



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil.

“INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE TOLERANCIAS EN CONTROL DE ASENTAMIENTO DE CONO SEGÚN NCH 170 OF 85 Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LEMCO.”

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Constructor.

Profesor Guía:
Sr. José Arrey Díaz.
Constructor Civil, especialista en Hormigones.
Experto en Prevención de Riesgos Ocupacionales.

PLINIO AUGUSTO FOITZICK FOITZICK.
VALDIVIA - CHILE
2009

DEDICATORIA

Dedicada a mi familia

En especial a mi madre Orabia Foitzick

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos.

A mis amigos y compañeros de curso.

A mi amiga y colega Carolina Muñoz.

A mi profesor guía don José Arrey Díaz.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Se realizara un análisis comparativo de las resistencias a la compresión asociadas a la tolerancias a el control de asentamiento de cono según NCh 170 Of 85, 14.1.3 letra b.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Diseñar mezclas de prueba tomando como base las razones agua-cemento contenidas en la tabla 3 de la NCh 170.

Confeccionar las mezclas de prueba según la NCh 1017. Eof 75 “Hormigón – Confección y curado en obra de probetas para ensayo de compresión y tracción”.

Ensayo a la compresión a los 28 días, de tres probetas cúbicas de 15cm de arista para cada docilidad.

Analizar los resultados obtenidos de las resistencias mecánicas en las muestras de prueba, para cada variación de docilidad.

INTRODUCCION

En la ejecución de obras de hormigón se observa que se agrega agua adicional, a veces es imperceptible otras no lo es, pero con esto se esta cambiando la dosis del agua, por lo tanto, el resultado será un hormigón terminado con menor resistencia. Este incremento de agua es beneficioso para la mano de obra, al aumentar la trabajabilidad, la mezcla es mas sencilla de moldear o darle la terminación deseada.

La NCh 170, trata los requisitos generales que debe cumplir el hormigón, dentro de ello especifica el rango de aceptabilidad de la docilidad de la mezcla de hormigón fresco medida en el ensayo de asentamiento de cono de Abrams.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la influencia de la variación de la docilidad, en la resistencia mecánica del hormigón a la compresión, obtenida de ensayos a probetas de 20cm de arista ensayadas a los 28 días de edad.

Se realizaron ensayos comparativos entre un hormigón con asentamiento del cono de Abrams 6 y el mismo con ± 2 de variación según Nch170 Of 85, y de grados H15, H25 y H30.

Se puede concluir que al producirse una variación positiva del cono, sería la resistencia media requerida la que soportaría la desviación, ya que es superior a la especificada en un monto tal que permita absorber las variaciones de fabricación y ensayo (dispersión de resultados). Una disminución exagerada del cono, se soportaría teniendo la maquinaria necesaria para compactar la mezcla y brindarle una adecuada terminación superficial.

SUMMARY

In the present report be studied to the influence of the variation of the docitily, in the mechanical resistance of the concrete to the compression, obtained of essays to samples of 20cm of edge, and tested to 28 old days.

Are realiced comparative essays between a concrete with settlement of Abrams's cone and itself with +-2 of variation according to NCh 170 Of 85, and of grades H15, H25 and H30.

It can be concluded than when is produce a positive variation of the cone, would be the resistance half required the that would endure the deviation, due to is superior to the specified in an amount such that allow absorbing the variations of manufacture and essay (dispersion of results). A decrease exaggerated of the cone, it can be endured having the machinery necessary to compact the mixture and to offer it an adequate superficial termination.

INDICE DE CONTENIDO

TEMA	PAG.
<hr/>	
CAPITULO I: AGUA EN EL HORMIGON	
1.1 Generalidades	1
1.2 Función del agua en el hormigón	1
1.3 Agua en los áridos	2
1.4 Agua de amasado	3
1.4.1 Perdida de agua de amasado en el hormigón fresco	3
1.4.2 Agua para proceso de hidratación del cemento	5
CAPITULO II: NCH 170 OF 85 “HORMIGON – REQUISITOS GENERALES”.	
2.1 Generalidades	7
2.2 Resumen de la norma	7
2.3 Clasificación del hormigón en grados según resistencia especificada a compresión.	7
2.4 Determinación de la Razón agua-cemento.	8
2.4.1 Determinación de la Razón agua-cemento con registros de ensayos anteriores.	9
2.4.2 Determinación de la Razón agua-cemento con hormigones de prueba de acuerdo a NCh 1018.	9
2.4.3 Determinación de la Razón agua-cemento a partir de la resistencia media requerida y durabilidad, mediante tablas.	10
2.5 Elección de la docilidad del hormigón	11
2.6 Agua de amasado estimada	12
2.7 Tolerancias en el control de asentamiento de cono NCh 170 Of 85,	
14.1.3 letra b.	13

CAPITULO III: PLANIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS

3.1 Generalidades	15
3.2 Propiedades como variables de estudio en etapa experimental	15
3.3 Plan de Ensayos	15
3.4 Descripción de los ensayos	17
3.4.1 Docilidad	17
3.4.1.1 Medida de docilidad. Ensayo del Cono de Abrams, NCh 1019	18
3.4.2 Compresión	18

CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL

4.1 Materiales	23
4.1.1 Áridos	23
4.1.2 Cemento	25
4.1.3 Agua	25
4.2 Dosificación del hormigón y confección de muestras de prueba.	25
4.2.1 Dosificación del hormigón.	25
4.2.2 Dosificación muestras de prueba.	35

CAPITULO V: RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

5.1 Docilidad	40
5.2 Resistencia según docilidad	40

CAPITULO V: CONCLUSIONES 45**BIBLIOGRAFIA** 48

INDICE DE FIGURAS

TEMA	PAG.
<hr/>	
CAPITULO I: AGUA EN EL HORMIGON	
Figura 1.1. Gráfico, tasa de evaporación de agua de amasado en Kg/m ² /h.	5
 CAPITULO II: NCH 170 OF 85 “HORMIGON – REQUISITOS GENERALES”.	
Figura N° 2.1 .Tabla 1 de NCh 170 - Clasificación de hormigones por resistencia especificada a compresión, fc.	8
Figura N° 2.2. Tabla 3 de NCh 170 - Razón agua-cemento para resistencia media requerida, fr.	10
Figura N° 2.3.Tabla 4 de NCh 170 - Máxima razón agua-cemento en caso de exposición severa, selección por durabilidad.	11
Figura N° 2.4. Tabla 5 de NCh 170 - Asentamiento de cono según tipo de estructura.	11
Figura N° 2.5. Tabla22 de NCh 170 - Volumen estimado de agua de amasado en m ³ .	12
Figura N° 2.6. Grafico de Tabla22 de NCh 170 - Volumen estimado de agua de amasado en m ³ , para tamaño máximo nominal 40mm.	13
Figura N° 2.7. Tabla 16 de la NCh 170 - Tolerancia en el control del asentamiento.	14
 CAPITULO III: PLANIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS	
Figura 3.1. Tabla - Muestras de hormigón a confeccionar para el ensayo.	16
Figura 3.2. Foto - Moldes cúbicos de 15cm de arista.	19
Figura 3.3. Sección de ensayo de probeta cúbica según NCh1037.	21
Figura 3.4. Altura de probeta cúbica según NCh1037.	21

CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL

Figura 4.1. Tabla - Propiedades de los áridos.	23
Figura 4.2. Tabla - Granulometría de la arena.	24
Figura 4.3. Tabla - Granulometría de la gravilla.	24
Figura 4.4. Tabla - Granulometría de la grava.	25
Figura 4.5. Tabla - Banda de especificación para árido combinado.	26
Figura 4.6. Tabla - Porcentajes de Áridos retenidos en tamaños Grueso, Medio y Fino.	27
Figura 4.7. Grafico - Granulometría de la muestra, para el árido combinado.	27
Figura 4.8. Triangulo de Feret.	28
Figura 4.9. Tabla - Árido combinado, compuesto de gravas y arenas en porcentajes.	29
Figura 4.10. Tabla - Dosificación para un metro cúbico de hormigón.	34
Figura 4.11. Tabla - Dosificación para 50 lts. de hormigón.	35
Figura 4.12. FOTO - Betonera para confeccionar la mezcla de los componentes dosificados.	35
Figura 4.13. Tabla - Corrección por humedad para hormigón grado H15.	36
Figura 4.14. Tabla - Corrección por humedad para hormigón grado H25.	37
Figura 4.15. Tabla - Corrección por humedad para hormigón grado H30.	37

CAPITULO V: RESULTADOS DE

Figura 5.1. Tabla - Variación del cono para hormigón de grados H15, H25 y H30.	40
Figura 5.2. Tabla - Variaciones en resistencias según medida del Cono.	41
Figura 5.3. Grafico - Resistencia a la compresión versus razón A/C, para hormigón patrón.	42
Figura 5.4. Grafico - Resistencia a la compresión versus razón A/C para cono 6-2.	43
Figura 5.5. Grafico - Resistencia a la compresión versus razón A/C	

para cono 6+2.	43
Figura 5.6. Grafico - Resistencia a la compresión versus razón A/C	
para hormigones: patrón y con +-2cm de variación del cono.	44

CAPÍTULO I

AGUA EN EL HORMIGON.

1.1 Generalidades [1].

Hormigón es una palabra de origen latino, formicus, que significa con forma, susceptible de ser moldeado. El cemento que forma parte de hormigones y morteros reacciona con agua en un proceso de hidratación, dónde a través de reacciones químicas, la mezcla endurece, finalizando en un material de alta dureza. Es esta propiedad la que permite usar la terminología de cemento hidráulico. La reacción química cemento-agua es exotérmica, es decir libera calor, y la cantidad estequiométrica para la completa hidratación del cemento depende de la composición química del clinker y de su participación en el cemento.

1.2 Función del agua en el hormigón.

El agua cumple dos importantes funciones en la mezcla de hormigón de cemento. Primeramente, reacciona químicamente con el cemento para producir la parte sólida de la pasta de cemento que es lo que da la resistencia al hormigón. En segundo lugar, provee la manejabilidad de la mezcla, importantísima propiedad para formar un hormigón homogéneo y bien compactado.

Nota: A lo largo del desarrollo del informe se incluirá un número entre corchetes [Nº], que hace referencia a la bibliografía utilizada.

Poca agua producirá un hormigón denso y seco, difícil de compactar y de homogeneizar y que por lo tanto resultará en un hormigón débil. Por otro lado, mucha agua provocará la formación de muchos poros cuando el agua se evapore, favorecerá la segregación y tampoco se obtendrá un hormigón homogéneo, lo cual también dará como resultado un hormigón débil. Es decir, la cantidad de agua tiene un rango, o mejor dicho, un valor óptimo para evitar estar en esas condiciones extremas.

1.3 Agua en los áridos [2].

El árido por estar formado por una estructura de partículas, el agua actúa en ellos en forma considerable, tanto en el proceso de explotación como en la confección de morteros y hormigones.

Las partículas contienen micro cavidades superficiales que son susceptibles de absorber o perder humedad, si las condiciones ambientales lo permiten.

Según el grado de humedad que posea un árido, se determinan cuatro estados hidrométricos bien definidos (según anexo "C" de NCh163 [3]).

a) Estado seco

Este se logra exclusivamente secándolo hasta masa constante en estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

b) Estado parcialmente seco

Este se logra en el aire del ambiente, tiene superficie seca, poros accesibles parcialmente secos pero no saturados. En este caso hay que agregar el agua necesaria para llenar los poros accesibles al agua de amasado según NCh170 [4].

c) Estado saturado superficialmente seco

Las partículas no tienen humedad en la superficie, pero sus poros accesibles están saturados de agua. Este estado se obtiene en laboratorio. Este es el estado que sirve de base para fijar la razón-agua cemento según NCh170 [4].

d) Estado húmedo.

En este estado las partículas tienen sus poros accesibles saturados de agua, además presenta agua en su superficie. En este caso hay que restar el agua libre al agua de amasado según NCh170 [4].

1.4 Agua de amasado.

Es el agua que contiene el hormigón fresco descontada el agua absorbida por los áridos hasta la condición de saturados superficialmente seco.

1.4.1 Pérdida de agua de amasado en el hormigón fresco [1].

El agua de amasado usada para preparar la mezcla debe mantenerse en ella el tiempo suficiente para asegurar las reacciones adecuadas y en condiciones óptimas, ya que ello llevará a tener un material con propiedades adecuadas y duraderas, minimizando las mantenciones o reparaciones necesarias para mantenerlo en buen estado de funcionamiento.

La pérdida del agua de amasado por evaporación y altas temperaturas en el hormigón fresco, producen alteraciones en las propiedades del hormigón fresco y endurecido. Los efectos más importantes pueden ser los siguientes:

- a) Aceleración del fraguado, disminuyendo el tiempo disponible para las operaciones de transporte, colocación, compactación y terminación.
- b) Tendencia a figuración y/o deformación de los elementos de hormigón.
- c) Baja de las resistencias mecánicas, aun cuando a edades tempranas pueden resultar mayores.
- d) Baja de la durabilidad del hormigón.
- e) Necesidad de aumentar la dosis de agua para alcanzar la docilidad requerida.

Los orígenes más comunes de estas alteraciones pueden ser:

- a) Alta temperatura ambiente.
- b) Alta temperatura del hormigón.
- c) Alta velocidad del viento en contacto con el hormigón.
- d) Baja humedad relativa del ambiente.
- e) Proporciones entre el volumen del hormigón y sus superficies para disipar el calor.

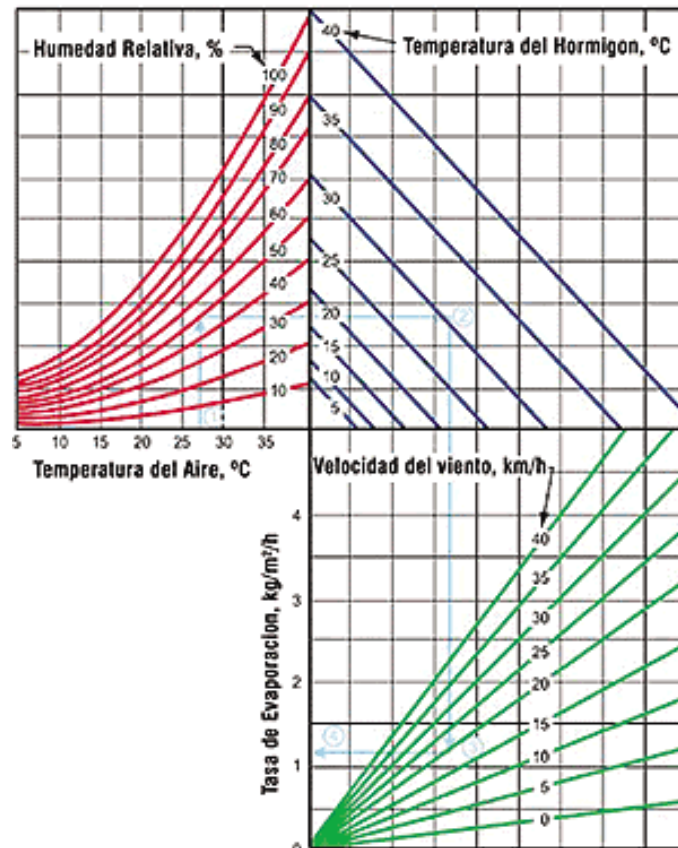


Figura 1.1. Grafico, tasa de evaporación de agua de amasado en $\text{Kg/m}^2/\text{h}$.

En condiciones de obra o terreno, la recomendación que prevalece es la de aplicar un proceso de curado efectivo y continuo para asegurar que prevalezcan las condiciones mínimas que requieren morteros y hormigones para un buen proceso de hidratación y curado de la mezcla.

1.4.2 Agua para proceso de hidratación del cemento [2].

El exceso de agua por encima de la cantidad de necesaria para la hidratación del cemento, se evaporará y se convertirá en vacíos, reduciendo la resistencia del hormigón. Entre menos porosa sea la pasta de cemento, mucho mas resistente es el concreto. Por lo tanto, cuando se mezcle el concreto no se debe usar una cantidad mayor de agua que la absolutamente necesaria para fabricar un concreto plástico y trabajable. A un entonces, el agua

empleada es usualmente mayor que la que se requiere para la completa hidratación del cemento. La relación mínima Agua-Cemento para la hidratación total es aproximadamente de 0,3. En NCh 170 [4] para un hormigón con cemento corriente y resistencia especificada de 340 Kgf/cm² la relación Agua-Cemento es 0.45, éste es el mínimo valor que se entrega en tabla y supera el 0.3 necesario de la hidratación del cemento, la cantidad adicional es por razones de trabajabilidad de del hormigón.

Una relación agua-cemento baja también aumenta la resistencia al medio ambiente, provee una buena adhesión entre capas de hormigón, provee una buena adherencia entre hormigón y acero y limita los cambios de volumen debido al secado y humedecido.

CAPÍTULO II

“NCH 170 OF 85 “HORMIGON – REQUISITOS GENERALES” [4].

2.1 Generalidades

La confección del hormigón involucra un trabajo que va desde la cosificación de la mezcla hasta su fabricación, transporte, colocación, compactación y curado. Esta norma abarca cada una de las etapas en lo que se refiere a construcción en hormigón en general.

En este capítulo se dará a conocer la parte de la norma que se involucra directamente con el presente estudio, que es mayoritariamente la resistencia especificada a la compresión y el contenido de agua en la mezcla de hormigón.

2.2 Resumen de la norma

Esta norma establece los requisitos generales mínimos para fabricar, transportar y colocar hormigones de densidad entre 2 000 y 2 800 kg/m³.

Estos hormigones se podrán usar en obras de hormigón simple, hormigón armado y hormigón pretensado (pre y postensado).

Se excluyen expresamente del campo de aplicación de esta norma los hormigones especiales.

2.3 Clasificación del hormigón en grados según resistencia especificada a compresión

El hormigón se clasifica con respecto a su resistencia específica a la compresión, medida en probetas cúbicas de 200 mm de arista, de acuerdo con las normas NCh 1017 [5] y NCh1037 [6], a la edad de 28 días, según tabla a continuación.

Grado	Resistencia especificada, f_c	
	MPa	Kgf/ cm ²
H5	5	50
H10	10	100
H15	15	150
H20	20	200
H25	25	250
H30	30	300
H35	35	350
H40	40	400
H45	45	450
H50	50	500

Figura N° 2.1 .Tabla 1 de NCh 170 - Clasificación de hormigones por resistencia especificada a compresión, f_c .

Al usarse probetas de dimensiones o forma distintas a la cúbica de 200mm de arista se deben hacer las correcciones correspondientes usando el anexo A, de la NCh 170 [4].

En este trabajo se usaran probetas cúbicas de 15cm de arista y los grados del hormigón a utilizar serán H15, H25 y H30.

2.4 Determinación de la Razón agua-cemento

La razón agua cemento se puede determinar por razones de resistencia o durabilidad, o por ambas.

La determinación de la razón agua cemento por resistencia se puede hacer por uno de los tres métodos siguientes:

- a) Con registros de ensayos anteriores;
- b) Con hormigones de prueba de acuerdo a NCh1018 [7];
- c) A partir de la resistencia media requerida mediante tablas.

2.4.1 Determinación de la Razón agua-cemento con registros de ensayos anteriores.

Usar registros de ensayos anteriores que demuestren que la dosificación propuesta producirá la resistencia media requerida. En este caso la razón agua cemento se establece interpolando entre las resistencias de dos o más registros. Para que los registros sean validos deben cumplir las indicaciones siguientes:

- a) Representar los materiales de la misma procedencia y condiciones similares a las esperadas;
- b) Las variaciones de los materiales, condiciones y dosis implícitas en dichos registros deben ser similares a las variaciones existentes en la obra propuesta;
- c) Se deben usar registros que consten de menos de 30 ensayos pero de no menos de 10 consecutivos, siempre que incluyan un periodo no inferior a 45 días.

2.4.2 Determinación de la Razón agua-cemento con hormigones de prueba de acuerdo a NCh 1018 [7].

Hacer hormigones de prueba de acuerdo con la norma NCh 1018 [7] con tres razones agua-cemento distintas, pero con la misma docilidad exigida en la obra, de modo que no se

produzcan resistencias dentro de un intervalo que contenga la resistencia media requerida. Para cada mezcla se deben hacer tres probetas que se ensayaran a los 28 días. Se determina la razón agua-cemento que corresponde por interpolación.

2.4.3 Determinación de la Razón agua-cemento a partir de la resistencia media requerida y durabilidad, mediante tablas.

Las tablas son la N°3 y N°4 de la NCh 170 [4] y se muestran a continuación.

Razón agua-cemento en masa	Resistencia media requerida, fr, Mpa	
	Cemento grado corriente	Cemento grado alta resistencia
0,45	34	43
0,50	29	36
0,55	25	31
0,60	21	26
0,65	18	23
0,70	16	20
0,75	14	17
0,80	12	15
0,85	10	13

Figura N° 2.2. Tabla 3 de NCh 170 - Razón agua-cemento para resistencia media requerida, fr.

Tipo de estructura	Estructura continua o frecuentemente húmeda o expuesta a hielo-deshielo	Estructura expuesta a aguas agresivas, en contacto con el suelo o ambiente salinos
Secciones delgadas ($e \leq 20$ cm) y secciones con recubrimiento menor que 2cm	0,45	0,4
Toda otra estructura	0,5	0,45

Figura N° 2.3. Tabla 4 de NCh 170 - Máxima razón agua-cemento en caso de exposición severa, selección por durabilidad.

2.5 Elección de la docilidad del hormigón

La docilidad del hormigón al momento de su colocación, medida por el asentamiento del cono de acuerdo con la norma NCh1019 [8], se puede elegir de acuerdo con la tabla 5.

Tipo de estructura	Asentamiento de cono para compactación por vibración, cm
Hormigón armado	4 a 10
Hormigón sin armar	2 a 8
Pavimentos	inferior a 5

Figura N° 2.4. Tabla 5 de NCh 170 - Asentamiento de cono según tipo de estructura.

En situaciones excepcionales se podrá emplear apisonado manual, en cuyo caso, ambos límites de los valores de la tabla 5 se deben aumentar en 4cm.

En los casos que se evite la segregación y se asegure la obtención de un hormigón compacto, mediante el uso de aditivos o de tecnologías especiales de transporte y colocación, se podrán emplear dosificaciones distintas de las indicadas en la tabla 5.

2.6 Agua de amasado estimada.

La estimación de la cantidad de agua para hormigones con materiales corrientes, considerando los áridos con humedad correspondiente al estado de saturado de superficie seca, puede hacerse según los valores propuestos en la tabla 22 de NCh 170 [4].

Tamaño máximo nominal del árido, mm	Docilidad según descenso de cono, cm				
	0--2	3--5	6--9	10--15	16
63	0,135	0,145	0,155	0,165	0,170
50	0,145	0,155	0,165	0,175	0,180
40	0,150	0,160	0,170	0,180	0,185
25	0,170	0,180	0,190	0,200	0,205
20	0,175	0,185	0,195	0,205	0,210
12	0,185	0,200	0,210	0,220	0,230
10	0,190	0,205	0,215	0,230	0,240

Figura N° 2.5. Tabla22 de NCh 170 - Volumen estimado de agua de amasado en m³.

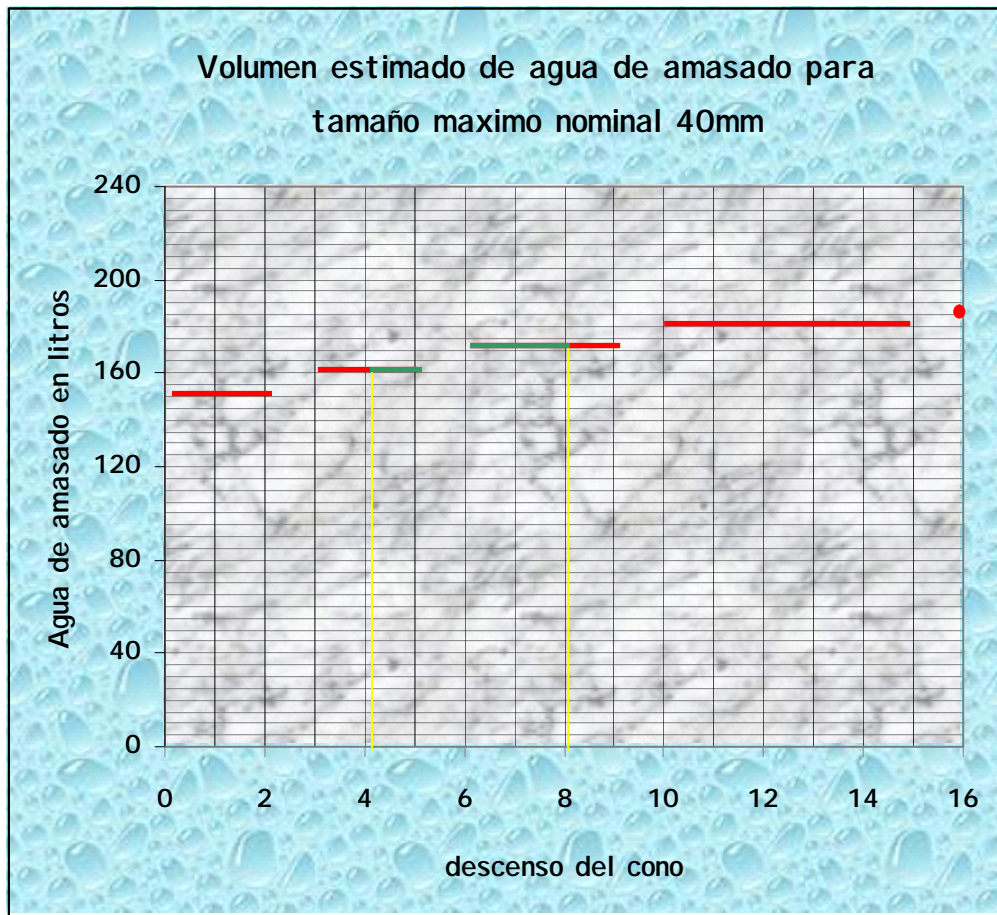


Figura N° 2.6. Gráfico de Tabla 22 de NCh 170 - Volumen estimado de agua de amasado en m³, para tamaño máximo nominal 40mm.

En la Figura N° 2.6 se observa la gráfica escalonada por tramos del agua estimada de amasado, por eso, la dosis de agua de amasado estimada tiene que ser ajustada en mezclas de prueba para cumplir con la docilidad requerida. En el gráfico se trabajó en el rango de color verde, en donde queda el cono 6+2 utilizado, con un tamaño máximo del árido de 40mm.

2.7 Tolerancias en el control de asentamiento de cono NCh 170 Of 85, 14.1.3 letra b [4].

El control de la docilidad mediante el asentamiento del cono en el hormigón fresco se efectúa de acuerdo con NCh 1019 [8] y se acepta cuando está dentro de las tolerancias que indica la tabla siguiente.

Asentamiento del cono, cm	Tolerancia, cm
≤ 2	+ - 1
3 a 9	+ - 2
≥ 10	+ - 3

Figura N° 2.7. Tabla 16 de la NCh 170 - Tolerancia en el control del asentamiento.

CAPÍTULO III

PLANIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS

3.1 Generalidades

Uno de los materiales mas incorporados en el la construcción actual es el hormigón, por ser económico, durable y de resistencia adecuada para su uso en estructuras. Además, en estado fresco es fácilmente moldeable.

Su defecto es la baja resistencia a la tracción, pero este inconveniente se descarta con el uso de armaduras de acero, dispuestas para formar un conjunto resistente a tracción y compresión que se llama hormigón armado.

3.2 Propiedades como variables de estudio en etapa experimental

En esta investigación se estudiará el comportamiento de la resistencia a la compresión del hormigón, al variar su fluidez. Esto se hará confeccionando probetas con hormigones de tres resistencias especificadas a la compresión y al variar el cono con respecto al valor base.

3.3 Plan de Ensayos

Para realizar la experiencia se realizaran hormigones con docilidades en torno a un valor central.

Se confeccionarán hormigones de grados H-15, H-25 y H-30. Para cada grado se realizaran dos mezclas mas, tanto para límites superior e inferior del asentamiento del cono según rango aceptable en NCh170 Of 85 [4].

Me centraré en un cono 6, por lo tanto la variación de ± 2 cm dará como resultado un cono a trabajar entre 4 y 8cm.

Identificación	Asentamiento del cono
HP-15	6
HP-25	6
HP-30	6
H15-Li	4
H15-Ls	8
H25-Li	4
H25-Ls	8
H30-Li	4
H30-Ls	8

Figura 3.1. Tabla - Muestras de hormigón a confeccionar para el ensayo.

Donde:

HP-15 = hormigón patrón, 150 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días;

HP-25 = hormigón patrón, 250 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días;

HP-30 = hormigón patrón, 300 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días;

H15-Li = hormigón con límite inferior del rango del cono, 150 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días;

H25-Li = hormigón con límite inferior del rango del cono, 250 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días;

H30-Li = hormigón con límite inferior del rango del cono, 300 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días;

H15-Ls = hormigón con límite superior del rango del cono, 150 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días;

H25-Ls = hormigón con límite superior del rango del cono, 250 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días;

H30-Ls = hormigón con límite superior del rango del cono, 300 kgf/cm² de resistencia especificada a compresión a los 28 días.

Los ensayos que se realizarán son de docilidad y resistencia a la compresión a los 28 días de edad.

3.4 Descripción de los ensayos

3.4.1 Docilidad

Es la aptitud que presenta el hormigón para ser transportado, colocado y compactado adecuadamente, sin que pierda homogeneidad o se produzca segregación.

Esta propiedad puede obtenerse:

- ✓ Empleando áridos de buena calidad que no tengan partículas aplanadas o alargadas (lajas) y que tengan una buena granulometría.
- ✓ Empleando proporciones adecuadas entre grava y arena.
- ✓ Empleando dosis de agua equilibrada que permita obtener hormigones plásticos y cohesivos.

- ✓ Agregando aditivos plastificantes, fluidificantes o incorporadores de aire, debidamente controlados.

3.4.1.1 Medida de docilidad. Ensayo del Cono de Abrams NCh 1019 [8].

El descenso que experimenta el hormigón fresco, determinado de acuerdo el siguiente método, servirá como medida práctica de la docilidad.

El volumen de hormigón para las muestras debe extraerse de acuerdo a lo establecido por la norma NCh171 [9].

Se realizara según NCh 1019 [8] (Determinación de la docilidad – Método del asentamiento del cono de Abrams). Este consiste básicamente en llenar con hormigón fresco un molde metálico de forma de tronco de cono de dimensiones normalizadas. Este se llena en tres capas apisonadas con varilla-pisón con 25golpes cada una, luego de lo cual se retira el molde y se mide el asentamiento que ha experimentado la masa de su interior.

3.4.2 Compresión

La resistencia del hormigón es el factor que se emplea frecuentemente para definir su calidad. Se puede medir a compresión, tracción, flexión y tracción indirecta.

En este estudio se medirá la resistencia a la compresión según norma chilena NCh1037 [6].

La resistencia obtenida aquí, podría ser diferente para ensayos distintos de la misma muestra dependiendo de las condiciones en que se realice, pero en este caso para el estudio bastará con realizar las probetas bajo idénticas condiciones ambientales, de curado, edad de maduración, dimensiones, entre otros.

Las características relevantes de este ensayo son:

a) Dimensiones.

- ✓ Las probetas fueron cúbicas de 15cm de arista



Figura 3.2. Foto - Moldes cúbicos de 15cm de arista.

b) Parámetros del ensayo.

- ✓ Velocidad de aplicación de la carga de compresión.
- ✓ Estado de las superficies de la probeta donde se aplica la carga.
- ✓ Centrado de la carga de aplicada a probeta ensayada.

c) Características del hormigón

- ✓ Tipo de cemento
- ✓ Relación agua/cemento
- ✓ Edad del hormigón

d) Coediciones del ambiente

- ✓ Temperatura
- ✓ Humedad

Procedimiento

Por cada colada en la botonera del laboratorio se extrajo hormigón para tres probetas cúbicas de 15cm de arista. Las probetas fueron ensayadas a los 28 días.

Justo antes del ensayo se retiran las probetas de la piscina de curado protegiéndolas con arpilleras mojadas hasta el momento de colocarlas en la prensa de ensayo.

1. Medición de las probetas

- ✓ Posicionar el cubo con la cara de llenado en un plano vertical frente al operador.
- ✓ Se realizan las mediciones de los anchos de las cuatro caras laterales del cubo (a1, a2, b1 y b2) aproximadamente en el eje vertical de cada cara
- ✓ Medir las alturas de las cuatro caras laterales (h1, h2, h3 y h4) aproximadamente en el eje vertical de cada cara.
- ✓ Estas medidas se aproximan a 1mm.
- ✓ Se determina la masa de la probeta aproximando a 50g en balanza electrónica de capacidad 15 kg.

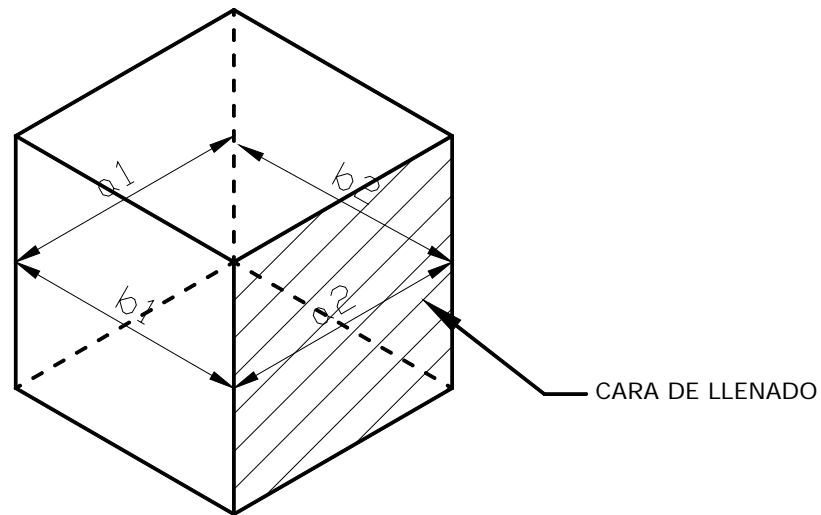


Figura 3.3. Sección de ensayo de probeta cúbica según NCh1037.

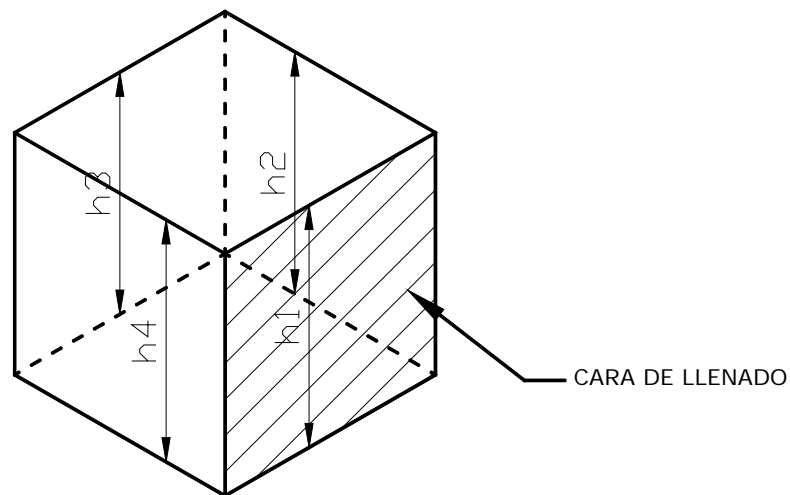


Figura 3.4. Altura de probeta cúbica según NCh1037.

2. Ensayo

Lo primero a considerar en el ensayo es:

- ✓ Limpiar la superficie de las placas y de las caras de ensayo de la probeta.
- ✓ Colocar la probeta sobre la placa inferior alineando su eje central con el centro de esta placa.

a) Posición de las probetas.

Colocar las probetas cúbicas con la cara de llenado en un plano perpendicular a la placa inferior de la prensa.

Asentar la placa superior sobre la probeta, guiándola suavemente con la mano para obtener un apoyo de la placa lo más uniforme posible.

b) Aplicación de la carga

Aplicar la carga en forma continua y sin choques, a una velocidad uniforme que permita alcanzar una franca rotura de la probeta en un tiempo igual o superior a 100 segundos y no superar la velocidad de 0.35 N/m²/s.

Se registra la carga P expresada en Mpas.

3. Expresión de Resultados

La resistencia a la compresión del hormigón se calcula como la tensión de rotura según la relación matemática siguiente.

$$R = \frac{P}{S} * k$$

En que:

R = tensión de rotura

P = carga máxima aplicada por la maquina de ensayo

S = sección de ensayo

K = Factor de transformación de Rc₁₅ a Rc₂₀.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL

4.1 Materiales

4.1.1 Áridos

Los áridos utilizados tienen un tamaño máximo nominal de 40mm. Las porciones utilizadas fueron arena gruesa, gravilla y grava de procedencia “Áridos las animas” y cuyas propiedades se muestran en la tabla 4.1.

Propiedades	Unidad	Arena	Gravilla	Grava
Densidad Aparente	Kg/dm ³	1.59	1.61	1.51
Densidad Real	Kg/dm ³	2.61	2.65	2.68
Absorción	Kg/dm ³	1.83	1.55	0.82

Figura 4.1. Tabla - Propiedades de los áridos.

Para la obtención de las propiedades antes mencionadas se siguieron los procedimientos descritos en las normas chilenas NCh1116 [10], NCh1117 [11] y NCh1239 [12].

La granulometría se determinó según norma chilena NCh165 [13].

Tamiz	M. Retenido	% Retenido	% que pasa
3/8"	0	0	100
N°4	32	6	94
N°8	121	23	71
N°16	22	4	67
N°30	200	37	30
N°50	119	22	8
N°100	34	6	1
N°200	2	0	1
Residuo	6	1	0
Total	536		

Figura 4.2. Tabla - Granulometría de la arena.

Tamiz	M. Retenido	% Retenido	% que pasa
3/4"	162	8	92
1/2"	867	42	50
3/8"	441	22	28
N°4	568	28	0
Residuo	6	0	0
Total	2043		

Figura 4.3. Tabla - Granulometría de la gravilla.

Tamiz	M. Retenido	% Retenido	% que pasa
1 1/2"	0	0	100
1"	1876	62	38
3/4"	592	20	18
1/2"	529	18	1
3/8"	18	1	0
N°4	0	0	0
Total	3015		

Figura 4.4. Tabla - Granulometría de la grava.

4.1.2 Cemento

El Cemento Polpaico Especial se fabrica mediante la molienda conjunta de clínquer, yeso y puzolana volcánica. Es un cemento “Puzolánico, Grado Corriente”, según norma NCh148 .Of68 [14].

4.1.3 Agua

El agua de amasado debe cumplir los requisitos de NCh1498 .Of82 [15].

El agua utilizada es potable, extraída de las instalaciones del “Lemco” quien le provee del servicio es “Aguas Décimas” de la ciudad de Valdivia.

4.2 Dosificación del hormigón y confección de muestras de prueba.

4.2.1 Dosificación del hormigón.

Los grados del hormigón, según resistencia especificada a la compresión, en las mezclas de prueba son H15, H25 y H30.

Los ensayos realizados luego de 28 días de maduración del hormigón fueron a la compresión según NCh1037 .Of77 [6].

➤ **Porcentajes de áridos en mezcla.**

La obtención del porcentaje de áridos se realiza según Nch163 [3]. Con esto se obtiene la cantidad de arena, gravilla y grava necesaria para la mezcla.

Para determinar las proporciones de áridos ocupadas en la mezcla se utilizó el método gráfico del triángulo de Feret.

	X	Y
G	40	20
M	36	32
F	24	48

Figura 4.5 .Tabla - Banda de especificación para árido combinado.

	G	M	F
GRAVA	82	18	0
GRAVILLA	8	92	0
ARENA	0	6	94

Figura 4.6. Tabla - Porcentajes de Áridos retenidos en tamaños Grueso, Medio y Fino.

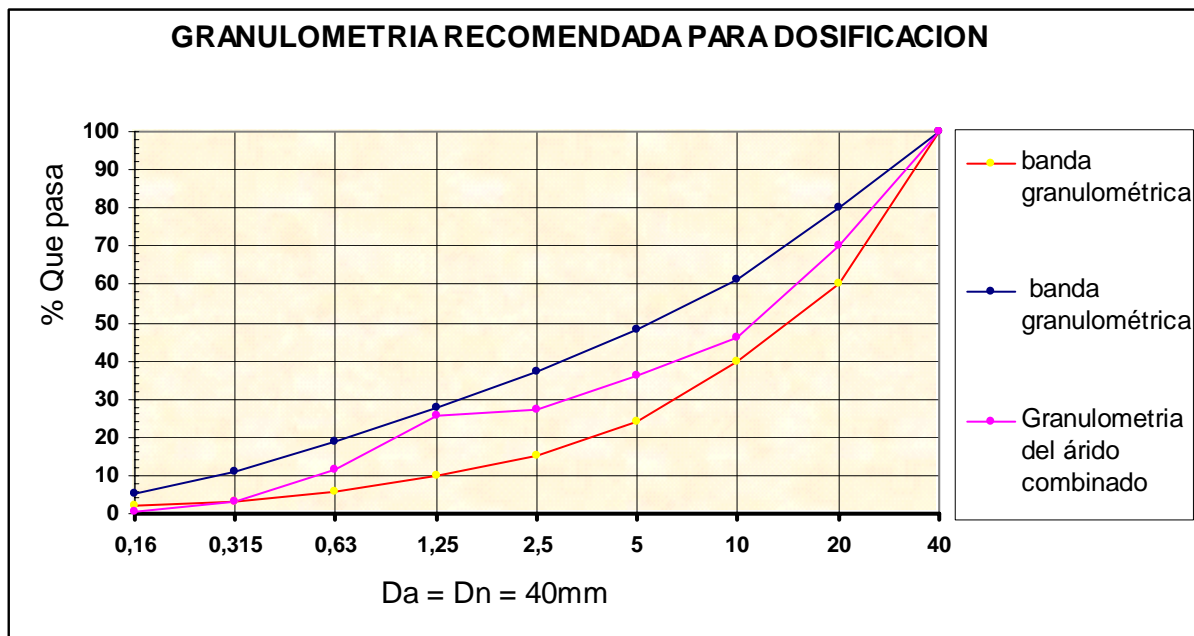


Figura 4.7. Grafico - Granulometría de la muestra, para el árido combinado.

En la figura anterior se observa la granulometría de la muestra entre la banda granulométrica de la zona preferida para árido combinado, de tamaño máximo nominal 40mm, según NCh163 [3].

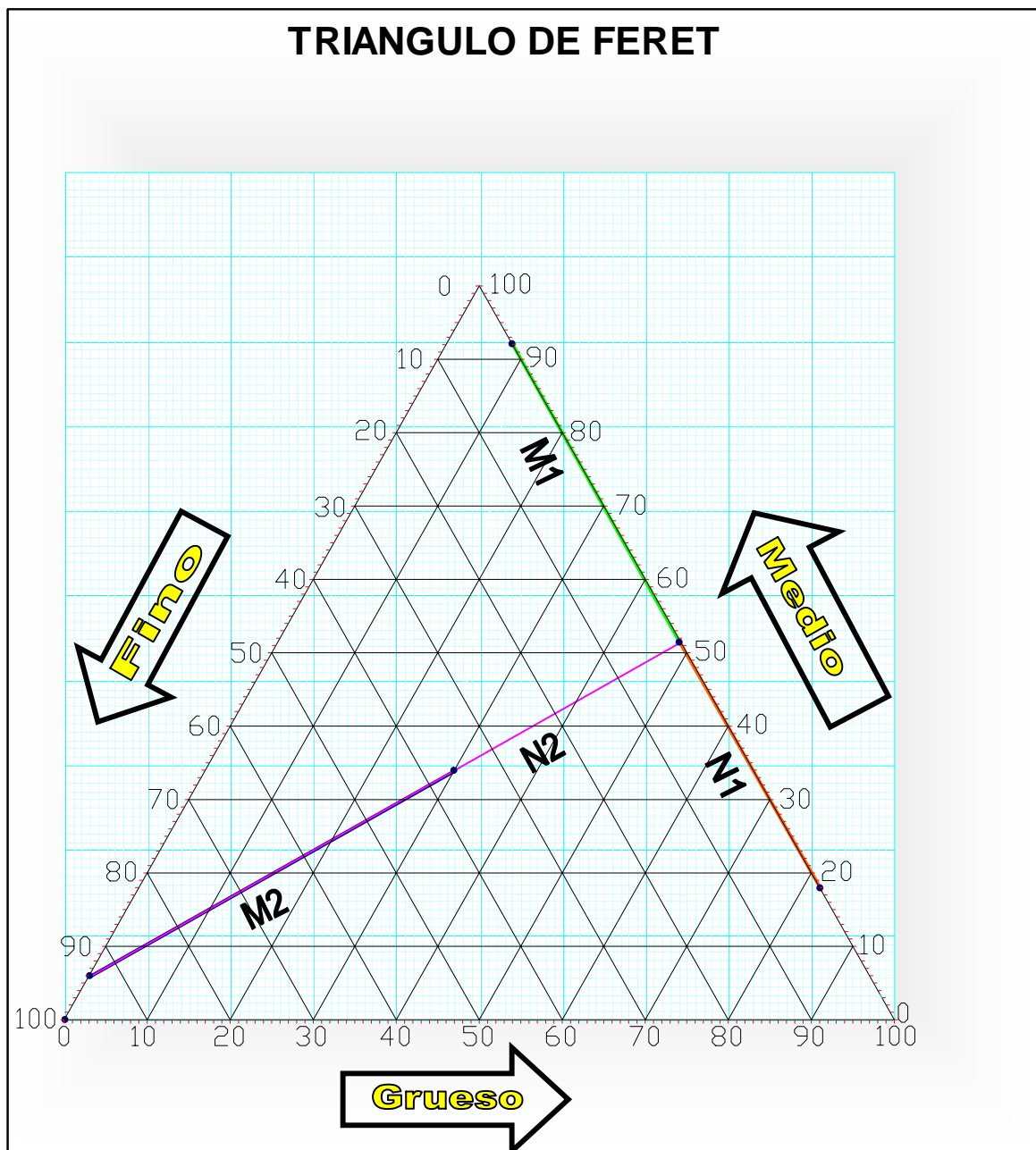


Figura 4.8. Triangulo de Feret.

En la figura anterior se observa el “Triangulo de Feret”, que es el método grafico que se utilizó para establecer los porcentajes de áridos para cada fracción. El cálculo se muestra a continuación:

$$N2 = 3,12 \text{ Cm.}$$

$$M2 = 5,02 \text{ Cm.}$$

$$M1 = 4,06 \text{ Cm.}$$

$$N1 = 3,34 \text{ Cm.}$$

Por lo tanto:

$$\% \text{ de Arena en la mezcla} = \left(\frac{N2}{N2 + M2} \right) \times 100 = 38.30 \%$$

$$\% \text{ de Gravilla en la mezcla} = \left(\frac{M2}{M2 + N2} \times \frac{M1}{M1 + N1} \right) \times 100 = 27.83\%$$

$$\% \text{ de Grava en la mezcla} = \left(\frac{M2}{M2 + N2} \times \frac{N1}{N1 + M1} \right) \times 100 = 33.87\%$$

	Mallas	% Que Pasa en Mallas			% En La Mezcla			Gran. Árido Total	Especificación x - y T.M.N 40mm
		Grava	Gravilla	Arena	Grava	Gravilla	Arena		
					34%	28%	38%		
GRUESO (G)	1 1/2"	100	100	100	34	28	38	100	100
	3/4"	18	92	100	6	26	38	70	60 - 80
MEDIO (M)	3/8"	0	28	100	0	8	38	46	40 - 61
	N°4	0	0	94	0	0	36	36	24 - 48
FINO (F)	N°8	0	0	71	0	0	27	27	15 - 37
	N°16	0	0	67	0	0	26	26	10 - 28
	N°30	0	0	30	0	0	11	11	6 - 19
	N°50	0	0	8	0	0	3	3	3 - 11
	N°100	0	0	1	0	0	0	0	2 - 5

Figura 4.9. Tabla - Árido combinado, compuesto de gravas y arenas en porcentajes.

➤ **Resistencia media requerida (fr).**

Es el valor medio estimado de los resultados de la resistencia mecánica del hormigón que se necesita alcanzar para satisfacer la resistencia especificada.

Esta resistencia es producto de tres factores que son:

- Nivel de confianza de 80%, lo que equivale a un factor estadístico de (t) de 0.842.
- Desviación estándar (s), de 50 kgf/cm².
- Resistencia especificada a la compresión a la edad de 28 días (Rc) para hormigones de grado H15, H25 y H30. Esta es la resistencia que se especifica en los proyectos.

Para los ensayos se tomaron los siguientes valores:

$fr = R_c + S \cdot t$, implicando lo siguiente:

- hormigón H15, corresponde $fr = 190 \text{ kgf/cm}^2$
- hormigón H25, corresponde $fr = 292 \text{ kgf/cm}^2$
- hormigón H30, corresponde $fr = 342 \text{ kgf/cm}^2$

➤ **Razón agua-cemento (A/C).**

Para la razón agua-cemento se toma el valor especificado en la tabla N°3 de la NCh 170 [4].

Esta razón se escoge según el grado del cemento a utilizar (corriente o alta resistencia) y la resistencia media requerida.

El cemento utilizado es grado corriente, y para las fr, se obtiene por extrapolación, los valores de la razón agua-cemento siguientes:

- para $f_r = 190 \text{ kgf/cm}^2$. $A/C = 0.63$
- para $f_r = 292 \text{ kgf/cm}^2$. $AC = 0.50$
- para $f_r = 342 \text{ kgf/cm}^2$. $AC = 0.45$

➤ **Agua (A).**

La cantidad de agua que se requiere en la mezcla, es la necesaria para que se cumpla con la docilidad. Ésta toma los valores de la tabla N°22 de la NCh 170 [4].

El cono central con el que se trabajó es de 6cm.

Para este cono y un tamaño máximo nominal del árido combinado de 40mm le corresponden 170 L/m³ de agua.

➤ **Cemento (C).**

Este valor se despeja de la relación agua-cemento y cantidad de agua, valores que se tomaron de tablas en puntos anteriores.

$$C = \frac{A}{\left(\frac{A}{C}\right)}$$

Para un metro cúbico se necesita las siguientes cantidades de cemento grado corriente, según grado del hormigón.

- hormigón H15, corresponde $C = 270 \text{ kg}$ de cemento.
- hormigón H25, corresponde $C = 340 \text{ kg}$ de cemento.
- hormigón H30, corresponde $C = 378 \text{ kg}$ de cemento.

➤ **Aire.**

El volumen de aire atrapado en la mezcla se obtiene de la tabla N°23 de la NCh 170 [4].

Para un tamaño máximo nominal de 40mm, le corresponde una cantidad de aire atrapado de 10L/m³.

➤ **Volumen de Áridos (V).**

Esta cantidad de áridos se calcula según la relación siguiente:

$$V = 1000 - (A + C/3 + AIRE)$$

Donde:

V = volumen real del árido.

A = agua de amasado considerando árido saturado superficialmente seco.

AIRE = aire atrapado

- Para grado H15: V= 730 lts.

- Para grado H25: V= 707 lts.

- Para grado H30: V= 694 lts.

➤ **Peso de Áridos (P).**

Ahora con el volumen de áridos se calcula el peso de los mismos como sigue:

$$P = V \times \left[\frac{DrG \times Drg \times DrA}{(\%G \times DrG \times DrA) + (\%g \times DrG \times DrA) + (\%A \times DrG \times Drg)} \right]$$

Donde:

P= Peso total del árido combinado.

V= Volumen real del árido.

G= Densidad real de la grava.

g= Densidad real de la gravilla.

A= Densidad real de la arena.

%G= % de grava en la mezcla.

%g= de gravilla en la mezcla.

%A= de arena en la mezcla.

- Para H15 los pesos de los áridos son:

P = 1930 Kg.

Grava = 654 Kg.

Gravilla = 537 Kg.

Arena = 739 Kg.

- Para H25 los pesos de los áridos son:

P = 1870 Kg.

Grava = 633 Kg.

Gravilla = 520 Kg.

Arena = 716 Kg.

- Para H30 los pesos de los áridos son:

P = 1835 Kg.

Grava = 622 Kg.

Gravilla = 511 Kg.

Arena = 703 Kg.

➤ **Resumen de dosificación.**

		H15	H25	H30
fr	Kgf/cm2	190	292	342
Razón A/C	-	0.63	0.50	0.45
Dosis agua	Lls.	170	170	170
Cemento	Kg.	270	340	378
V. áridos	Lts.	730	707	694
Peso áridos	Kg.	1930	1870	1835
Peso grava	Kg.	654	633	622
Peso gravilla	Kg.	537	520	511
Peso arena	Kg.	739	716	703

Figura 4.10. Tabla - Dosificación para un metro cúbico de hormigón.

		H15	H25	H30
Cemento	Kg.	13,50	17,00	18,90
Dosis agua	Lts.	8,5	8,5	8,5
Peso grava	Kg.	32,69	31,66	31,08
Peso gravilla	Kg.	26,89	26,02	25,54
Peso arena	Kg.	36,97	35,80	35,15

Figura 4.11. Tabla - Dosificación para 50 lts. de hormigón.

4.2.2 Confección de muestras de prueba.

Las muestras de prueba serán confeccionadas según norma chilena NCh 1018 [7].

Las mezclas se realizarán en betonera que se muestra a continuación.



Figura 4.12. FOTO - Betonera para confeccionar la mezcla de los componentes dosificados.

El tratamiento de los áridos para corrección del agua de amasado por humedad es el que se indica en la norma chilena NCh 1018 [7] para las arenas y gravas, éstos son:

- Áridos con excedente de agua, para las arenas y;
- Áridos secos, para las gravas.

Para llevar a cabo la confección de las muestras patrones se desarrollaron los siguientes pasos.

1°-. Se realiza las granulometrías de los áridos.

2°-. Se sacan las densidades y absorción de los áridos.

3°-. Se calcula una dosificación sin considerar humedad.

3°-. Se corrige la dosificación por humedad. Las siguientes tablas son de corrección por humedad de los áridos.

		Cantidad	Aporte de humedad	Corrección
Cemento	Kg.	13,50	0,00	13,50
Dosis agua	Lts.	8,5	-3,4	5,1
Peso grava	Kg.	32,69	0,31	33,00
Peso gravilla	Kg.	26,89	0,67	27,56
Peso arena	Kg.	36,97	2,42	39,39

Figura 4.13. Tabla - Corrección por humedad para hormigón grado H15.

		Cantidad	Aporte de humedad	Corrección
Cemento	Kg.	17,00	0,00	17,00
Dosis agua	Lts.	8,5	-3,29	5,21
Peso grava	Kg.	31,66	0,30	31,96
Peso gravilla	Kg.	26,02	0,65	26,67
Peso arena	Kg.	35,80	2,34	38,14

Figura 4.14. Tabla - Corrección por humedad para hormigón grado H25.

		Cantidad	Aporte de humedad	Corrección
Cemento	Kg.	18,90	0,00	18,90
Dosis agua	Lts.	8,5	-3,23	5,27
Peso grava	Kg.	31,08	0,29	31,37
Peso gravilla	Kg.	25,54	0,64	26,18
Peso arena	Kg.	35,15	2,30	37,45

Figura 4.15. Tabla - Corrección por humedad para hormigón grado H30.

4°. Se procede a separar los materiales según dosificación.

5°. Al confeccionar la mezcla se procedió a agregar los materiales en el siguiente orden y proporciones.

- Primero se adiciona el 75% del agua.

- Después de la grava.
- Luego la arena y el cemento, que se revuelve hasta formar una masa homogénea, agregando el agua restante.

6°. Una vez lista la mezcla de los materiales se procede a medir la docilidad del hormigón utilizando el cono de Abrams, siguiendo el procedimiento descrito en la norma chilena NCh 1019 [8].

- Se colocó el molde sobre la placa de apoyo, ambos humedecidos con agua y libres de suciedad.
- Luego se afirmó el molde, parándose sobre las pisaderas, para que no existan movimientos mientras se llena.
- Luego el molde se llenó con tres capas de aproximadamente igual volumen, apisonando cada una con 25 golpes de varilla-pisón, distribuidos uniformemente.
- Una vez lleno el molde se procedió a enrasar la superficie superior con la varilla-pisón, y limpiar alrededor, el hormigón derramado en el contorno de la base del molde.
- Se levantó el molde lo más vertical posible, sujetando de las asas.
- Luego se midió el descenso del cono, como la diferencia entre la altura del molde y el hormigón aproximando a 0.5cm.

7°. Se llenaron las probetas cúbicas 15cm de aristas, según norma chilena NCh 1017 [5].

- Se llenan los moldes cúbicos en una sola capa.
- Se introdujo el vibrador de inmersión en el centro a aproximadamente 2cm del fondo, hasta que apareció la lechada, luego de esto se retiró lentamente.

8°. Luego de haber llenado los moldes, se enrasó con varilla-pisón en forma de aserrado para luego darle la terminación superficial con una llana.

9°. Las muestras se dejan en un lugar seguro tapadas con arpillera húmeda para su primera etapa de curado, también se identifican provisoriamente hasta su desmolde.

10°. Luego de 48 horas con cuidado se desmoldan los cubos de hormigón para marcarlos en forma definitiva.

11°. Se trasladan a la piscina de curado sumergidos en agua a una temperatura controlada, entre 17 y 23 ° C, hasta los 28 días de edad para ensayarlas a la compresión.

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

5.1 Docilidad.

En este ensayo se busco un cono establecido según, tolerancias en el control de asentamiento de cono según tabla contenida en NCh 170 Of 85, 14.1.3 letra b [4]. Se trabajo con un cono de 6cm, luego a este se le aplico las tolerancias según tabla de tolerancias.

Los ensayos se muestran en tabla a continuación:

Grado de hormigón.	Cono (cm.)	Variación respecto al cono patrón.
HP-15	6	0
H15-Li	4	-2
H15-Ls	8	+2
HP-25	6	0
H25-Li	4	-2
H25-Ls	8	+2
HP-30	6	0
H30-Li	4	-2
H30-Ls	8	+2

Figura 5.1. Tabla - Variación del cono para hormigón de grados H15, H25 y H30.

5.2 Resistencia según docilidad.

En este estudio se consideró que la evaluación de la calidad del hormigón, esta dada por la medida de la resistencia a la compresión y es la base de aceptación. La resistencia a la compresión debe alcanzar la especificada.

A continuación se muestra una tabla donde se resumen las resistencias a la compresión a los 28 días, obtenidas según variación en el Cono de Abrams.

Grado de hormigón.	Resistencia a la compresión	Cono (cm.)	Variación respecto al cono patrón.
HP-15	198	6	0
H15-Li	205	4	-2
H15-Ls	171	8	+2
HP-25	273	6	0
H25-Li	291	4	-2
H25-Ls	258	8	+2
HP-30	327	6	0
H30-Li	335	4	-2
H30-Ls	304	8	+2

Figura 5.2. Tabla - Variaciones en resistencias según medida del Cono.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las muestras de hormigón ensayadas a la compresión a los 28 días de edad, estas probetas fueron de 15 cm de arista, por lo cual se les aplicó un factor de conversión para relacionarla con un cubo de 20 cm de arista .

En los gráficos se muestran la relación de la razón agua-cemento versus resistencia a la compresión del hormigón. En la razón agua-cemento, el cemento se mantiene fijo para un mismo grado de hormigón, y lo que varía para cumplir con el cono en los extremos del rango aceptable según NCh 170 [4], es el agua de amasado y con ésta la docilidad (Cono de Abrams).

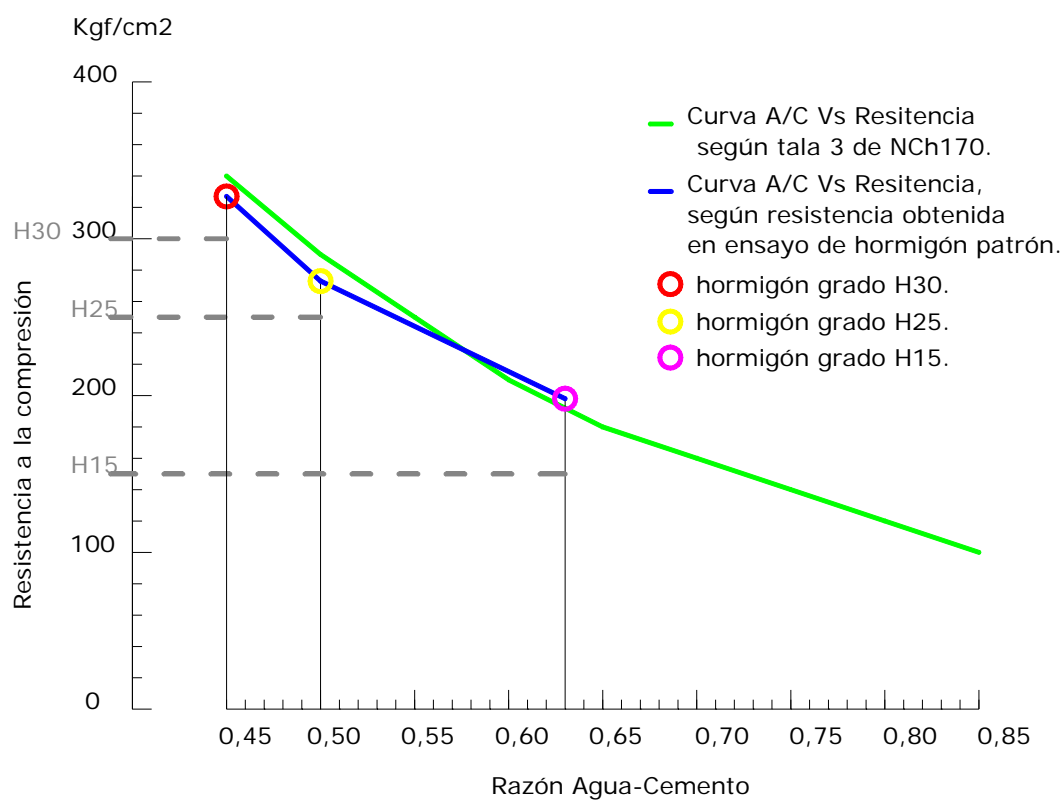


Figura 5.3. Grafico - Resistencia a la compresión versus razón A/C, para hormigón patrón.

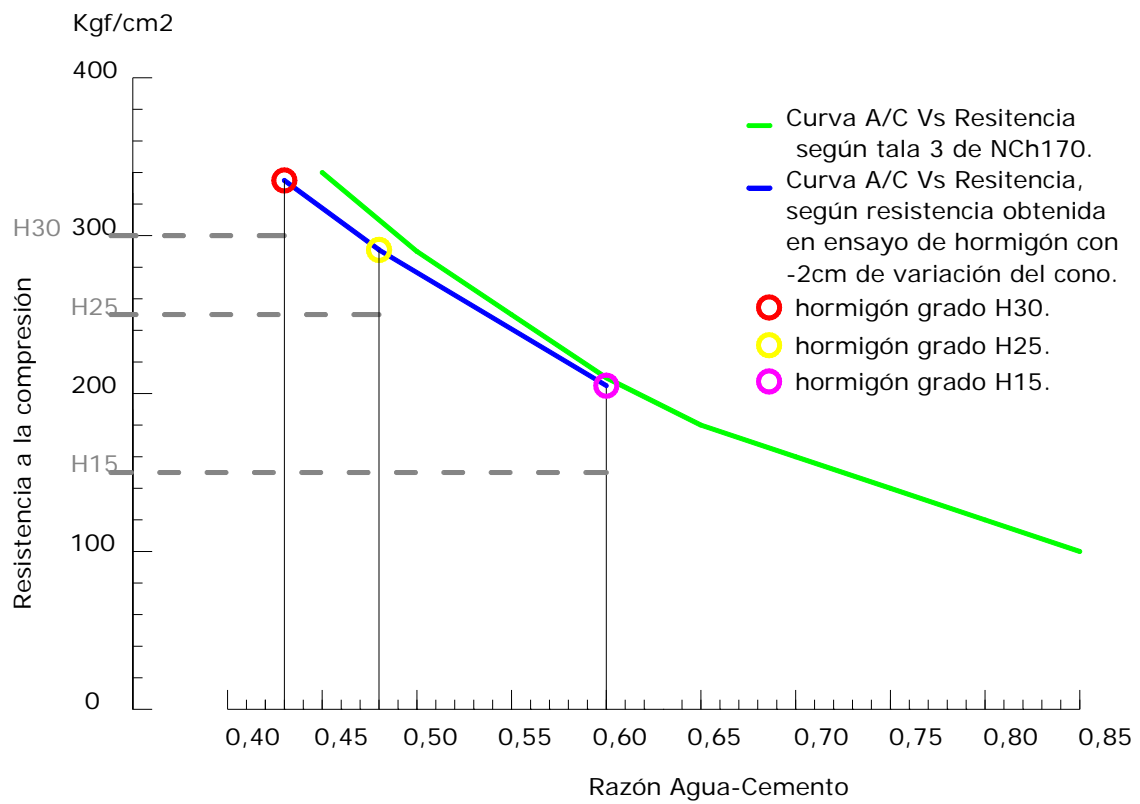


Figura 5.4. Grafico - Resistencia a la compresión versus razón A/C para cono 6-2.

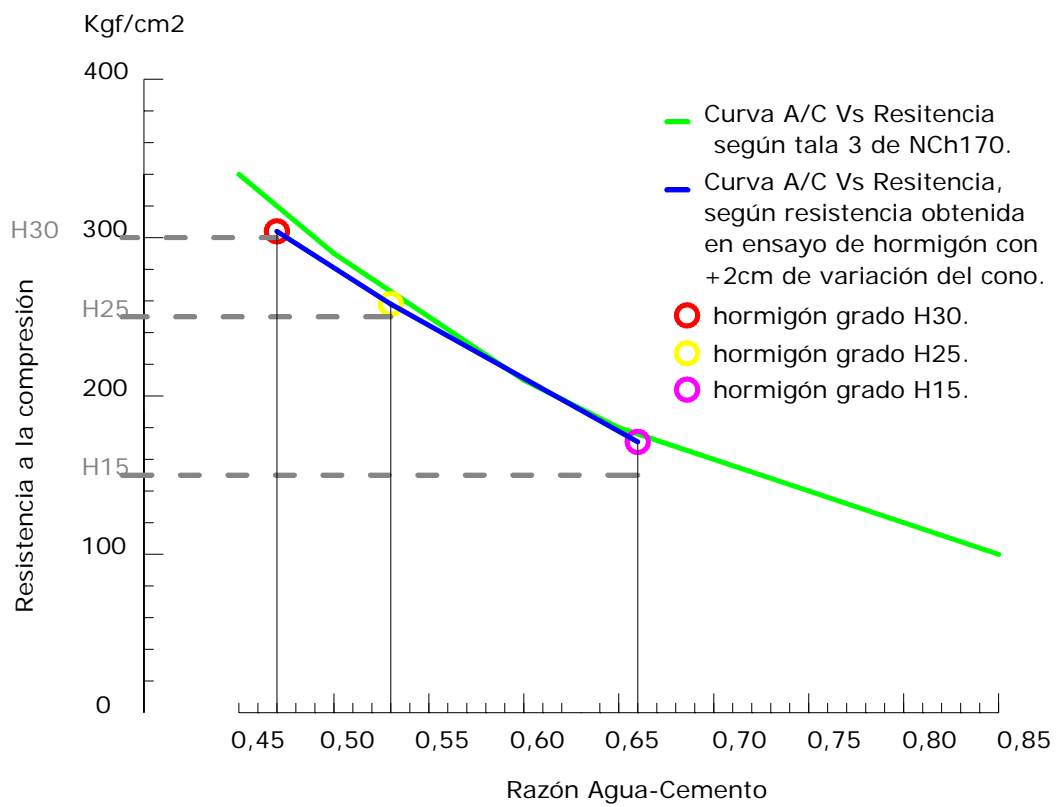


Figura 5.5. Grafico - Resistencia a la compresión versus razón A/C para cono 6+2.

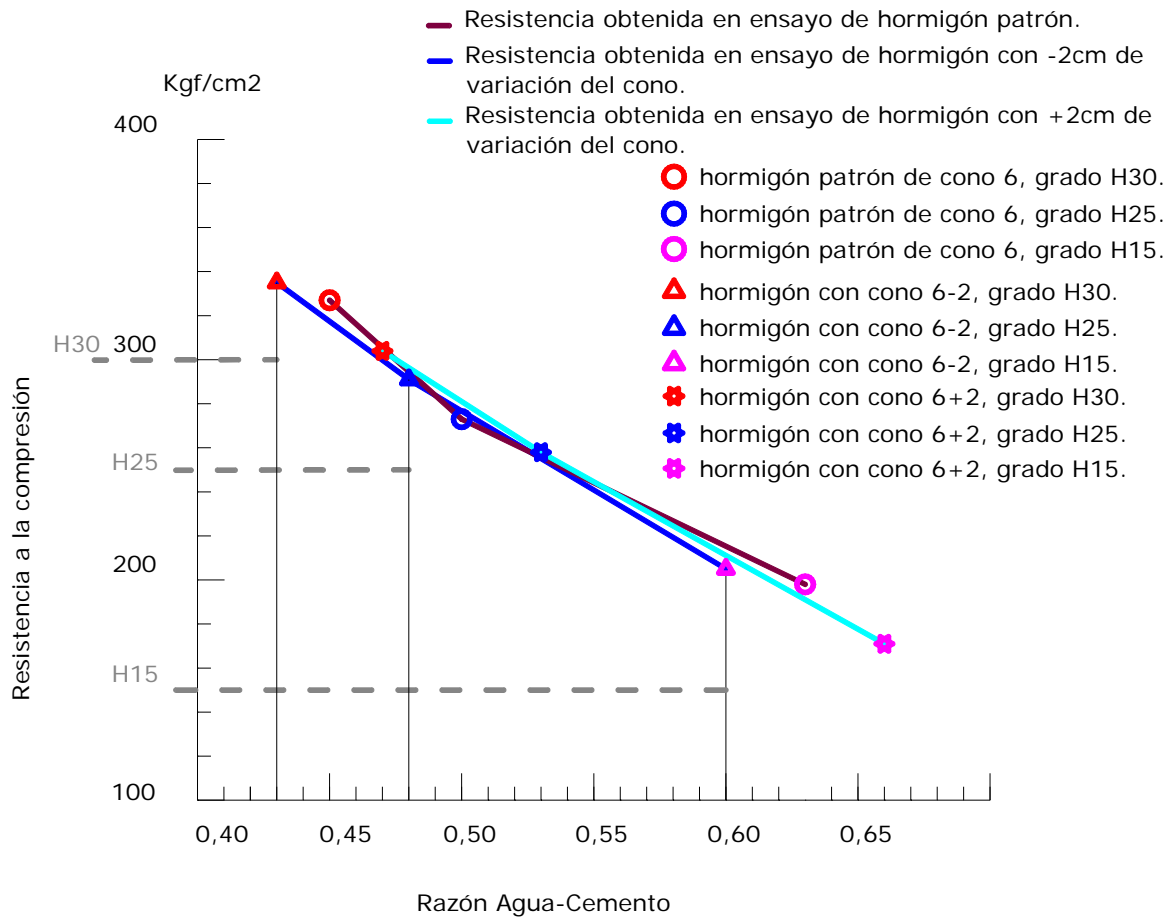


Figura 5.6. Gráfico - Resistencia a la compresión versus razón A/C para hormigones: patrón y con +-2cm de variación del cono.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

De los resultados anteriores se puede concluir:

◆ **Docilidad**

En la docilidad, medida por el asentamiento del cono de Abrams, se ajustó en laboratorio para cumplir especificada de ± 2 cm, que es aceptable según NCh 170[4].

Esta docilidad varió añadiendo y sustrayendo agua de amasado al hormigón, pero manteniendo el cemento.

Con el aumento de agua en la mezcla, aumentó la Razón agua-cemento y viceversa.

◆ **Resistencia**

El incremento y la disminución de la resistencia a la compresión provocada por la variación del agua, produjo una curva de la resistencia mecánica vs razón agua-cemento muy similar a la especificada en la tabla 3 de la NCh170 [4].

De lo descrito anteriormente se desprende que al hacer las variaciones en el cono, solo se producen variaciones en el agua y con ésta a la razón agua-cemento, y por consiguiente de la resistencia media requerida, según estudio de dosificación. Lo mismo ocurrió en la práctica con la resistencia obtenida de los ensayos.

En general al hacer estas variaciones en el agua, la curva que se obtiene en el gráfico mencionado es similar al modelo planteado según valores de razón A/C vistos en tabla de

NCh170 [4], pero desplazada para la izquierda o derecha según sea el caso de sustraer o agregar agua a la mezcla respectivamente.

Como las curvas obtenidas por variación del cono, no son exactamente paralelas a la obtenida con el hormigón patrón, se desprende que, los cambios no son totalmente predecibles y varían mas o menos según la rigurosidad en la preparación del hormigón, basándose en la norma y complementando con experiencia, y en caso de dudas de calidad o tipo de materiales y condiciones particulares, realizar hormigones de prueba.

Con respecto a la disminución del cono, la curva resistencia Vs. A/C se desplaza hacia la izquierda del grafico, lo cual, lleva a un aumento promedio en la resistencia mecánica obtenida de **4,14%** y **18,71%** con respecto a la resistencia mecánica obtenida del hormigón patrón y resistencia especificada respectivamente. Pero lo anterior, a veces no se puede realizar por las condiciones de la obra, los equipos disponibles o simplemente porque no corresponde según norma, ya que, el cono que se aplica al hormigón depende del tipo de estructura y según tabla 5 de la NCh 170 [4].

Por el otro lado, cuando aumenta el cono, se obtiene un hormigón de menor calidad y resistencia. La resistencia mecánica promedio obtenida fue de un **- 8,15%** y **+ 4,14%** con respecto a la resistencia mecánica obtenida en el hormigón patrón y la resistencia especificada respectivamente. Aquí esta el peligro de obtener resultados bajo la resistencia especificada en un proyecto en el que se trate hormigones. En este caso con las propias consideraciones y factores a las que esta afecta la resistencia media requerida, amortizó la baja de resistencia mecánica obtenida en el ensayo, cumpliendo levemente por sobre la resistencia especificada.

En general, el aumento del cono dentro del rango de la NCh 170[4], no debiera presentar grandes problemas si en el estudio y cálculo de la dosificación, están considerados los factores que intervendrán en la obra. Si por algún motivo varía alguna condición, sería la resistencia media requerida la que soportaría la desviación, ya que es superior a la especificada en un monto tal que permita absorber las variaciones de fabricación y ensayo (dispersión de resultados).

De obtener desviaciones en el cono en terreno no deberían ser más de lo especificado, ya que, de lo contrario, es posible que no se cumpla que la resistencia mecánica obtenida de los ensayos, sea mayor a la especificada.

BIBLIOGRAFIA

- [1] EMB Construcción - <http://www.emb.cl/construccion/200711/articulo3.mv>.
- [2] Hidratación- <http://www.arqhys.com/hidratacion-concreto.html>.
- [3] Instituto Nacional De Normalización. NCh163 .Of79. Áridos para Morteros y Hormigones – Requisitos Generales.
- [4] Instituto Nacional De Normalización. NCh170 .Of85. Hormigón –Requisitos Generales.
- [5] Instituto Nacional De Normalización. NCh1017 .Of. 1975. Hormigón – Confección y Curado en Obra de Probetas para Ensayos de Comprensión y Tracción.
- [6] Instituto Nacional De Normalización. NCh1037 .Of1977. Hormigón – Ensayo de Comprensión de Probetas Cúbicas y Cilíndricas.
- [7] Instituto Nacional De Normalización. NCh1018 .EOf77. Hormigón – Preparación de mezclas de prueba en laboratorio.
- [8] Instituto Nacional De Normalización. NCh1019 .EOf74. Construcción – Hormigón – Determinación de la Docilidad – Método del Asentamiento del Cono de Abrams.
- [9] Instituto Nacional De Normalización. NCh171 .EOf1975. Hormigón – Extracción de muestras del hormigón.
- [10] Instituto Nacional De Normalización. NCh1116 .EOf77. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de la Densidad Aparente.
- [11] Instituto Nacional De Normalización. NCh1117 .EOf77. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de las Densidades Real y Neta y la Absorción de Agua de las Gravas.

- [12] Instituto Nacional De Normalización. NCh1239 .Of77. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de las Densidades Real y Neta de la Absorción de Agua de las Arenas.
- [13] Instituto Nacional De Normalización. NCh165 .Of77. Áridos para Morteros y Hormigones – Tamizado y Determinación de la Granulometría.
- [14] Instituto Nacional De Normalización. NCh148 .Of68. Cemento – Terminología, clasificaciones y especificaciones generales.
- [15] Instituto Nacional De Normalización. NCh1498 .Of82. Hormigón – Agua de amasado – Requisitos.