

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Correlaciones entre ensayos destructivos y no destructivos para hormigones de alta resistencia con agregados calcáreos.”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

KARLA PAMELA CRESPO LEON
NATIVIDAD LEONOR GARCIA TRONCOSO

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios, a nuestro director de tesis el Ing. Hugo Egüez Álava Jefe del Centro Técnico del Hormigón, A la empresa SIKA por su aporte técnico y donación de aditivos y a todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en el desarrollo de este trabajo.

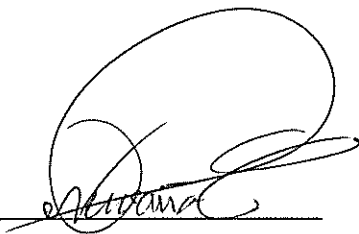
DEDICATORIA

ESTE TRABAJO
REALIZADO CON
ESFUERZO POR
VARIOS MESES, ESTÁ
DEDICADO A MIS
PADRES ING.
GUILLERMO GARCIA
LEONES, DRA.
NATIVIDAD
TRONCOSO
VILLAFUERTE Y MI
HERMANO
GUILLERMO.

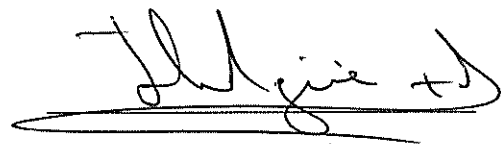
DEDICATORIA

ESTE TRABAJO
REALIZADO CON
ESFUERZO POR
VARIOS MESES, ESTÁ
DEDICADO A MIS
PADRES ING.
ORLANDO CRESPO
SANMARTIN, ING.
CONSUELO LEON Y
MIS HERMANOS.

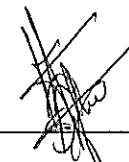
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Gastón Proaño
SUBDECANO DE LA FICT



Ing. Hugo Egüez Álava
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Eduardo Santos B.
VOCAL



Ing. Xavier Arce
VOCAL SUPLENTE

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta
Tesis de Grado, me corresponden
exclusivamente; y el patrimonio intelectual de
la misma a la ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL"



Karla Pamela Crespo León



Natividad Leonor García Troncoso

RESUMEN

a) Definición del objetivo de la investigación del tema a desarrollar

En vista que en nuestro medio se dispone de escasa información sobre el comportamiento mecánico de éste tipo de hormigones, nos hemos propuesto obtener información de laboratorio realizando diversos tipos de ensayos normalizados, que frecuentemente se realizan al hormigón, para luego relacionarlos entre si.

Se conoce que el hormigón de Alta Resistencia se utiliza donde es importante reducir dimensiones de los elementos estructurales por razones de diseño, además cuando se usa hormigón de alta resistencia se reduce la cantidad de Acero utilizado y se disminuye el costo total de la estructura.

b) Determinación del objeto de estudio

Este estudio puede ser tomado como un documento técnico de referencia para que compañías e instituciones relacionadas con la actividad de ingeniería civil apliquen hormigones de alta resistencia en las diferentes estructuras que ameriten usarlo utilizando materiales locales.

c) Especificación del campo de acción de desarrollo del trabajo

El estudio que se desarrolla en el presente trabajo tiene su campo de acción en elementos prefabricados de hormigón, elementos pretensados y postensados, para construir edificios altos reduciendo la sección de las columnas e incrementando el espacio disponible, para construir superestructuras de puentes de mucha luz y para mejorar la durabilidad de sus elementos, para satisfacer necesidades específicas de ciertas aplicaciones especiales como por ejemplo durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión. Entre algunas de dichas aplicaciones se cuentan vertederos presas, cubiertas de graderías, cimentaciones marinas, parqueaderos, pisos industriales de tráfico pesado, dovelas de túneles, etc.

Aportes del estudio

Científico: El resultado científico en el proyecto es, hallar las correlaciones entre los ensayos destructivos y no destructivos y mostrar que existen altos coeficientes de correlación lo que evidenciaría que no hay diferencias significativas.

Sociales: Conocer las características de materiales locales y su uso potencial en el Hormigón de Alta Resistencia.

d) Determinación de los objetivos generales y específicos del trabajo a desarrollar.

Objetivo General

Demostrar que entre los ensayos destructivos y no destructivos existen altos coeficientes de correlación para Hormigones de Resistencias mayores a los producidos en el mercado local.

Objetivo Específico

Identificar la dosificación adecuada para producir un hormigón de alta resistencia usando agregado calcáreo.

e) Presentación de métodos, técnicas o instrumentos de investigación a ser aplicados en el trabajo.

Instrumentos y equipos de laboratorio.

Cilindros

Vigas

f) Metodología

La metodología que se realizará en esta tesis de grado conlleva hacer una dosificación usando Piedra de 19.5 mm, Piedra de 12 mm, Arena fina San Jorge, Arena de Río, Arena Triturada, Cemento tipo I, Cemento RMX, aditivos, filler, y con esto hacer muestras para después someter a ensayos a 1, 3, 7, 28, 56 y 90 días.

INDICE GENERAL

RESUMEN	7
ABREVIATURAS.....	14
SIMBOLOGIA	15
INDICE DE FIGURAS.....	16
INDICE DE TABLAS	19
CAPITULO I	20
1. INTRODUCCION	20
1.1 Antecedentes	21
1.2 Objetivo	22
1.3 Alcance.....	23
CAPITULO II	24
2.- DESCRIPCIÓN DEL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA.....	24
2.1 Selección del Material.....	24
2.1.1 Cemento Pórtland	25
2.1.2 Otros materiales cementantes	26
2.1.3 Agua de Mezclado	28
2.1.4 Agregado Grueso	28
2.1.5 Agregado fino.....	31
2.1.6 Aditivos Químicos.....	33
2.2 Relación de Agua-Material cementante.....	36
2.3 Trabajabilidad.....	37

2.4 Edad de la prueba	38
2.5 Mediciones de la Resistencia	39
2.5.1 Método de prueba	39
2.5.2 Tamaño de espécimen	39
2.5.3 Cabeceo de los especímenes	41
2.6 Criterios para Autocompatibilidad en Hormigón de Alta Resistencia....	44
CAPITULO III	46
3. PROPIEDADES DEL HORMIGON EN ESTADO FRESCO.....	46
3.1 Generales	46
3.2 Pruebas para medir las características de Autocompatibilidad.	47
CAPITULO IV.....	52
4. CARACTERISTICAS MECANICAS DEL HORMIGON	52
4.1 Resistencia a la compresión	52
4.2 Resistencia a la flexión	55
4.3 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral	58
4.4 Módulo de Elasticidad.....	61
CAPITULO V	65
5.- DESCRIPCION DE LOS METODOS NO DESTRUCTIVOS	65
5.1 Rebote esclerométrico	65
5.2 Ultrasonido.....	69
CAPITULO VI.....	72
6.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	72

6.1 Materiales empleados y sus propiedades	72
6.2 Equipos Utilizados	81
6.3 Dosificaciones propuestas	87
6.4 Metodología Empleada	88
6.4.1 Preparación de Muestras	88
6.4.2 Elaboración de Ensayos	93
CAPITULO VII	96
7. METODOLOGIA ESTADISTICA EMPLEADA	96
7.1. Correlación Simple	96
7.2. Correlación Múltiple.	97
CAPITULO VIII	99
8. - RESULTADOS OBTENIDOS	99
8.1 Correlaciones de Ensayos Mecánicos	99
8.1.1 Compresión vs. Flexión	99
8.1.2. Compresión vs. Tracción por Compresión Diametral.	100
8.1.3. Flexión vs. Tracción por Compresión Diametral.	100
8.1.4. Compresión vs. Modulo de Elasticidad	101
8.2. Correlación de Ensayos Mecánicos y de Métodos No Destructivos.	101
8.2.1. Rebote vs. Compresión	101
8.2.2 Rebote vs. Flexión	102
8.2.3. Rebote vs. Tracción por Compresión Diametral	102

8.2.4. Ultrasonido vs. Compresión.	103
8.2.5. Ultrasonido vs. Flexión.	103
8.2.6. Ultrasonido vs. Tracción por Compresión Diametral.....	104
8.3 Correlación Múltiple de Ensayos Mecánicos.	105
8.3.1. Tracción por Compresión Diametral / Flexión vs. Compresión...	105
8.3.2. Flexión / Tracción por Compresión Diametral vs. Compresión	105
8.4 Correlación Múltiple de Ensayos Mecánicos y de Métodos No	
Destructivos.	106
8.4.1 Rebote / Ultrasonido vs. Compresión	106
8.4.2 Rebote / Ultrasonido vs. Flexión	106
8.4.3 Rebote / Ultrasonido vs. Tracción por Compresión Diametral.....	107
8.4.4 Tracción por Compresión Diametral / Rebote vs. Compresión	107
8.4.5 Tracción por Compresión Diametral / Ultrasonido vs. Compresión.	
.....	107
8.4.6 Flexión / Rebote vs. Compresión.....	108
8.4.7 Flexión / Ultrasonido vs. Compresión	109
CAPITULO IX.....	110
9.- ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	110
CAPITULO X.....	115
10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115

11.- ANEXO.....	114
12.- BIBLIOGRAFIA.....	152

ABREVIATURAS

RAAR	Aditivo Reductor de agua de Alto Rango
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
IP-GU	Cemento Portland Puzolánico Hidráulico para uso general
END	Ensayos No Destructivos
HAR	Hormigón de alta Resistencia
HAC	Hormigón Autocompactante
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
MF	Modulo de Finura
w/c	Relación agua cemento
w/(c+p)	Relación agua material cementante
TCD	Tracción por Compresión Diametral

SIMBOLOGIA

cm.	Centímetro
dm ³	Decímetro Cúbico
GPa	Giga Pascal
°C	Grados centígrados
g	Gramo
kHz.	Kilohertz
kg.	kilogramo
kg. /cm ³	Kilogramo por metro cúbico
kN	Kilo Newton
kN / s	Kilo Newton – segundo
KPa	Kilo Pascal
m	Metro Lineal
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
GPa	Giga Pascal
ml.	Mililitros

MR	Módulo de Rotura
f'_c	Resistencia a la compresión
s	Segundo

INDICE DE FIGURAS

Figura # 2.1	Cemento Portland Tipo I.....	19
Figura # 2.2	Microsílice.....	21
Figura # 2.3	Filler Calizo.....	21
Figura # 2.4	Agua	22
Figura # 2.5	Piedra 12 mm.....	24
Figura # 2.6	Arena Río Boliche.....	26
Figura # 2.7	Arena Triturada.....	26
Figura # 2.8	Arena Fina San Jorge.....	26
Figura # 2.9	Aditivo Viscocrete 2100.....	29
Figura # 2.10	Moldes de Acero.....	34
Figura # 2.11	Almohadillas de neopreno.....	36
Figura # 2.12	Neopreno en los anillos de retención.....	37
Figura #2.13	Cilindro, Anillo de retención y neopreno.....	37
Figura # 2.14	Cilindro capeado con mortero.....	37
Figura # 3.1	Ensayo para determinar la Densidad.....	40

Figura # 3.2 Ensayo para determinar el Aire incluido.....	41
Figura # 3.3 Cono de Abrams.....	42
Foto # 3.4 Ensayo de extensión de flujo.....	42
Figura # 3.5 Caja en L.....	43
Figura # 3.6 Embudo V.....	44
Foto # 3.7 Anillo de barras.....	45
Figura # 4.1 Prensa “ELE” 2000 kN.....	47
Figura # 4.2 Ensayo de Compresión.....	48
Figura # 4.3 Equipo utilizado prensa “ELE” 3000 kN.....	50
Figura # 4.4 Ensayo Resistencia a la Flexión.....	50
Figura # 4.5 Viga ensayada a Flexión.....	51
Figura # 4.6 Aspecto de la viga ensayada a Flexión.....	51
Figura # 4.7 Ensayo Resistencia a la Compresión Diametral.....	52
Figura # 4.8 Patina de apoyo suplementaria.....	53
Foto # 4.9 Prensa - Ensayo de Tracción por Compresión Diametral	54
Figura # 4.10 Deformímetro empleado para determinar el módulo de elasticidad.....	56
Figura # 4.11 Cilindros de 150 x 300 para Modulo de Elasticidad.....	57
Figura # 4.12 Colocación del cilindro a ensayarse con el deformímetro.....	58

Figura # 4.13 Cilindro con el deformímetro en la prensa.....	58
Figura # 5.1 Esquema del uso del martillo de rebote.....	59
Figura # 5.2 Detalle del interior del martillo de rebote.....	60
Figura # 5.3 Martillo de rebote.....	63
Figura # 5.4 Esquema de componentes de el equipo de ultrasonido.....	64
Foto # 6.1 Cemento Tipo I.....	67
Foto # 6.2 Piedra # 78.....	67
Foto # 6.3 Piedra # 67.....	68
Foto # 6.4 Arena de Río.....	69
Foto # 6.5 Arena Triturada.....	70
Foto # 6.6 Arena San Jorge.....	71
Foto #6.7 Filler calizo.....	72
Foto # 6.8 Microsílice.....	73
Foto # 6.9 Viscocrete 2100 HE.....	74
Foto # 6.10 Ensayo de Martillo de Rebote.....	77
Figura # 6.11 Transductores.....	80
Figura # 6.12 Cilindros de 10 cm de diámetro por 20 cm de largo.....	83
Figura # 6.13 Elaboración de cilindros.....	84

Figura # 6. 14 Elaboración de vigas.....	85
Figura # 6. 15 Calado de núcleos y cilindros calados.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros del Hormigón Autocompactante.....	39
Tabla # 6.1 Clasificación del hormigón por medio de velocidad de onda según Leslie y Cheesman.....	80
Tabla 6.2 Dosificaciones Propuestas.....	82

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

En nuestra ciudad son muy usados los agregados que hemos empleado en éste trabajo, el cual tiene como objetivo correlacionar ensayos destructivos y no destructivos, como sabemos el martillo de rebote y el ultrasonido son los ensayos no destructivos de uso más generalizados en el hormigón. Estos métodos se aplican generalmente en estructuras construidas para evaluar la resistencia del hormigón, cuando se dispone de curvas de correlación. Por medio de diversas pruebas se puede correlacionar las diferentes resistencias del hormigón con los Ensayos No Destructivos (END) para así tener una idea de que relación existe entre ellas. Por lo que se ha realizado ambos ensayos para darnos cuenta la alta relación que existe entre ellas.

1.1 Antecedentes

Las propiedades del concreto son una función del tiempo y de la humedad del ambiente, y esta es la razón de que tengan que realizarse pruebas al concreto en condiciones especificadas o conocidas. Se han utilizado diferentes métodos y técnicas de prueba. Puesto que muchas de estas se realizan en trabajo de laboratorio, y especialmente en investigación, tiene importancia el conocimiento de la influencia de los métodos de prueba sobre la propiedad medida. Por supuesto, es esencial distinguir entre los efectos de las condiciones de prueba y las diferencias intrínsecas de los concretos que se están investigando.

Las pruebas pueden clasificarse de manera general en mecánicas destructivas y no destructivas las cuales pueden evaluar simultáneamente al mismo espécimen y de esa manera hacen posible un estudio del cambio en las propiedades con el tiempo. Los ensayos no destructivos también permiten evaluaciones del concreto en una estructura real. Diferentes trabajos con respecto al uso del esclerómetro y el ultrasonido se han presentado, muchos de ellos con resultados satisfactorios.

Se han logrado determinar curvas para diferentes tipos de mezclas, expuestas a diferentes ambientes, pudiendo así estimar con precisión resistencias y propiedades del hormigón construido.

El trabajo se realiza, tratando de relacionar por medio de ensayos no destructivos tres tipos de ensayos destructivos, obteniendo por medio de la esclerometría y ultrasonido correlaciones que nos permiten interpretar de manera acertada las resistencias del hormigón.

1.2 Objetivo

El procedimiento actual para el proporcionamiento de mezcla según ACI211 (Práctica Recomendada para Seleccionar el Proporcionamiento de Concreto Normal, Pesado y Masivo) describe los métodos para seleccionar las proporciones para concreto de resistencia normal en el rango de 140 a 420 kg./cm². El proporcionamiento de la mezcla es más crítico para concreto de alta resistencia que para concreto de resistencia normal. Generalmente, se emplean adiciones puzolánicas y aditivos químicos especialmente seleccionados, y se considera esencial la obtención de una relación agua material cementante ($w/(c+p)$) baja.

Con frecuencia se requieren muchas mezclas de prueba para generar los datos necesarios para identificar las proporciones óptimas de la mezcla

1.3 Alcance

En nuestra tesis se limita al concreto de alta resistencia producido usando materiales locales y métodos de producción convencionales. Tomar en cuenta la escoria de alto horno granulada y molida (GGBFS) está más allá del alcance de este documento.

El concreto de alta resistencia se define como el concreto que tiene una resistencia a compresión especificada f'_c de 420 kg/cm² o mayor¹. En nuestra tesis nos hemos planteado como meta llegar a una resistencia mayor a la mencionada anteriormente como un rango práctico de trabajo, aunque pueden obtenerse resistencias más grandes. Las recomendaciones se basan en la práctica e información actual de los contratistas, proveedores de concreto, e ingenieros, quienes han estado involucrados en proyectos que tienen que ver con concreto de alta resistencia.

¹ Guía para seleccionar las proporciones para concreto de alta resistencia con cemento Portland y ceniza volante ACI 211.4R-93

CAPITULO II

2.- DESCRIPCIÓN DEL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA

2.1 Selección del Material

La producción efectiva de concreto de alta resistencia se logra seleccionando, controlando, y proporcionando cuidadosamente todos los materiales. A fin de lograr concretos de alta resistencia, se debe seleccionar las proporciones óptimas, considerando las características del cemento, microsílíce, la calidad del agregado, la proporción de la pasta, la interacción agregado-pasta, el tipo de aditivo y la forma de dosificación, y el mezclado.

Al evaluar el cemento, microsílíce, el aditivo químico y el agregado, procedente de varias fuentes potenciales en proporciones variables, se podrá indicar la combinación óptima de los materiales.

2.1.1 Cemento Pórtland

La selección apropiada del tipo y de la fuente de cemento es uno de los pasos más importantes en la producción de concreto de alta resistencia. El ASTM C 917² puede ser útil al considerar la fuente de cemento. Las variaciones en la composición química y de las propiedades físicas del cemento afectan la resistencia a compresión del concreto más que las variaciones en cualquier otro material tomado individualmente. Para cualquier conjunto dado de materiales, existe un contenido de cemento óptimo más allá de cual no se logra ningún incremento adicional, o si acaso un pequeño incremento de la resistencia, al incrementar el contenido de cemento.

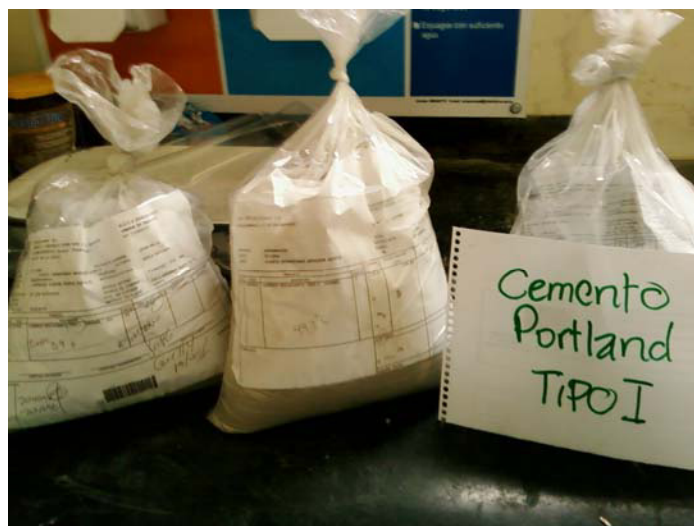


Figura 2.1 Cemento Portland Tipo I

² Método de prueba estándar para la evaluación de la uniformidad de la resistencia del cemento proveniente de una sola fuente - ASTM C 917

2.1.2 Otros materiales cementantes

Se han considerado materiales cementantes finalmente divididos distintos al cemento Pórtland, que consisten principalmente de ceniza volante, escoria de alto horno molida o humo de sílice (microsílice). En la producción de concreto de alta resistencia, debido al alto contenido de materiales cementantes requerido y a una baja relación $w/(c+p)$. Estos materiales pueden ayudar a controlar la elevación de la temperatura en el concreto a edades tempranas y pueden reducir la demanda de agua para una trabajabilidad dada. Sin embargo, la ganancia de resistencia temprana del concreto puede reducirse.

El ASTM 618³ especifica los requisitos para cenizas volantes Clase F y Clase C, y para puzolanas naturales calcinadas o crudas, Clase N, para usarse en el concreto. Las propiedades de la ceniza volante pueden variar considerablemente en diferentes áreas y diferentes fuentes dentro de una misma área.

³ Especificación para las cenizas volantes y para puzolanas naturales calcinadas o crudas en el Concreto - ASTM 618

Las cenizas volantes preferidas para usarse en concreto de alta resistencia tienen una pérdida en la ignición no mayor del 3%, tienen un alto grado de finura, y proceden de una fuente con una uniformidad que cumple con los requisitos de ASTM C 618.

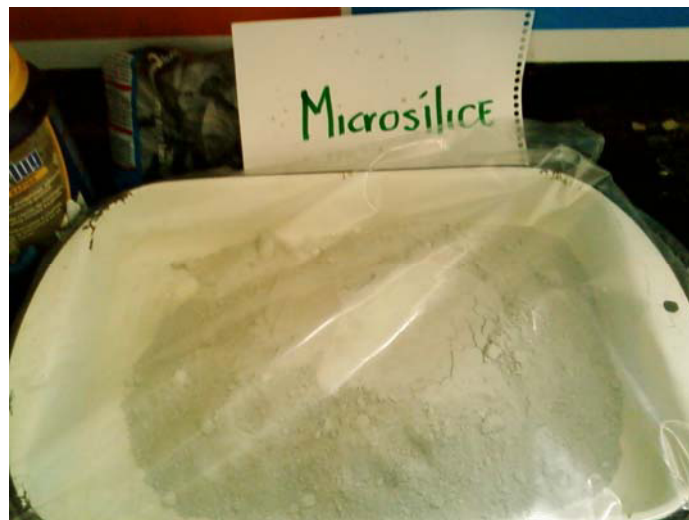


Figura # 2.2 Microsilice



Figura # 2.3 Filler Caliza

2.1.3 Agua de Mezclado

La aceptación del agua para concreto de alta resistencia no es la preocupación mayor si se usa agua potable. De otro modo, debe probarse el agua para verificar su conveniencia de acuerdo con el ASTM C 94⁴



Figura# 2.4 Agua

2.1.4 Agregado Grueso

En el proporcionamiento de concreto de alta resistencia, los agregados requieren de especial consideración, ya que ocupan el volumen más grande que cualquier otro ingrediente en el concreto, e influyen significativamente en la resistencia y en otras propiedades del concreto.

⁴ Especificación Normativa para el Concreto Premezclado - ASTM C 94

Usualmente, los concretos de alta resistencia son producidos con agregados de peso normal. Sin embargo existen reportes de concreto de alta resistencia producidos con agregados de peso ligero para concreto estructural y agregados pesados para concreto de alta densidad.

El agregado grueso influirá significativamente en la resistencia y en las propiedades estructurales del concreto. Por esta razón, debe escogerse un agregado grueso que sea suficientemente duro, libre de fisuras o de planos débiles, limpios y libres de recubrimientos superficiales. Las propiedades del agregado grueso también afectan las características de adherencia entre el agregado y el mortero y los requisitos de agua de mezclado. Se ha demostrado que los agregados de tamaño más pequeño proporcionan mayor resistencia potencial.

Para cada nivel de resistencia del concreto, existe un tamaño óptimo para el agregado grueso que producirá la mayor resistencia a compresión por kilogramo de cemento. Es común el agregado con un tamaño máximo nominal de 25 o 20 mm para producir resistencias del concreto de hasta 63.5 MPa; y de 12 o

9.5 mm por encima de 63.5 MPa. En general, el agregado de tamaño más pequeño produce la resistencia más alta para una relación $w/(c+p)$ dada. Sin embargo, son factibles resistencias a compresión que exceden 70 MPa usando un agregado de tamaño máximo nominal de 25 mm cuando la mezcla se diseña con aditivos químicos. La selección del Tamaño máximo del Agregado es una consideración importante cuando también son importantes la optimización del módulo de elasticidad, la fluencia y la contracción por secado.



Figura # 2.5 Piedra 12 mm.

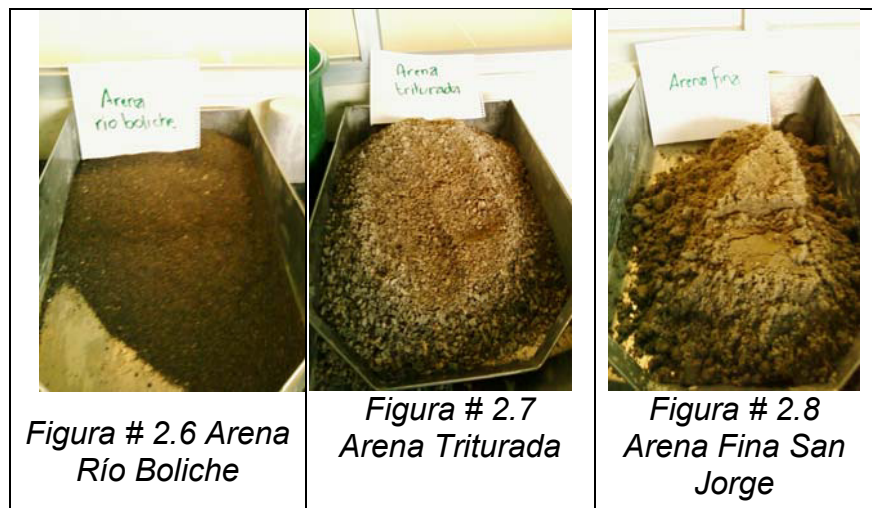
2.1.5 Agregado fino

La granulometría y la forma de la partícula del agregado fino son factores significativos en la producción de concreto de alta resistencia. La forma de la partícula y la textura de la superficie pueden tener un efecto tan grande en los requisitos del agua de mezclado y la resistencia a compresión del concreto como lo tienen con el agregado grueso.

Los agregados finos de la misma granulometría, pero con una diferencia de 1% en el contenido de vacíos puede dar como resultado una diferencia de 3.5 l por m³ en la demanda de agua. Puede encontrarse más información en el ACI 211.1.

La cantidad de la pasta requerida por unidad de volumen de una mezcla de concreto se reduce al tiempo que se incrementa el volumen relativo del agregado grueso con respecto al material fino. Debido a que la cantidad del material cementante contenido en el concreto de alta resistencia es grande, el volumen de los finos tiende a ser alto. Consecuentemente, el volumen de la arena debe mantenerse al mínimo necesario para lograr trabajabilidad y una buena compactación. De esta manera, será posible producir concretos de más alta resistencia para un contenido dado de material cementante.

Son preferibles los agregados finos con un módulo de finura (MF) en el rango de 2.5 a 3.2 para concretos de alta resistencia. Las mezclas de concreto hechas con un agregado fino que tenga un MF menor que 2.5 pueden ser "pegajosas" y dar como resultado una pobre trabajabilidad y un requerimiento de agua más alto. A veces es posible mezclar arenas de diferentes fuentes para mejorar su granulometría y su capacidad para producir resistencias más altas. Si se usan arenas manufacturadas, debe considerarse un posible incremento en la demanda de agua para la trabajabilidad. La forma de la partícula y el incremento del área superficial de las arenas manufacturadas en comparación con las arenas naturales pueden afectar en forma importante la demanda de agua.



2.1.6 Aditivos Químicos

En la producción de concreto, la disminución de $w/(c+p)$ disminuyendo la cantidad del agua más que incrementando el contenido total de materiales cementantes, usualmente producirá resistencias a compresión más altas. Por esta razón, debe considerarse el uso de aditivos químicos al producir concreto de alta resistencia, ACI 212⁵ y ASTM C 494⁶.

En nuestra tesis los volúmenes de dosificación de los aditivos químicos se basan en peso (kg.) de total del material cementante.

Si se usan aditivos en polvo, las cantidades de dosificación se toman con base en el peso seco. El uso de aditivos químicos puede mejorar y controlar la velocidad de endurecimiento y la pérdida de revenimiento, y dar como resultado la ganancia de resistencia acelerada, mejor durabilidad, y trabajabilidad mejorada.

⁵ Químicos para mezclas de concreto - ACI 212

⁶ Especificación de Químicos para mezclas de Concreto - ASTM C 494

Los aditivos reductores de agua de alto rango (RAAR) también son conocidos como superfluidificantes, y son más efectivos en mezclas de concreto que son ricas en cemento que otros materiales cementantes. Los RAAR ayudan a dispersar las partículas de cemento, y pueden reducir los requisitos de agua de mezclado hasta en un 30%, incrementando de este modo las resistencias a compresión del concreto.

Generalmente los concretos de alta resistencia contienen un aditivo reductor de agua convencional o un aditivo retardante y reductor de agua y un RAAR.

La dosificación de los aditivos podrá ser muy probablemente diferente de la dosificación recomendada por el fabricante. Aunque sólo se tiene una información limitada, también se ha producido concreto de alta resistencia usando una combinación de aditivos químicos, tales como una dosificación alta de un reductor de agua de fraguado normal y un acelerador de fraguado.

El rendimiento de los aditivos está influido por los materiales cementantes usados específicamente en una mezcla. La dosificación óptima de un aditivo o una combinación de aditivos debe ser determinada por mezclas de prueba usando cantidades variables de aditivos. Los mejores resultados se obtienen, generalmente, cuando se agrega un RAAR después de que el cemento ha sido mojado en las operaciones de dosificación y mezclado.

Rara vez se usan aditivos inclusores de aire en aplicaciones para edificios de concreto de alta resistencia cuando no existen preocupaciones por congelación y deshielo fuera del periodo que dura la construcción. Si se requiere aire incluido debido a ambientes severos, se reducirá significativamente la resistencia a compresión del concreto.

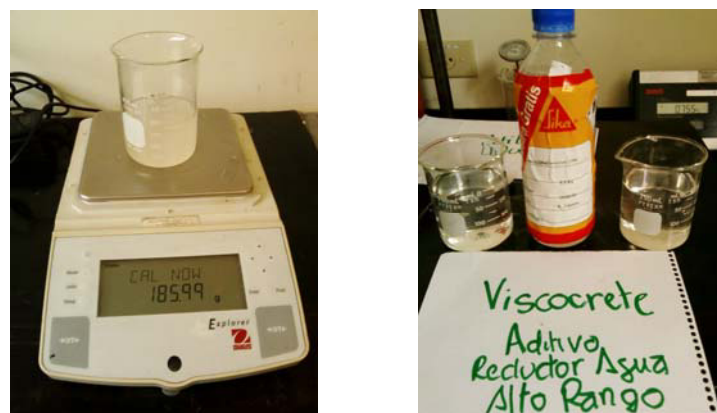


Figura # 2.9 Aditivo Viscocrete 2100

2.2 Relación de Agua-Material cementante

Muchos investigadores han llegado a la conclusión de que la variable única más importante para lograr un concreto de alta resistencia es la relación agua-cemento (w/c) puesto que la mayoría de las mezclas de concreto de alta resistencia contiene otros materiales cementantes, debe considerarse una relación $w/(c+p)$ en lugar de la tradicional w/c . La $w/(c+p)$, al igual que la w/c , puede ser calculada con base en la masa. La masa del agua en RAAR debe ser incluida en la $w/(c+p)$.

Se ha encontrado que la relación que existe entre w/c y la resistencia a compresión, que ha sido identificada en los concretos de resistencia normal, es válida también para concretos de resistencia más alta. Se ha probado que el uso de aditivos químicos y otros materiales cementantes son generalmente esenciales para producir un concreto que pueda ser colocado con una relación w/c baja. Las $w/(c+p)$ para concretos de alta resistencia típicamente han variado desde 0.20 hasta 0.50.

2.3 Trabajabilidad

La trabajabilidad es aquella propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad con la cual puede ser apropiadamente mezclado, colocado, consolidado, y acabado sin segregación.

Los concretos de alta resistencia deben ser colocados con el revenimiento más bajo que permita al concreto ser apropiadamente manejado y consolidado en la obra. Un revenimiento de 5 a 10 cm. proporciona la trabajabilidad requerida para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, deben considerarse previamente al diseño de las mezclas de concreto el espaciamiento del acero de refuerzo y los detalles de las cimbras.

Debido a los altos contenidos de agregado grueso y materiales cementantes y una baja relación $w/(c+p)$, los concretos de alta resistencia pueden ser difíciles de colocar. Sin embargo, los concretos de alta resistencia pueden ser colocados a revenimientos muy altos con RAAR sin problemas de segregación. Los concretos fluidos con revenimientos mayores a 20 cm. que incorporan RAAR, son muy efectivos para llenar los huecos entre el refuerzo apretadamente espaciado. En las situaciones de entrega, cuando la pérdida de revenimiento puede ser un problema, puede restablecerse

exitosamente un revenimiento adecuado a la colocación dosificando nuevamente el concreto con RAAR. Una segunda dosificación de RAAR da como resultado resistencias incrementadas a casi todas las edades de prueba. Esta práctica ha sido ventajosa, especialmente al usar RAAR para colocación del concreto en clima caliente.

2.4 Edad de la prueba

La selección de las proporciones de una mezcla puede ser influenciada por la edad de la prueba. Los concretos de alta resistencia pueden ganar resistencia considerable después de la edad normalmente especificada de 28 días. Para obtener una ventaja de esta característica, muchas especificaciones para la resistencia a compresión han sido modificadas respecto al criterio típico de 28 días, para considerar edades de 56 días, 90 días o edades más grandes. Usualmente, las proporciones de los componentes cementantes han sido ajustadas para producir la resistencia deseada a la edad de prueba seleccionada.

2.5 Mediciones de la Resistencia

2.5.1 Método de prueba

Se siguen los métodos de prueba estándar ASTM o AASHTO, excepto cuando hay cambios indicados por las características del concreto de alta resistencia ACI 363R⁷

La resistencia potencial para un conjunto dado de materiales puede ser establecida únicamente si los especímenes están hechos y ensayados bajo condiciones estándar. Deben probarse un mínimo de dos especímenes para cada edad y condición de prueba.

2.5.2 Tamaño de espécimen

Generalmente se especifican especímenes cilíndricos de 15 x 30 cm. como el estándar para la evaluación de la resistencia del concreto de alta resistencia. Sin embargo, se han usado cilindros de 10 x 20 cm. para las mediciones de resistencia.

⁷ Guía para Control de Calidad y prueba de Concreto de Alta Resistencia - ACI 363R

El tamaño del espécimen usado por el productor de concreto para determinar las proporciones de la mezcla debe ser compatible con la capacidad de carga de la máquina de pruebas y de acuerdo al tamaño del cilindro especificado por el diseñador para su aceptación. Las mediciones de la resistencia usando cilindros de 15 x 30 cm. no son intercambiables con aquellas obtenidas cuando se usan cilindros de 10 x 20 cm.

Tipo de moldes

El tipo del molde usado tendrá un efecto significativo en la resistencia medida a compresión. En general, los especímenes compañeros vaciados usando moldes de acero logran resistencias a compresión más consistentes que aquellos elaborados usando moldes de plástico.



Figura # 2.10 Moldes de Acero

2.5.3 Cabeceo de los especímenes

Previamente a la prueba de un cilindro, las bases usualmente son cabeceadas para procurar una transmisión uniforme de la fuerza desde la platina de la máquina de pruebas hacia el cuerpo del espécimen. El mortero de azufre es el material de cabeceo más ampliamente usado, y cuando se prepara apropiadamente, es económico, conveniente y desarrolla una resistencia relativamente alta en un corto periodo de tiempo. El espesor de la capa de cabeceo debe ser tan delgado como sea práctico, en el rango de 1.6 a 3 mm para especímenes de concreto de alta resistencia. Se usa un material de cabeceo de azufre de alta resistencia, disponible comercialmente, para determinar resistencias del concreto que exceden 70 MPa, con un grosor del mortero de azufre mantenido aproximadamente en 3 mm. Cuando se usa un material de cabeceo de azufre en especímenes de concreto de alta resistencia, es importante que se corrijan las condiciones irregulares de los extremos previamente al cabeceado. Las condiciones irregulares de las bases y los huecos de aire entre la cabeza y las superficies de las base del cilindro pueden afectar adversamente la resistencia medida a compresión. Algunos tecnólogos del concreto prefieren moldear o esmerilar los extremos del espécimen a las

tolerancias de ASTM C 39⁸ cuando las resistencias a compresión son mayores que 70 MPa. Nosotras hemos usado para el cabeceo de los núcleos un mortero compuesto de Cemento, arena, agua, Superplastificante (Sikament N100), Acelerante (Sigunit) y Microsílice, y con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga usamos tapas de almohadilla de neopreno ASTM C1231⁹. Los requerimientos de dureza en durometro para las almohadillas de neopreno varían desde 50 a 70 dependiendo del nivel de resistencia sometido a ensayo, en nuestro caso hemos usado de una dureza de 70. Las almohadillas se deben sustituir se presentan desgaste excesivo.



Figura # 2.11 Almohadillas de neopreno

⁸ Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto - ASTM C 39

⁹ Uso de almohadillas de Refrentado en la Determinación del Esfuerzo de Compresión de cilindros de concreto endurecido - ASTM C1231



Figura # 2.12

Neopreno en los anillos de retención



Figura #2.13

Cilindro, Anillo de retención y neopreno



Figura # 2.14

Cilindro capeado con mortero

2.6 Criterios para Autocompatibilidad en Hormigón de Alta Resistencia

El hormigón autocompactante (HAC) se puede definir como aquel hormigón que es capaz de fluir en el interior del encofrado, rellenando de forma natural el volumen del mismo pasando entre las barras de armadura y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso sin compactación interna o externa (Okamura, 1997).

Tales características se consiguen con la fluidez, viscosidad y cohesión apropiadas en las mezclas de estos hormigones. La alta fluidez proporciona la facilidad de fluir en el encofrado y el relleno del mismo, y la viscosidad y cohesión moderadas evitan la segregación de sus componentes garantizando una deformabilidad uniforme en el proceso de colocación. En este sentido, la facilidad o habilidad para el relleno y el paso entre las armaduras son parámetros esenciales en la definición de las prestaciones de estos hormigones.

El diseño y la caracterización de estos hormigones llevan asociado el desarrollo de procedimientos de ensayo encaminados a validar la capacidad de fluir del hormigón, dentro de unos rangos de cohesión de la mezcla que permitan su colocación sin segregación y con un efecto de auto compactación; estos procedimientos de ensayo se apartan de los procedimientos clásicos de caracterización del comportamiento en fresco del hormigón, siendo actualmente una parte de los mismos procedimientos aún no normalizados.

El ACI 237R¹⁰ en la tabla 4.2 resume los parámetros para el proporcionamiento de mezclas de pruebas para el diseño del hormigón Autocompactante que se resumen a continuación

Volumen absoluto del agregado grueso en la mezcla	28-32%
Fracción de pasta(calculada del volumen total de la mezcla)	34-40%
Fracción de mortero calculada del volumen total de la mezcla)	68-72%
Relación agua / material cementante	0.32 a 0.45
Cantidad de cemento	386 a 475 kg/m3

Tabla # 2.1

Parámetros del Hormigón Autocompactante

¹⁰ Hormigón Autocompactante – ACI 237 R

CAPITULO III

3. PROPIEDADES DEL HORMIGON EN ESTADO FRESCO

3.1 Generales

Determinación de la densidad. (ASTM C138)

Se utiliza un molde rígido que se rellena y compacta. Se determina la masa de hormigón restando, de la masa total, la del molde. Dividiendo por el volumen del molde se obtiene la densidad. Los valores medidos de peso unitario para hormigones de alta resistencia son ligeramente mayores que los de hormigón normal, siendo realizados, sin embargo, con los mismos materiales.



Figura # 3.1 Ensayo para determinar la Densidad

Contenido de aire incluido (ASTM C138)

Consiste en determinar la deformación elástica que experimenta el hormigón fresco bajo una presión dada y en condiciones definidas, y compararla con la de un volumen conocido de aire sometido a la misma presión.



Figura # 3.2

Ensayo para determinar el Aire incluido

3.2 Pruebas para medir las características de Autocompactibilidad.

El ensayo de extensión de flujo consiste en verter el hormigón en el cono de Abrams sin compactar, y levantar lentamente el cono de modo que el hormigón se extienda formando casi un círculo. En este ensayo la altura del asentamiento no constituye una medida representativa para evaluar las mezclas de tales hormigones, siendo

el diámetro de la extensión alcanzada por el hormigón una de las medidas representativas del ensayo. Los requisitos para la extensión de flujo son un diámetro final de 60-75 cm y un tiempo de 5 ± 2 segundos para alcanzar un diámetro de 50 cm (denominado como T50)¹¹



(a) Cono y base

Figura 3.3
Cono de Abrams



(b) Diámetro final de extensión

Foto # 3.4
Ensayo de extensión de flujo

¹¹ ACI 237 Hormigón Autocompactante

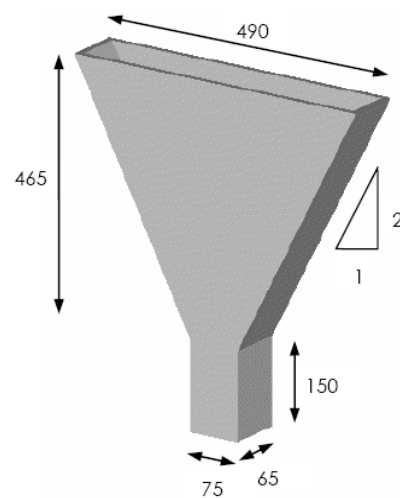
El ensayo de La caja en L, denominada en inglés como L-Box consiste en llenar el depósito y dejar fluir el hormigón hacia el canal a través de las armaduras. Se determinan el tiempo que tarda el hormigón en llegar a una distancia de 200 mm (T20) y de 400 mm (T40), y las alturas H1 y H2 que se alcanzan en ambos extremos de la parte horizontal, con la mezcla ya en reposo. La razón $H2/H1$ se define como el coeficiente de bloqueo.

La prueba permite determinar valores que cuantifican el bloqueo y estimar la fluidez del hormigón tras pasar por los obstáculos.



Figura # 3.5 Caja en L

El ensayo del embudo-V consiste en medir el tiempo en que un cierto volumen (aproximadamente 10 litros) de hormigón tarda en fluir a través de un embudo que se conecta a un canal de salida o descarga. Para las dimensiones consideradas en la figura, el tiempo de flujo recomendado para un HAC es de 10+3 segundos.



(b) Sección rectangular



Figura # 3.6
Embudo V

El anillo de barras, denominado a menudo anillo japonés, o J-Ring en inglés, es un aparato que se utiliza en combinación con otros ensayos, como son el de extensión de flujo o embudo-V, a efectos de evaluar conjuntamente las habilidades de fluir y de pasar entre barras de armadura

El procedimiento consiste en realizar el ensayo con el que se combine, pero dejando después fluir el hormigón horizontalmente sobre una superficie plana de manera que tenga que atravesar las barras del anillo para extenderse. El aparato consiste en un anillo de 300 mm de diámetro, en el cual se disponen barras verticales de armadura de 100 o 120 mm de altura, con una apropiada separación entre ellas. Normalmente, se considera adecuado el uso de un espacio entre las barras igual o superior a tres veces el tamaño máximo del árido.

Una vez cesa el flujo, se miden las alturas de hormigón justo dentro y fuera del anillo para evaluar el bloqueo. Ocasionalmente, también puede medirse el diámetro final de extensión, como la media de dos diámetros perpendiculares.

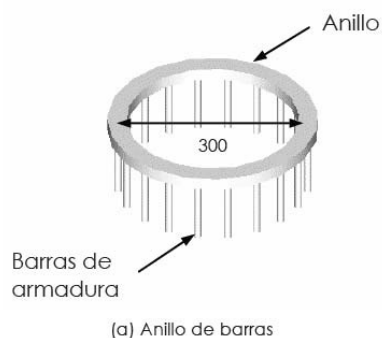


Foto # 3.7
Anillo de barras

CAPITULO IV

4. CARACTERISTICAS MECANICAS DEL HORMIGON

Los ensayos que evalúan las características mecánicas del hormigón vienen regularizados por las normas ASTM, en sus distintos puntos.

4.1 Resistencia a la compresión

Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M-03).

La más común de todas las pruebas sobre el hormigón endurecido es la prueba de resistencia a la compresión, en parte porque muchas de las características deseables del hormigón están relacionadas cualitativamente con su resistencia, pero fundamentalmente por la importancia intrínseca de la resistencia a la compresión del hormigón en el diseño estructural.

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se

presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste. Los instrumentos usados son:

-Máquina de ensayo. La máquina de ensayo debe ser de un tipo tal que tenga suficiente capacidad de carga y debe operar mecánicamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques. La prensa utilizada en este ensayo pertenece a la marca ELE ADR 2000, aplicándose una velocidad de carga de 2,4 kN./seg. para cilindros de hormigón de 100 x 200 mm. y de 5 kN./seg. para cilindros de hormigón de 150 x 300 mm.



Figura # 4.1
Prensa "ELE" 2000 kN.

Procedimiento.

El ensayo de compresión de muestras curadas en agua debe hacerse inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado. La muestra se debe mantener húmeda utilizando cualquier método, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando es ensayada. Debe ensayarse en condición húmeda.

Colocar la muestra sobre la plataforma de la máquina de ensayo. Aplíquese la carga continuamente sin golpes bruscos, hasta que la muestra falle y regístrese la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo.



Figura # 4.2 Ensayo de Compresión

4.2 Resistencia a la flexión

Ensayo de resistencia a la flexión (ASTM C78-02).

En estas pruebas, una simple viga de hormigón (sin refuerzo) se sujeta a flexión usando carga en dos puntos situados simétricamente hasta que ocurre la falla. Puesto que los puntos de carga están espaciados a un tercio del claro libre, la prueba es llamada prueba de carga en los tercios medios.

El esfuerzo a tracción máximo teórico alcanzado en la fibra inferior de la viga de prueba es conocido como módulo de rotura.

-Máquina de ensayo. El método de carga en los tercios de la luz deberá utilizarse en la realización de ensayos de flexión, empleando bloques de carga, los cuales asegurarán que las fuerzas aplicadas a la viga sean perpendiculares a la cara del espécimen y sin excentricidad.

La prensa utilizada en este ensayo pertenece a la marca ELE ADR 3000, aplicándose una velocidad de carga de 1,13 kN./seg. para vigas de hormigón de 150 x 150 x 500 mm.



Figura # 4.3 Equipo utilizado prensa “ELE” 3000 kN.

Procedimiento.

Céntrese el sistema de carga en relación con la fuerza aplicada. Póngase los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios, entre los soportes.



Figura # 4.4 Ensayo Resistencia a la Flexión

Aplíquese la carga en forma continua que incremente constantemente el esfuerzo de la fibra extrema, hasta que ocurra la rotura. Regístrese la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo y calcúlese el módulo de rotura.



Figura # 4.5 Viga ensayada a flexión



Figura # 4.6 Aspecto de la viga de ensayada a flexión

4.3 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral (ASTM C496)

En esta prueba, se coloca un cilindro de hormigón, del tipo utilizado para pruebas de compresión, con su eje horizontal entre las platinas de una máquina de pruebas, y se aumenta la carga hasta que ocurra la falla por tensión indirecta en forma de separación a lo largo del diámetro vertical.



Figura # 4.7

Ensayo Resistencia a la Compresión Diametral

-Máquina de ensayo. Debe ser de similares características a las mencionadas anteriormente para el ensayo de compresión.

La prensa utilizada en este ensayo pertenece a la marca ELE ADR 2000, aplicándose una velocidad de carga de 0,94 kN./seg. para cilindros de hormigón de 100 x 200 mm.

-Platina de apoyo suplementaria. Si el diámetro o la mayor dimensión de las placas de apoyo, inferior y superior son menores que la longitud del cilindro para ensayo, debe usarse una platina suplementaria de acero maquinado.



Figura # 4.8
Patina de apoyo suplementaria.

-Listones de apoyo. Deben ser dos tiras de cartón o dos listones de madera triplay, de 3 mm. de espesor y 25 mm. de ancho.

Procedimiento.

Se coloca un listón de apoyo a lo largo del centro de la parte inferior de la platina de apoyo. Se pone el cilindro sobre el listón, de tal manera que el punto de tangencia de las dos bases esté concentrado sobre la lámina de apoyo. Se coloca el segundo listón longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo en forma similar al anterior. Se aplica la carga al cilindro en forma continua evitando impactos, a velocidad constante mientras se rompe el cilindro. Se anota la carga máxima de la máquina en el momento de la rotura.



Foto # 4.9

Prensa - Ensayo de Tracción por Compresión Diametral

4.4 Módulo de Elasticidad

Ensayo de módulo de elasticidad (ASTM 469-02)

Siendo el hormigón un material usado en todo tipo de estructuras incluyendo pavimentos interesa conocer sus comportamientos elástico y plástico. La relación entre esfuerzos y deformaciones es de vital importancia.

La curva esfuerzo – deformación para hormigones se obtiene al aplicar cargas que generan esfuerzos, el ASTM C 469-02 considera como Módulo de Elasticidad (Estático) el que corresponde a un esfuerzo igual al 40% de la carga de rotura o carga última.

-Máquina de ensayo. Debe ser de similares características a las mencionadas anteriormente.

La prensa utilizada en este ensayo pertenece a la marca ELE ADR 2000 para cilindros de hormigón de 150 x 300 mm.

-Dispositivo medidor de deformación. El deformímetro usado deberá estar situado en forma que su movimiento de deformación ocurra a lo largo del eje longitudinal del cilindro y deberá estar ajustado concéntricamente alrededor de la periferia del espécimen,



Figura # 4.10

Deformímetro empleado para determinar el módulo de elasticidad.

Procedimiento.

Para determinar el módulo de elasticidad los especímenes requieren tener una edad de 28 días para ser ensayados.

Se deberá tener una pareja de especímenes, el primero deberá ser ensayado a compresión simple a la edad de 28 días para determinar la carga máxima, el segundo espécimen se deberá cargar con el 40% de la carga máxima determinada en el primer espécimen.

Antes de proceder a ensayar el segundo espécimen éste debe ser cargado tres veces con el 40% de la carga máxima determinada con la finalidad de relajar el hormigón, una vez hecho esto se procede a cargar el hormigón hasta el 40% de la carga máxima repartida en intervalos iguales, registrando la respectiva deformación para cada uno de dichos intervalos.

Se determina el módulo de elasticidad y la curva esfuerzo – deformación.



Figura # 4.11

Cilindros de 150 x 300 para Modulo de Elasticidad



Figura # 4.12

Colocación del cilindro a ensayarse con el deformímetro



Figura # 4.13

Cilindro con el deformímetro en la prensa

CAPITULO V

5.- DESCRIPCION DE LOS METODOS NO DESTRUCTIVOS

5.1 Rebote esclerométrico

El modo de trabajo del martillo de rebote también llamado Martillo Schmidt o Martillo Suizo esta ilustrada en la figura.

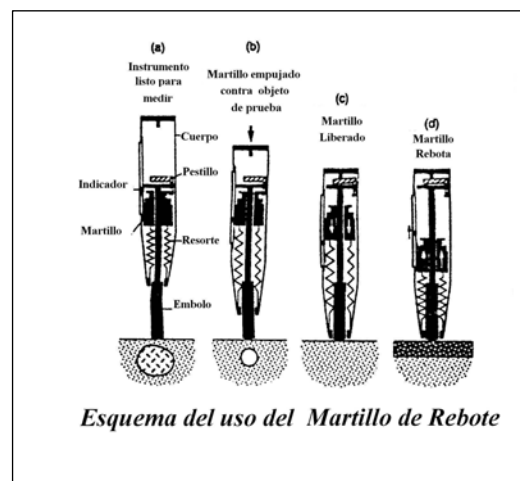


FIGURA # 5.1

ESQUEMA DEL USO DEL MARTILLO DE REBOTE

El mecanismo consiste en los siguientes componentes principales: armazón completo, barra de deslizamiento, martillo y resorte. Para elaborar las pruebas, la barra de deslizamiento debe de estar extendida del cuerpo del aparato y puesta en contacto con la superficie de concreto. Una representación detallada del esclerómetro es la siguiente:

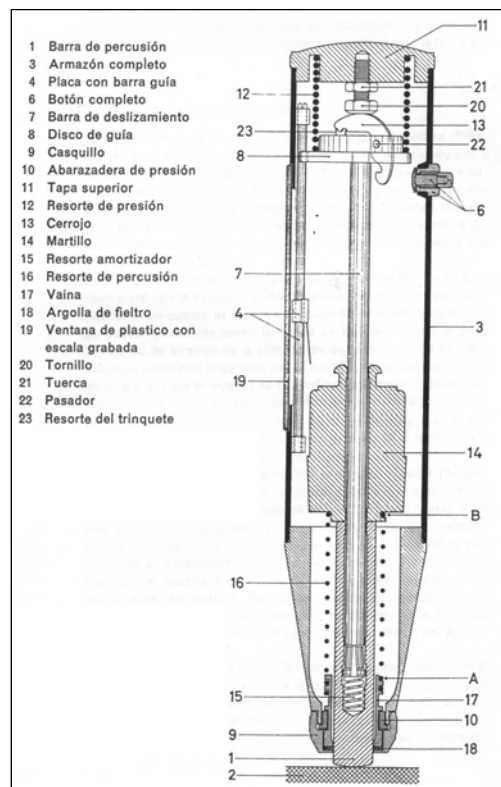


FIGURA # 5.2

DETALLE DEL INTERIOR DEL MARTILLO DE REBOTE

Cuando la barra de deslizamiento está extendida, un mecanismo conecta el martillo a la parte superior de la barra. El cuerpo del instrumento es presionado contra la superficie de concreto. Esta acción causa una extensión del resorte conectado al martillo. Cuando el cuerpo es presionado hasta su límite el resorte es soltado y este hala el martillo hacia la superficie de concreto. El martillo impacta el área de la barra y rebota.

La clave, para entender las limitaciones de este método, son los factores que influyen las distancias de rebote. Desde un punto de vista fundamental la prueba es una relación compleja entre carga de impacto y una onda propagada.

La distancia de rebote depende de la energía cinética en el martillo después de que es impactado con la barra, y cuanto de esta energía es absorbida durante el impacto. Parte de la energía es absorbida por el mecanismo de fricción en el instrumento, y otra por la interacción de la barra de desplazamiento con el concreto. De esta manera la energía absorbida es relacionada con la resistencia y dureza del concreto. Una baja resistencia y dureza absorbería más energía que un concreto de alta resistencia y dureza. Entonces una baja resistencia se reflejaría en un bajo número de rebotes. También puede ocurrir que concretos con diferentes resistencias pero igual

dureza tengan diferente número de rebotes, así como que concretos con igual resistencia, tengan diferente dureza y tengan el mismo número de rebotes. Se deduce que los agregados influyen en la dureza, es necesario que se relacionen las pruebas con una misma mezcla.

El número de rebotes es influenciado por el área de concreto a tratarse. La prueba es sensible a condiciones locales. Si la barra es localizada sobre una agregado duro, un inusual alto número de rebotes será registrado. Por otro lado si es agregado muy frágil, un número bajo de rebotes será registrado. Debido a esto el ASTM C 805¹² requiere un mínimo de 10 pruebas de rebote para un espécimen. Si una lectura difiere en siete unidades de las demás esta será descartada. Si más de una lectura difiere en siete unidades de las demás todas las lecturas serán descartadas.

Como las pruebas de rebote son tomadas en la superficie de concreto, éstas no representaran la parte interior del concreto, ya que la presencia de una superficie carbonatada podría ser el resultado de un mayor número de rebotes que no estarían reflejados en el interior del concreto.

¹² Método de prueba estándar para el número de rebote en un hormigón endurecido - ASTM C 805

También la existencia de superficies secas o distintamente curadas influenciaría en los resultados, así como una superficie del concreto rugosa deberá ser nivelada antes de ser probada, ya que los desniveles podrían dar una mala interpretación de su resistencia.

Finalmente el número de rebotes será afectado por la orientación que tenga martillo de rebote.



FIGURA # 5.3
MARTILLO DE REBOTE

5.2 Ultrasonido

Para el caso del hormigón existe una serie de equipos comerciales que miden el tiempo de tránsito de un pulso ultrasónico entre dos transductores colocados a ambos lados del elemento constructivo o sobre una cara de éste. A partir de esta medición se obtiene la

velocidad de propagación de pulsos ultrasónicos que en general coincide con la velocidad longitudinal.

Dicha velocidad presenta una dependencia conocida con la resistencia a la compresión obtenida por métodos destructivos. Por tanto mediante este método se puede conocer la resistencia de una estructura de hormigón si previamente se ha obtenido la dependencia entre la velocidad y la resistencia.

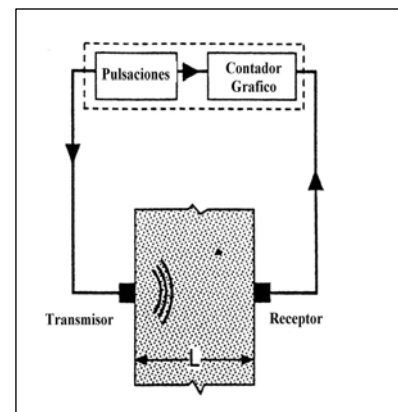


Figura # 5.4

ESQUEMA DE COMPONENTES DE EL EQUIPO DE ULTRASONIDO

La norma ASTM C 597 (Método de prueba estándar para la velocidad de propagación de pulso a través del hormigón) determina la velocidad de propagación de un pulso vibratorio de energía a través del hormigón. Un pulso manda una señal de alto voltaje y corta duración, a un transductor, causando que este vibre a su frecuencia

de resonancia. Al comienzo del pulso eléctrico, un contador electrónico se encenderá. Las vibraciones del transductor serán transmitidas a través de un gel.

El pulso se traslada a través del miembro y es recibido por un receptor ubicado en el otro extremo. Cuando el pulso es recibido el contador se detiene y marca el tiempo de recorrido de transductor a transductor. Otros factores además de la resistencia del concreto pueden afectar la velocidad de pulsación. Uno de los factores es la cantidad de mortero en la mezcla. Cuando la mezcla de mortero pasa de un estado seco a uno saturado, está registrado que la velocidad de pulsación se incrementará en un cinco por ciento.

Antes de aplicar la prueba, es necesario efectuar un reconocimiento visual de los puntos que se van a ensayar, con el fin de determinar la rugosidad de la superficie, la presencia de huecos y fisuras que afectarán nuestra prueba. Es necesario quitar el acabado de la superficie (yeso, cemento, pintura, etc.) con el fin de evitar resultados erróneos por la posible separación entre el acabado y el elemento que se va ensayar.

CAPITULO VI

6.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

6.1 Materiales empleados y sus propiedades

Para elaborar las muestras se utilizo un hormigón premezclado utilizando moldes para cilindros y vigas estandarizados por las normas ASTM. Todos los ensayos realizados se encuentran en los anexos. La composición de los materiales se presenta a continuación:

Cemento Pórtland

En el anexo se muestran propiedades físicas y químicas del cemento Pórtland tipo I y IPHE.



Foto # 6.1
Cemento Tipo I

Agregado Grueso

Piedra ASTM # 78

La piedra # 78 utilizada no es otra cosa que la fusión de la piedra # 7 y la piedra # 8 que se encuentra descrita en la norma, la piedra # 7 va desde (12.5 mm – 4.75 mm) y la piedra # 8 desde (9.5 mm – 2.36 mm) lográndose una combinación que tiene como resultado que el tamaño máximo de la piedra # 78 es 12.5 mm y el mínimo es de 2.36 mm obteniendo así una buena gradación.

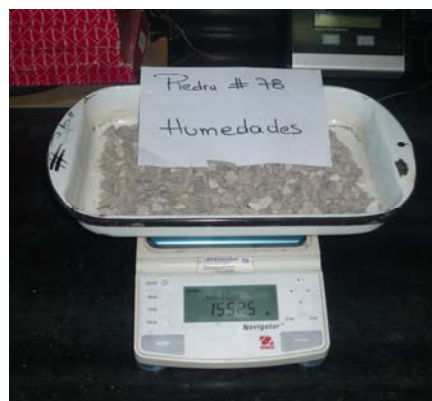


Foto # 6.2
Piedra # 78.

Procedencia: Canteras Calizas Huayco

Densidad sss: 2639 kg/m³

Absorción: 1.27 %

Piedra ASTM # 67

La piedra # 67 utilizada que se encuentra descrita en la norma posee como características que el tamaño máximo es 19 mm y el mínimo es 4.75 mm obteniendo así una buena gradación.

Procedencia: Canteras Calizas Huayco

Densidad sss: 2622 kg/m³

Absorción: 1.4 %



Foto # 6.3

Piedra # 67

Agregado fino

Arena natural del río Boliche

Esta arena es tratada a través de un proceso de limpieza para poder quitar agentes contaminantes o perjudiciales para el hormigón como son las sales, su forma es redondeada.



Foto # 6.4
Arena de Río

Procedencia: Río Boliche

Tamaño máximo del agregado: 4.75 mm

Densidad: 2730 kg/m³

Absorción: 1.83 %

Arena triturada

La arena triturada utilizada para la mezcla está comprendida en un tamaño menor a 4.75 mm (No 4), esta se la obtiene de la trituración de la piedra caliza y se la emplea debido a la mayor dotación que precisan los HAC para obtener sus propiedades reológicas.

Su forma es lajosa ya que como proviene de una trituración, es decir que tiene aristas vivas.

Procedencia: Canteras Calizas Huayco

Tamaño máximo del agregado: 4.75 mm

Densidad: 2674 kg/m³

Absorción: 2.47 %



Foto # 6.5 Arena Triturada

Arena fina de la cantera San Jorge

Procedencia: Cantera San Jorge (Frente a la Ciudadela La Joya)

Tamaño máximo del agregado: 1.18 mm

Densidad: 2690 kg/m³

Absorción: 2.31 %



Foto # 6.6

Arena San Jorge

Filler Calizo

Este tipo de hormigón se caracteriza por contener adiciones minerales que tienen por objeto incrementar la fluidez, asegurar la cohesión y apropiada viscosidad de las pastas, evitando la segregación de los agregados y reduciendo el rozamiento entre los mismos.

Los filler calizo son materiales minerales, que por su granulometría, mejoran las propiedades físicas del cemento, como la trabajabilidad y la retención del agua.

Además de su actividad reológica actúan en la cinética de la hidratación del cemento, aceleran la formación del C3S y son parcialmente incorporados en la fase C-S-H.

Se prescribe que el filler calizo tenga un contenido de carbonato de calcio superior al 75% en masa y estar libre de materia orgánica o arcilla.



Foto #6.7

Filler calizo.

Tamaño máximo: 150 μm

Microsílice

Se uso Microsílice (SikaFume), es una adición en polvo fino, color gris, con base en microsílica, que permite aumentar las resistencias mecánicas y químicas de hormigones y morteros endurecidos. Su doble efecto puzolánico y granular, mejora las características de la matriz del hormigón o mortero, disminuyendo la porosidad y creando mediante su reacción con la cal libre, una estructura densa y resistente al ataque de aguas y ambientes agresivos. No contiene cloruros

Densidad (aparente) 700 kg/m³

Solubilidad en agua parcial

pH a 20°C (10 g / 100 ml. agua) 6.5 – 8.5



Foto # 6.8

Microsílice

Aditivo Superplastificante de alto rango

El aditivo utilizado en las dosificaciones es el Sika ViscoCrete 2100 es un aditivo líquido, reductor de agua de alto rango y súper plastificante basado en polycarboxilatos.

Densidad: 1.1 kg/m³



Foto # 6.9
Viscocrete 2100 HE

Cabe recalcar que se hicieron algunas dosificaciones variando el tipo de aditivo, las respectivas hojas técnicas están en los anexos.

6.2 Equipos Utilizados

Martillo de Rebote

El DIGI-SCHMIDT 2 está diseñado para pruebas no destructivas de la uniformidad del hormigón, y para medir su Resistencia a la Compresión.

El índice esclerométrico determinado mediante este procedimiento se aplica para:

- Evaluar la uniformidad del hormigón in situ;
- Delinear zonas o regiones de hormigón pobre o deteriorado en las estructuras.
- Indicar cambios en el tiempo de características del hormigón, tales como velocidad de endurecimiento el cemento, acción de temperaturas, etc. De este modo provee información útil para determinar plazos de desmolde y descimbre;

- Supervisar rápidamente grandes áreas de hormigones similares en una construcción bajo consideración.

Posee las siguientes características:

- Una unidad Indicadora, con memoria no volátil para 5000 valores medidos, y un despliegue de imagen de 128 x128 LCD.
- Una energía de impacto de 2.207 Nm, un rango de medida de 10 a 70 N/mm² de Resistencia a la Compresión, y una precisión de $\pm 0.2 R$.

Procedimiento.

Establecer configuración básica.

Dirección de Impacto

Cálculo del valor requerido.

Número de serie de lectura.

Conversión.

Unidades.

Correcciones.

Pulir superficie con esmeril.

Soltar el Martillo.

Posicionar el martillo perpendicular a la superficie.

Presionar el martillo contra la superficie.

Mínimo de lecturas de 8 a 10.

Mínima distancia entre impactos 20 mm.



Foto # 6.10

Ensayo de Martillo de Rebote

Ultrasonido

El equipo ultrasónico TICO es utilizado en las pruebas no destructivas para determinar:

Uniformidad del Concreto.

Cavidades, Fisuras, defectos debido al calor y frío.

Módulo de Elasticidad.

Resistencia del Concreto.

Posee las siguientes características:

-Una unidad indicadora con memoria no volátil para 250 valores medidos, y un despliegue de imagen de 128 x 128 LCD.

-Transductores de 54 kHz.

Procedimiento.

Distancia para lecturas directas 15m.

Distancia para lecturas indirectas 0.25 a 0.5 m.

Aplicar gel en la superficie de contacto de los transductores.

La velocidad de pulsación en el concreto debe ser mayor a 2000 m/s.

Caso contrario las superficies deben de ser bien limpiadas y se debe utilizar más gel en los transductores.

Cuidadosamente se elige la muestra o el elemento que se va a ensayar y se toman tres lecturas como mínimo, anotando el tiempo de propagación de la onda en el hormigón y la distancia entre transductores o terminales; estas distancias no deben exceder de 400 mm y se recomienda que sean lo más constantes posibles para asegurarse de que las lecturas obtenidas sean uniformes.

Se debe asegurar que los transductores tengan un buen acoplamiento sobre la superficie del hormigón. Esto se logra colocando entre la superficie de hormigón y los transductores gel. Al colocar los transductores sobre la superficie del hormigón se debe:

- Procurar no moverlos, ya que se puede generar ruido y consecuentemente lecturas erróneas.
- Mantener firmes los transductores hasta que la lectura sea definida.



Figura # 6.11
Transductores

Con este dato, podemos determinar la calidad del elemento probado, consultando algunos de los criterios de clasificación de calidad que se muestran en la siguiente tabla.

Velocidad de la onda longitudinal m/s	Condición del hormigón
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre

Tabla # 6.1 Clasificación del hormigón por medio de velocidad de onda según Leslie y Cheesman¹³

¹³ Tecnología del Hormigón – Grupo de Hormigón - Ingeniería en Construcción UCV

6.3 Dosificaciones propuestas

Al proporcionar mezclas de concreto de alta resistencia, las consideraciones básicas tienen que determinar las cantidades requerida de los materiales a usarse para producir un concreto con las propiedades plásticas deseadas (trabajabilidad, terminado. etc.) y las propiedades ya endurecido (resistencia, durabilidad, etc.) al menor costo. Se requiere un proporcionamiento apropiado para todos los materiales usados, debido a que el buen desempeño del concreto de alta resistencia depende en gran medida de las propiedades de sus componentes individuales. El procedimiento descrito en ACI 211.1 para el proporcionamiento de concreto de resistencia normal es similar al requerido para concreto de alta resistencia. El procedimiento consiste de una serie de pasos, que, al ser completados proporcionan una mezcla que satisface los requisitos de resistencia y trabajabilidad con base en las propiedades combinadas de los componentes individualmente seleccionados y proporcionados. Sin embargo, en el desarrollo de una mezcla de concreto de alta resistencia, el obtener las proporciones óptimas está basado en una serie de pruebas. En la obtención de los resultados necesarios para este proyecto se elaboraron una serie de dosificaciones de las cuales se exponen algunas en la siguiente tabla y las otras se encuentran en los anexos:

	DISEÑOS (kg./m ³)			
	1	2	3	4
Cemento	450	450	433	456
Arena de Río	181.9	410	606.7	590.5
Arena Triturada	468.1	520.7	165.6	227.9
Arena Fina San Jorge	160	158	241	259
Piedra ASTM N°78	744	533	530	529
Agua	177	178	169	190
Viscocrete 2100	13.5	10	12	12
Micorosilice	22.50	23	22	23
Filler	174	124	111	118

Tabla 6.2
Dosificaciones Propuestas

6.4 Metodología Empleada

6.4.1 Preparación de Muestras

El cilindro normal es de 10 cm de diámetro por 20 cm de largo. Los cilindros son colados en un molde generalmente hecho de acero o fierro colado, con una base sujeta con abrazaderas; los moldes del cilindro son especificados por la norma ASTM C 470 (Especificación para el uso de moldes para los cilindros de concreto), la cual también permite el empleo de moldes

desechables de un solo uso, hechos de plástico, placa de acero y cartulina tratada.



Figura # 6.12

Cilindros de 10 cm de diámetro por 20 cm de largo

Los detalles de los moldes pueden parecer triviales, pero los moldes no convencionales pueden dar lugar a una prueba con resultados engañosos. Por ejemplo, si el molde tiene una baja rigidez, algo del esfuerzo de compactación se disipa, de manera que la compactación del concreto en el molde puede ser inadecuada; se registrará una menor resistencia. A la inversa, si el molde permite fuga del agua de mezclado, la resistencia del concreto aumentará. La reutilización excesiva de moldes destinados a utilizarse una sola vez o una reutilización limitada conduce a su deformación y a una evidente pérdida de resistencia.

El método para hacer cilindros de prueba está prescrito por la norma ASTM C192 (Especificación para la elaboración y las pruebas de control de curado de concreto en el Laboratorio).



Figura # 6. 13 Elaboración de cilindros

Las pruebas de un cilindro en compresión requieren que la superficie superior del cilindro esté en contacto con la platina de la máquina de pruebas.

Esta superficie, cuando está terminada con una llana, no es lo suficientemente tersa o lisa para las pruebas y requiere mayor preparación; ésta es una desventaja de los cilindros probados en compresión. El tratamiento de acabado de la parte superior de los cilindros por medio de cabeceo se considera en una sección posterior, pero incluso aunque los cilindros sean cabeceados, las

normas ASTM no permiten depresiones o protuberancias mayores de 3.2 mm; éstas podrían como resultado bolsas de aire.

Las vigas son moldeadas en acero con forma rectangular y con las dimensiones requeridas (150 mm de lado por 500 mm de longitud) para producir un espécimen deseado. La superficie interior de los moldes deberán estar bien lubricadas y libre de impurezas, todos sus ángulos deberán de estar debidamente alineados.



Figura# 6. 14
Elaboración de vigas

Los núcleos de prueba son obtenidos por medio de calado en los extremos de las vigas después de que han sido sujetas a flexión. Al ser parte de las mismas sus dimensiones están relacionadas, los núcleos tienen 150 mm de altura y un diámetro de 70 mm debido a la broca.



Figura # 6. 15
Calado de núcleos y cilindros calados

6.4.2 Elaboración de Ensayos

6.4.2.1 Resistencia a la compresión

Para el ensayo de compresión axial, la carga aplicada al espécimen será de 2.4 kN./s. Se utilizarán cilindros de 100 mm de diámetro con 200 mm de altura, los cuales serán sujetos en la prensa.

Además de ser planas las superficies extremas de los cilindros deberán ser normales a su eje, y esto también garantiza que los planos extremos sean paralelos entre sí.

6.4.2.2 Resistencia a la flexión

Los ensayos a flexión se realizan a una velocidad de 0.13 kN/s, en vigas rectangulares con dimensiones de 150 mm de lado y 500 mm de longitud. Las superficies en contacto con la máquina de carga en dos puntos se deben de nivelar con una lima para que no haya datos erróneos debido a cargas mal distribuidas.

6.4.2.3 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral

Para los ensayos de núcleos utilizados en Tracción por Compresión Diametral, con dimensiones de 150 mm de altura y 102 mm de diámetro, se utiliza la prensa de compresión con una velocidad de 0.5 kN/s, y se dispone del cilindro de manera horizontal para distribuir la carga en la superficie lateral del mismo.

6.4.2.4 Rebote esclerométrico

El ensayo fue elaborado sobre los cilindros sujetos en la prensa con una carga de 23 kN, de esta manera se evita que el cilindro salga de su posición en el momento de la medición.

El esclerómetro se presiona contra la superficie y en la pantalla digital del equipo se observa el valor medido, tomando así un total de doce mediciones, para establecer una media entre todos los valores, verificando que la desviación de estos no sea mayor que 2.

6.4.2.5 Ultrasonido

Para realizar esta prueba es necesario que las caras de los cilindros estén ubicadas de tal forma que el transmisor y el receptor se encuentren alineados entre si, para que la pulsación sea correctamente propagada.

La pantalla digital del equipo indica el tiempo en micro segundo que tardo la pulsación en trasladarse por el hormigón, y en conjunto con la altura medida del cilindro se determina la velocidad en m/s.

6.4.2.6 Modulo de Elasticidad

Para el Módulo de Elasticidad se debe tener una pareja de especímenes, el primero deberá ser ensayado a compresión simple a la edad de 28 días para determinar la carga máxima, el segundo espécimen se deberá cargar con el 40% de la carga máxima determinada en el primer espécimen, se usan cilindros de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura.

CAPITULO VII

7. METODOLOGIA ESTADISTICA EMPLEADA

Las correlaciones son relaciones establecidas entre variables aleatorias obtenidas en situaciones experimentales.

7.1. Correlación Simple.

Correlación existente entre dos variables. Su buena relación se la comprueba por medio un coeficiente de correlación muestral,

$$r = \sqrt{\frac{S_{xy}}{S_{xx} \cdot S_{yy}}}$$

r= Coeficiente de correlación de Pearson

Sxy = Covarianza entre las variables x, y

S_{xx} = Medida de variabilidad en x

S_{yy} = Medida de variabilidad en y

Su valor oscila entre 0 y 1. Y cuando su valor está más próximo a 1.0 la correlación es más precisa. Se establece una tendencia determinada por valores de X y Y.

7.2. Correlación Múltiple.

El grado de correlación existente entre tres o más variables se llama correlación múltiple. Los principios fundamentales implicados en los problemas de correlación múltiple son análogos a los de la correlación simple. Para permitir generalizaciones a números grandes de variables, conviene adoptar una notación de subíndices. Denotamos por $X_1, X_2, X_3, \dots$. Una ecuación de regresión es una ecuación para estimar una variable dependiente, digamos X_1 , a partir de las variables independientes $X_2, X_3, \dots$ y se llama una ecuación de regresión de X_1 , sobre $X_2, X_3, \dots$. En notación funcional eso se escribe a veces brevemente como $X_1 = F(X_2, X_3, \dots)$. Para el caso de tres variables, la ecuación de regresión más simple de X_1 sobre X_2 y X_3 tiene la forma:

$$X_1 = b_{1.23} + b_{12.3}X_2 + b_{13.2}X_3 \quad (1)$$

Donde $b_{1.23}, b_{12.3}$ y $b_{13.2}$ son constantes.

Así como existen rectas de regresión de mínimos cuadrados que aproximan un conjunto de N puntos dato (X,Y) en un diagrama de dispersión, existen también planos de regresión de mínimos cuadrados que ajustan un conjunto de N puntos dato (X_1, X_2, X_3) en un diagrama de dispersión tridimensional. El plano de regresión de mínimos cuadrados de X_1 sobre X_2 y X_3 tiene ecuación (1) donde $b_{1.23}$, $b_{12.3}$ y $b_{13.2}$ se determinan resolviendo :

$$\Sigma X_1 = b_{1.23}N + b_{12.3}\Sigma X_2 + b_{13.2}\Sigma X_3$$

$$\Sigma X_1 \Sigma X_2 = b_{1.23}\Sigma X_2 + b_{12.3}\Sigma X_2^2 + b_{13.2}\Sigma X_3 \Sigma X_2$$

$$\Sigma X_1 \Sigma X_3 = b_{1.23} \Sigma X_3 + b_{12.3} \Sigma X_2 \Sigma X_3 + b_{13.2} \Sigma X_3^2$$

Estas pueden obtenerse formalmente multiplicando ambos lados de la ecuación (1) por 1, X_2 y X_3 sucesivamente y sumando en ambos lados. El error típico de estimación de X_1 sobre X_2 y X_3 es::

$$S_{1.23} = S_1 \sqrt{\frac{1 - r_{12}^2 - r_{13}^2 - r_{23}^2 + 2r_{12}r_{13}r_{23}}{1 - r_{23}^2}}$$

$$r_{XY} = \frac{\Sigma XY}{\sqrt{\Sigma X^2 \Sigma Y^2}} \quad S_1 = \sqrt{\frac{\Sigma (X - X_{\text{media}})^2}{N}}$$

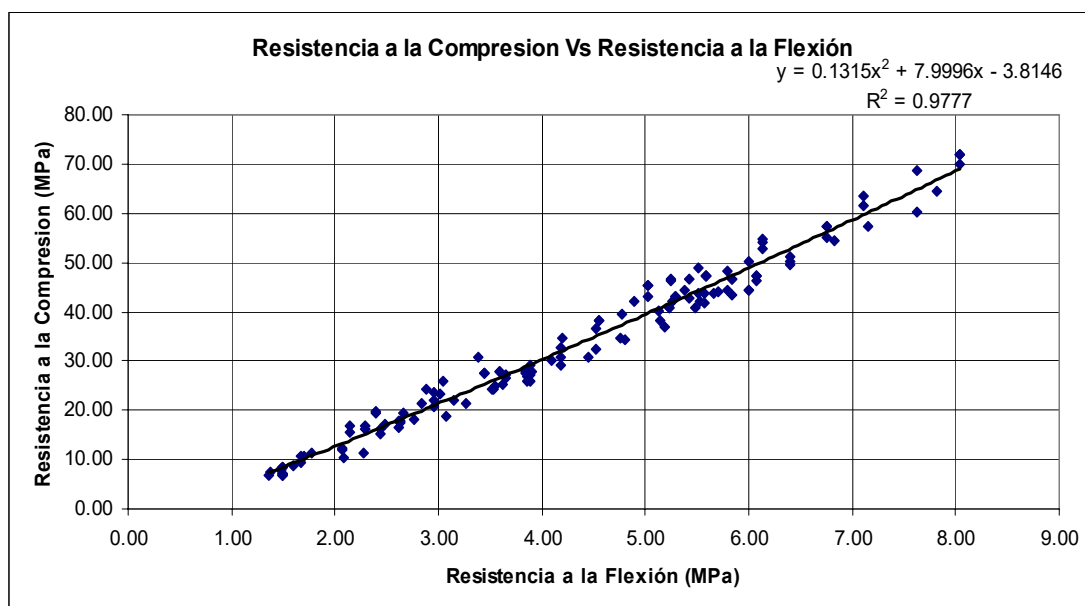
$$R_{1.23} = \sqrt{1 - \frac{S_{1.23}^2}{S_1^2}}$$

CAPITULO VIII

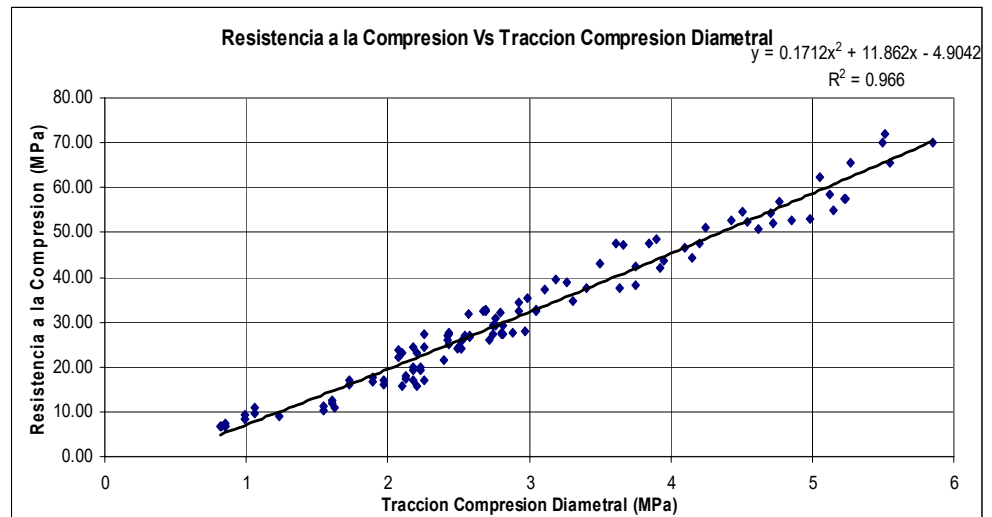
8. - RESULTADOS OBTENIDOS

8.1 Correlaciones de Ensayos Mecánicos

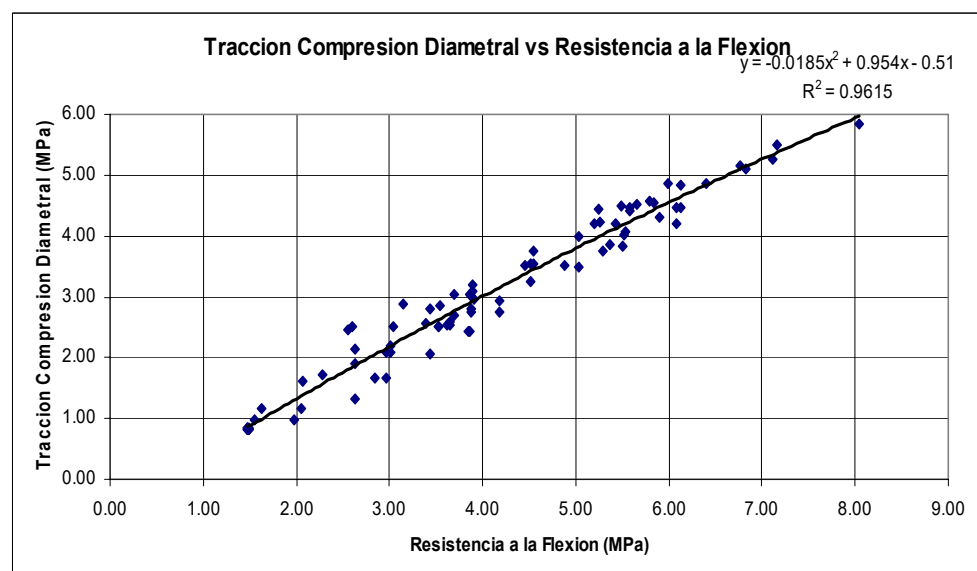
8.1.1 Compresión vs. Flexión



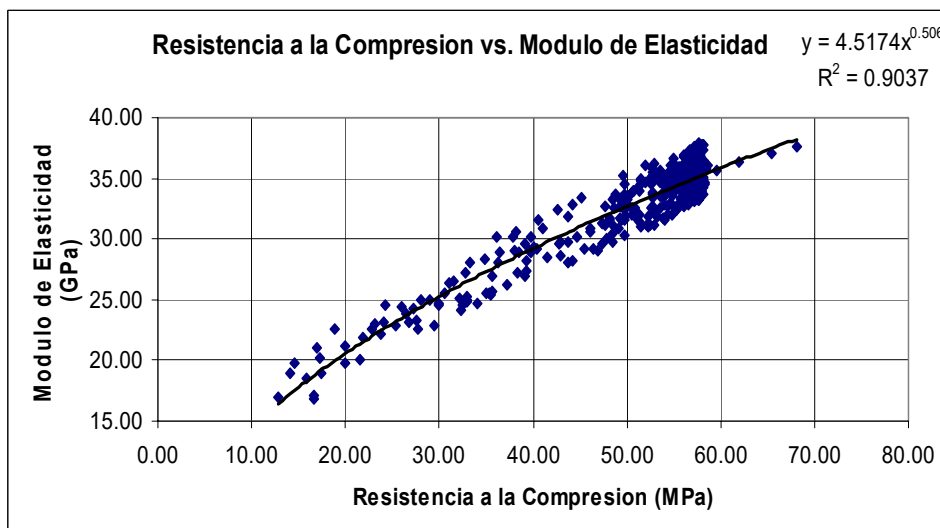
8.1.2. Compresión vs. Tracción por Compresión Diametral.



8.1.3. Tracción por Compresión Diametral vs. Flexión

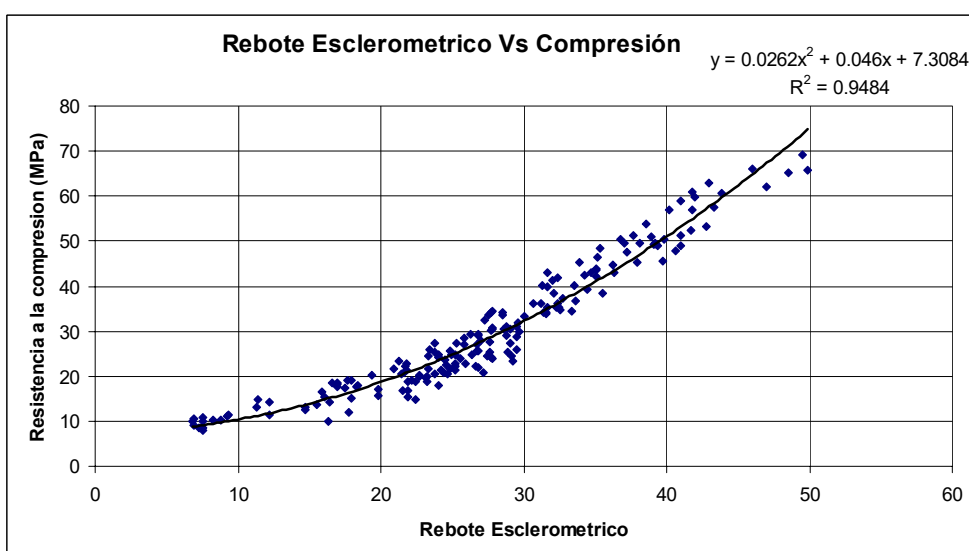


8.14. Compresión vs. Modulo de Elasticidad

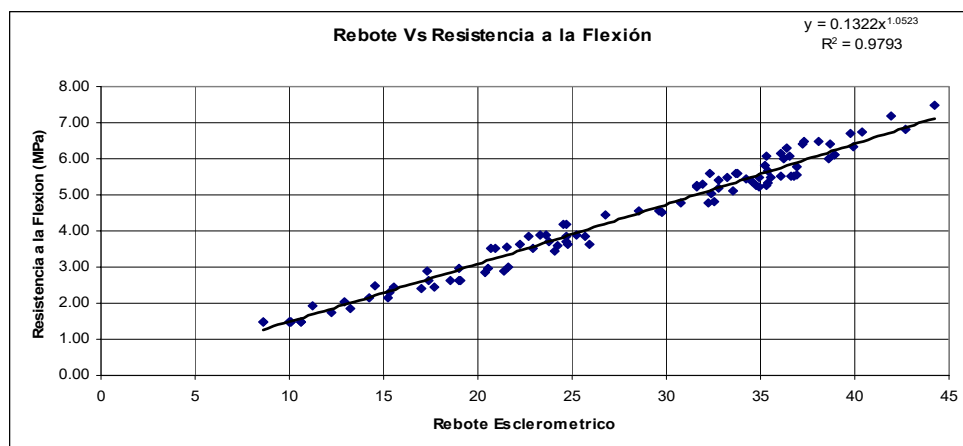


8.2. Correlación de Ensayos Mecánicos y de Métodos No Destructivos.

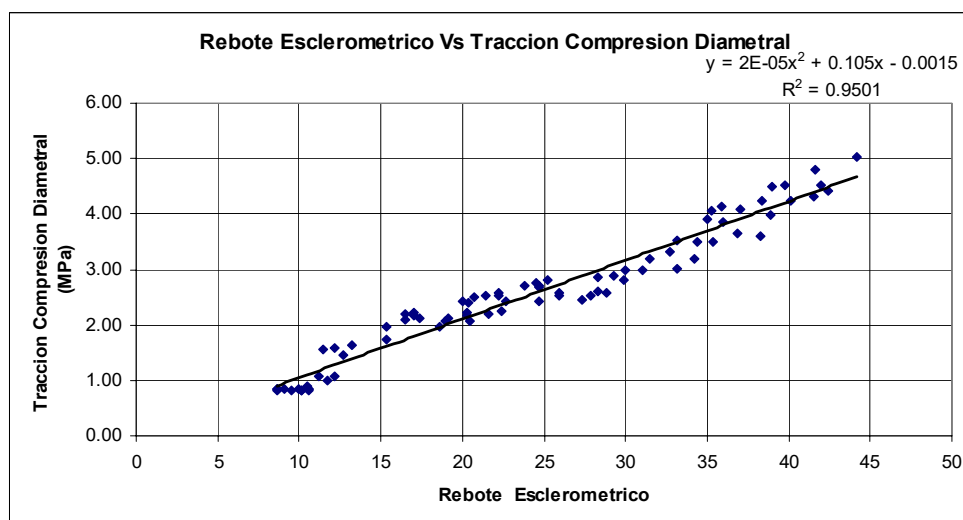
8.2.1. Rebote vs. Compresión



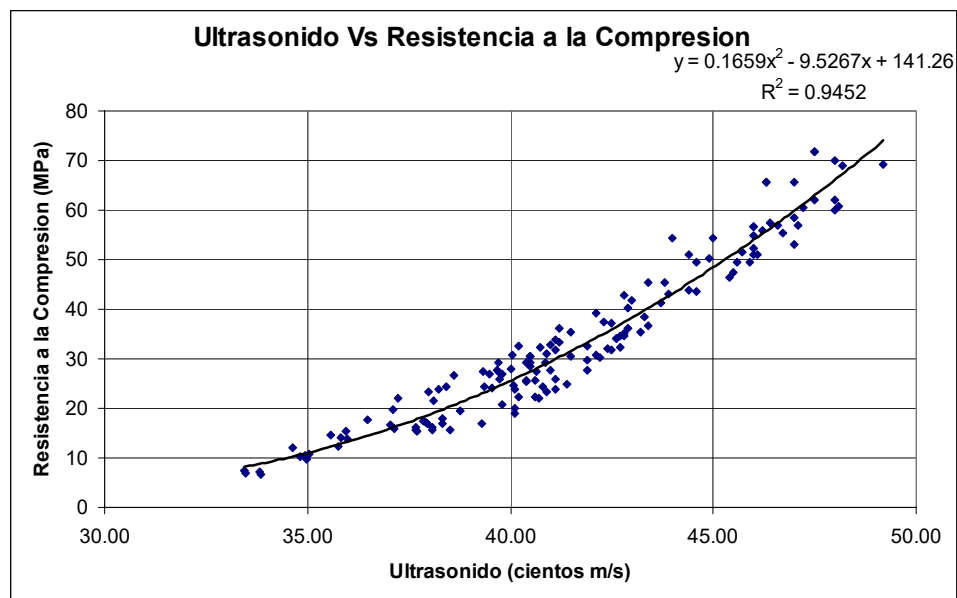
8.2.2 Rebote vs. Flexión



8.2.3. Rebote vs. Tracción por Compresión Diametral

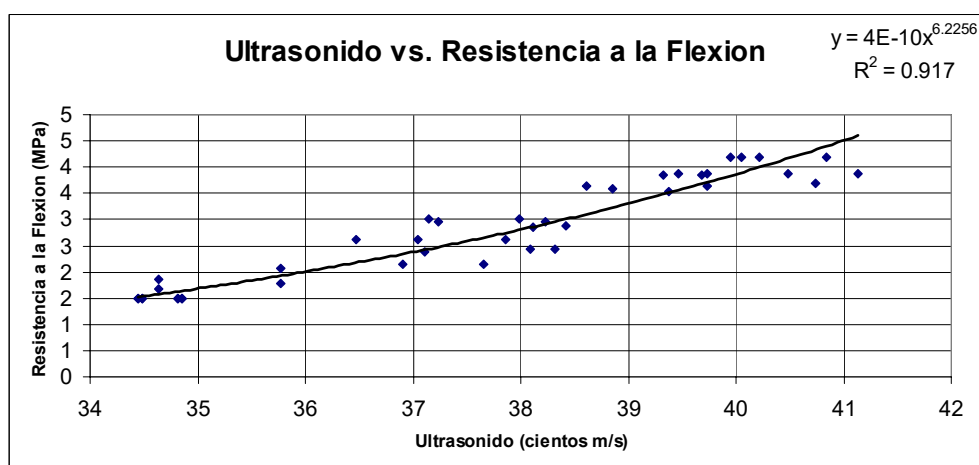


8.2.4. Ultrasonido vs. Compresión

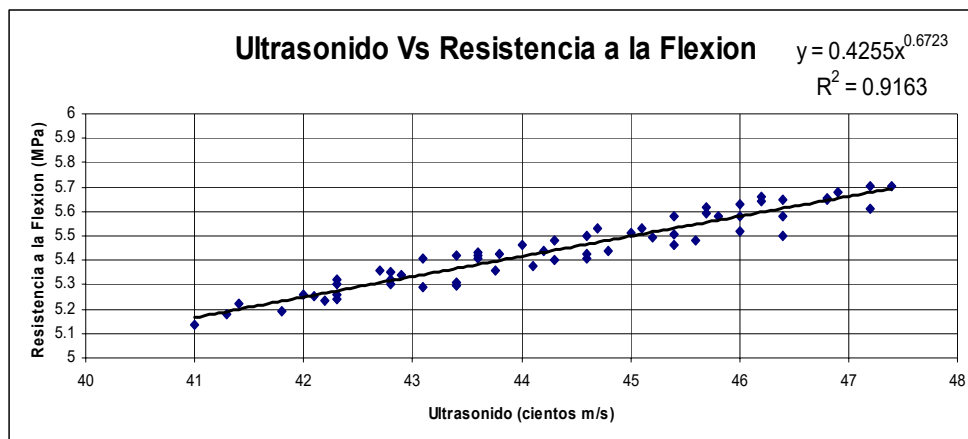


8.2.5. Ultrasonido vs. Flexión.

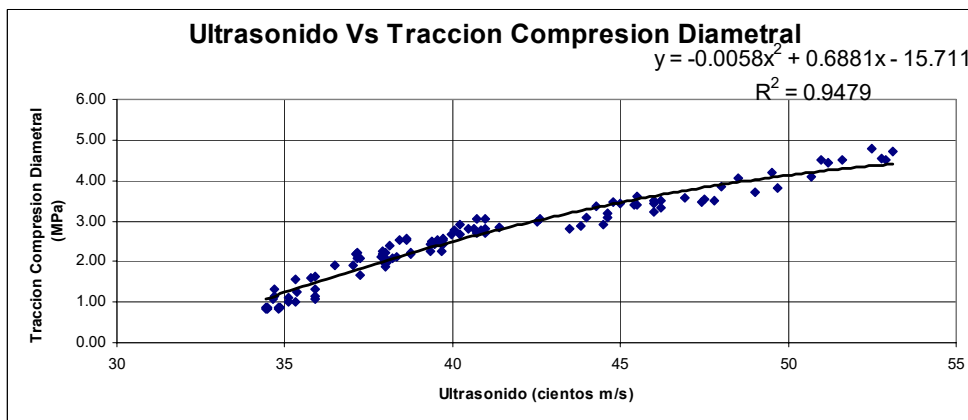
Tenemos dos tendencias, una para valores menores de 5 MPa de resistencia a la Flexión.



Para valores mayores a 5 MPa en resistencia a la Flexión



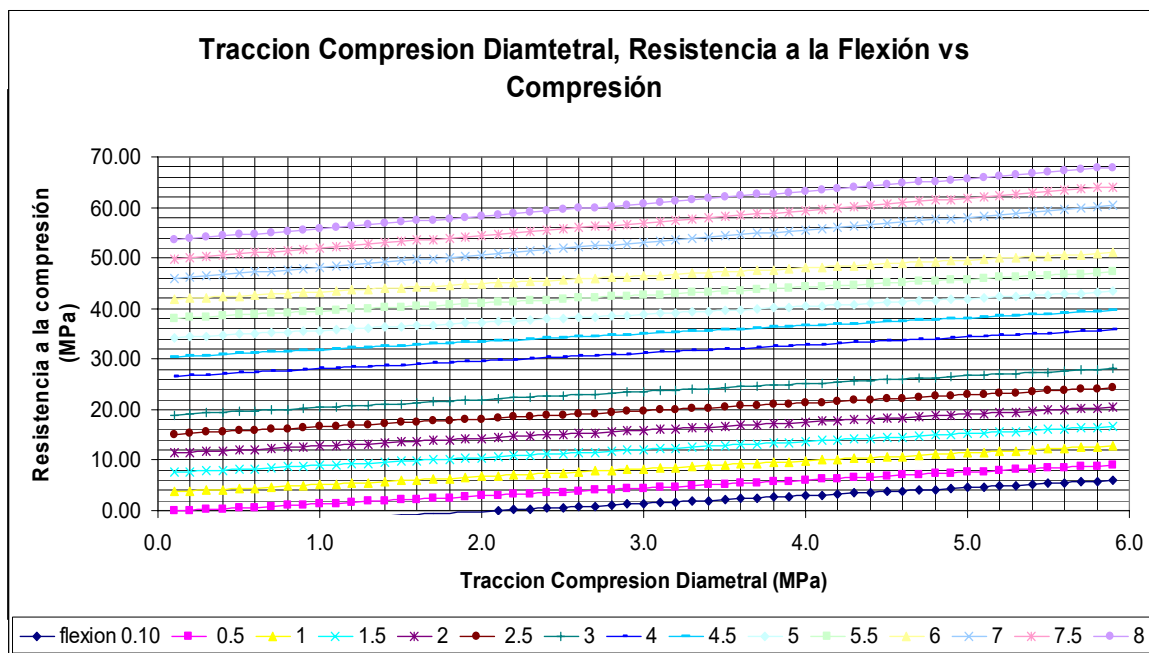
8.2.6. Ultrasonido vs. Tracción por Compresión Diametral



8.3 Correlación Múltiple de Ensayos Mecánicos.

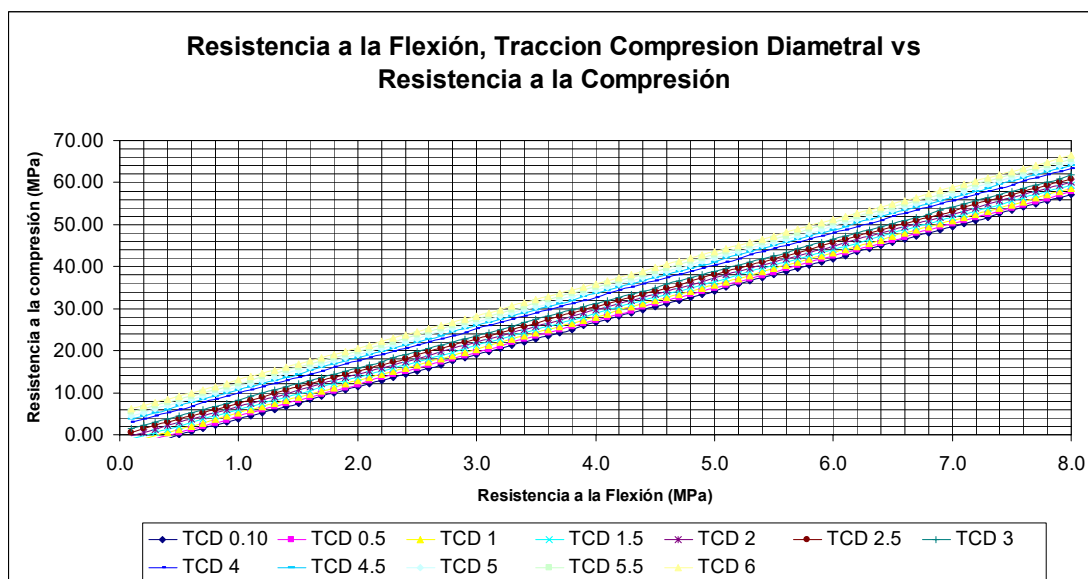
8.3.1. Tracción por Compresión Diametral / Flexión vs.

Compresión $f'_c = -4.08 + 1.57 T + 7.63 F$ $r^2=0.9906$



8.3.2. Flexión / Tracción por Compresión Diametral vs.

Compresión $f'_c = -4.08 + 7.63 F + 1.58 T$ $r^2=0.9906$

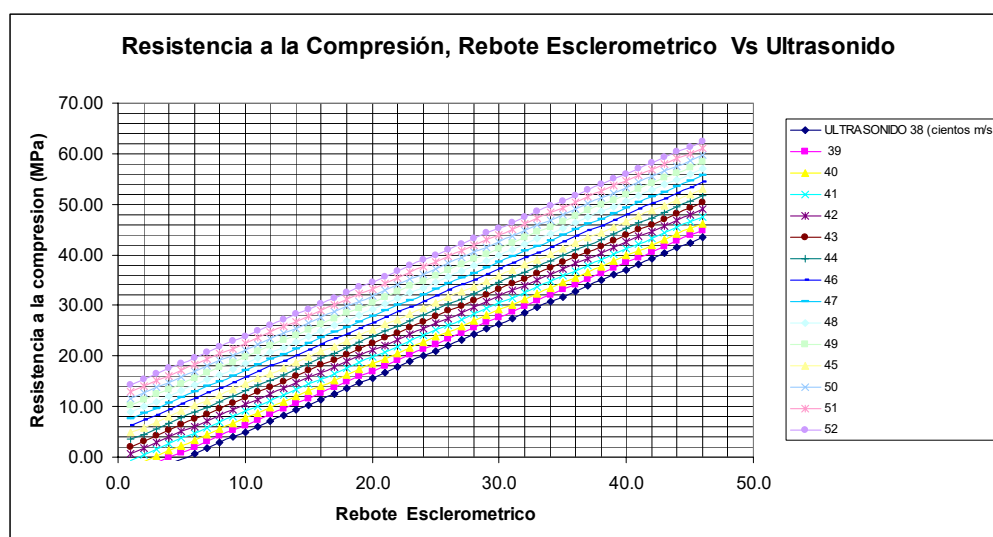


8.4 Correlación Múltiple de Ensayos Mecánicos y de Métodos No Destructivos.

8.4.1 Rebote / Ultrasonido vs. Compresión

$$f_c = -57.14 + 1.07 R + 1.35 U$$

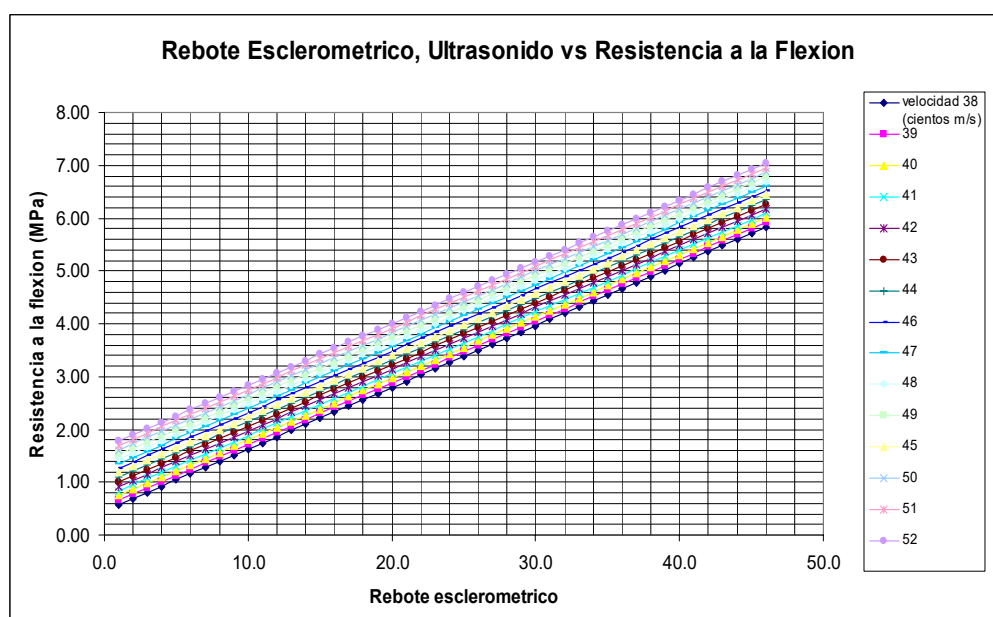
$$r^2 = 0.97973$$



8.4.2 Rebote / Ultrasonido vs. Flexión

$$f_c = -2.82 + 0.12 R + 0.086 U$$

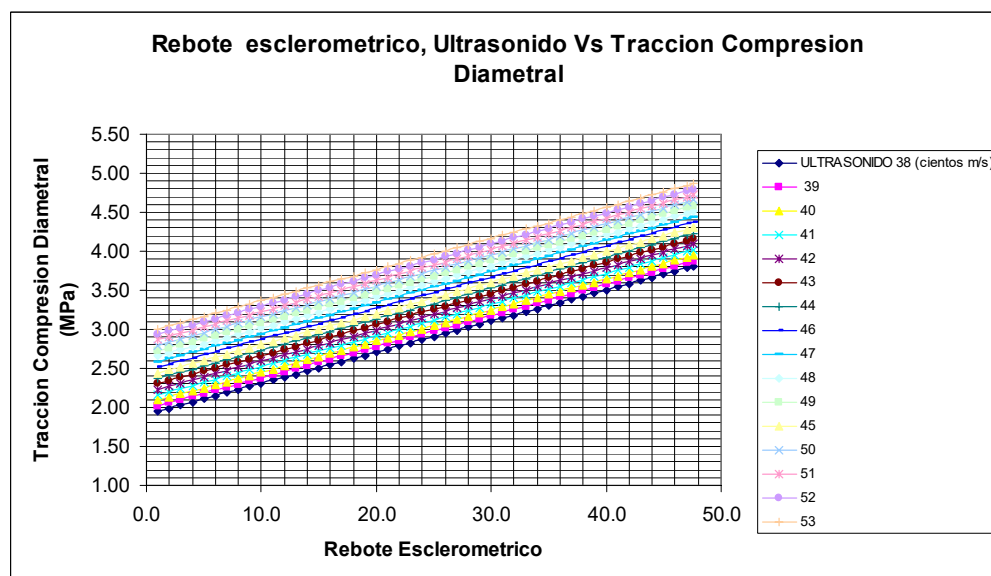
$$r^2 = 0.98561$$



8.4.3 Rebote / Ultrasonido vs. Tracción por Compresión Diametral

$$f'_c = -0.77 + 0.04 R + 0.07 U$$

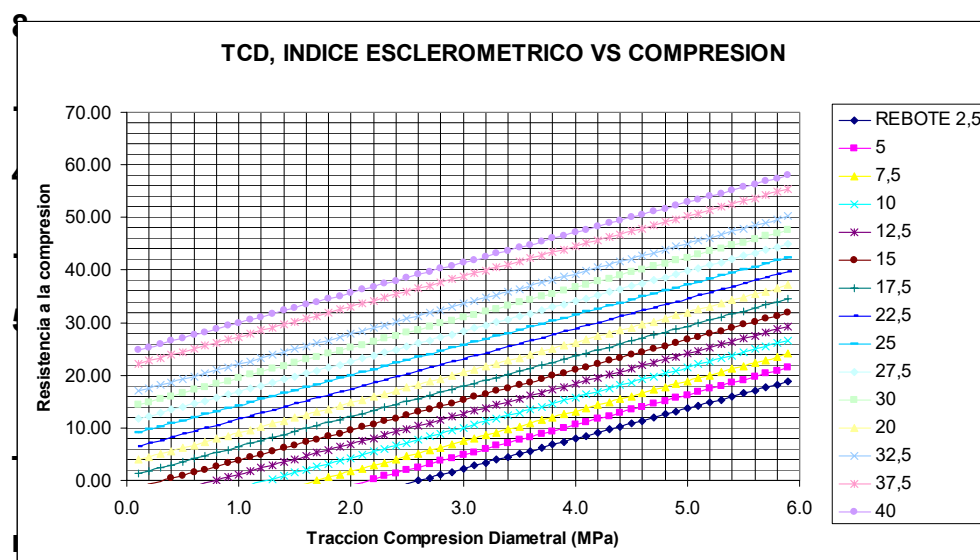
$$r^2 = 0.97418$$



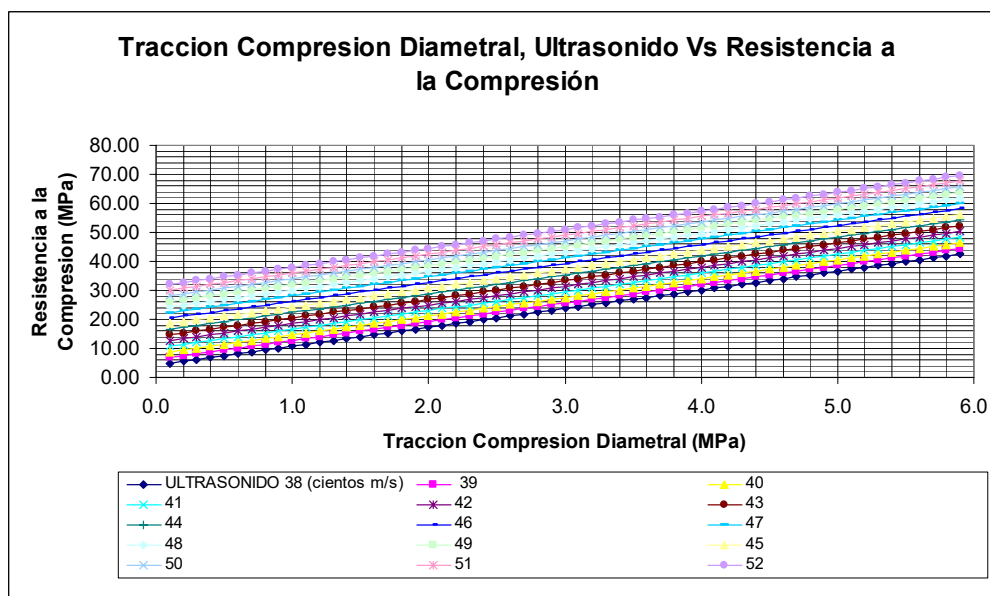
8.4.4 Tracción por Compresión Diametral / Rebote vs.

Compresión $f'_c = -17.59 + 5.73 T + 1.05 R$

$$r^2 = 0.98508$$



8.4.5 Tracción por Compresión Diametral / Ultrasonido vs. Compresión.



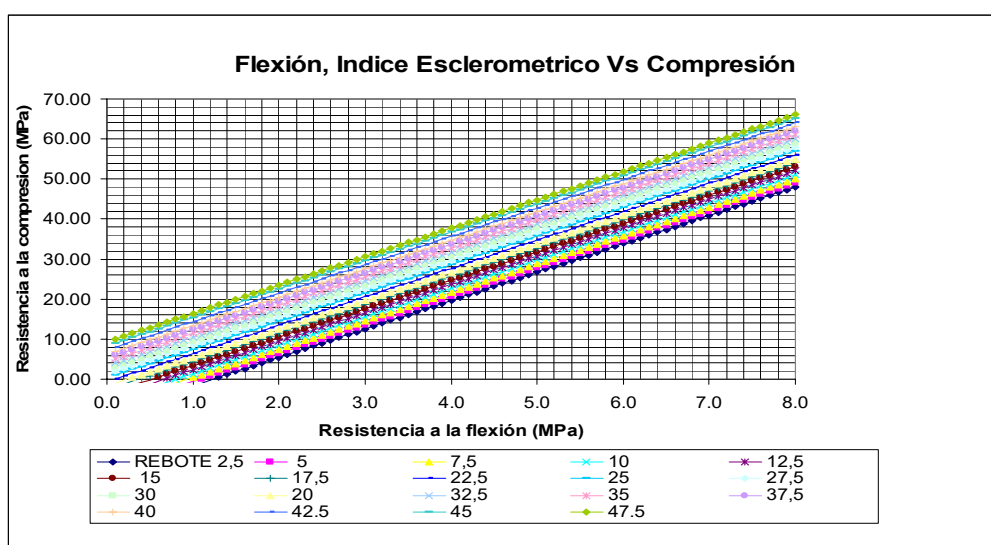
$$f'_c = -69.52 + 6.48 T + 1.94 R$$

$$r^2 = 0.97909$$

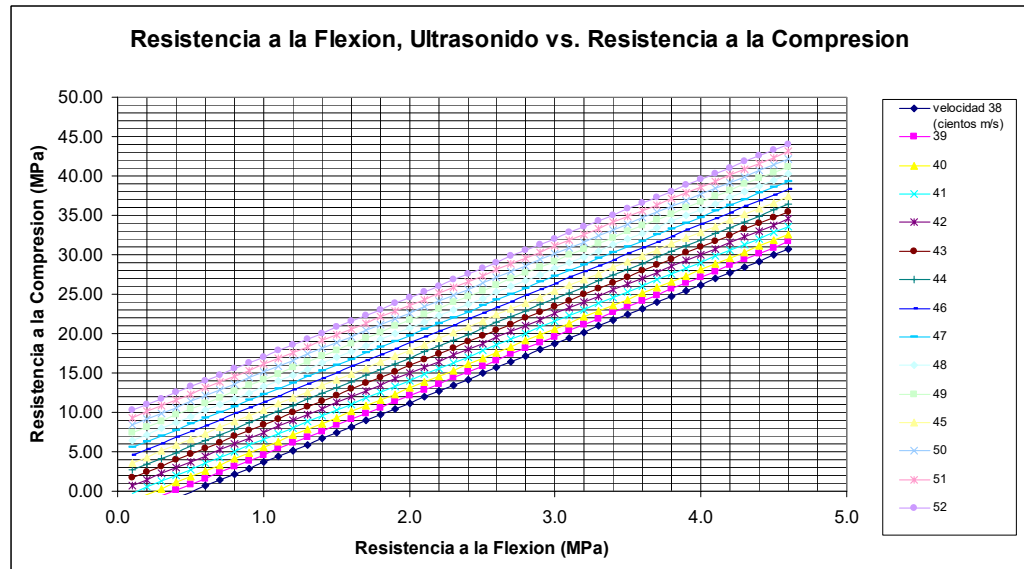
8.4.6 Flexión / Rebote vs. Compresión

$$f'_c = -9.71 + 7.09 F + 0.4 R$$

$$r^2 = 0.99064$$



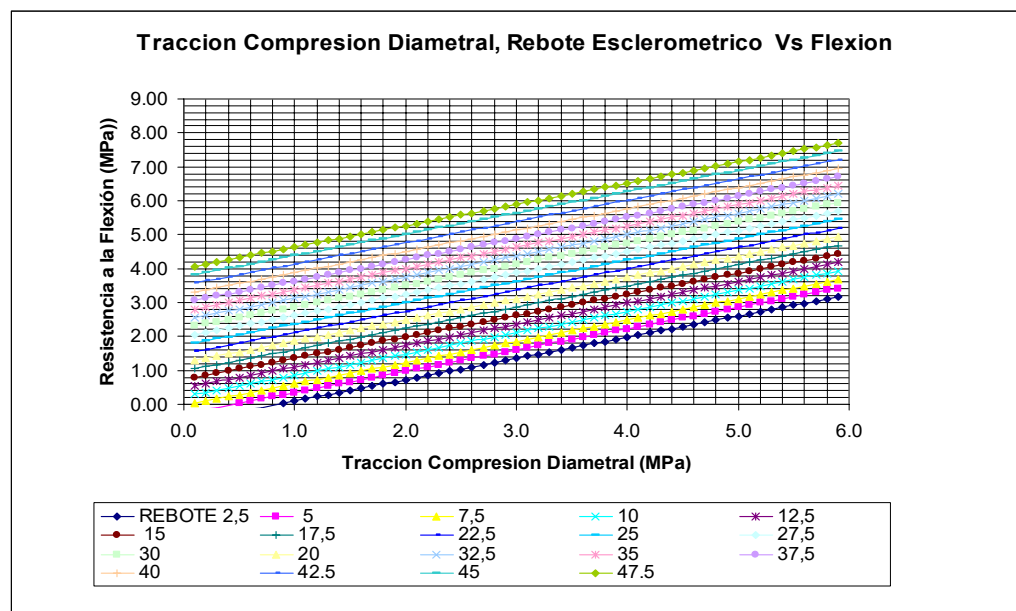
8.4.7 Flexión / Ultrasonido vs. Compresión



$$f_c = -40.10 + 7.51 F + 0.95 U$$

$$r^2 = 0.99039$$

8.4.8 Tracción Compresión Diametral / Rebote vs. Flexión



$$F = -0.78 + 0.62 \text{ TCD} + 0.1 R$$

$$r^2 = 0.99068$$

CAPITULO IX

9.- ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

El análisis de las correlaciones efectuadas nos indica que en correlación simple los coeficientes son menores que en correlación múltiple. En la correlación simple el coeficiente más bajo nos da un valor de $r^2 = 0.9037$ en la gráfica de Compresión vs. Modulo de Elasticidad, y el valor más alto de $r^2 = 0.9793$ en la gráfica de Esclerometría vs. Flexión.

Teniendo en la correlación múltiple resultados que van desde $0.97418 < r^2 < 0.99060$, representando las correlaciones entre Índice Esclerométrico/ Ultrasonido Vs. Tracción por Compresión Diametral y Flexión, Tracción por Compresión Diametral vs. Compresión.

De manera más específica analizando primero las correlaciones simples ya que éstas muestran una relación directa se determina:

- La mayoría de las graficas presentan una línea de tendencia Polinomial a excepción de las graficas Ultrasonido vs. Flexión, y la de Resistencia a la Compresión vs. Módulo de Elasticidad que presentan un tendencia potencial.
- Como podemos darnos cuenta en las gráficas el factor de correlación es elevado, esto significa que los datos no están muy dispersos. Obteniendo:

Ensayos Destructivos y No destructivos	r
Compresión vs. Flexión	0.9777
Compresión vs. Tracción por Compresión Diametral	0.966
Flexión vs. Tracción por Compresión Diametral	0.9615
Rebote vs. Compresión	0.9484
Rebote vs. Flexión	0.9793
Rebote vs. Tracción por Compresión Diametral	0.9501
Ultrasonido vs. Compresión	0.9452
Ultrasonido vs. Flexión	0.917
Ultrasonido vs. Tracción por Compresión Diametral	0.9479
Compresión vs. Modulo de Elasticidad	0.9037

Analizando las correlaciones múltiples, no se considera la dispersión de los puntos en vista de que las gráficas no son representadas por líneas de tendencia.

Las gráficas más representativas son las que establecen diferentes resistencias por medio de la variación de la velocidad ultrasónica. Debido a que las pruebas fueron realizadas en distintas edades se logró establecer que, entre la velocidad de pulsación y las respectivas resistencias, existe una relación directa que involucra a métodos destructivos y no destructivos considerando.

En las demás gráficas se ha tratado de encontrar una relación lógica entre tres variables, para conseguir que sus datos nos den una aproximación más real de las resistencias requeridas dependiendo de los datos con los que se cuente. Por ejemplo en la correlación Tracción por Compresión Diametral / Flexión vs. Compresión, se trata de obtener un valor de compresión por medio de valores de Tracción por Compresión Diametral de núcleos, relacionándolo con un valor de flexión que se asume en el área de prueba.

Estas gráficas nos sirven para determinar resistencias y también para corroborar resultados, por que por ejemplo si tenemos dos vigas que van a ser ensayadas a 28 días y una nos da 4.01 MPa (a los 7 días) y a los 28 días nos da casi el mismo valor, esos significa que algo en el momento de elaborar viga se pudo cometer un error por ejemplo no haberle hecho una

compactación adecuada y ahí intervienen éstas valiosas gráficas , ya que con la ayuda de una de las gráficas nos podemos dar cuenta que el valor aproximado de la segunda viga era de 5.35.

El valor de modulo de elasticidad en los hormigones, está influenciado por el Módulo de Elasticidad de los agregados, contenido de agregados en la mezcla, resistencia de la pasta de cemento, adherencia entre los agregados y la pasta de cemento.

Con relación a la estimación de la resistencia a compresión mediante la utilización de las técnicas de esclerometría y ultrasonido, debe quedar claro que con la aplicación de las normas, no pueden obtenerse valores absolutos de resistencia, ya que la estimación se efectúa mediante correlaciones obtenidas empíricamente, a lo que debe sumarse los diferentes factores que afectan el empleo de cada método.

CAPITULO X

10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El número de rebotes del martillo Esclerométrico es una prueba sencilla de realizar, pero sus resultados dependen de muchos factores, no tan solo de la resistencia del hormigón. Este método tiene un bajo coeficiente de variación. Sin embargo, esto no significa que las predicciones de resistencia son necesariamente confiables. Cuando se realice el rebote esclerométrico deberá pulirse la superficie para eliminar cualquier impureza y la capa de carbonatación que se crea en la misma, de otra manera el rebote estaría influenciado por éstos materiales. De igual manera este ensayo no debe de ser realizado directamente en el agregado, fisuras o burbujas de aire, para evitar datos erróneos.

2. Cuando los cilindros tengan resistencias tempranas es necesario que se les haga el refrentado, en vista de que el neopreno utilizado puede ser muy rígido y por esto se obtendrían resistencias más bajas que las esperadas.
3. Así mismo el ultrasonido tiene una buena correlación con la mayoría de los ensayos, pero esta se puede ver influenciada por muchos factores, que en definitiva requieren de un buen criterio para que las correlaciones obtenidas puedan ser utilizadas con objetividad y veracidad. Éste es más fácil de realizar, pero se debe tener en cuenta que el transmisor y receptor se encuentren alineados en el momento de realizar la prueba, caso contrario las pulsaciones nos darán valores usualmente mayores en tiempo, para obtener mejores resultados en éste ensayo debe usarse bastante gel en los transductores.
4. Las correlaciones entre ensayos mecánicos nos dan una idea muy precisa de que ellos están perfectamente ligados entre si, y que muchas de sus propiedades son influenciadas por los mismos factores como, curado, compactación, densidad, etc.

5. Los cilindros y vigas deben de ser elaborados siguiendo las normas ASTM. El curado debe de ser el mismo para todos los especímenes. Los diámetros de los cilindros deberán ser medidos con calibrador de Vernier, tomando el promedio de ellos. Se tomará un promedio de las longitudes de los cilindros para hacer los cálculos. Los especímenes no deben de presentar daños externos, en ese caso los resultados pueden no ser precisos.
6. Respecto a la correlación entre la resistencia a la compresión del hormigón y su respectivo modulo de elasticidad después de recopilar la mayor cantidad de datos obtenidos de ensayos podemos concluir que luego de haber realizado la respectiva grafica nos da una ecuación similar a la que propone el ACI 318.
7. Los resultados obtenidos son confiables tomando en cuenta sus altos coeficientes de correlación, tanto para las correlaciones simples como las correlaciones múltiples. Las gráficas pueden revelar datos con un alto grado de precisión, pero hay que tener en cuenta las desviaciones existentes en las lecturas.

8. Podemos usar confiablemente los equipos de ensayos destructivos ya que si tienen un alto coeficiente de correlación con los ensayos destructivos.
9. Para lograr estos niveles de resistencia con los materiales utilizados, la relación agua/material cementante varió entre 0.30 y 0.40 .No es necesario el uso de microsílíce como material cementante adicional para alcanzar altos niveles de resistencia pero si es importante si el contenido del cemento es elevado.
10. Es posible obtener un hormigón de alto desempeño de 60 Mpa utilizando los mismos materiales que se emplean para uno convencional. Este tipo de hormigón especial presenta superiores características de durabilidad que uno convencional.
11. Estos resultados no necesariamente son representativos para hormigones cuyas resistencias superan los 70 MPa pero podrían ensayarse para resistencias mayores y así obtener nuevos resultados, como también podrían probarse otros materiales cementantes u otros tipos de agregados como los de origen basáltico y así demostrar la similitud o dispersión de los resultados

ANEXOS

ANEXO 1

Fórmulas y resultados para determinar la densidad y absorción de agua del agregado grueso.

Densidad de volumen a 23°C del árido grueso en estado saturado superficialmente seco (Kg/m³)

$$D_{ss} = \frac{B}{B - C} \times 1000$$

Densidad aparente del árido a 23°C (Kg/m³)

$$D = \frac{A}{A - C} \times 1000$$

Porcentaje de absorción de agua del árido grueso (%).

$$P_o = \frac{B - A}{A} \times 100$$

En donde:

A = masa en el aire de la muestra secada al horno (g.)

B = masa en el aire de la muestra en estado superficialmente seco (g.)

C = masa en el agua de la muestra en estado saturado (g.)

D_s = densidad de volumen a 23°C del árido grueso seco (Kg/m³)

D_{ss} = Densidad de volumen a 23°C del árido grueso en estado saturado superficialmente seco (Kg/m³).

D = Densidad aparente del árido a 23°C (Kg/m³)

P_o = Porcentaje de absorción de agua del árido grueso (%).

Piedra # 78

A:	1985.7	gramos
B:	2011.0	gramos
C:	1249.0	gramos
Ds:	2606	kg/m ³
Dsss:	2639	kg/m ³
D:	2695	kg/m ³
Po:	1.27	%

Piedra # 67

A:	2984.2	gramos
B:	3026.0	gramos
C:	1872.0	gramos
Ds:	2586	kg/m ³
Dsss:	2622	kg/m ³
D:	2683	kg/m ³
Po:	1.40	%

ANEXO 2

Fórmulas para determinar la densidad y absorción de agua para Agregado fino.

Densidad de volumen a 23°C del árido fino seco (Kg/m³).

$$D_s = \frac{A}{B + S - C} \times 1000$$

Densidad de volumen a 23°C del árido fino en estado saturado superficialmente seco (Kg/m³).

$$D_{sss} = \frac{S}{B + S - C} \times 1000$$

Densidad aparente del árido fino 23°C (Kg/m³).

$$D = \frac{A}{A + B - C} \times 1000$$

Porcentaje de absorción de agua del árido fino (%).

$$Po = \frac{S - A}{A} \times 100$$

En donde:

A= masa en el aire de la muestra secada al horno (g.)

B= masa del matraz lleno de agua hasta la marca de calibración (g.)

C= masa del matraz con la muestra llena de agua hasta la marca de calibración (g.)

D_s = Densidad de volumen a 23°C del árido fino seco (Kg/m³).

D_{sss} = Densidad de volumen a 23°C del árido fino en estado saturado superficialmente seco (Kg/m³).

D = Densidad aparente del árido fino 23°C (Kg/m³).

P_o = Porcentaje de absorción de agua del árido fino (%)

Arena Natural Río Boliche

Ds:	2602	kg/m ³
Dsss:	2647	kg/m ³
D:	2724	kg/m ³
Po:	1.73	%

Arena Triturada

Ds:	2511	kg/m ³
Dsss:	2576	kg/m ³
D:	2685	kg/m ³
Po:	2.58	%

Arena Ferrosa

Ds:	4100	kg/m ³
Dsss:	4112	kg/m ³
D:	4149	kg/m ³
Po:	0.29	%

Arena Fina San Jorge

Ds:	2532	kg/m ³
Dsss:	2591	kg/m ³
D:	2690	kg/m ³
Po:	2.31	%

ANEXO 3

Granulometrías de Agregado Grueso y Agregado Fino.

Piedra # 67

Granulometría del agregado grueso INEN 696 ASTM C 448					
Tamiz		Retenido parcial (g)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Pasante acumulado %
INEN	ASTM				
100 mm	4 in.	---	---	---	---
90 mm	3½ in.	---	---	---	---
75 mm	3 in.	---	---	---	---
63 mm	2½ in.	---	---	---	---
50 mm	2 in.	---	---	---	---
37.5 mm	1½ in.	---	---	---	---
25 mm	1 in.	---	---	---	---
19 mm	¾ in.	255.0	3	3	97
12.5 mm	½ in.	2420	30	34	66.42
9.5 mm	3/8 in.	2260.0	28	62	38
4,75 mm	No. 4	2390.0	30	92	8
2,36 mm	No. 8	400.0	5	97	3
1,18 mm	No. 16	---	---	---	---
300 µm	No. 50	---	---	---	---
150 µm	No. 100	---	---	---	---
BANDEJA		240.0	3	100	0
Módulo de finura :				6.5	

Piedra # 78

Granulometría del agregado grueso INEN 696 ASTM C 448					
Tamiz		Retenido parcial (g)	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Pasante acumulado %
INEN	ASTM				
100 mm	4 in.	---	---	---	---
90 mm	3½ in.	---	---	---	---
75 mm	3 in.	---	---	---	---
63 mm	2½ in.	---	---	---	---
50 mm	2 in.	---	---	---	---
37.5 mm	1½ in.	---	---	---	---
25 mm	1 in.	---	---	---	---
19 mm	¾ in.	2.5	0	0	100
12.5 mm	½ in.	107	4	5	95.4
9.5 mm	3/8 in.	650.0	27	32	68
4,75 mm	No. 4	1455.0	61	92	8
2,36 mm	No. 8	153.5	6	99	1
1,18 mm	No. 16	13.0	1	99	1
300 µm	No. 50	---	---	---	---
150 µm	No. 100	---	---	---	---
BANDEJA		14.0	1	100	0
Módulo de finura :				5.2	

Arena Triturada

TAMIZ		RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	PASANTE ACUMULADO %
INEN	ASTM				
9,50 mm	3/8 in.	0.0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	70.0	14	14	86
2,36 mm	No. 8	190.0	38	52	48
1,18 mm	No. 16	108.0	22	74	26
600 µm	No. 30	57.5	12	85	15
300 µm	No. 50	37.0	7	93	7
150 µm	No. 100	17.0	3	96	4
BANDEJA		19.5	4	100	0
MÓDULO DE FINURA :				4.1	

Arena Natural Río Boliche

TAMIZ		RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	PASANTE ACUMULADO %
INEN	ASTM				
9,50 mm	3/8 in.	0.0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	24.0	5	5	95
2,36 mm	No. 8	40.0	8	13	87
1,18 mm	No. 16	63.0	13	25	75
600 µm	No. 30	96.5	19	45	55
300 µm	No. 50	175.5	35	80	20
150 µm	No. 100	83.0	17	96	4
BANDEJA		17.5	4	100	0
MÓDULO DE FINURA :				2.6	

Arena Ferrosa

TAMIZ		RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	PASANTE ACUMULADO %
INEN	ASTM				
9,50 mm	3/8 in.	0.0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	1.5	0.3	0.3	99.7
2,36 mm	No. 8	2.0	0.4	0.7	99.3
1,18 mm	No. 16	2.5	0.5	1.2	98.8
600 µm	No. 30	9.5	1.9	3.1	96.9
300 µm	No. 50	66.5	13.3	16.4	83.6
150 µm	No. 100	330.0	66.0	82.4	17.6
BANDEJA		88.0	17.6	100.0	0.0
MÓDULO DE FINURA :				1.0	

Arena Fina San Jorge

TAMIZ		RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	PASANTE ACUMULADO %
INEN	ASTM				
9,50 mm	3/8 in.	0.0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	0.0	0.0	0.0	100.0
2,36 mm	No. 8	1.4	0.3	0.3	99.7
1,18 mm	No. 16	1.7	0.4	0.7	99.3
600 µm	No. 30	8.8	1.9	2.6	97.4
300 µm	No. 50	30.2	6.7	9.3	90.7
150 µm	No. 100	219.7	48.5	57.8	42.2
BANDEJA		191.3	42.2	100.0	0.0
MÓDULO DE FINURA :				0.7	

ANEXO 4**Presencia de Materia Orgánica****Arena Ferrosa**

COLOR DE LA MUESTRA ENSAYADA	EQUIVALENCIA COLORIMETRICA	PRESENCIA DE IMPUREZAS
Amarillo	2	No

Arena Fina San Jorge

COLOR DE LA MUESTRA ENSAYADA	EQUIVALENCIA COLORIMETRICA	PRESENCIA DE IMPUREZAS
Claro	1	No

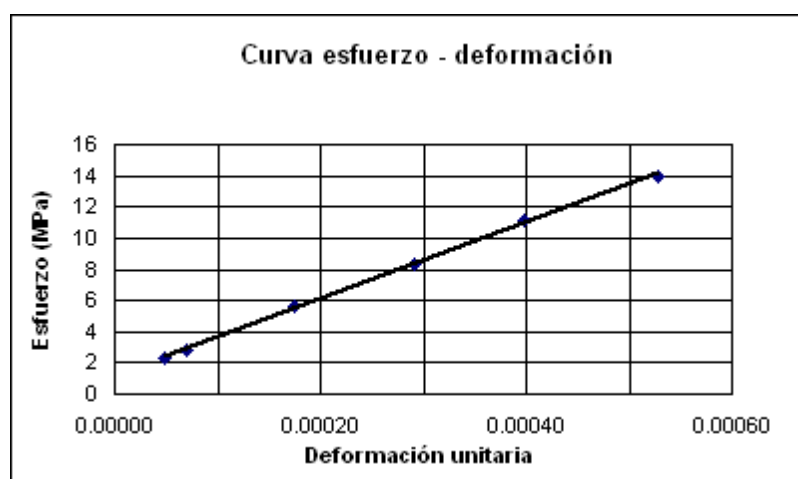
ANEXO 5

Resultados de Modulo de Elasticidad

Determinación del módulo elástico estático del hormigón a compresión ASTM C 469

Fecha moldeo:	01/12/2008
Cilindro	1
Edad:	28
Diámetro:	151 mm
Longitud:	303 mm
Resistencia máx:	37.5 MPa

Esfuerzo	Deformación
MPa	Unitaria
2.3	0.00005
2.8	0.00007
5.6	0.00017
8.4	0.00029
11.2	0.00040
14.0	0.00053
15.0	0.00057



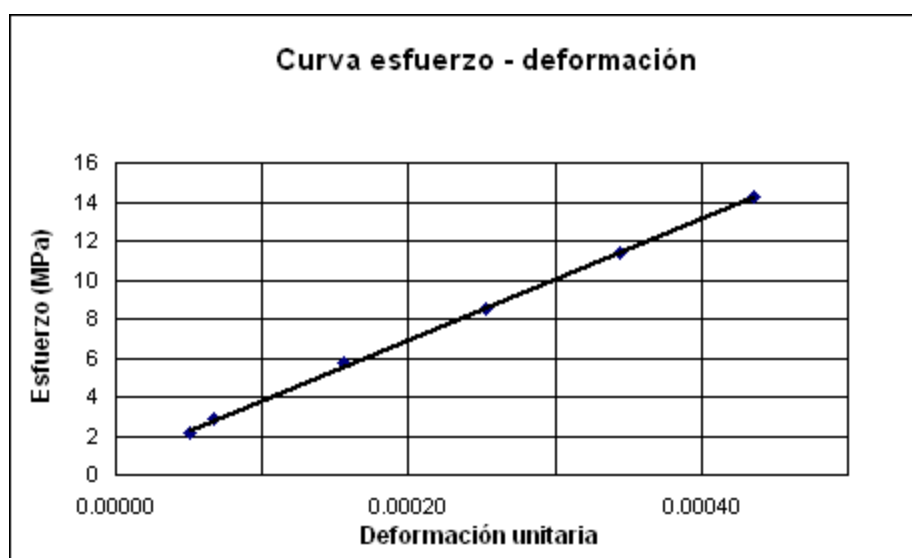
$$E = (S_1 - S_2) / (e_2 - 0.000050)$$

$$E = \frac{25.5}{0.000050} \text{ GPa}$$

Determinación del módulo elástico estático del hormigón a compresión ASTM C 469

Fecha moldeo:	10/12/2008
Cilindro	2
Edad:	28
Diámetro:	149.5 mm
Longitud:	298 mm
Resistencia máx:	56.0 MPa

Esfuerzo	Deformación
MPa	Unitaria
2.2	0.00005
2.8	0.00007
5.7	0.00016
8.5	0.00025
11.4	0.00034
14.2	0.00044
17.1	0.00054
19.9	0.00063
22.0	0.00070



$$E = (S_1 - S_2) / (e_2 - 0.000050)$$

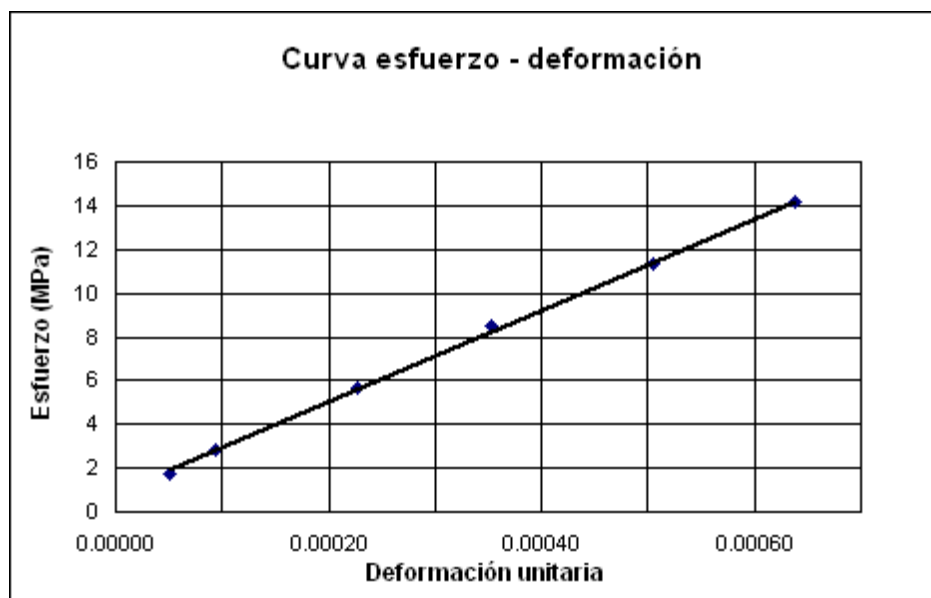
$$E = 31.4$$

GPa

Determinación del módulo elástico estático del hormigón a compresión ASTM C 469

Fecha moldeo:	11/12/2008
Cilindro	3
Edad:	28
Diámetro:	150 mm
Longitud:	300 mm
Resistencia máx:	35.0 MPa

Esfuerzo	Deformación
MPa	Unitaria
1.8	0.00005
2.8	0.00009
5.7	0.00023
8.5	0.00035
11.3	0.00051
14.1	0.00064



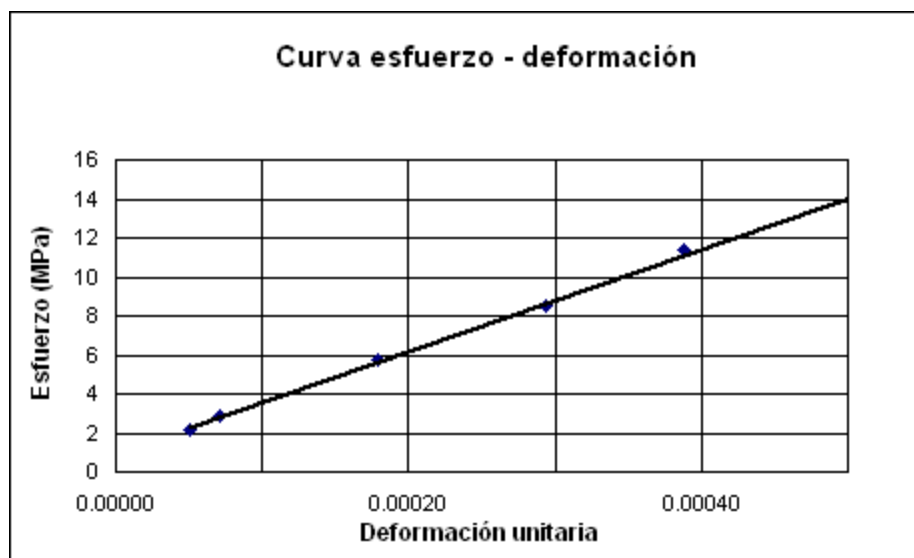
$$E = (S_1 - S_2) / (e_2 - 0.000050)$$

$$E = \frac{21.0}{\text{GPa}}$$

Determinación del módulo elástico estático del hormigón a compresión ASTM C 469

Fecha moldeo:	10/12/2008
Cilindro	4
Edad:	28
Diámetro:	149.5 mm
Longitud:	300 mm
Resistencia máx:	38.3 MPa

Esfuerzo	Deformación
MPa	Unitaria
2.2	0.00005
2.8	0.00007
5.7	0.00018
8.5	0.00029
11.4	0.00039
14.2	0.00051
17.1	0.00057



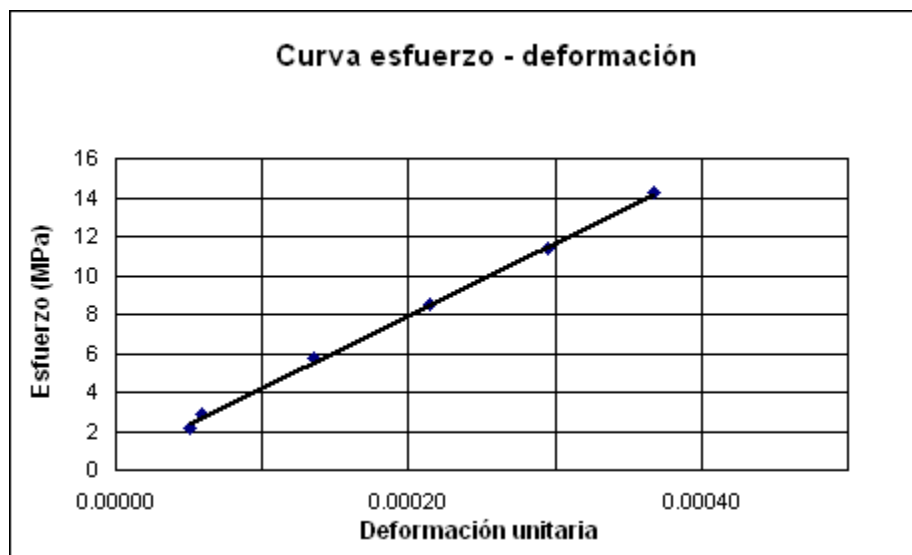
$$E = (S_1 - S_2) / (e_2 - 0.000050)$$

$$E = \frac{27.2}{\text{GPa}}$$

Determinación del módulo elástico estático del hormigón a compresión ASTM C 469

Fecha moldeo:	10/12/2008
Cilindro	5
Edad:	28
Diámetro:	149.5 mm
Longitud:	298 mm
Resistencia máx:	62.0 MPa

Esfuerzo	Deformación
MPa	Unitaria
2.2	0.00005
2.8	0.00006
5.7	0.00014
8.5	0.00021
11.4	0.00030
14.2	0.00037
17.1	0.00047
19.9	0.00060



$$E = (S_1 - S_2) / (e_2 - 0.000050)$$

$$E = 37.6$$

GPa

ANEXO 6

Resumen de dosificaciones

Materiales	1	2	3	4	5	6
Piedra 19 mm						
Piedra (12mm)	823.95	823.95	743.76	533.00	539.10	529.06
Arena Triturada	495.00	495.00	468.14	520.72	288.78	165.60
Arena Río	326.80	326.80	181.95	410.06	495.99	606.79
Arena Ferrosa						
Arena Fina San Jorge	-	-	159.98	157.65	221.05	241.28
Cemento tipo(I)	500.00	500.00	450.00	450.00	432.53	431.50
Cemento RMX						
Microsilice	50.00	50.00	22.50	22.50	21.63	21.60
Filler	-	-	174.00	124.00	112.40	111.00
Viscocrete 2100(g)	19.90	13.75	13.35	9.90	9.35	12.10
Viscocrete N100						
Viscocrete 2100 he						
Viscocrete 2100 r						
SIKA H 200						
Sikapump		1.10	-	-	-	-
Sikament MR						
Glenium						
AER-MC		1.10	-	-	-	-
Polyheed 719						
Rheobuild 1000						
MBVR						
Agua	141.81	141.81	176.25	177.57	177.11	168.46
Viscosificador -methil celulosa(g)			0.0945			

Materiales	7	8	9	10	11	12	13	14
Piedra 19 mm			250	250	250	253		253
Piedra (12mm)	529.54	647.55	252	252	250	253	567.5	253
Arena Triturada	227.97	323.75	503	503	503	337	322.5	337
Arena Río	590.47	647.55	671	671	671	843	232.75	843
Arena Ferrosa		410.1						
Arena Fina San Jorge	258.98						385.5	
Cemento tipo(I)	456.50	568.45					432.5	
Cemento RMX			420	420	420	400		400
Microsilice	23.00	32.2					12.325	
Filler	117.50	129.5					59.9	
Viscocrete 2100(g)	12.80	8.7	2%	1.20%	1.20%	1.20%	2.20%	
Viscocrete N100								1.20%
Viscocrete 2100 he								
Viscocrete 2100 r								
SIKA H 200								
Sikapump	-			0.40%	0.40%	0.40%		0.40%
Sikament MR				0.20%	0.20%	0.20%		0.20%
Glenium								
AER-MC	-							
Polyheed 719								
Rheobuild 1000								
MBVR								
Agua	189.71	194.8	200	200	200	190	150	190
Viscosificador -methil celulosa(g)								

Materiales	33	34	35	36	37
Piedra 19 mm					
Piedra (12mm)	427.6	536.5	446	477.2	456
Arena Triturada	215.6	274	228.4	214.8	234.4
Arena Río	380.4	487.5	403.6	504.4	412.4
Arena Ferrosa					
Arena Fina San Jorge	367.2	464	382	250	392.8
Cemento tipo(I)			376	280	280
Cemento RMX	360	450			
Microsilice				25.2	
Filler				101.2	
Viscocrete 2100(g)				3%	3%
Viscocrete N100					
Viscocrete 2100 he	3%	3%	2.55%		
Viscocrete 2100 r					
SIKA H 200					
Sikapump					
Sikament MR					
Glenium					
AER-MC					
Polyheed 719					
Rheobuild 1000					
MBVR					
Agua	118	151	98	95.24	82.76
Viscosificador -methil celulosa(g)					

ANEXO 7

Ficha Técnica de Aditivos y Cemento

Sikament MR CC/CF

Aditivo reductor de agua de medio rango

CC= Clima Cálido CF= Clima Frío

Sikament MR CC/CF

Sikament MR es un reductor de agua multi-propósito y superplastificante, utilizando la tecnología Sika Viscocrete en base a policarboxilatos.

Sikament MR está diseñado para cumplir con la norma ASTM C-494 Tipos A y F.

Sikament MR puede ser usado, tanto en concreto premezclado así como en plantas de prefabricados.

Como reductor de agua de alto rango proporciona excelente plasticidad, manteniendo la trabajabilidad hasta una hora. Por su control sobre los tiempos de fraguado, el Sikament MR es ideal para concretos de vaciado directo tanto en horizontal como en vertical.

Como reductor de agua de medio rango se usa para concretos bombeados y aplicaciones donde se requieran acabados de mejor calidad.

Sikament MR es ideal para trabajar con mezclas de concreto pobres, ásperas y concretos que contengan cenizas volantes o microsilica.

Reductor de Agua: Sikament MR puede ser dosificado en pequeñas cantidades, para obtener reducciones de agua entre un 5.12% y se pueden obtener reducciones de hasta un 25% a altas dosificaciones. Sikament MR es aplicable para todos los niveles de reducción de agua.

Alta Plasticidad: La acción superplastificante del Sikament MR proporciona concretos altamente fluidos y de larga trabajabilidad que se colocan con una mínima vibración. Concretos plastificados con Sikament MR son altamente fluidos, manteniendo por largos períodos de tiempo la cohesión, evitando que se produzca segregación.

Trabajabilidad extendida y control del fraguado: Sikament MR está formulado para proporcionar trabajabilidad entre 60 y 90 minutos con tiempos de fraguado normales.

La acción combinada de reductor de agua de medio rango y superplastificante del Sikament MR proporciona los siguientes beneficios al concreto endurecido. Altas resistencias tempranas para un desmoldado rápido en concretos estructurales

Altas resistencias finales, permitiendo flexibilidad en el plan mayor de ingeniería.

Reducciones de la relación agua cemento producen concretos más durables, más densos y menos permeables.

La alta efectividad plastificante, hace que reduzca los defectos de la superficie en elementos de concreto y mejore la apariencia estética. Sikament MR no contiene cloruros ni ningún otro compuesto que produzca la corrosión del acero de refuerzo.

Está formulado para proporcionar la máxima reducción de agua y trabajabilidad extendida a lo largo todo el rango de dosificación.

Las dosis variarán de acuerdo a los materiales usados, condiciones ambientales y requerimientos específicos del proyecto. Sika recomienda dosis entre 0.3% a 0.6% del peso del cemento si se requiere reducciones de agua entre 5 - 12%. Si se requiere mayores reducciones de agua se pueden usar dosificaciones de hasta 1.4% del peso del cemento. Sikament MR puede causar retardos del fraguado del concreto, si es usado en dosificaciones superiores a las recomendadas.

Dosis fuera del rango recomendado, pueden ser utilizadas cuando estén especificados materiales especiales tales como, microsíllica o cenizas volantes, condiciones ambientales extremas o cuando condiciones usuales del proyecto requieran consideraciones especiales. Para mayor información, favor contactarse con el Departamento Técnico de la empresa.

Para mejores resultados de superplastificación, adicionar el Sikament MR al final de la mezcla y dejar mezclarse a máxima velocidad por lo menos durante 3 minutos. Combinaciones con otros aditivos.

El Sikament MR es altamente efectivo, sólo o en combinación con otros aditivos Sika. Evaluaciones de campo con materiales locales, permitirán determinar la dosis de agentes incorporadores de aire que necesiten ser usados.

Combinación con microsíllica.

Sikament MR es particularmente efectivo para usar con microsíllica o cenizas volantes por su capacidad de reducción de agua y superior control de la fluidez.

Sika ViscoCrete 2100

Sika ViscoCrete-2100 es un aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante.

Sika ViscoCrete-2100 puede ser usado, tanto en hormigón premezclado, así como en prefabricados, adicionado en la planta como un reductor de agua de alto rango, proporciona excelente plasticidad mientras mantiene la trabajabilidad por más de una hora. Los tiempos de fraguado controlados del Sika ViscoCrete 2100 lo hacen ideal para aplicaciones tanto horizontales como verticales. Sika ViscoCrete 2100 es ideal para producción de hormigones auto-compactados (SCC).

Reductor de agua: Sika ViscoCrete-2100 con pequeñas dosificaciones, se obtienen reducciones de agua entre 10-15% y con altas dosificaciones se pueden lograr reducciones de agua de hasta un 45%. Sika ViscoCrete 2100 es aplicable para todos los niveles de reducción de agua.

Alta plasticidad: La acción superplastificante del Sika ViscoCrete 2100 permite obtener altos asentamientos, hormigones fluidos con alto mantenimiento de la trabajabilidad que facilitan la colocación con el mínimo vibrado aún cuando las relaciones agua cemento sean tan bajas como

0.25. Sika ViscoCrete 2100 plastifica el hormigón dando alta fluidez, pero manteniendo la cohesión, evitando de esta manera sangrado o segregación.

Larga trabajabilidad y control del fraguado

Sika ViscoCrete 2100 está formulado para mantener la trabajabilidad por más de una hora, manteniendo los tiempos de fraguado normales.

La acción combinada de reductor de agua de alto rango y superplastificante del Sika ViscoCrete 2100, proporciona al hormigón endurecido los siguientes beneficios:

Las altas resistencias finales permiten flexibilidad en los diseños de ingeniería y economía en las estructuras.

Bajas relaciones agua cemento producen hormigones más durables, más densos y menos permeables.

La alta plasticidad permite reducir los defectos de la superficie del hormigón y mejora la apariencia estética.

Traslúcido

1.1 g/cc aprox.

Dosis: Las dosis varían de acuerdo al tipo de materiales usado, condiciones ambientales y a los requerimientos de un proyecto específico.

Sika Ecuatoriana recomienda usar dosis entre 0.19% a 0.9% del peso del cemento. Dosis mayores a las recomendadas pueden usarse cuando están especificados materiales, tales como microsilica, condiciones ambientales extremas.

Mezclado: Para mejores resultados de superplastificación, adicionar el Sika ViscoCrete 2100 directamente a la mezcla fresca de hormigón en el mixer y dejar mezclándose por lo menos 60 segundos.

El Sika ViscoCrete 2100 también puede adicionarse a la mezcla fresca directamente en la planta al final del ciclo de mezclado.

Combinación con otros aditivos: Sika ViscoCrete 2100 es muy efectivo sólo o combinado con otros aditivos de Sika. Si se usa con ciertos aditivos Sikament puede afectar la plasticidad del hormigón fresco.

Combinación con microsilica: Sika ViscoCrete 2100 es particularmente recomendable para el uso con microsilica por su capacidad de reducción de agua y mayor control de la plasticidad.

Tambores de 230 kg. y al granel. 12 meses en su envase original bien sellado y bajo techo.

REQUISITOS DEL CEMENTO HOLCIM IPHE
NORMA INEN 490

REQUISITOS QUIMICOS			
PROPIEDAD	UNIDAD	INEN 490	RESULTADO
SiO ₂	%	A	28,2
Al ₂ O ₃	%	A	5,7
Fe ₂ O ₃	%	A	2,5
CaO	%	A	55,8
MgO	%	6,0 max.	1,1
SO ₃	%	4,0 max.	2,8
Perdida por calcinacion	%	5,0 max.	2,9
Residuo insoluble	%	A	13,1

REQUISITOS FISICOS			
PROPIEDAD	UNIDAD	INEN 490	RESULTADO
Contenido de aire en mortero	%	12 max.	3,7
Blaine	m ² /kg	A	396
Retenido en 45 um (No.325)	%	A	6,1
Expansion en Autoclave	%	0,8 max.	—
Contraccion en Autoclave	%	0,2 max.	-0,023
Expansion barra de morteros a 14 dias	%	A	N/D
Fraguado Inicial Vicat	minutos	45 - 420	161
Fraguado Final Vicat	minutos	A	293
Resistencia a la Compresion			
1 Dia	MPa	A	12,8
3 Dias	MPa	13,0 min	24,2
7 Dias	MPa	20,0 min	32,7
28 Dias	MPa	25,0 min	42,5

REQUISITOS DEL CEMENTO HOLCIM TIPO I
NORMA INEN 152

REQUISITOS QUIMICOS			
PROPIEDAD	UNIDAD	INEN 490	RESULTADO
SiO ₂	%	A	20,8
Al ₂ O ₃	%	A	4,8
Fe ₂ O ₃	%	A	2,5
CaO	%	A	66
MgO	%	6,0 max.	1,1
SO ₃	%	3,5 max.	3
Perdida por calcinacion	%	3,0 max.	0,8
Residuo insoluble	%	0,75 max.	0,32

REQUISITOS FISICOS			
PROPIEDAD	UNIDAD	INEN 490	RESULTADO
Contenido de aire en mortero	%	12 max.	5,3
Blaine	m ² /kg	280 min	284
Retenido en 45 um (No.325)	%	A	10,3
Expansion en Autoclave	%	0.8 max.	0
Fraguado Inicial Vicat	minutos	45 - 375	147
Resistencia a la Compresion			
1 Dia	MPa	A	13,8
3 Dias	MPa	12 min	25,6
7 Dias	MPa	19 min	36,2
28 Dias	MPa	28 min	47



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ANEXO 8

RESUMEN DE RESISTENCIAS

Codigo CTH	#	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Diámetro	Altura	Peso	Carga Rotura	Resistencia	ESCLEROMETRO		ULTRASONIDO	
										x barra	t	v	
19212	1		12/08/2008	7	100.50	203	3.16	155.4	19.6				
	2	05/08/2008		7	100.50	203.5	3.17	116.7	14.71				
	3		02/09/2008	28	101.00	202.5	3.19	195.5	24.4				
	4			28	101.00	204.5	3.22	171	21.34				
19215	3			5	100.89	200	3.79	346.8	43.38				
	4			5	100.46	200	3.81	367.1	46.32				
	5			7	100.50	200.5	3.79	423.6	53.4				
	6	13/08/2008	20/08/2008	7	101.00	201	3.80	358.6	44.75				
	7		10/09/2008	28	101.00	201	3.81	491.6	51.36				
	8			28	101.00	201.5	3.84	418.2	52.19				
	9			90	101.00	202	3.84	416.5	51.99				
	10		11/11/2008	90	101.00	201.4	3.79	465.1	58.06				
	1								53.4				
	2								44.75				
19219	1		15/08/2008	1	100.50	202.5	3.82	144.2	18.18				
	2			1	101.00	203	3.76	128.2	16.01				
	3		18/08/2008	4	100.54	200	3.83	309.1	38.94				
	4			4	100.68	200	3.79	351.9	44.2				
	5	14/08/2008	21/08/2008	7	101.00	202	3.73	403	50.31				
	6			7	101.00	203	3.79	387.7	48.39				
	7		11/09/2008	28	101.00	202	3.84	544.2	67.93				
	8			28	101.00	202	3.82	520.7	65				
	9			90	100.50	205	3.75	445.8	56.19				
	10		12/11/2008	90	101.00	204.5	3.81	536.9	67.01				
19286	1		22/09/2008	3	101.00	203	3.80	289	36.08				
	2			3	100.50	204.5	3.80	290.8	36.48				
	3		26/09/2008	7	100.50	203	3.80	327.5	41.29				
	4			7	101.00	203	3.78	354	44.18				
	5	19/08/2008	03/10/2008	14	100.50	202	3.80	453	57.56	43.3	43.1	4640	
	6			14	100.50	200	3.78	424.4	57.04	41.8	42.5	4710	
	7		17/10/2008	28	101.00	202	3.83	452.9	56.53				
	8			28	101.00	202	3.85	478.1	59.67				
	9		17/11/2008	90	100.50	204	3.81	503.7	63.5				4170
	1		25/09/2008	1	101.00	203	3.80	186.3	23.25				
19287	2			3	101.00	203	3.72	301.9	37.68				
	3		27/09/2008	3	101.00	203	3.72	276.4	34.5				
	4		01/10/2008	7	101.00	202	3.72	403.6	50.37	39.8	44.6	4490	
	5			7	101.00	202.5	3.77	409.1	51.06	38.9	45.1	4440	
	6	24/09/2008	08/10/2008	14	102.50	202.5	3.88	394.9	47.86	40.6	45	4510	
	7			14	101.00	202	3.73	432	53.91	38.6	45.3	4460	
	8		22/10/2008	28	101.00	202	3.72	522.9	65.26	41.7	44.4	4510	
	9			28	100.50	202.5	3.74	484.2	61.03	41.8	44.1	4540	
	10		23/12/2008	90	100.50	203.5	3.74	574.5	72.42				
	11			90	101.00	202.5	3.71	516.5	64.46				
	1		02/10/2008	1	100.50	204	3.64	140.3	17.68				
19295	2		04/10/2008	3	100.00	200	3.70	226.1	28.79	29.5	48.8	4130	
	3	01/10/2008		3	100.30	200	3.69	220.1	27.86	27	50	4000	
	4		08/10/2008	7	101.00	203.5	3.70	315	39.31	34.4	48.3	4210	
	5			7	101.00	203	3.67	276.8	34.55	33.4	50	4060	
	6		29/10/2008	28	101.00	204	3.69	434.9	54.28	36.3	45.4	4500	
	7			28	100.50	204.5	3.68	410.4	51.74	34.8	46.4	4400	
	8			56	100.70	204	3.68	394.4	49.52	39.2	45.7	4460	
	9			56	100.80	203.5	3.70	491.1	61.54	40.9	45.7	4460	

Codigo CTH	#	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Diámetro	Altura	Peso	Carga Rotura	Resistencia	ESCLEROMETRO		ULTRASONIDO	
										x barra	t	v	
19288	3	39717	03/10/2008	3	101.00	204	3.71	288.8	36.05	37.1	76.8	2630	
	4			7	100.30	200	3.73	403.9	51.12	37.7	43.4	4610	
	5			7	100.00	200	3.75	388.1	49.42	38.1	44	4560	
19299	1	08/10/2008	09/10/2008	1	100.50	200.5	3.91	95.7	12.06	17.8	52.1	3940	
	2		13/10/2008	5	102.50	202.5	4.10	375	45.45	39.7	55.9	3630	
	3		05/11/2008	5	101.50	201.5	3.98	431.7	53.35	42.8	56	3610	
	4			7	100.50	201	3.90	482.2	60.78	43.9	41.6	4810	
	5			7	100.50	201.5	3.85	405.6	51.13	41	40.9	4890	
	6			28	101.50	201	3.91	559.4	69.13	45.2	40.8	4920	
	7			28	101.00	202	3.92	554.5	69.21	49.5	40.5	4980	
	8		03/12/2008	56	101.50	202	3.42	532.5	65.81	49.9	40.4	5000	
19308	1	15/10/2008	17/10/2008	2	101.00	200.5	3.82	209.4	26.14	39.4	56.4	3550	
	2		22/10/2008	5	101.00	200.5	3.89	395.2	49.32	39.3	57.4	3500	
	3			5	101.00	200	3.86	392	48.93	39.4	56.4	3550	
	4			7	103.00	197	3.93	436.2	52.35	41.7	43.6	4600	
	5			7	100.50	198.5	3.82	388.6	48.99	41	43	4650	
	6			28	101.00	203.5	3.89	572.6	71.47				
	7			28	100.50	203	3.85	529.4	66.73				
	8		10/12/2008	56	101.50	201.5	3.90	577.9	71.42				
19362	1	22/10/2008	27/10/2008	1	101.00	203	3.59	121.8	15.21	17.9	56.3	3550	
	2			5	101.00	202.5	3.56	299.7	37.41	26	58.3	3510	
	3			5	102.00	202.5	3.69	208.6	25.53	26.7	57.8	3540	
	4			7	101.00	201	3.58	235.5	29.4	26.3	45.9	4450	
	5			7	102.50	204.5	3.75	284.7	34.5	27.8	47.7	4270	
	6			28	102.50	205	3.74	328.2	39.78	31.7	50.43	3180	
	7			28	100.50	204	3.58	406.1	51.2	33.4	50.1	4096	
	9			56	102.50	201.5	3.70	343.3	41.61				
	1		30/10/2008	2	101.50	203.5	3.68	175.4	21.68	24.8	45.2	3740	
19373	2	28/10/2008	04/11/2008	2	100.50	202	3.60	193.3	24.36	23.3	51.09	4270	
	3			7	101.00	203	3.62	289	36.08	30.7	49.3	4120	
	4			7	101.50	203	3.63	291.7	36.05	20.7	49.8	4130	
	1		04/11/2008	4	101.00	202	3.46	240.7	30.05	24.2	39	5190	
19383	2	31/10/2008	05/11/2008	5	101.00	202	3.48	215.8	26.93	22.5	52.1	3880	
	3		07/11/2008	5	101.00	203	3.48	238.1	29.72	22.8	53.1	3880	
	4			5	101.50	203	3.46	219.6	27.14	22.3	52	3910	
	5			7	101.00	201.5	3.56	198.4	24.76	25.2	47.7	4270	
	6			7	100.50	202	3.47	217.4	27.44	23.8	57.5	4740	
	7			28	100.00	204	3.47	268.4	33.51	27.5	50.2	4060	
	8		28/11/2008	28	101.00	204	3.47	284.3	35.49	26.4	49.2	4150	
	9		26/12/2008	56	100.50	203.5	3.46	330.4	41.65		46.3	4410	
	10			56	100.50	204	3.49	326.5	41.16		46.7	4350	

Codigo CTH	#	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Diámetro	Altura	Peso	Carga Rotura	Resistencia	ESCLEROMETRO		ULTRASONIDO
										x barra	t	v
19410	1		17/11/2008	5	101.00	202.5	3.59	220.5	27.52			
	2			5	101.00	203.5	3.60	228.5	28.52			
	3		19/11/2008	7	101.50	204.5	3.65	208.8	25.81		29.5	41.47
	4	12/11/2008		7	101.50	204	3.62	246.7	30.49		28.8	48.84
	5		10/12/2008	28	101.00	202.5	3.59	341.1	42.57			4050
	6		28	100.50	203	3.59	373.3	47.06				4280
	7		07/01/2009	56	101.00	203.5	3.62	404.2	50.45			47.9
	8		56	100.50	203	3.61	377.1	47.53				4240
19417	1	18/11/2008	19/11/2008	1	100.50	204	3.36	42.2	5.325			
	2			1	103.00	204.5	3.48	46.5	5.578			
	3		21/11/2008	3	100.50	203	3.42	83.5	10.52		15.6	45.45
	4			3	100.50	203.5	3.41	78	9.828		11.2	42.46
	5		25/11/2008	7	101.50	204	3.46	110.5	13.66		15.5	56.7
	6			7	101.00	203	3.43	114.6	14.31		16.4	58
	7		16/12/2008	28	100.50	202.5	3.44	139.6	17.6		18.3	54.1
	8		28	101.00	202	3.44	143.6	17.92			18.4	55.2
19419	1	20/11/2008	21/11/2008	ME	100.50	203	3.70	102.9	12.97			
	2			1	100.50	204	3.70	117.3	14.79		17.5	56
	3		25/11/2008	5	100.50	202.5	3.67	271.1	34.17		18	54
	4		27/11/2008	7	100.50	202.5	3.73	340.4	42.91		31.6	47.7
	5			7	101.00	203.5	3.70	335	41.81		31.7	47.4
	6		18/12/2008	28	100.50	202.5	3.70	494.4	62.32		32.4	47.5
	7		28	100.50	203	3.71	499.9	63.02				4300
	8		3	100.50	202	3.61	157.2	19.82			22.7	55.2
19421	1	21/11/2008	24/11/2008	3	101.00	203.5	3.70	160.1	19.98		23.2	52.7
	2			3	101.00	203.5	3.60	201.1	25.3		23.8	51
	3		26/11/2008	5	100.60	202.6	3.60	189.6	23.9		25.6	50.6
	4			5	100.50	203	3.60	194.3	24.25		29	50
	5		28/11/2008	7	101.00	204	3.67	202.8	25.31		28.9	51.7
	6			7	101.00	204	3.66	296.3	37.35			
	7		19/12/2008	28	100.50	204.5	3.66	280.9	35.41			
	8		28	100.50	203.5	3.58	169.5	21.58			20.9	53.7
19443	1		01/12/2008	3	100.00	203.5	3.51	168.3	21.43		21.8	53.8
	2			3	100.00	203	3.22	194.6	24.28		24	51.4
	3			5	101.00	203.5	3.58	180.6	22.04		25.1	50.9
	4	39780	05/12/2008	5	102.00	203	3.64	192	23.73		24.5	49.7
	5			7	101.50	203.5	3.60	240.3	29.7		23.4	49.4
	6		26/12/2008	28	101.00	201.5	3.63	289.4	36.49			
	7			28	100.50	202.5	3.57	79.9	9.97		16.3	61.8
	8		02/12/2008	1	101.00	203.7	3.70	162.7	20.11		22.7	50.6
19444	1	01/12/2008	04/12/2008	3	101.50	203	3.68	156.2	18.93		22.4	50.6
	2	01/12/2008		3	102.50	203.5	3.76					4010
	3											
19454	1	03/12/2008	04/12/2008	1							24.1	53.3
19455	1	03/12/2008	04/12/2008	1	101.00	204.5	3.74	172.1	21.48		25.2	53
19474	1	11/12/2008	15/12/2008	4	102.00	203.5	3.61	215.8	26.40			
	2	11/12/2008	16/12/2008	5	101.00	202.5	3.44	180.2	22.5		21.8	52.5
	3	11/12/2008	18/12/2008	7	101.00	205	3.45	232.5	29.02			
19500	1		18/12/2008	1	100.50	203.5	3.77	120.7	15.21			45.3
	2	39799		1	100.50	203	3.65	122.7	15.47			55.7
	3		22/12/2008	5	101.00	204	3.81	291.8	36.42			3630
	4			5	100.50	203.5	3.81	310.9	39.19			

Codigo CTH	#	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Diámetro	Altura	Peso	Carga Rotura	Resistencia	ESCLEROMETRO		ULTRASONIDO
										x barra	t	v
19414	1		15/11/2008	16 h	100.00	202.00	3.82	61.10	7.78			
	2		17/11/2008	3	100.50	202.00	3.82	329.20	41.50			
	3			3	101.00	202.50	3.85	310.90	38.81			
	4	14/11/2008	21/11/2008	7	101.00	203.00	3.85	396.80	49.53		37	44.2
	5			7	101.00	202.00	3.86	371.60	46.38		35.2	45.0
	6		12/12/2008	28	100.50	202.00	3.85	478.60	60.33			
	7			28	100.50	201.50	3.85	454.90	57.35			
19415	1		15/11/2008	16 h	100.00	202.00	3.92	12.30	1.56			
	2		17/11/2008	3	102.50	203.00	4.02	350.50	42.47			
	3			3	100.50	204.50	3.92	397.10	50.06			
	10	14/11/2008		3	100.50	203.50	3.92	416.80	52.54			
	4		21/11/2008	7	100.50	203.00	3.93	440.30	55.50		37.7	43.5
	5			7	101.00	203.00	3.92	446.90	55.77		37.9	43.9
	6		12/12/2008	28	100.50	203.00	3.94	462.40	58.29			
19418	7			28	100.00	204.00	3.93	436.00	55.52			
	1		20/11/2008	16 h	100.00	201.00	3.80	185.90	23.67			
	2			16 h	101.00	202.00	3.85	186.70	23.31			
	3			1	100.50	204.00	3.76	215.40	27.16		21.3	
	4			1	100.50	203.00	3.73	245.00	30.88		21.3	
	5	19/11/2008	24/11/2008	5	100.60	203.00	3.78	391.90	49.31		39.1	43.5
	6			5	101.00	204.50	3.80	387.40	48.35		35.3	43.8
19416	7		26/11/2008	7	100.60	204.00	3.77	452.70	56.95		40.2	43.8
	8			7	100.70	203.00	3.76	409.90	51.46		35.9	44.4
	9		17/12/2008	28	101.00	202.50	3.78	456.60	56.99			
	10			28	100.50	203.50	3.79	570.10	71.89			
	1		18/11/2008	0.66	102.00	202.00	3.84	113.30	13.85			
	2			0.66	100.00	202.00	3.72	113.30	14.40			
	3			1	100.00	201.00	3.75	163.50	20.81			
19420	4			1	100.00	202.00	3.74	149.20	19.00			
	5	17/11/2008	20/11/2008	3	101.00	203.00	3.73	250.40	31.26		24.2	
	6			3	101.00	205.00	3.79	298.50	37.25		26.3	
	7		24/11/2008	7	101.00	203.00	3.77	380.80	47.53		37.2	44.6
	8			7	101.00	203.00	3.75	320.50	40.00		37.6	45.1
	9		15/11/2008	28	100.00	203.00	3.78	448.20	57.07			
	10			28	101.00	204.00	3.80	453.30	57.71			
19420	1		21/11/2008	16 h	101.00	205.00	3.46	71.80	8.97			
	2			16 h	101.00	203.00	3.44	69.20	8.64			
	3		24/11/2008	3	101.00	204.00	3.43	178.60	22.29		23.6	
	4	21/11/2008		3	101.00	204.00	3.44	174.70	21.80		22.8	
	5		28/11/2008	7	101.00	204.00	3.45	150.50	18.84		27.4	41.30
	6			7	101.00	204.00	3.46	178.80	22.32		25.2	40.20
	7		19/12/2008	28	101.00	204.50	3.47	202.50	25.28			
19412	8			28	101.50	205.50	3.55	222.00	27.44			
	1		14/11/2008	2	101.50	202.00	3.92	131.00	16.19			
	2			2	102.00	203.00	3.82	167.40	20.48			
	3		19/11/2008	7	100.50	202.50	3.81	244.60	37.13			
	4			7	100.50	203.00	3.84	300.60	37.89			
	5	12/11/2008	10/12/2008	28	101.00	201.50	3.83	452.20	56.44		44.1	45.80
	6			28	100.50	201.50	3.81	391.80	49.39		44.9	
	7		07/01/2009	56	101.00	202.50	3.86	439.90	54.90			
	8			56	100.50	201.50	3.80	411.10	51.82			

Codigo CTH	#	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Diámetro	Altura	Peso	Carga Rotura	Resistencia	ESCLEROMETRO		ULTRASONIDO	
										x barra		t	v
19411	1		13/11/2008	1	101.00	201.00	3.75	46.10	5.75				
	2			1	101.00	202.00	3.59	46.80	5.84				
	3		19/11/2008	7	101.00	202.50	3.64	197.40	24.64				
	4	12/11/2008		7	100.50	202.50	3.62	178.60	22.52				
	5		10/12/2008	28	101.00	201.00	3.64	253.50	31.64				
	6			28	101.00	201.00	3.62	261.60	32.65				
	7		07/01/2009	56	101.00	202.50	3.71	242.30	30.25				
	8			56	101.50	201.50	3.72	266.40	32.92				
19369	1		30/10/2008	3	100.50	202.00	3.64	188.20	23.73				
	2			3	101.50	202.50	3.66	219.10	27.08				
	3	27/10/2008		8	100.70	203.00	3.69	280.10	35.16				
	4			8	102.70	202.00	3.78	231.90	28.00				
	5		24/11/2008	28	101.00	201.00	3.64	351.90	43.92				
	6			28	100.80	204.00	3.66	298.40	37.39				
19370	1		30/10/2008	3	101.00	201.00	3.54	90.00	11.24				
	2			3	101.00	202.00	3.53	82.50	10.30				
	3		04/11/2008	8	100.50	203.00	3.55	124.00	15.63				
	4	27/10/2008		8	100.90	202.00	3.53	129.40	16.19				
	5		24/11/2008	28	100.50	200.00	3.52	178.80	22.54				
	6			28	100.70	202.00	3.55	185.20	23.25				
	7			28	100.60	201.00	3.54	172.70	21.73				
	8			28	102.00	201.00	3.66	178.20	21.81				
19407	1		11/11/2008	1	101.50	203.00	3.70	76.80	9.49				
	2	10/11/2008		1	102.00	203.50	3.80	73.10	8.95				
	3		17/11/2008	7	101.00	203.00	3.68	198.90	24.83				
	4			7	101.00	203.50	3.73	213.50	26.65				
19388	1		07/11/2008	1	100.94	204.00	3.72	78.80	9.84				
	2			1	101.39	203.00	3.75	70.00	8.67				
	3		13/11/2008	7	100.80	203.00	3.74	211.70	26.52				
	4			7	100.00	200.00	3.84	198.60	25.28				
	5	06/11/2008		28	101.50	203.50	3.75	341.00	41.32				
	6				102.00	204.00	3.74	298.90	36.23				
	7		18/12/2008	42	100.50	204.00	3.75	370.50	46.71				
	8			42	101.50	204.50	3.81	351.20	43.40				
	9		14/11/2008		101.00	204.00	3.74	235.20	29.35				
19385	1		06/11/2008		101.40	202.00	3.58	83.20	10.30				
	2		12/11/2008	7	100.50	204.00	3.58	180.50	22.76				
	3			7	101.50	204.50	3.65	177.70	21.96				
	4	05/11/2008		28	100.50	203.50	3.60	267.70	33.75				
	5		03/12/2008	28	100.50	203.50	3.62	263.40	32.55				
	6			28	101.50	203.50	3.59	284.00	35.45				
	7		17/12/2008	42	101.00	203.50	3.57	282.90	35.66				
	8			42	100.50	203.00	3.79						
19386	1		06/11/2008		101.20	202.00	3.70	80.10	9.96				
	2		12/11/2008	7	101.00	203.00	3.70	209.80	26.19				
	3			7	100.50	203.50	3.72	195.00	24.58				
	4	05/11/2008		28	102.00	203.00	3.80	328.40	40.19				
	5		03/12/2008	28	100.50	202.50	3.70	304.80	38.42				
	6			28	100.50	202.50	3.72	321.10	40.08				
	7		17/12/2008	42	101.00	202.50	3.79	312.50	38.62				
	8			42	101.50	202.50	3.63	154.80	18.76				
19447	1		04/12/2008	3	101.00	203.50	3.63	183.00	22.18				
	2			3	102.00	203.50	3.63						
	3	01/12/2008		7									
	4		08/12/2008	7									
	5		29/12/2008	28	104.00	203.00	3.67	342.70	43.63				
	6			28	104.00	203.00	3.67	329.30	41.93				

Pilotes

46.7

45.9

4370

4440

32

31.2

26.1

49.6

27.3

48.7

4110

4190

9.96

26.19

24.58

40.19

38.42

40.08

38.62

18.76

22.18

49.8

50.2

43.63

41.93

4320

4320

Codigo CTH	#	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Diámetro	Altura	Peso	Carga Rotura	Resistencia	ESCLEROMETRO		ULTRASONIDO	
										x barra	t	v	
19463	1	08/12/2008	15/12/2008	24 h	100.00	200.00	3.66	78.10	9.94				
	3			7	101.00	203.00	3.62	162.40	20.27				
19473	1	12/12/2008	12/12/2008	1	101.00	201.00	3.70	39.30	4.90				
	2	11/12/2008	12/12/2008	4	101.00	202.00	3.70	153.60	19.17				
19480	3		18/12/2008	7	101.00	202.00	3.71	220.30	27.50				
	1	12/12/2008	15/12/2008	3	101.00	203.00	3.78	174.60	21.80				
19481	2		19/12/2008	7	101.00	203.00	3.76	227.10	28.35				
	1	12/12/2008	15/12/2008	3	101.00	203.00	3.76	160.80	20.10				
19481	2		19/12/2008	7	101.00	203.50	3.74	207.00	25.84				
	2	12/12/2008	12/12/2008	2	101.00	201.50	3.44	85.20	10.64				
19469	3	10/12/2008	17/12/2008	7	101.00	203.00	3.48	163.30	20.39				
	4		01/01/2009	28	101.50	202.00	3.50	186.50	23.06	36.8	49.5		4080
19470	2	04/12/2008	11/12/2008	7	102.00	202.50	3.77	203.20	24.87	28.80	47.90		4240.00
	3			7	100.50	203.00	3.75	215.50	27.17				
19456	3	04/12/2008	11/12/2008	7	100.00	203.00	3.81	238.70	30.40				
19467					101.50	202.50	3.73	61.10	7.56				
19407	5			28	100.60	203.00	3.69	309.10	38.89	26.30	47.60		4270.00
	6	10/11/2008	08/12/2008	28	100.70	203.00	3.70	314.60	39.55	28.10	46.70		4350.00
19407	3	01/12/2008	08/12/2008	7	100.00	203.00	3.65	198.80	25.25	26.50	48.00		4230.00
	4			7	100.50	203.50	3.64	239.30	30.17	25.60	47.80		4250.00
19456	2	04/12/2008	08/12/2008	4	102.00	205.00	4.01	184.50	22.58	22.9	47.3		4310
19459	1		06/12/2008	24 h	101.00	202.50	3.56	64.70	8.07				
	2	05/12/2008	08/12/2008		103.00	204.00	3.68	136.80	16.41	16.8	51.5		3940
19294	3		12/12/2008	7	101.00	204.00	3.58	154.50	19.28				
	1	30/09/2008	03/10/2008	3	100.00	200.00	3.52	79.40	10.11				
	2			3	100.00	200.00	3.53	74.80	9.52				
	3			3	101.00	202.00	3.49	72.40	9.04				

Codigo	fecha moldeo	tipo	edad	edad ensayo	diametro	altura	carga	resistencia	ultrasonido		esclerometria
									tiempo	V (m/s)	
1466					100	204	121.4	15.46	54.7	37.7	21.9
1492					101	204.5			54.5	37.6	21.8
1333		R28Z13			101	205	199.4	24.89	54.2	37.8	24.9
					100.5	205	124.6	15.71	53.3	38.5	19.8
					101	204.5	153.8	19.20	52.7	38.9	
					101	203.5	135.2	16.88	52.6	38.8	
1482	27/11/2008		7	04/12/2008	101	204.5			52.3	39.2	20.3
1493					101	203			52.2	38.9	20.3
					100.5	202.5	126.7	15.97	51.9	39.1	
1481					101	206	216.1	26.97	51.8	39.8	25.8
1451		R28Y10			100.5	203	133.6	16.84	51.6	39.3	21.9
1480					101	204.5	166.7	20.81	51.5	39.8	21.6
					100.5	202	121	15.25	51.3	39.4	
1329		R28Z13			100.5	203	231.1	29.13	51.1	39.7	26.8
					101	203	132.1	16.49	50.9	39.9	
1473					101	205	203.6	25.41	50.8	40.4	27.6
					100.5	204.5	203.6	25.67	50.7	40.4	24.8
1450		R28X7			101	202.5	125.2	15.63	50.7	2.025	20.5
344	29/10/2008	R28Z13	28	26/11/2008	100.5	204.5	268.7	33.87	50.6	40.5	31.6
					101	204.5	228.7	28.55	50.6	40.5	25.8
350	30/10/2008	R28Y10	28	27/11/2008	101	204.5	204.5	25.52	50.6	40.6	26.8
					100.5	205	241.2	30.41	50.6	40.5	29.1
1474					101	205.5	118.1	14.74	50.6	40.7	22.4
					101	204	254.8	31.80	50.5	40.4	
					101	203	218.9	27.32	50.4	40.7	20.3
1462	24/11/2008		7		100.5	206	186.1	23.46	50.4	40.9	29
1449		R28Y10			100.5	202.5	231.3	29.16	50.3	40.4	28.8
					100.5	202	192	24.20	50.1	40.3	
1464					100.5	204	174.4	21.98	50.1	40.7	26.8
					101	203.5	204	25.46	50	40.8	
1483					101	204			50	40.8	25.7
					101	202	177.6	22.17	49.9	40.5	
1479					101	204	143.4	17.90	49.9	40.9	24
1484					101	203			49.9	48.7	22.6
					100.5	204	170.7	21.52	49.8	41	27.6
1465					101	205	173.9	21.71	49.7	41.3	26.9
					101	204.5	192.6	24.04	49.7	41.3	
1370					101	203			49.7	40.9	20.1
1352		R28Z18			101.5	203	250.4	30.95	49.6	40.9	29.5
					101	204	254.9	31.82	49.6	41.1	29.6
					101	205	171.9	21.46	49.6	41.3	26.7
1476					101	204	163.1	20.36	49.6	41.1	24.7
					100	204	261.8	33.33	49.5	41.2	30
					102	204.5	202.9	24.83	49.5	41.4	26.4
					101	205	192.5	24.03	49.5	41.4	27.8
					101	205	215.3	26.87	49.5	41.4	
1372					101	205			49.5	41.4	25
1446	21/11/2008	R28Y10	7	28/11/2008	100.5	202.5	180	22.69	49.4	41.1	25.2
1371					101	204			49.4	41.3	25.1
1487					101	204			49.4	41.3	24.8
1491					101	203			49.1	41.3	25.9
1337		R28Z13			100.5	203	242.7	30.59	48.9	41.5	23.1
					101	204	245.2	30.60	48.9	41.7	
					101	203.5	217.4	27.13	48.8	41.8	
365	19/11/2008	R28Y15	7		100.5	204	251.8	31.74	48.7	41.9	

Codigo	fecha moldeo	tipo	edad	edad ensayo	diametro	altura	carga	resistencia	ultrasonido		esclerometria x
									tiempo	V (m/s)	
1350	02/11/2008	R28Z18	28	01/12/2008	100.5	204	236.5	29.81	48.7	41.9	29.7
1477					101	204	221.3	27.62	48.7	41.9	27.6
1363		R28X7			101	204	247.4	30.88	48.5	42.1	27.8
1331		R28Y10			100.5	204.5	233.6	29.45	48.4	42.4	26.8
1334		R28X7			101	204.5	242.6	30.28	48.4	42.4	27.7
					101	202.5	212.8	26.56	48.4	41.9	
1452		R28Z13			100.5	202.5	214.7	27.07	48.3	42	26.7
1463					100.5	206	256.4	32.32	48.2	42.7	33.2
1361		R28Y10			101	205	298.6	37.27	48.2	42.5	32.7
					100	203	238.4	30.35	48.1	42.2	28.6
1341		R28Z13			100.5	201.5	196.9	24.82	48.1	42	24
					101	204	255.9	31.94	48.1	42.4	35.6
1489					101	204			48.1	42.4	24.2
					101	203	278.4	34.75	48	42.3	
1454		R28Z13			100.5	202.5	334.4	42.15	48	42.3	35.1
1456		R28Z13			100.5	202.5	296.9	37.43	48	42.3	28.8
1475					101	203.5	254	31.70	48	42.5	34.6
					101	201.5	276.1	34.46	47.8	42.3	
1351		R28Z18			100.5	205	287.4	36.23	47.8	42.9	32.4
1365		R28Y13			101	205	215.8	26.94	47.8	42.9	
1338		R28X7			100.5	202.5	270.3	34.07	47.7	42.6	28.5
1358	05/11/2008	R28Z13	28	03/12/2008	101	204	358.8	44.78	47.7	42.8	36.2
1359		R28Y10			101	203	218.2	27.23	47.6	42.7	25.3
					101	205	282.6	35.27	47.5	43.2	32.3
1368					101	203.5			47.5	43	32.3
1488					101	203			47.5	42.7	31.2
1453		R28Z13			100.5	202.5	279.1	35.18	47.4	42.8	32.5
					101	204.5	283.3	35.36	47.4	43.3	
					100.5	201.5	272.9	34.40	47.3	42.7	
					101	204	240.8	30.06	47.3	43.1	
					101	204	356.1	44.45	47.3	43.1	
1336	31/10/2008	R28Z13	28	28/11/2008	100.5	202	274.8	34.64	47.2	42.8	32.6
					100.5	202	233.7	29.46	47.2	42.8	
1342		R28Z13			100.5	201	399.9	50.41	47.1	42.7	36.8
					101	201	390	48.68	46.9	42.9	
1360		R28X7			101	203	362.9	45.30	46.8	43.4	37.9
1369					101	205			46.8	43.8	26.5
1490					101	204.5			46.7	43.9	35.4
1448		R28X7			100.5	203	265.1	33.42	46.6	43.6	33.8
					101	205	314.7	39.28	46.6	43.8	
1364		R28Y18			101	203.5	363.5	45.37	46.6	43.8	33.9
1332		R28X7			100.5	204	341.4	43.04	46.5	43.9	34.7
					101	203	352.7	44.02	46.5	43.7	
1367	06/11/2008		28	04/12/2008	101	203.5			46.5	44.7	38.7
1340		R28Z13			100.5	201	291.7	36.77	46.3	43.4	33.6
					101	203	330.8	41.29	46.3	43.8	
					100.5	205	348.8	43.97	46.2	44.4	35.1
347		R28X7			100.5	203	304.8	38.42	46	44.1	35.5
					101	204	356.5	44.50	46	44.4	
1362		R28Z13			101	204.5	322.6	40.27	46	44.6	31.3

Codigo	fecha moldeo	tipo	edad	edad ensayo	diametro	altura	carga	resistencia	ultrasonido		esclerometria x
									tiempo	V (m/s)	
1373					101	205			45.9	44.7	28.5
					101	204	337.4	42.11	45.8	44.5	
1478					101	205	270	33.70	45.8	44.8	
1366		R28Z13			101	203.5	349.1	43.57	45.7	44.6	35.1
1485					101	204			45.7	44.6	36.5
1510					101	204.5	552	6.89	45.6	45	
1486					101	203.5			45.6	44.7	36.6
					101	201.5	269.4	33.63	45.2	44.7	
1339		R28Y15			100.5	203	336.8	42.46	45.1	45	34.3
					100.5	202.5	323.9	40.83	44.9	45.2	
1374					101	203.5			43.7	46.7	42.4
1511					101	204.5	118.6	14.80	39.6	51.8	
					101	204	115.5	14.42	39.6	51.5	
1508					101	204.5	95.2	11.88	39.4	52	
					101	204.5	142	17.72	37.2	55.1	
1507					101	200	140.3	17.51	37.2	53.8	
1468		R28			101	203.5	150	18.72	37	55.1	21.9
1429		R28Y10			100	204	153.5	19.54	36.5	55.9	23.1
1328		R28X7			100.5	203	184.1	23.21	35.5	57.2	21.3
					101	204	182.1	22.73	35.5	57.5	21.8
		R28Y15			100.5	204.5	189.6	23.90	35.5	57.8	
1354		R28X7			101	204	194.4	24.26	35.5	57.5	24
1433		R28Z13			100.5	203	193.1	24.34	35.4	57.3	
					101	200	135.6	16.92	35.4	56.5	
1467	25/11/2008	R28	7	02/12/2008	101	204.5	134	16.73	35.2	58.2	21.5
1327	29/10/2008	R28Z13	28		100.5	205	242.6	30.58	35.1	58.4	27.8
1356		R28Z13			101	205.5	268.3	33.49	34.5	59.7	28.5
					101	203	258	32.20	34.4	59	
1431		R28X7			100.5	202.5	178.6	22.51	34.3	59.2	
					101	204.5	114.8	14.33	34.3	59.8	
					101	203	235.9	29.44	34.2	59.5	
366	25/11/2008	R28Z13	7	02/12/2008	101	204.5	219.6	27.41	34.2	59.9	29.1
					101	204	212.3	26.50	34.1	59.8	
1357		R28Z13			101	204.5	273.6	34.15	33.9	60.5	31.4
					101	204.5	247.1	30.84	33.6	61	
1509					101	205	248.6	31.03	33.6	61	
					101	202.5	259.9	32.44	33.5	60.6	
					101	204.5	248.4	31.00	33.4	60.8	28.8
367		R28Y10			101	204	195.8	24.44	33.4	61.1	27.4
					101	204	266.7	33.29	33.4	61.1	
1428	19/11/2008	R28Y10	7		101	204	177.2	22.12	33.3	61.3	26.6
					101	204.5	167.1	20.86	33.2	61.8	
1504					101	203.5	247	30.83	33.1	61.6	
					101	204	252.7	31.54	32.9	62	
					101	204.5	180.1	22.48	32.7	62.7	
1505					101	202.5	267.2	33.35	32.6	62.3	
					101	201.5	246.9	30.82	32.4	62.4	
					101	203.5	204	25.46	32.4	63	
1506					101	203.5	204.1	25.47	32.2	63.4	
1355		R28Y10			101	204.3	274.8	34.30	32.1	63.9	27.7
1470		R28			101	204.5	256.4	32.00	32	64.1	33.9
					101	203.5	101.5	12.67	31.6	64.6	
		R28X7			100	204	128.3	16.34	31.3	65.2	
					101	203	241.5	30.14	31.3	64.9	
1471		R28			101	204	283.9	35.44	31.2	65.4	31.7
1469		R28			101	204.5	112.5	14.04	30.8	66.6	35.2
1353	04/11/2008	R28X7	28	02/12/2008	101	203.5	343.6	42.89	30.4	67.1	36.3
					101	204.5	331	41.31	29.1	70.5	

BIBLIOGRAFIA

1. Dirección Web: <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio.htm>
2. Dirección Web: www.icpa.org.ar/files/altares134.doc
3. Dirección Web: www.canalconstruccion.com/hormigon-de-alta-resistencia.html
4. Dirección Web: www.argcon.com
5. Dirección Web: www.monografias.com
6. Dirección Web: <http://ciks.cbt.nist.gov/bentz/welcome.html>
7. Dirección Web: http://www.portcement.org/pdf_files/RD014.pdf
8. Dirección Web: http://www.portcement.org/pdf_files/RD056.pdf
9. Dirección Web: <http://hormigonelaborado.com>
10. Dirección Web: <http://www.grupominetti.com.ar>
11. Dirección Web: <http://www.ucn.cl/FacultadesInstituto/laboratorio>
12. Dirección Web: <http://www.disensa.com>

13. INEN 695 Áridos para Hormigón. Muestreo
14. INEN 696 Áridos para hormigón. Determinación de la Granulometría.
15. INEN 697 Áridos para hormigón. Determinación de los Materiales mas finos que 75um.
16. INEN 862 Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.
17. INEN 856 Árido fino para hormigón. Determinación de la densidad y absorción del agua.
18. INEN 1578 Hormigones. Determinación del Asentamiento
19. INEN 857 Árido grueso para hormigón. Determinación de la densidad y absorción del agua.
20. INEN 858 Áridos para hormigón. Determinación de la Masa Unitaria y del Porcentaje de Huecos.
21. ING. EGÜEZ HUGO. Apuntes clases de Tecnología del hormigón. ESPOL
22. ACI 237 Self-Consolidating Concrete
23. ASTM C 33 – 03 Standard Specification for Concrete Aggregates.
24. ASTM C 136 – 06 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.
25. ASTM C 117 – 04 Standard Test Method for Materials Finer than 75- μm (N . 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing.
26. ASTM C 127 – 07 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregates.
27. ASTM C 128 – 07a Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregates.

28. ASTM C 29/C 29M – 07 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.
29. ASTM C 131 – 06 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
30. ASTM D 4318- 05 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
31. ASTM C 494 / C 494M – 08a Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.
32. ASTM C 39 – 01 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
33. ASTM C617 - 98(2003) Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens.
34. ASTM C496 / C496M - 04e1 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
35. ASTM C78 - 08 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).
36. ASTM C 469 – 94 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson’s Ratio of Concrete in Compression.
37. ASTM C157 / C157M - 08 Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete.
38. ASTM C 642 – 97 Standard Test Method for Density, Absorption and Voids in Hardened Concrete.
39. ASTM C 805 Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete
40. PCA. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Steven H. Kostmatka. Primera Edición 2004
41. Ronald Walpole, Raymond Myers, Sharon Myers., “Probabilidad y Estadística para Ingenieros”, Sexta Edición, pp. 394 – 416.