	58 1/0	0	
14:00	24.1	1	48
	49%	48	
14:30	24.7	1	110
	48%	110	
15:00	26.0	1	Mas de 180 cambio de aguja
	44%	200	
15:00	26.0	1/2	302
	44%	151	
15:30	25.7	1/2	Mas de 180 cambio de aguja
	44%	181	
15:30	25.7	1/4	580
	44%	145	
15:45	25.6	1/4	640
	44%	160	
16:00	25.4	1/4	Mas de 180 cambio de aguja
	44%	200	
16:00	25.4	1/10	1100
	44%	110	
16:15	24.8	1/10	1450
	46%	145	
16:30	24.5	1/10	Mas de 180 cambio de aguja
	47%	200	
16:30	24.5	1/20	2360
	47%	118	
16:45	24	1/20	2500
	61%	125/132	
17:00	23.8	1/20	2800
	50%	140	
17:15	22.8	1/20	3000
	53%	150	
17:30	22.4	1/20	Mas de 180 cambio de aguja
	56%	180	
17:30	22.4	1/40	3360
	56%	84	
17:45	22.1	1/40	3600
	58%	90	
18:00	21.7	1/40	4400
	60%	110	

18:15	21.7	1/40	4720
	62%	118	
18:45	21.02	1/40	6000
	65%	150	
19:15	20.6	1/40	8000
	66%	200	
17:20	21.6	1/40	8000
	66%	200	



Arq. Roberto Morales
Gerente de Producción
Forcogua Concreto Premezclado

Concreto AutoCompactante Tesis Israel Orellana

Fecha: 7 de Diciembre de 2007

Mezcla 2

Tara: 0.28 kg
Masa: 0.60 Kg saturada
Masa Seca: 0.54 Kg

% Humedad Arena: 11%
% Humedad Piedra: 0%

Hora Inicio Bachada: 08:15 a.m. Temperatura Ambiente: 18.5°C

SLUMP con agua y Aditivo: 6 3/4"

Masa : 2185 kg/m3

Temperatura de Concreto: 27°
Humedad Relativa: 80%
Masa Unitaria Teorica: 2326

% Aire : 6%
Flujo Final : 54cm

Prueba Fraguado 09:00 am

Inicio Hacer Cilindros : 09:30 am
Termino Hacer Cilindros : 10:30 am



Arq. Roberto Morales
Gerente de Producción
Forcogua Concreto Premezclado

FORCOGUA

CONCRETO PREMEZCLADO

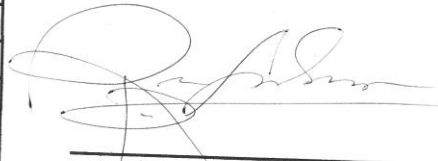
Tipo Concreto	2500M2
Inicio de Prueba	Hora
	Temperatura Ambiente
	Humedad Relativa

Hora	Temp. Amb.	Aguja	Resistencia
	Humedad Relativa	Carga	



Hora	Temp. Amb.	Aguja	Resistencia
	Humedad Relativa	Carga	

14:30	26.4	1	149
	47%	149	
14:45	26.6	1	mas de 180
	47%	180	cambio de
14:45	26.6	1/2	210
	48%	105	
15:00	26.6	1/2	352
	46%	176	
15:15	26.3	1/2	mas de 180
	45%	180	cambio de
15:15	26.3	1/4	624
	45%	156	
15:30	26.2	1/4	mas de 180
	46%	180	cambio de
15:30	26.2	1/10	1040
	46%	104	
15:45	26.0	1/10	1160
	47%	116	
16:00	25.9	1/10	1240
	48%	124	
16:15	25.4	1/10	1460
	49%	146	
16:30	24.6	1/10	1650
	51%	165	
16:45	24.30	1/10	1800
	52%	180	
16:45	24.30	1/20	1620
	52%	81	
17:00	23.7	1/20	2240
	55%	112	
17:15	23.4	1/20	3160
	57%	158	
17:30	22.9	1/20	mas de 180
	60%	180	cambio de
17:30	22.9	1/40	3520
	60%	88	
17:45	22.3	1/40	5000
	61%	125	
18:00	21.9	1/40	5600
	63%	140	

18:15	21.4	1/40	5600
	64%	140	
18:30	21.0	1/40	5600
	65%	140	
19:00	20.5	1/40	7400
	69%	185	



Arq. Roberto Morales
Gerente De Producción
Forcogua Concreto Premezclado

	Laboratorio Central Centro Tecnológico 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181																																																																																											
	EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO MARTILLO DE REBOTE ASTM C-805																																																																																											
Cliente: CENTRO TECNOLÓGICO Contacto: ISRAEL A. ORELLANA BARRERA Proyecto: TESIS MEZCLA 2	OT: 10233 Fecha: 2007-12-08 Laboratorio: CONCRETO Analista: EO Supervisor: MDL	Fecha impresión: 2008-02-21  Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio																																																																																										
DATOS DE ENSAYO																																																																																												
ESTRUCTURA: CILINDROS	LOCALIZACION: -	CLASE CONCRETO: 2500	SUPERFICIE:	LISA																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Fecha de Hechura</th> <th rowspan="2">Fecha de Rotura</th> <th rowspan="2">Edad</th> <th colspan="3">Resistencia</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-08</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-09</td><td>2</td><td>786</td><td>619</td><td>786</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-10</td><td>3</td><td>929</td><td>857</td><td>1048</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-11</td><td>4</td><td>1024</td><td>905</td><td>1024</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-12</td><td>5</td><td>1905</td><td>1857</td><td>2238</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-13</td><td>6</td><td>2071</td><td>2024</td><td>2071</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-14</td><td>7</td><td>1333</td><td>1714</td><td>1571</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-21</td><td>14</td><td>2405</td><td>2357</td><td>2357</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2007-12-28</td><td>21</td><td>2548</td><td>2524</td><td>2810</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2008-01-04</td><td>28</td><td>2500</td><td>2238</td><td>2595</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2008-01-09</td><td>33</td><td>1667</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2008-01-24</td><td>48</td><td>1810</td><td>2143</td><td>1667</td></tr> <tr><td>2007-12-07</td><td>2008-02-01</td><td>56</td><td>2762</td><td>2857</td><td>2119</td></tr> </tbody> </table>						Fecha de Hechura	Fecha de Rotura	Edad	Resistencia			1	2	3	2007-12-07	2007-12-08	1	0	0	0	2007-12-07	2007-12-09	2	786	619	786	2007-12-07	2007-12-10	3	929	857	1048	2007-12-07	2007-12-11	4	1024	905	1024	2007-12-07	2007-12-12	5	1905	1857	2238	2007-12-07	2007-12-13	6	2071	2024	2071	2007-12-07	2007-12-14	7	1333	1714	1571	2007-12-07	2007-12-21	14	2405	2357	2357	2007-12-07	2007-12-28	21	2548	2524	2810	2007-12-07	2008-01-04	28	2500	2238	2595	2007-12-07	2008-01-09	33	1667	-	-	2007-12-07	2008-01-24	48	1810	2143	1667	2007-12-07	2008-02-01	56	2762	2857	2119
Fecha de Hechura	Fecha de Rotura	Edad	Resistencia																																																																																									
			1	2	3																																																																																							
2007-12-07	2007-12-08	1	0	0	0																																																																																							
2007-12-07	2007-12-09	2	786	619	786																																																																																							
2007-12-07	2007-12-10	3	929	857	1048																																																																																							
2007-12-07	2007-12-11	4	1024	905	1024																																																																																							
2007-12-07	2007-12-12	5	1905	1857	2238																																																																																							
2007-12-07	2007-12-13	6	2071	2024	2071																																																																																							
2007-12-07	2007-12-14	7	1333	1714	1571																																																																																							
2007-12-07	2007-12-21	14	2405	2357	2357																																																																																							
2007-12-07	2007-12-28	21	2548	2524	2810																																																																																							
2007-12-07	2008-01-04	28	2500	2238	2595																																																																																							
2007-12-07	2008-01-09	33	1667	-	-																																																																																							
2007-12-07	2008-01-24	48	1810	2143	1667																																																																																							
2007-12-07	2008-02-01	56	2762	2857	2119																																																																																							
OBSERVACIONES: SE UTILIZO MARTILLO ESCLEROMETRICO TIPO N MARCA SOILTEST SERIE No. 492866.																																																																																												
<p>Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.</p> <p style="text-align: right;"><small>Tecnología y Ensayos de Cementos y Concretos.</small></p>																																																																																												



Laboratorio Central Centro Tecnológico

15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera
Tel: 22864178 Fax: 22864181

EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO MARTILLO DE REBOTE **ASTM C-805**

Cliente: CENTRO TECNOLOGICO	OT: 10232-1	Fecha impresión 2008-02-18
Contacto: ISRAEL ORELLANA BARRERA	Fecha: 2008-01-29	
Proyecto: TESIS ISRAEL ORELLANA	Laboratorio: CONCRETO	
	Analista: JR	
	Supervisor: MDL	
		Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio

DATOS DE ENSAYO

ESTRUCTURA:	PARED	PARED	PARED	PARED
LOCALIZACION:	CASA 158	CASA 158	CASA 143	CASA 143
CLASE CONCRETO:	2501	2501	2501	2501
FECHA COLOCACION:	2008-01-01	2008-01-01	2008-01-15	2008-01-15
FECHA ENSAYO:	2008-01-29	2008-01-29	2008-01-29	2008-01-29
EDAD EN DIAS:	28	28	7	7
ORIENTACION DEL ESCLEROMETRO:	0°	0°	0°	0°
PROMEDIO:	27	27	21	20
SUPERFICIE:	Lisa	Lisa	Lisa	Lisa
EXPOSICION AL AMBIENTE:	I	I	I	I
TEMPERATURA °C:	22°	22°	21°	21°
% HR:	64	66	64	62
RESISTENCIA ESTIMADA EN psi:	2901	2901	1697	1450



OBSERVACIONES: * PRUEBAS DE CAMPO, SE UTILIZO MARTILLO ESCLEROMETRICO TIPO N - 34 MARCA PROCEQ No. 156661

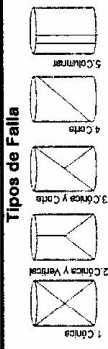
Exposición al Ambiente:



<input type="checkbox"/> I	Interiores
<input type="checkbox"/> II	Exterior NO agresivo
<input type="checkbox"/> III	Agresivo Industrial / Marina / Suelos / Aguas Agresivas








Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.




Tecnología y Ensayos de Cementos y Concretos


 <p>CEMENTOS PROGRESO S. A. CENTRO TECNOLÓGICO 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181</p>		OT:	10232											
		FECHA:	2008-12-07											
		PÁGINA:	1/4											
<p>CIENTRO TECNOLÓGICO Centro Tecnológico</p>		 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio												
Cliente:	CENTRO TECNOLÓGICO	Procedencia:	-											
Dirección:	-	Proyecto:	TESIS											
Contacto:	ISRAEL A. ORELLANA BARRERA	Analista(s):	EO											
Teléfono:	-													
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO														
ASTM C-39														
Cilindro No.	Ubicación Mezcla	Flujo cm	Rel. A/C	% Aire	M.L. (kg/cm ³)	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm ²)	Resistencia N/mm ²	Resistencia lb/pulg ²	Tipo de Falla
1	M1-1 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-07	1	2500	12.450	18211.12	6.05	877	1
2	M1-2 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-07	1	2500	12.350	18211.12	5.13	745	1
3	M1-3 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-07	1	2500	12.450	18180.76	5.26	763	1
4	M1-4 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-08	2	2500	12.200	18180.76	7.38	1071	1
5	M1-5 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-08	2	2500	12.150	18180.76	7.89	1144	1
6	M1-6 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-08	2	2500	12.250	18241.51	7.35	1066	1
7	M1-7 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-09	3	2500	12.250	18211.12	13.45	1951	1
8	M1-8 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-09	3	2500	12.200	18180.76	14.25	2066	1
9	M1-9 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-09	3	2500	12.250	18241.51	13.50	1958	1
10	M1-10 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-10	4	2500	12.300	18241.51	13.84	2007	1
11	M1-11 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-10	4	2500	12.550	18241.51	13.35	1937	2
12	M1-12 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-10	4	2500	12.450	18211.12	13.84	2008	1
Observaciones:														
Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.														











 <p>CEMENTOS PROGRESO S. A. CENTRO TECNOLÓGICO 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181</p>		OT: 10	FECHA: 2008-	PÁGINA: 2											
		 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio													
		Procedencia: TESIS Proyecto: EO Analista(s):													
Cliente: CENTRO TECNOLÓGICO Dirección: ISRAEL A. ORELLANA BARRERA Contacto: Teléfono:		M.U. (kg/cm ³): % Aire: Rel. A/C: Flujo cm: Ubicación Mezcla: Fecha de Hechura: Fecha de Ensayo: Edad (días): Tipo de Concreto: Masa (kg): Área (mm ²): Resistencia N/mm ² : Resistencia lb/pulg ² : Tipo de Falla:													
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO															
Cilindro No. Lab.	Obra	Ubicación Mezcla	Flujo cm	Rel. A/C	% Aire	M.U. (kg/cm ³)	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm ²)	Resistencia N/mm ²	Resistencia lb/pulg ²	Tipo de Falla
13	M1-13	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-11	5	2500	12.600	18332.83	14.06	2040	2
14	M1-14	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-11	5	2500	12.400	18302.37	13.50	1957	1
15	M1-15	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-11	5	2500	12.550	18241.51	13.58	1969	1
16	M1-16	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-12	6	2500	12.550	18271.93	14.84	2152	1
17	M1-17	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-12	6	2500	12.500	18271.93	14.22	2063	1
18	M1-18	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-12	6	2500	12.450	18241.51	14.15	2052	1
19	M1-19	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-13	7	2500	12.500	18211.12	15.83	2295	1
20	M1-20	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-13	7	2500	12.450	18241.51	15.24	2210	1
21	M1-21	Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2007-12-13	7	2500	12.450	18302.37	15.16	2189	1
Observaciones: Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.															

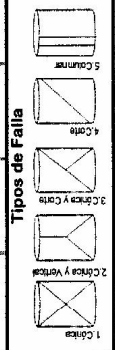
CEMENTOS PROGRESO S. A. CENTRO TECNOLÓGICO 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181		OT: 10232	
		FECHA: 2008-12-07	
		PÁGINA: 3/4	
		 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio	
Cilindro:	CENTRO TECNOLÓGICO		
Dirección:	Proyecto: TESIS		
Contacto:	ISRAEL A. ORELLANA BARRERA		
Teléfono:	Analista(s):	EO	
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO			
ASTM C-39		Resistencia	Tipo de Falla
Lab.	Cilindro No. Obra	Área (mm ²)	Masa (kg)
22	M1-22	18211.12	12.600
23	M1-23	18211.12	12.600
24	M1-24	18180.76	12.650
25	M1-25	18211.12	12.700
26	M1-26	18271.93	12.600
27	M1-27	18363.32	12.700
28	M1-28	18211.12	12.550
29	M1-29	18302.37	12.550
30	M1-30	18211.12	12.550
31	M1-31	18241.51	12.550
32	M1-32	18271.93	12.600
33	M1-33	18241.51	12.700
		Resistencia N/mm ²	Tipo de Falla
		16.59	1
		16.90	1
		16.77	1
		19.72	1
		19.88	1
		19.57	1
		19.10	1
		18.68	1
		19.64	1
		19.67	1
		20.75	1
		20.69	1
		Resistencia lb/pulg ²	Tipo de Falla
		2406	1
		2451	1
		2432	1
		2860	1
		2884	1
		2839	1
		2771	1
		2709	1
		2848	1
		2854	1
		3010	1
		3001	1
		Tipos de Falla	
		1 Concha	
		2 Concha y Vertical	
		3 Concha y Corte	
		4 Corte	
		5 Columna	
		Observaciones:	
		Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.	

 <p>CEMENTOS PROGRESO S. A. CENTRO TECNOLÓGICO 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181</p>		OT: 10232												
		FECHA: 2008-12-07												
		PÁGINA: 4/4												
 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio														
Cliente:	CENTRO TECNOLÓGICO	Procedencia:												
Dirección:		Proyecto:												
Contacto:	ISRAEL A. ORELLANA BARRERA	Analista(s):												
Teléfono:		EO												
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO														
ASTM C-39														
Cilindro No.	Ubicación Mezcla	Flujo cm	Rel. A/C	% Aire	M.U. (kg/cm ³)	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (Kg)	Área (mm ²)	Resistencia N/mm ²	Resistencia lb/pulg ²	Tipo de Falla
Lab. 34	M1-34 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2008-01-31	56	2500	12.700	18241.51	22.33	3239	1
35	M1-35 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2008-01-31	56	2500	12.650	18271.93	21.62	3136	1
36	M1-36 Prueba	57.00	-	-	-	2007-12-06	2008-01-31	56	2500	12.600	18271.93	20.74	3008	1
Observaciones:														
Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse este informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.														
 <p>Tipos de Falla</p>														

 <p>CEMENTOS PROGRESO S. A. CENTRO TECNOLÓGICO 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181</p>		OT: 102													
		FECHA: 2007-1													
		PÁGINA: 1/4													
Cliente: CENTRO TECNOLÓGICO Dirección: - Contacto: ISRAEL A. ORELLANA BARRERA Teléfono: -		Procedencia: - Proyecto: TESIS Analista(s): EO													
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO															
ASTM C-39															
Cilindro No. Lab.	Obra	Ubicación Mezcla	Flujo cm	Rel. A/C	% Aire	M.U. (kg/cm ³)	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm ²)	Resistencia N/mm ²	Resistencia lb/pulg ²	Tipo de Falla
1	M2-1	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-08	1	2500	12.000	18241.51	3.49	506	1
2	M2-2	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-08	1	2500	12.050	18180.76	3.94	572	1
3	M2-3	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-08	1	2500	12.150	18180.76	3.81	552	1
4	M2-4	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-09	2	2500	11.850	18180.76	8.93	1296	1
5	M2-5	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-09	2	2500	11.900	18271.93	8.71	1264	2
6	M2-6	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-09	2	2500	11.900	18180.76	9.48	1375	1
7	M2-7	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-10	3	2500	11.900	18241.51	10.41	1510	2
8	M2-8	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-10	3	2500	11.950	18241.51	10.13	1469	2
9	M2-9	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-10	3	2500	11.950	18241.51	10.72	1554	1
10	M2-10	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-11	4	2500	12.050	18241.51	11.50	1668	2
11	M2-11	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-11	4	2500	12.050	18393.84	10.93	1586	1
12	M2-12	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-11	4	2500	12.100	18241.51	11.42	1656	3
Observaciones: Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.															



 <p>CEMENTOS PROGRESO S. A. CENTRO TECNOLÓGICO 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181</p>		OT: 1	FECHA: 2007	 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio																																																																																																																																																														
		PÁGINA:																																																																																																																																																																
		Procedencia: CENTRO TECNOLÓGICO Proyecto: TESIS Analista(s): ISRAEL A. ORELLANA BARRERA EO																																																																																																																																																																
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cilindro No. Lab.</th> <th>Obra</th> <th>Ubicación Mezcla</th> <th>Flujo cm</th> <th>Rel. A/C</th> <th>%Aire</th> <th>M.U. (kg/cm³)</th> <th>Fecha de Hechura</th> <th>Fecha de Ensayo</th> <th>Edad (días)</th> <th>Tipo de Concreto</th> <th>Masa (kg)</th> <th>Área (mm²)</th> <th>Resistencia N/mm²</th> <th>Resistencia lb/pulg²</th> <th>Tipo de Falla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>13</td><td>M2-13</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-12</td><td>5</td><td>2500</td><td>11.950</td><td>18211.12</td><td>12.15</td><td>1762</td><td>1</td></tr> <tr><td>14</td><td>M2-14</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-12</td><td>5</td><td>2500</td><td>11.950</td><td>18241.51</td><td>12.37</td><td>1795</td><td>1</td></tr> <tr><td>15</td><td>M2-15</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-12</td><td>5</td><td>2500</td><td>11.900</td><td>18332.83</td><td>11.39</td><td>1652</td><td>1</td></tr> <tr><td>16</td><td>M2-16</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-13</td><td>6</td><td>2500</td><td>11.900</td><td>18302.37</td><td>12.96</td><td>1880</td><td>1</td></tr> <tr><td>17</td><td>M2-17</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-13</td><td>6</td><td>2500</td><td>11.900</td><td>18241.51</td><td>13.52</td><td>1961</td><td>1</td></tr> <tr><td>18</td><td>M2-18</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-13</td><td>6</td><td>2500</td><td>11.950</td><td>18302.37</td><td>12.56</td><td>1821</td><td>1</td></tr> <tr><td>22</td><td>M2-22</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-14</td><td>7</td><td>2500</td><td>12.200</td><td>18241.51</td><td>12.86</td><td>1865</td><td>1</td></tr> <tr><td>23</td><td>M2-23</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-14</td><td>7</td><td>2500</td><td>12.150</td><td>18180.76</td><td>12.43</td><td>1802</td><td>1</td></tr> <tr><td>24</td><td>M2-24</td><td>Prueba</td><td>54.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2007-12-07</td><td>2007-12-14</td><td>7</td><td>2500</td><td>12.100</td><td>18211.12</td><td>12.59</td><td>1825</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Cilindro No. Lab.	Obra	Ubicación Mezcla	Flujo cm	Rel. A/C	%Aire	M.U. (kg/cm ³)	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm ²)	Resistencia N/mm ²	Resistencia lb/pulg ²	Tipo de Falla	13	M2-13	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-12	5	2500	11.950	18211.12	12.15	1762	1	14	M2-14	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-12	5	2500	11.950	18241.51	12.37	1795	1	15	M2-15	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-12	5	2500	11.900	18332.83	11.39	1652	1	16	M2-16	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-13	6	2500	11.900	18302.37	12.96	1880	1	17	M2-17	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-13	6	2500	11.900	18241.51	13.52	1961	1	18	M2-18	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-13	6	2500	11.950	18302.37	12.56	1821	1	22	M2-22	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-14	7	2500	12.200	18241.51	12.86	1865	1	23	M2-23	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-14	7	2500	12.150	18180.76	12.43	1802	1	24	M2-24	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-14	7	2500	12.100	18211.12	12.59	1825	1	Tipos de Falla  1 Corte  2 Corte y Vertido  3 Corte y Corte  4 Corte  5 Corte	
Cilindro No. Lab.	Obra	Ubicación Mezcla	Flujo cm	Rel. A/C	%Aire	M.U. (kg/cm ³)	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm ²)	Resistencia N/mm ²	Resistencia lb/pulg ²	Tipo de Falla																																																																																																																																																			
13	M2-13	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-12	5	2500	11.950	18211.12	12.15	1762	1																																																																																																																																																			
14	M2-14	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-12	5	2500	11.950	18241.51	12.37	1795	1																																																																																																																																																			
15	M2-15	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-12	5	2500	11.900	18332.83	11.39	1652	1																																																																																																																																																			
16	M2-16	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-13	6	2500	11.900	18302.37	12.96	1880	1																																																																																																																																																			
17	M2-17	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-13	6	2500	11.900	18241.51	13.52	1961	1																																																																																																																																																			
18	M2-18	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-13	6	2500	11.950	18302.37	12.56	1821	1																																																																																																																																																			
22	M2-22	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-14	7	2500	12.200	18241.51	12.86	1865	1																																																																																																																																																			
23	M2-23	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-14	7	2500	12.150	18180.76	12.43	1802	1																																																																																																																																																			
24	M2-24	Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-14	7	2500	12.100	18211.12	12.59	1825	1																																																																																																																																																			
Observaciones: Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.																																																																																																																																																																		

CEMENTOS PROGRESO S. A. CENTRO TECNOLÓGICO 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181										OT: 10233				
CENTRO TECNOLÓGICO										FECHA: 2007-12-08				
Procedencia:										PAGINA: 3/4				
Proyecto: TESIS										 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio				
Analista(s): EO														
Teléfono:										ASTM C-39				
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO										Resistencia		Tipo de Falla		
Cilindro No.	Ubicación Mezcla	Flujo cm	Rel. A/C	%Aire	M.U. (kg/cm ³)	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm ²)	N/mm ²	lb/pulg ²	
25	M2-25 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-21	14	2500	12.050	18241.51	14.95	2168	1
26	M2-26 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-21	14	2500	12.000	18241.51	15.50	2249	1
27	M2-27 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-21	14	2500	12.500	18241.51	14.27	2070	1
28	M2-28 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-28	21	2500	12.100	18302.37	17.00	2466	1
29	M2-29 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-28	21	2500	12.100	18271.93	16.06	2329	2
30	M2-30 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2007-12-28	21	2500	12.000	18393.84	15.17	2201	1
31	M2-31 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2008-01-04	28	2500	12.200	18271.93	16.06	2330	2
32	M2-32 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2008-01-04	28	2500	12.150	18241.51	14.77	2143	2
33	M2-33 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2008-01-04	28	2500	12.200	18211.12	12.65	1834	1
34	M2-34 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2008-01-09	33	2500	12.200	18241.51	14.93	2166	1
35	M2-35 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2008-01-09	33	2500	12.150	18241.51	17.31	2511	1
36	M2-36 Prueba	54.00	-	-	-	2007-12-07	2008-01-18	42	2500	12.300	18363.32	17.26	2503	1



Observaciones:

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.

 <p>CEMENTOS PROGRESO S. A. CENTRO TECNOLÓGICO 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181</p>		<p>OT: 10233</p> <p>FECHA: 2007-12-08</p> <p>PÁGINA: 4/4</p>												
<p>Ciliente: CENTRO TECNOLÓGICO</p> <p>Dirección: -</p> <p>Contacto: ISRAEL A. ORELLANA BARRERA</p> <p>Teléfono: -</p>	<p>Procedencia: -</p> <p>Proyecto: TESIS</p> <p>Analista(s): EO</p>	 <p>Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio</p>												
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO														
ASTM C-39														
Cilindro No.	Ubicación Mezcla	Flujo cm	Rel. A/C	% Aire	M.U. (kg/cm ³)	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm ²)	Resistencia N/mm ²	Resistencia lb/pulg ²	Tipo de Falla
Lab. 37	M2-37	Prueba	54.00	-	-	2007-12-07	2008-02-01	56	2500	12.300	18302.37	18.18	2637	1
38	M2-38	Prueba	54.00	-	-	2007-12-07	2008-02-01	56	2500	12.200	18302.37	16.34	2370	1
39	M2-39	Prueba	54.00	-	-	2007-12-07	2008-02-01	56	2500	12.250	18271.93	17.35	2516	1
<p>Observaciones:</p> <p>Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.</p>														
<p>Tipos de Falla</p> 