Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

"INFLUENCIA DE UN ADITIVO DE COHESION EN LA RESISTENCIA, DOCILIDAD Y DENSIDAD EN HORMIGONES GRADO H-15, H-20 Y H-30"

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Constructor.

Profesor Patrocinante:
Sr. José Arrey Díaz.
Constructor Civil, especialidad Hormigones.
Experto en Prevención de Riegos Ocupacionales.

HARRY ISMAEL CASTRO SILVA
VALDIVIA-CHILE
2009

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A mi profesor guía Sr. José Arrey por apoyarme en el desarrollo de este proyecto.

Al personal del LEMCO, por su buena disposición en los momentos que necesite de su experiencia, en especial a Felipe, Fernando, Leo, Marcelo y don Pedro.

También a mi compañero Cristian, por su apoyo en momentos de duda, en la realización de mis mezclas para los ensayos.

INDICE DE CONTENIDO

TEMA **Pág.**

INTRODUCCION

OBJETIVOS GENERALES

OBJETIVOS ESPECIFICOS

CAPITULO I - HORMIGON

1.1.- Antecedentes Históricos……1

1.2.- Generalidades……..2

1.3.- Componentes del Hormigón……4

1.3.1.-Cemento……4

1.3.1.1.- Clasificación de los Cementos Fabricados en Chile……4

1.3.1.2.- Normativa……5

1.3.2.- Áridos……6

1.3.2.1.- Condiciones que deben cumplir los Áridos……6

1.3.2.2.- Factores a considerar al momento de elegir los áridos……8

1.3.3.- Agua……8

1.4.-Propiedades del Hormigón……9

1.4.1.-Hormigón Fresco……9

1.4.1.1.-Procesos que experimenta el Hormigón Fresco……9

1.4.2.-Propiedades del Hormigón Endurecido……13

CAPITULO II - ADITIVOS

2.1.- Historia……..…….20

2.2.- Conceptos Generales……..…….23

2.3.- Clasificación de los Aditivos según normativas y organismos…….23

2.4.- Descripción…….....……25

2.4.1.- Plastificantes - reductores de agua……..…….....25

2.4.2.- Superplastificantes o fluidificantes……..…….....……..26

2.4.3.- Expansores - estabilizadores..…….…….....27

2.4.4.- Aceleradores de fraguado y endurecimiento……..……..…….....27

2.4.5.- Retardadores……..…….28

2.4.6.- Impermeabilizantes o hidrófugos de masa……..……..…….28

2.4.7.- Incorporador de aire……..……..…….29

2.4.8.- Anticongelantes……..……..29

2.4.9.- Colorantes……..……..30

2.4.10.- Agentes formadores de espuma……..……30

2.5.- Aditivo de cohesión……..……..……..30

2.5.1.- Generalidades……..……..…….30

2.5.2.- Microsilice……..……..…….32

CAPITULO III - EXPERIENCIA

3.1.- Generalidades……..……....35

3.2.- Diseño de hormigones patrones……..……..……..36

3.2.1.- Ensayos realizados a los áridos para la Dosificación……..…….....36

3.2.1.1.- Granulometría……..……..……..……....36

3.2.1.2.- Colorimetría……..……..……...37

3.2.1.3.- Material Fino menor que 0,080mm……..……....37

3.2.1.4.-Densidades Reales, Netas y Absorción……..……....37

3.2.2.- Dosificaciones……..……..38

3.2.2.1.- Dosis de Aditivo…….....45

3.3.- Confección de Mezclas de Prueba……..…….47

CAPITULO IV - ENSAYOS Y RESULTADOS.

4.1.- Ensayo de Asentamiento del Cono de Abrams…….....54

4.1.1.- Resultados……54

- Hormigón H-15 cono (6-9)…….....54
- Hormigón H-20 cono (6-9)…….....55
- Hormigón H-30 cono (3-5)…….....56
- Hormigón H-30 cono (6-9), cubos……..….57
- Hormigón H-30 cono (6-9), vigas……..58

4.2.- Ensayos de Compresión……..……...…….60

4.2.1.- Resultados……..60

4.2.1.1.- Densidades……..……...……..……...60

- Hormigón H-15 cono (6-9)…….....60
- Hormigón H-20 cono (6-9)…….....…..61
- Hormigón H-30 cono (3-5)…….....62
- Hormigón H-30 cono (6-9), cubos……..….63
- Hormigón H-30 cono (6-9), vigas……..…...64

4.2.1.2.- Resistencias……..…..…66

4.2.1.2.1.- Ensayo de Compresión…….....66

- Compresión a los 28 días de H-15 cono (6-9)….....66
- Compresión a los 28 días de H-20 cono (6-9)……..66
- Compresión a los 28 días de H-30 cono (3-5)……...67
- Compresión a los 28 días de H-30 cono (6-9), cubos.....68

4.2.1.2.2.- Ensayo de Flexotraccion……..……..68

- Compresión a los 28 Días de H-30 cono (6-9), vigas.....68

CAPITULO V - CONCLUSIONES

5.1.-Conclusiones……..……..71

CAPITULO VI - BIBLIOGRAFIA

6.1.- Bibliografía……..75

6.2.- Referencias de Internet……..77

ANEXOS

ANEXO 1: Ficha Técnica, Aditivo SikaFume……..80

ANEXO 2: Ficha de Datos de Seguridad, Aditivo SikaFume…….....83

INDICE DE FIGURAS

TEMA **Pág.**

CAPITULO I: HORMIGON

TABLA Nº 1, Clasificación de los Cementos según su Composición……...5

TABLA Nº 2, Clasificación de los Cementos según su Resistencia……...5

TABLA Nº 3, Normas que rigen los ensayos de cemento..……...5

CAPITULO III: EXPERIENCIA

TABLA Nº 4, Ajuste de Porcentajes de Grava, Gravilla y Arena a Bandas Granulométricas……36

TABLA Nº 5, Dosificación H-15-01 para un Metro Cúbico……..……42

TABLA Nº 6, Resumen Dosificación H-15-01 para 15lts…....……...42

TABLA Nº 7, Dosificación H-20-02 para un Metro Cúbico..……43

TABLA Nº 8, Resumen Dosificación H-20-02 para 15lts…..……43

TABLA Nº 9, Dosificación H-30-03 para un Metro Cúbico…….....…..……....43

TABLA Nº 10, Resumen Dosificación H-30-03 para 15lts…..……..…..44

TABLA Nº 11, Dosificación H-30-04 para un Metro Cúbico…….……..……...44

TABLA Nº 12, Resumen Dosificación H-30-04 para 15lts…….....…44

TABLA Nº 13, Dosificación H-30-05 para un Metro Cúbico……..……..……...45

TABLA Nº 14, Resumen Dosificación H-30-05 para 45 lts……..…..45

Fotografía Nº 1, Áridos utilizados para el estudio……..…47

TABLA Nº 15, Corrección por humedad hormigón H-15 cono (6-9).....…..48

TABLA Nº 16, Corrección por humedad hormigón H-20 cono (6-9).....…..48

TABLA Nº 17, Corrección por humedad hormigón H-30 cono (3-5)……48

TABLA Nº 18, Corrección por humedad hormigón H-30 cono (6-9), cubos…….. 49

TABLA Nº 19, Corrección por humedad hormigón H-30 cono (6-9), vigas.....…..49

Fotografía Nº 2, Ensayo de Asentamiento del cono de Abrams……..50

Fotografías Nº 3, Procedimiento para el ensayo de asentamiento del cono de Abrams……50

Fotografía Nº 4, Moldes cúbicos provistos de una capa desmoldante……..51

Fotografía Nº 5, Probetas recién construidas.....52

Fotografía Nº 6, Desmolde de probetas cúbicas para luego ser pesadas, medidas y ensayadas……52

Fotografía Nº 7, Medición de escuadría de la probeta……..…….....53

Fotografía Nº 8, Ensayo de probetas a compresión……..……...53

Fotografía Nº 9, Ensayo de probetas a flexotraccion……..……..53

CAPITULO IV: ENSAYOS Y RESULTADOS.

TABLA Nº 20, Resultados de la Medición de Cono, H-15 cono (6-9)……..54

GRAFICO Nº 1, Variación Asentamiento Cono H-15 cono (6-9)…….....…….54

TABLA Nº 21, Resultados de la medición de cono, H-20 cono (6-9)……..55

GRAFICO Nº 2, Variación Asentamiento Cono H-20 cono (6-9)…..... 55

TABLA Nº 22, Resultados de la Medición de Cono, H-30 cono (3-5)……..56

GRAFICO Nº 3, Variación Asentamiento Cono H-30 cono (3-5)…….....…… 56

TABLA Nº 23, Resultados de la medición de cono, H-30 cono (6-9), cubos……..56

GRAFICO Nº 4, Variación Asentamiento Cono H-30 cono (6-9), cubos.....57

TABLA Nº 24, Resultados de la medición de cono, H-30 cono (6-9), vigas……...57

GRAFICO Nº 5, Variación Asentamiento Cono H-30 cono (6-9), vigas.....58

TABLA Nº 25, Porcentaje alcanzado de docilidad en base a los hormigones Patrones……..…58

GRAFICO Nº 6, Comparación de la docilidad con respecto al patrón…….....59

TABLA Nº 26, Densidades Promedios, H-15 cono (6-9)…….....59

GRAFICO Nº 7, Variación Promedio de Densidades H-15 cono (6-9)…..…….……..60

TABLA Nº 27, Densidades Promedios, H-20 cono (6-9)……..……..60

GRAFICO Nº 8, Variación Promedio de Densidades H-20 cono (6-9).....……..61

TABLA Nº 28, Densidades Promedios, H-30 cono (3-5)……....61

GRAFICO Nº 9, Variación Promedio de Densidades H-30 cono (3-5)…..…….……..62

TABLA Nº 29, Densidades Promedios, H-30 cono (6-9), cubos……...……...62

GRAFICO Nº 10, Variación Promedio de Densidades H-30 cono (6-9), cubos.....63

TABLA Nº 30, Densidades Promedios, H-30 cono (6-9), vigas…….....…63

GRAFICO Nº 11, Variación Promedio de Densidades H-30 cono (6-9), vigas.....64

TABLA Nº 31, Porcentaje alcanzado de densidad en base a los hormigones patrones……..64

GRAFICO Nº 12, Comparación de la densidad con respecto al patrón…….....65

TABLA Nº 32, Resistencias, H-15 cono (6-9) a los 28 días..……..……66

GRAFICO Nº 13, Variación Resistencia, 28 días H-15 cono (6-9)..……...66

TABLA Nº 33, Resistencias, H-20 cono (6-9) a los 28 días..……..…….66

GRAFICO Nº 14, Variación Resistencia, 28 días H-20 cono (6-9)…….……..…67

TABLA Nº 34, Resistencias, H-30 cono (3-5) a los 28 días..……..…67

GRAFICO Nº 15, Variación Resistencia, 28 días H-30 cono (3-5)……..……...67

TABLA Nº 35, Resistencias, H-30 cono (6-9) cubos, a los 28 días..……..…68

GRAFICO Nº 16, Variación Resistencia, 28 días H-30 cono (6-9), cubos……..……...68

TABLA Nº 36, Resistencias, H-30 cono (6-9) vigas, a los 28 días...……..…68

GRAFICO Nº 17, Variación Resistencia, 28 días H-30 cono (6-9), vigas……..……69

TABLA Nº 37, Porcentaje Variación de la resistencia en base a los hormigones patrones…….....……69

GRAFICO Nº 18, Porcentaje variación de las resistencias con respecto al patrón.....70

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la influencia que produce el aditivo de cohesión en los Hormigones.

Para esto se prepararon mezclas patrón (sin el aditivo antes mencionado), y mezclas de prueba con diferentes dosis de aditivos.

En cada mezcla de prueba se determinó la resistencia, la docilidad y densidad del hormigón para poder desarrollar un análisis comparativo de todos los resultados obtenidos.

De los resultados obtenidos, se puede mencionar que se observa un aumento en la resistencia, una leve disminución de la densidad y una importante reducción de la docilidad.

ABSTRACT

In this work evaluated the influence that produces the additive of cohesion in the Concretes.

For this prepared mix pattern (without the before mentioned additive), and mixes of proof with different dose of additives.

In each mix of proof determined the resistance, the docilidad and density of the concrete to can develop a comparative analysis of all the obtained results.

Of the results obtained, can mention that it observes an increase in the resistance, a slight decrease of the density and an important reduction of the docilidad.

INTRODUCCION

El hormigón esta compuesto básicamente de cemento, agua, áridos. Esta mezcla no ha cesado su perfeccionamiento desde su creación hace unos varios siglos atrás, y esto debido ha una gran cantidad de aditivos que se han ido fabricando para mejorar o cambiar una o varias cualidades del hormigón, produciéndose con esto una aplicación a gran escala de este elemento constructivo, modificando sus características para ser utilizado según la necesidad especifica de cada obra.

Estos aditivos están destinados a producir hormigones más trabajables, de mejor terminación, resistentes, durables e impermeables, transformándose en un componente esencial junto con el agua y los áridos, para la obtención de un hormigón de alta calidad. Pero también es necesario conocer sus propiedades según las distintas dosis incorporadas a las mezclas, por lo que se hace necesario realizar un estudio de las cantidades requeridas para conseguir el resultado esperado.

Esta memoria se realizo para apreciar la influencia de un aditivo de cohesión en la resistencia, docilidad y densidad en hormigones grados H-15, H-20 y H-30, determinándose las variaciones en las propiedades del hormigón al utilizarse las distintas dosis de aditivo.

OBJETIVOS GENERALES

Determinar las variaciones que experimentan las propiedades finales del hormigón al agregar distintas dosis de aditivo de cohesión de partículas, todo esto referido a muestras patrones.

Específicamente se determinará:

- La variación de resistencia mecánica del hormigón al agregarle aditivo de cohesión.

- La variación de la docilidad del hormigón con el aditivo de cohesión.

- La variación de la densidad del hormigón endurecido con el aditivo de cohesión.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.- Diseñar mezclas de prueba para hormigones de grado H-15 cono (6-9), H-20 cono (6-9), H-30 cono (3-5), H-30 cono (6-9) cubos y H-30 cono (6-9) vigas.

2.- Confeccionar mezclas de prueba agregando aditivo de cohesión en dosis de 84, 253 y 422 gramos para el hormigón H-15 cono (6-9); de 95.2, 285.6 y 476 gramos para el hormigón H-20 cono (6-9); de 112, 337 para hormigón H-30 cono (3-5); de 123, 369 y 615 para hormigón H-30 cono (6-9) cubos y de 357, 1072, y 1786 para hormigón H-30 cono (6-9) vigas.

3.- Confeccionar probetas y ensayar a compresión y flexotracción, según corresponda, a los 28 días, para las mezclas de pruebas realizadas con hormigones H-15, H-20 y H-30.

4.- Determinar la docilidad y densidad de los hormigones de prueba.

CAPITULO I

HORMIGON

1.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS.

La historia del cemento es la historia misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible. Desde que el ser humano supero la época de las cavernas, ha aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos.

Templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad. El pueblo egipcio ya utilizaba un mortero, mezcla de arena con materia cementosa para unir bloques y lozas de piedra al elegir sus asombrosas construcciones. Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada. Un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzuoli con el que aun actualmente lo conocemos como pozoluona.

Investigaciones y descubrimientos a lo largo de miles de años, nos conducen hasta hace unos años, cuando en Inglaterra fue patentada una mezcla de caliza dura, molida y calcinada con arcilla, al agregársele agua, producía una pasta que de nuevo se calcinaba se molía y batía hasta producir un polvo fino que es el antecedente directo de nuestro tiempo. El nombre del cemento Pórtland le fue dado por la similitud que este tenia con la piedra de la isla de Pórtland del canal ingles. La aparición de este cemento y de su producto resultante el concreto ha sido un factor determinante para que el mundo adquiera una fisonomía diferente. Edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, talleres y casas, dentro del mas alto rango de

tamaño y variedades nos dan un mundo nuevo de comodidad, de protección y belleza donde realizar nuestros mas ansiados anhelos, un mundo nuevo para trabajar, para crecer, para progresar, para vivir.

En Chile los antecedentes de evolución no son muchos. En 1856 se utiliza por primera vez el cemento el cual fue importado. Se continúo trabajando de la misma forma, aunque esta no fue muy masiva, hasta 12 de Mayo de 1906 donde se abrió en Chile la primera industria de Cemento Pórtland del país y de Sudamérica, con la que ya se pudo aumentar y diversificar considerablemente el empleo de los hormigones a nivel nacional.

Otro hito importante en nuestro país, es la puesta en funcionamiento de hormigones premezclados, el cual cumplía las exigencias de calidad requeridas, simplificando todo el proceso constructivo de lo que significaba la confección del hormigón en obra.

Hoy en día la tecnología del hormigón está muy avanzada, por lo que es posible hacer construcciones en las cuales el 90 a 95% de ellas está construida de hormigón, y si a esto sumamos el aporte que significan los aditivos, podemos obtener, construcciones de importancia cumpliendo al máximo los requisitos exigidos para la época.

1.2.- GENERALIDADES.

El hormigón es sin lugar a dudas uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo. La norma chilena Nch170 Of.85 define hormigón como: “Material que resulta de la mezcla de cemento, grava, arena, agua, eventualmente aditivos y adiciones en proporciones adecuadas que, al fraguar y endurecer, adquiere resistencia”.

Cuando el hormigón se encuentra recién mezclado debe presentar una condición plástica, que facilite las operaciones indispensables para su colocación en los moldes y con el paso del tiempo este debe ser capaz de adquirir una cohesión y resistencia, esto va a depender en gran medida de la buena compactación que se le realice, que lo hagan apto para ser empleado en la gran variedad de obras de ingeniería como autopistas, calles, puentes, túneles, presas, grandes edificios, etc.

Al unirse el cemento con el agua, se inicia un proceso químico denominado hidratación, del cual resulta el endurecimiento gradual del hormigón. Es importante destacar que este endurecimiento puede continuar indefinidamente en el tiempo bajo condiciones favorables tanto de humedad como de temperatura, lo cual se traduce en un aumento de la capacidad resistente del hormigón. Una de las propiedades mas notables y por supuesto la mas importantes de las muchas que tiene el hormigón es su resistencia, la que puede ser predeterminada y esta directamente relacionada con la características de sus materiales componentes. Si se mezclan los materiales en las proporciones adecuadas, el hormigón puede soportar fuerzas de compresión elevadas. Su resistencia longitudinal es baja, pero reforzándolo con acero y a través de un diseño adecuado se puede hacer que la estructura sea tan resistente a las fuerzas longitudinales como a la compresión.

Su larga duración se evidencia en la conservación de columnas construidas por los egipcios hace más de 3.600 años.

Otras de las características que han hecho del hormigón un material ampliamente utilizado en la construcción de diversas obras de ingeniería son:

● Facilidad de producción utilizando materiales de amplia difusión en cualquier país del mundo.

● Facilidad para conferir cualquier forma, gracias a la plasticidad que posee este en su etapa inicial.

● Posibilidad de prever y adaptar sus características a cualquier tipo de exigencia.

● Posibilidad de construcción utilizando recursos simples o complejos según la naturaleza de la obra.

● Buena durabilidad y resistencia a la corrosión, a condiciones ambientales desfavorables y al fuego.

1.3.- COMPONENTES DEL HORMIGON.

1.3.1.- Cemento.

Es un polvo finísimo de color gris, la pasta de cemento (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa del hormigón y como tal es en gran medida responsable de la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad del hormigón. Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular entre sí.

Los principales componentes del cemento son la caliza (cal), sílice, alumina y el óxido férrico. Estos son mezclados en proporciones adecuadas y sometidos a un proceso de fusión en un horno rotatorio, donde adquiere una consistencia pastosa que al enfriarse se convierte en fragmentos de coloración obscura, compactos y duros dando creación al clínquer. Este posteriormente será sometido a molinos tubulares, provistos de bolas de acero, donde se le agrega aproximadamente un 3% de yeso para regular el tiempo del fraguado, convirtiéndolo en polvo finísimo.

El proceso antes descrito es el que se utiliza para fabricar el cemento Portland. Además hay otros tipos de cementos Portland con adiciones o especiales.

1.3.1.1.- Clasificación de los Cementos fabricados en Chile.

Según la norma NCh 148 of 68. Cemento. Terminología, Clasificación y Especificaciones Generales. Los cementos nacionales se clasifican por su composición y su resistencia.

Según su composición.

Denominación	Proporción de los Componentes		
	Clínquer	**Puzolana**	**Escoria**
Pórtland	100%	–	–
Pórtland Puzolánico	≥70%	≤30%	–
Pórtland Siderúrgico	≥70%	–	≤30%
Puzolánico	50 -70%	30 -50%	
Siderúrgico	25 -70%	–	30 -75%

Tabla Nº 1, Clasificación de los cementos según su composición.
Fuente: Compendio tecnología del hormigón.

Según Resistencia.

Grado	Tiempo de Fraguado		Resistencia Mínima			
			Compresión		Flexión	
	Inicial (min.)	Final (Máx.)	7 Días Kgf/cm²	28 Días Kgf/cm²	7 Días Kgf/cm²	28 Días Kgf/cm²
Corriente	60 min.	12h	180	250	35	45
Alta Resistencia	45 min.	10h	250	350	45	55

Tabla Nº 2, Clasificación de los cementos según su resistencia.
Fuente: Compendio tecnología del hormigón.

1.3.1.2.- Normativa.

Características	Norma de ensayo
Densidad real	NCh 154
Tiempo de Fraguado	NCh 152
Consistencia normal	NCh 151
Finura -Sist. Blaine	NCh 159
-Sist. Wagner	NCh 149
-Tamizado	NCh 150
Resistencia	NCh 158
Calor de Hidratación	ASTM C 186
Expansión Autoclave	NCh 157

Tabla Nº 3, Normas que rigen los ensayos de cemento.
Fuente: Compendio tecnología del hormigón.

1.3.2.- ARIDOS.

Se dice que las primeras mezclas del hormigón eran para reconstruir la piedra original, utilizada en las construcciones de las primeras civilizaciones. Para esto se unían fragmentos de piedras con algún material para que actuaran de pegamento. Actualmente los fragmentos de piedras son los áridos y el pegamento es el cemento (mezcla del cemento con agua).

Se denomina árido al material granulado que se utiliza como materia prima en la construcción, principalmente. El árido se diferencia de otros materiales por su estabilidad química y su resistencia mecánica, y se caracteriza por su tamaño. No se consideran como áridos aquellas sustancias minerales utilizadas como materias primas en procesos industriales debido a su composición química.

Representan el mayor volumen en el hormigón. Normalmente entre un 65 – 75% del hormigón esta constituido por áridos.

1.3.2.1.- Condiciones que deben cumplir los Áridos.

Para su buena integración en el hormigón el árido debe cumplir, con todas las condiciones exigidas en la norma Nch163. Of. 79.

Las condiciones pueden resumirse en tres grupos:

Docilidad:

De gran importancia, ya que de ella depende la facilidad que podamos obtener para manejar el hormigón en estado fresco.

Diremos que está relacionada directamente con:

- La composición granulométrica que tengan los áridos, la cual será regulada por la norma NCh 165 y NCh 163.
- El contenido de granos finos, el que es regulado por la norma NCh 163 y NCh 1223.
- Forma de los granos, regulada por la norma NCh 163 y NCh 1511.
- Porosidad, regulada por NCh 163, NCh 1239 y NCh 1117.

Resistencia Propia:

El árido debe ser capaz de resistir condiciones ambientales y las tensiones para las cuales será diseñado. Una forma indirecta de medir esta resistencia es someter la muestra a los ensayos de desgaste de grava, por el método de la máquina de los ángeles y partículas desmenuzables, cuyos ensayos serán regidos por las normas NCh 1369 y NCh 1327 respectivamente. Además de cumplir con estas normas de ensayo los áridos deberán satisfacer los requisitos mínimos especificados en la NCh 163.

Estabilidad Físico-Química:

El árido debe ser capaz de soportar las condiciones físico-químicas provocadas por el ambiente al que será expuesto.

En su estabilidad química, los áridos deberán presentar inalterabilidad ante los compuestos producidos durante el proceso de fraguado, además no deben poseer productos nocivos que puedan alterar el proceso de fraguado y endurecimiento de la pasta de cemento.

Por otro lado en su estabilidad física, el árido debe ser capaz de soportar los ciclos alternados de altas y bajas temperaturas (ciclos de hielo-deshielo).

1.3.2.2.- Factores a considerar al momento de elegir los áridos.

- Deben preferirse áridos de calidad conocida, normalmente de proveedores o plantas establecidas formalmente, que anteriormente hayan abastecido obras con buenos resultados.
- Se debe tener certeza que los áridos poseen la calidad requerida de modo que los hormigones cumplan las especificaciones del proyecto, particularmente si existen requisitos especiales como altas resistencias mecánicas, resistencia a la abrasión o al desgaste, resistencia a los ciclos hielo-deshielo, etc.
- El proveedor de áridos debe ser capaz de certificar sus materiales al igual que cualquier otro proveedor.
- Es fundamental contar con un abastecimiento de áridos de calidad homogénea. Toda variación en la calidad del árido será transmitida directamente al hormigón.
- Si existen dudas con respecto de la calidad de los áridos, se deben confeccionar mezclas de prueba en laboratorio y en terreno para verificar su aptitud.

1.3.3.- AGUA.

La presencia del agua es imprescindible en la confección de los hormigones, ya que tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de mezclas, otorgándole trabajabilidad al hormigón fresco y como medio de curado en las estructuras recién construidas, proceso que consiste en lograr que el material disponga del agua que necesita el cemento para hidratarse y mantenerse en condiciones moderadas de temperatura.

Como componente del hormigón convencional el agua representa aproximadamente entre el 10 y el 25% del volumen del hormigón recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo del agregado que se utilice y de la docilidad que se requiera. El agua debe cumplir con ciertos requisitos lo que son regulados por la norma Nch 1498. Solo el agua potable esta permitido utilizarla sin necesidad de verificar su calidad. Todo otro tipo de agua debe ser analizada. Es importante mencionar que el agua de mar no debe ser utilizada en hormigones armados.

1.4.- PROPIEDADES DEL HORMIGON.

1.4.1.- Hormigón fresco.

Durante la etapa en que el hormigón se mantiene en estado fresco es de gran importancia poder otorgarle al hormigón una docilidad adecuada para el uso que se desea darle. Para este objeto, es necesario cuantificarla, utilizando una forma de medida de la docilidad, para lo que se han desarrollado numerosos sistemas. En esta memoria se utilizo el método del cono de abrams.

1.4.1.1.- Procesos que experimenta el hormigón fresco.

Durante la etapa en que el hormigón mantiene su estado fresco, experimenta una serie de procesos cuyo origen y consecuencias es necesario conocerlos para tenerlos debidamente en cuenta. Estos procesos son principalmente los que se describen a continuación.

Exudación del agua de amasado

Debido a que el hormigón esta constituido por materiales de distinta densidad real, tiende a producirse la decantación de los de mayor peso unitario, que son los sólidos, y el ascenso del más liviano, que es el agua.

Este proceso induce una serie de efectos internos y externos en el hormigón.

La película superficial del hormigón presenta un contenido de agua mayor que el resto de la masa. Como se verá posteriormente, ello significa un aumento de la razón agua / cemento, con una consiguiente menor resistencia para dicha capa.

Este efecto debe ser especialmente considerado en las obras de hormigón sometidas a desgaste superficial y en los hormigones utilizados como material de relleno bajo elementos cuyo fondo es horizontal. Ej.: Placas de fundación.

El ascenso del agua da origen a conductos capilares, que constituyen posteriormente vías permeables, afectando en consecuencia la impermeabilidad del hormigón, especialmente por capilaridad.

El agua ascendente tiende, además, a acumularse bajo las partículas de mayor tamaño, dejando bajo éstas un espacio vacío, al evaporarse posteriormente.

Este proceso debe ser especialmente considerado en las obras hidráulicas y en las fundadas en terrenos húmedos.

La exudación va acompañada por una sedimentación de los materiales sólidos, los que tienden a descender. Este descenso puede significar concentraciones de tensiones internas en los puntos donde la estructura presenta singularidades de forma, por ejemplo, variaciones de espesor o de nivel, debido al desigual descenso que se produce a ambos lados de la singularidad.

Este efecto debe ser especialmente considerado en las obras de edificación, en los puntos de unión de los pilares y muros de hormigón con las cadenas, losas y

vigas, en donde el mayor descenso que experimentan los primeros puede inducir grietas en las zonas de encuentro con los segundos.

Dado que la exudación produce efectos desfavorables, debe ser combatida, para lo cual puede recurrirse a las siguientes medidas paliativas:

Utilizar un contenido adecuado de granos muy finos en el hormigón, entendiéndose como tales los que tienen un tamaño inferior a 150 micrones, aspecto que se analizará posteriormente en la parte pertinente a dosificación de hormigones.

Recurrir al empleo de aire incorporado en el hormigón, utilizando aditivos apropiados para este objeto.

Aumentar el tiempo de amasado del hormigón, con el objeto de facilitar el adecuado humedecimiento de los materiales sólidos por el agua y con ello su retención por parte de éstos.

Efectuar el hormigonado de las partes que presenten variaciones de espesor en distintas etapas constructivas, o, al menos, dejar transcurrir un tiempo de espera para permitir el asentamiento de la zona de mayor espesor. Este tiempo de espera debe ser el máximo posible, pero evitando el endurecimiento del hormigón.

Variaciones de volumen

El agua de amasado del hormigón tiende a evaporarse si éste no se mantiene en un ambiente saturado de humedad, con lo cual se produce un proceso de secado progresivo desde la superficie externa hacia el interior.

Este desecamiento progresivo acarrea la formación de zonas de contacto entre fases líquidas (agua) y gaseosas (aire) en los conductos y poros que siempre tiene en su interior el hormigón.

Cuando éstos presentan dimensiones capilares, el proceso de tensión superficial interna alcanza una magnitud importante, la que al transmitirse al hormigón

se traduce en una contracción de las zonas de hormigón sometidas a este proceso de secamiento.

Este efecto afectará principalmente a la superficie del hormigón, dado que ella es la que se seca primero, mientras que el resto de la masa permanece invariable. Ello induce contracciones diferenciales y, como consecuencia, tensiones de tracción, originadas en el confinamiento que producen las capas con mayor contenido de humedad sobre las que están en proceso de secado. Si este proceso de secado es muy rápido, como sucede cuando el hormigón está sometido a alta temperatura ambiente o a corrientes de viento, ello puede traducirse en grietas del hormigón aún plástico, las que por su origen se presentarán como de gran abertura con relación a su profundidad.

Este fenómeno debe ser combatido, pues las fisuras y/o grietas afectan la durabilidad del hormigón y, en obras de gran superficie y pequeño espesor relativo (pavimentos, losas) introduce una debilidad estructural al significar una disminución de su espesor.

Ello puede lograrse manteniendo un ambiente húmedo en torno al hormigón fresco que impida el inicio del secamiento superficial, que se produce si se hormigona en períodos de alta temperatura o fuerte viento, utilizando pulverizadores que esparzan una neblina húmeda en el sitio hasta que sea posible iniciar el proceso de curado.

Por otra parte, si el agrietamiento se produce y el hormigón aún está suficientemente plástico para responder a la compactación, puede ser recompactado hasta lograr el cierre de dichas grietas.

Falso fraguado del cemento

Eventualmente, el cemento puede experimentar un endurecimiento prematuro al ser mezclado con agua para constituir la pasta de cemento.

Este proceso parece provenir de un comportamiento anómalo del yeso adicionado al cemento en la etapa de molienda del clínquer como regulador de su fraguado, el cual, debido a las altas temperaturas originadas durante la molienda, puede perder parte del agua de cristalización.

El agua perdida es recuperada, extrayéndola del agua de amasado del hormigón, con lo cual el yeso cristaliza, adquiriendo rigidez.

Este endurecimiento se conoce con el nombre de falso fraguado y produce una rigidez del hormigón aún en estado fresco, en los primeros minutos posteriores a la adición del agua de amasado, lo cual dificulta grandemente su manipulación en los procesos de transporte, colocación y compactación.

Para evitar estos efectos desfavorables, un procedimiento efectivo consiste en aumentar el tiempo de amasado, lo que permite romper la cristalización producida y devolver al hormigón la plasticidad perdida sin necesidad de adición de agua.

1.4.2.- Propiedades del Hormigón Endurecido

El hormigón experimenta un proceso de endurecimiento progresivo que lo transforma de un material plástico en un sólido, producido por un proceso físico - químico complejo de larga duración.

En esta etapa, las propiedades del hormigón evolucionan con el tiempo, dependiendo de las características y proporciones de los materiales componentes y de las condiciones ambientales a que estará expuesto durante su vida útil.

Estas propiedades son: la densidad, la resistencia, las variaciones de volumen y las propiedades elásticas del hormigón endurecido.

Densidad

La densidad del hormigón se define como el peso por unidad de volumen. Depende de la densidad real y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del hormigón. Para los hormigones convencionales, formados por materiales granulares provenientes de rocas no mineralizadas de la corteza terrestre su valor oscila entre 2.35 y 2.55 kg/dm^3.

La densidad normalmente experimenta ligeras variaciones con el tiempo, las que provienen de la evaporación del agua de amasado hacia la atmósfera y que en total puede significar una variación de hasta alrededor de un 7% de su densidad inicial.

Resistencia

La resistencia es una de las propiedades más importantes del hormigón, principalmente cuando se le utiliza con fines estructurales. El hormigón, en su calidad de constituyente de un elemento estructural, queda sometido a las tensiones derivadas de las solicitaciones que actúan sobre éste. Si sobrepasan su capacidad resistente se producirán fracturas, primero de origen local y posteriormente generalizadas, que podrán afectar la seguridad de la estructura.

Por este motivo, los elementos estructurales deben ser dimensionados de manera que las tensiones producidas no sobrepasen la capacidad resistente del material constituyente, lo cual muestra la importancia de conocer esta característica.

a. Resistencia a la compresión

El procedimiento de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón está establecido en NCh 1307.

El valor de resistencia obtenido en el ensayo no es, sin embargo, absoluto, puesto que depende de las condiciones en que ha sido realizado. Entre estas condiciones, las de mayor influencia son las que se analizan a continuación.

b. Resistencia a tracción

La resistencia a tracción del hormigón ha sido considerablemente menos estudiada que la resistencia a compresión, en parte debido a la mayor incertidumbre que existe para su determinación.

Esta incertidumbre empieza con la forma de ejecución del ensayo, existiendo tres formas distintas para efectuarlo: por tracción directa, por flexión y por tracción indirecta, cada uno de las cuales conduce a valores sensiblemente diferentes.

Variaciones de volumen

El hormigón experimenta variaciones de volumen, dilataciones o contracciones, durante toda su vida útil por causas físico - químicas.

El tipo y magnitud de estas variaciones están afectados en forma importante por las condiciones ambientales existentes de humedad, temperatura y por los componentes presentes en la atmósfera.

La variación de volumen derivada de las condiciones de humedad, se denomina retracción hidráulica y las que tienen por causa la temperatura, retracción

térmica. Por su parte, de las originadas por la composición atmosférica, la más frecuente es la producida por el anhídrido carbónico y se denomina carbonatación.

Propiedades elásticas y plásticas

El conocimiento de las propiedades elásticas del hormigón son necesarias para establecer la relación entre tensiones y deformaciones, aspecto que adquiere gran importancia en algunos problemas de tipo estructural, particularmente cuando el cálculo de deformaciones es determinante.

a. Propiedades elásticas

La relación entre tensiones y deformaciones se establece a través del módulo de elasticidad. Para los materiales totalmente elásticos, el módulo de elasticidad es constante e independiente de la tensión aplicada, acostumbrando a designársele con el nombre de módulo de Young. En otros materiales, designados inelásticos en cambio, el módulo de elasticidad depende del valor de la tensión aplicada.

Lo más frecuente, sin embargo, es que los materiales presenten una combinación de ambos comportamientos, inicialmente elástico y posteriormente inelásticos al aumentar la tensión aplicada.

b. Propiedades plásticas del hormigón

A pesar del carácter frágil señalado para el hormigón para las cargas de velocidad normal de aplicación, éste presenta un comportamiento plástico cuando una determinada carga permanece aplicada un largo tiempo, produciéndose en este caso una deformación denominada fluencia del hormigón.

El conocimiento de la fluencia es necesario para el análisis estructural en el caso del cálculo de deformaciones en elementos de hormigón armado, determinar la pérdida de la tensión aplicada en una estructura de hormigón pretensado o para el cálculo de tensiones a partir de la medición de deformaciones.

El mecanismo que genera la fluencia en el hormigón no es bien conocido, estimándose actualmente que es causado por la combinación de dos tipos de fenómenos: uno derivado de la acomodación de la estructura cristalina de la pasta de cemento, que se denomina fluencia básica, y otro proveniente de la migración interna de la humedad, que se traduce en una retracción hidráulica adicional.

Los principales factores que condicionan la fluencia del hormigón son las características del hormigón, principalmente el tipo y la dosis de cemento, la humedad ambiente, la magnitud de la tensión aplicada y la edad del hormigón en el momento de su aplicación.

Permeabilidad del hormigón

El hormigón es un material permeable, es decir que, al estar sometido a presión de agua exteriormente, se produce escurrimiento a través de su masa.

El grado de permeabilidad del hormigón depende de su constitución, estando normalmente comprendido su coeficiente de permeabilidad entre 10^{-6} y 10^{-10} cm/seg.

La determinación del coeficiente de permeabilidad debe efectuarse necesariamente en base a ensayos de laboratorio, entre los cuales pueden mencionarse dos tipos principales:

- Los de permeabilidad radial, en los que se utiliza una probeta cilíndrica con una perforación central, desde la cual se aplica agua a presión, midiéndose el agua escurrida en un cierto tiempo. Este tipo de ensayo permite determinar el

coeficiente de permeabilidad por medio de las fórmulas de escurrimiento en medios permeables.

- Los de penetración del agua en el hormigón, en los cuales una losa de hormigón es sometida a presión de agua por un lado y se mide la penetración del agua en su masa después de un cierto tiempo. Este ensayo se utiliza generalmente en forma comparativa, aunque también permite el cálculo del coeficiente de permeabilidad en forma similar a la del ensayo radial.

Durabilidad del hormigón

Durante toda su vida útil, el hormigón está permanentemente expuesto a las acciones provenientes de agentes externos e internos, que pueden afectar su durabilidad si no se les tiene debidamente en cuenta.

De acuerdo a su origen, estas acciones pueden ser producidas por agentes físicos o químicos.

a. Agentes Físicos

Aquí encontramos efectos de tipo ambiental y erosivo.

a.1. Tipo Ambiental

Dentro de este tipo la más importante es la variación de la temperatura, en ciclos con temperaturas bajo y sobre el punto de congelación del agua (0ºC), lo que se conoce con el nombre de ciclos de hielo y deshielo.

El hormigón se ve terriblemente afectado por estos ciclos debido a que, por ser permeable, contiene agua en su interior, la cual al congelarse aumenta de volumen creando tensiones internas, las que lo van dañando progresivamente. También

tenemos que decir que las variaciones de humedad (saturación-secado) producen un desgaste en el hormigón, aunque es de menor importancia.

a.2. Procesos Erosivos

Estos pueden ser abrasión mecánica, desplazamientos de materiales, vehículos o cuerpos móviles sobre la superficie, como también por cavitación, proceso destructivo que experimentan los materiales sometidos a escurrimientos de agua a altas velocidades.

b. Agentes Químicos

Podemos señalar que los agentes químicos que afectan al hormigón pueden ser internos como externos. Dentro de los internos podemos encontrar el contenido de materia orgánica o los componentes reactivos que contengan los áridos, que afecten el correcto desarrollo del fraguado y endurecimiento.

Los agentes externos, son aquellos compuestos agresivos que en algunos casos brinda la naturaleza como ácidos minerales, soluciones de sales y Álcalis, etc. estos pueden producir un ataque de magnitud a los elementos de hormigón.

CAPITULO II

ADITIVOS

2.1.- HISTORIA

La historia del uso de aditivos químicos en los hormigones se remonta al siglo pasado, tiempo después que Joseph Aspdin patentó en Inglaterra el 21 de octubre de 1824, un producto que llamó «Cemento Portland».

La primera adición de cloruro de calcio como aditivo a los hormigones fue registrada en 1873, obteniéndose su patente en 1885. Al mismo tiempo que los aceleradores, los primeros aditivos utilizados fueron hidrófugos. Igualmente, a principios de siglo se ensayó la incorporación de silicato de sodio y de diversos jabones para mejorar la impermeabilidad. En ese entonces, se comenzaron a añadir polvos finos para colorear el hormigón. Los fluatos o fluosilicatos se emplearon a partir de 1905 como endurecedores de superficie. La acción retardadora del azúcar también había sido ya observada.

En Chile, la primera fábrica de aditivos químicos para hormigón se instaló en el año 1942, comercializando acelerantes de fraguado e impermeabilizantes hidrófugos principalmente. Luego se introdujeron los primeros aditivos reductores de agua, incorporadores de aire, retardadores y expansores.

En la década de los 60 se inició el uso masivo de los aditivos plastificantes, productos que hoy en día son los más utilizados en todo el mundo, debido a su capacidad para reducir el agua de amasado y por lo tanto para obtener hormigones más resistentes, económicos y durables. Obras como la central hidroeléctrica Rapel y el aeropuerto Pudahuel son ejemplos de esa época. También se inició el uso masivo de los plastificantes en la edificación, donde como ejemplo está el edificio de la CEPAL construido en el año 1960.

En la década del 70 se introdujeron en Chile los primeros aditivos superplastificantes, revolucionando la tecnología del hormigón en esa época, por cuanto se logró realizar hormigones fluidos y de alta resistencia para elementos prefabricados y para la construcción de elementos esbeltos y de fina apariencia.

Paralelamente, para la construcción de túneles, especialmente para las grandes centrales hidroeléctricas y la minería, se utilizó la técnica del hormigón proyectado que, a su vez, requiere de aditivos acelerantes de muy rápido fraguado para obtener una construcción eficiente y segura.

En la década de los 80 se introdujo en Chile el uso de microsílice, material puzolánico que permite obtener la máxima resistencia y durabilidad del hormigón. Con este material se confeccionan hormigones de 70 Mpa de resistencia característica, pudiendo llegar incluso a superar los 100 Mpa. Estos extraordinarios hormigones se han utilizado en Chile en pavimentos sometidos a fuerte abrasión en minería y obras hidráulicas.

En Europa los primeros conjuntos de normas datan de 1958 en España y 1963 en Inglaterra. En 1962, ASTM extendió la normativa de clasificación a otros tipos de aditivos.

En 1975 apareció el primer texto de carácter internacional, un informe preparado por la RILEM, el cual contiene recomendaciones sobre la clasificación, uso, control de calidad y ensayos de los aditivos. Para la Norma Chilena de clasificación de los aditivos, se debió desarrollar un importante conjunto de normas de procedimiento de ensayos, que permitieran medir los valores que se establecerían para la clasificación de los aditivos. Finalmente en 1995, con el aporte del Instituto de Normalización, industria organizada en la Asociación de Fabricante de Aditivos, docentes universitarios destacados y experimentados ingenieros, se oficializó la NCh 2182, que establece la clasificación en siete tipos de aditivos para hormigón y morteros.

En los últimos años la industria de los aditivos químicos para hormigón ha seguido desarrollando nuevos productos e introduciéndolos en el mercado nacional tales como: inhibidores de corrosión, reductores de retracción y aditivos reductores de agua de ultra alta eficiencia.

El uso en Chile de los diferentes aditivos, especialmente los reductores de agua, ha permitido desarrollar eficiente y económicamente el hormigón premezclado y las diferentes técnicas de hormigonado, tales como: hormigón bombeado, hormigón proyectado, hormigón fluido, hormigón prefabricado, hormigón bajo agua, etc.

En el año 1993 se construyó en Chile el primer proyecto portuario de gran envergadura ejecutado con inhibidor de corrosión. Con los aditivos reductores de agua de última generación se introdujo en Chile en el año 2000 la tecnología del “Hormigón Autocompactante”. Este nuevo tipo de hormigón fue desarrollado a fines de la década de los ochenta en Japón y ha sido usado en la práctica en diferentes tipos de estructuras, incluyendo obras de gran envergadura, aprovechando las ventajas que otorga una tecnología que evita la pesada faena de vibración en la construcción con hormigón. En Chile, esta revolucionaria técnica de hormigonado se está usando en obras de edificación, túneles, elementos prefabricados y otras aplicaciones.

Actualmente, los aditivos para el hormigón presentan un buen crecimiento, producto de su acción para mejorar las propiedades del hormigón, aspecto que resulta conveniente tanto desde el punto de vista técnico como económico. Su uso está destinado a producir hormigones más trabajables, de mejor terminación, resistentes, durables e impermeables.

Hoy se afirma que los aditivos se han transformado en un componente esencial, junto con el agua y los áridos, para la obtención de un hormigón de alta calidad.

Las industrias pertenecientes a la Asociación de Fabricantes de Aditivos (AFADI), cuentan con un amplio respaldo tecnológico internacional. Además han tenido la

habilidad de desarrollar los aditivos para las características especiales de nuestros cementos Portland - Puzolánicos.

2.2.- CONCEPTOS GENERALES

Los aditivos son aquellos productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

Productos que, agregados en pequeña proporción en pastas, morteros y hormigones en el momento de su fabricación, mejoran o modifican una o varias de sus propiedades.

Aún cuando los aditivos son un componente eventual del hormigón, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables.

De esta manera su uso estará condicionado para que:

- Se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- El producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del hormigón.
- Un análisis de costo justifique su empleo.

2.3.- CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS SEGÚN NORMATIVAS Y ORGANISMOS.

- **Clasificación de los aditivos según la norma ASTM 494**

  TIPO A: Reductor de agua

  TIPO B: Retardador de fraguado

  TIPO C: Acelerador de fraguado

  TIPO D: Reductor de agua y retardador

  TIPO E: Reductor de agua y acelerador

TIPO F: Reductor de agua de alto efecto

TIPO G: Reductor de agua de alto efecto y retardador

- **Clasificación de los aditivos según el Centro Tecnológico del Hormigón (C.T.H)**

  Retardador de fraguado

  Acelerador de fraguado y endurecimiento

  Plastificante

  Plastificante - retardador

  Plastificante - acelerador

  Superplastificante

  Superplastificante retardador

  Incorporador de aire

- **Y finalmente la norma francesa AFNOR P 18-123 "Betons: Definitions et Marquage des Adjuvants du Betons" establece una clasificación más amplia:**

1.- Aditivos que modifican las propiedades Reológicas del hormigón fresco:

Plastificantes-Reductores de agua.

Incorporadores de Aire.

Polvos Minerales Plastificantes

Estabilizadores

2.- Aditivos que modifican el fraguado y endurecimiento:

Aceleradores de fraguado y/o Endurecimiento.

Retardadores de Fraguado.

3.- Aditivos que modifican el contenido de aire:

Incorporadores de Aire

Antiespumantes.

Agentes formadores de Gas.

Agentes formadores de Espuma.

4.- Aditivos que modifican la resistencia a las acciones físicas:

Incorporadores de Aire.

Anticongelantes

Impermeabilizantes.

5.- Aditivos Misceláneos

Aditivos de cohesión – emulsiones

Aditivos combinados

Colorantes

2.4.- DESCRIPCIÓN

A continuación se dará una breve descripción de las características más importantes de los diferentes tipos de aditivos. El Aditivo de cohesión no será considerado debido a que se analizara a fondo en el punto 2.5.

2.4.1. Plastificantes - reductores de agua

- **Generalidades**

Las exigencias actuales, ya sea estructuras complicadas, con gran densidad de armaduras, etc., hacen que este aditivo sea uno de los mas usados ya que, produce un aumento de la docilidad, sin la necesidad de aumentar la cantidad de agua de

amasado, cumpliendo así con las resistencias especificadas, con una trabajabilidad mayor que la que le correspondería a la razón agua-cemento especificada.

Los Aditivos Plastificantes reductores de agua, cumplen la función, como se mencionaba anteriormente, de aumentar la docilidad del hormigón sin variar su razón agua-cemento.

Otra alternativa que brinda este tipo de aditivo es la de mantener una trabajabilidad determinada disminuyendo la dosis de agua y por consiguiente la razón agua-cemento, dando como resultado un aumento de la compacidad, la resistencia, la impermeabilidad y la durabilidad del hormigón. Como también una menor tendencia a la fisuración.

- **Efectos producidos por los aditivos Plastificante - reductor de agua**

  - El principal efecto de este aditivo es su influencia en la trabajabilidad del hormigón fresco.

  - Retarda el tiempo de fraguado, dependiendo del tipo y de la dosis de aditivo este retardo puede ir de 0.5 a 16 hrs.

  -Tiende a influir sobre la incorporación de aire, dependiendo del tipo de aditivo utilizado, variando esta influencia de un 0,3 a un 2,5%.

  - La reducción de agua provoca un aumento en la cohesión, la impermeabilidad, la compacidad y la durabilidad del hormigón. Y a su vez también reduce la segregación y exudación.

  - Aumenta levemente la resistencia mecánica del hormigón.

2.4.2.- Superplastificantes o Fluidificantes

- **Generalidades**

Este tipo de aditivo tiene la propiedad de aumentar considerablemente la trabajabilidad del hormigón fresco sin variar la dosis de agua, transformando a un hormigón normal en uno fluido autonivelante, de baja tendencia a la segregación.

En algunas condiciones este aditivo es utilizado como reductor de agua, produciendo aumentos considerables en la resistencia.

- **Efectos producidos por los aditivos Superplastificantes o fluidificantes**

- Aumento de la trabajabilidad por un tiempo de 30 a 60 min. según el tipo de aditivo. Terminado este tiempo el aditivo vuelve a su a su trabajabilidad normal.

- A provocar hormigones autonivelantes se reduce el trabajo de colocación evitando incluso en la mayoría de los casos el vibrado.

- Al ser utilizado como reductor de agua producen un incremento en la resistencia, en la durabilidad e impermeabilidad del hormigón endurecido. El aumento en la resistencia es mayor que el producido por el reductor de agua debido a que no se incorpora aire a la mezcla.

2.4.3.- Expansores - Estabilizadores

- **Generalidades**

Este aditivo tiene la particularidad de contrarrestar la retracción producida en la pasta de cemento.

- **Efectos producidos por los aditivos Expansores - Estabilizadores**

- Producen un aumento de volumen en el hormigón fresco. Siendo el volumen máximo de un 2% producido entre las 3 ó 4 horas, donde se inicia el proceso de fraguado.

- Las burbujas que se formaran posteriormente debido a la expansión producirá una disminución de la resistencia final del hormigón.

2.4.4.- Aceleradores de Fraguado y Endurecimiento

- **Generalidades**

Adelanta el proceso de fraguado y endurecimiento, logrando resistencias más altas a temprana edad.

- **Efectos producidos por los aditivos Aceleradores de Fraguado y Endurecimiento**

- Acelera el fraguado y endurecimiento.

- Logra resistencias más elevadas a edades más tempranas.

- Producen, según sea el componente del aditivo, una resistencia final mas baja.

- Aumenta el riesgo de figuración.

- Favorece la corrosión de las armaduras.

2.4.5.- Retardadores.

- **Generalidades**

Su principal objetivo, como su nombre lo indica, es el de retardar el proceso de fraguado.

- **Efectos provocados por los aditivos Retardadores**

- Modifican el proceso de fraguado, dependiendo del tipo utilizado este puede ir de: 4.5 a 12.00 hasta de 14.00 a 22.30 hrs.

- Las resistencias del hormigón son mas bajas hasta los 3 días, luego comienza a aumentar logrando sobrepasar así a los 28 y los 90 días.

- Sobre la retracción se dirá que al inicio la disminuye, pero al llegar al periodo final puede sobrepasar incluso la de un hormigón sin aditivo.

- Mejora la docilidad del hormigón fresco.

2.4.6.- Impermeabilizantes o Hidrófugos de Masa

- **Generalidades**

Se denominan así a los aditivos capaces de reducir la penetración del agua en el hormigón. Son recomendados para hormigones con dosis bajas de cemento.

- **Efectos provocados por los aditivos Hidrófugos de Masa**

- Disminuyen la permeabilidad del hormigón.

- Pueden producir un retardo de fraguado.
- Aumentan la docilidad del Hormigón fresco.
- Disminuyen a exudación.
- Puede disminuir la resistencia mecánica del hormigón.
- Pueden Producir un Aumento en la retracción hidráulica.

2.4.7.- Incorporador de Aire

- **Generalidades**

El hormigón además de sus componentes sólidos, contiene un porcentaje de vacíos, de formas y dimensiones variadas, provenientes del aire atrapado y de la fracción del agua de amasado que se evapora. Al utilizar un incorporador de aire se producen microburbujas esféricas cuyos diámetros oscilan entre 25 y 250 μ con una distancia entre ellos de 100 a 200 μ.

- **Efectos provocados por los aditivos incorporadores de aire**

- Favorable en los ciclos de hielo- deshielo.
- Debido a las burbujas de aire mejora la docilidad del hormigón.
- Aumenta la impermeabilidad del hormigón

2.4.8.- Anticongelantes

- **Generalidades**

Estos Aditivos activan la hidratación del cemento, lo que lleva a un desprendimiento más rápido del calor de hidratación del hormigón, con lo que logran un aumento en la temperatura del hormigón durante el amasado.

El hormigón gracias a estos aditivos logra su endurecimiento antes de congelase.

- **Efectos provocados por los aditivos Anticongelantes**

- Logran una mayor temperatura durante el proceso de amasado.

2.4.9.- Colorantes

- **Generalidades**

Los requisitos estéticos, hacen recurrir este tipo de aditivos, ya que ellos pueden modificar el color original del hormigón producido por el cemento y los áridos.

2.4.10.- Agentes Formadores de Espuma

- **Generalidades**

Es utilizado para la confección de hormigones celulares. Este aditivo produce burbujas de diámetro entre 0,5 a 4mm.

- **Efectos provocados por el Aditivo Agentes Formadores de Espuma**

- Reduce considerablemente la resistencia final del hormigón.

- Reduce la densidad del hormigón.

2.5.- ADITIVOS DE COHESIÓN

2.5.1.- Generalidades

Mantener cohesionados los distintos los distintos componentes dentro de su masa es un requerimiento fundamental en el hormigón. Cuando no se tiene una mezcla suficientemente cohesiva, se produce segregación de los componentes del hormigón, separándose las partículas más gruesas del resto de los sólidos y del agua. Así resulta un material áspero, de difícil manipulación, imposible de bombear, dificultoso para terminar y con importantes defectos en la apariencia, integridad y calidad de los elementos del hormigón.

La necesidad de resolver el problema de falta de cohesión en el hormigón se presenta principalmente en las siguientes ocasiones:

- Hormigones con poco contenido de cemento

- Áridos con curvas granulométricas inapropiada

- Formas de áridos indeseables

- Falta de finos en las arenas
- Bombeo de hormigón con áridos poco apropiados o con poco contenido de cemento.
- Uso de moldajes deslizantes
- Requerimientos de fina apariencia
- Hormigones fluidos

Comúnmente, el requerimiento de cohesión se satisface a través del adecuado diseño del hormigón, considerando una apropiada proporción y curva granulométrica de los áridos, una docilidad determinada y un contenido de cemento mínimo según la resistencia requerida. Sin embargo, por razones económicas, técnicas o falta de disponibilidad del material apropiado, se presentan frecuentemente problemas de cohesión en las obras, los cuales se resuelven eficazmente mediante el uso de los aditivos químicos cohesionantes para hormigón.

Los aditivos cohesionantes están compuestos por polímeros de alto peso molecular. Estos polímeros muestran notables propiedades reológicas así como alta viscoelasticidad.

En la fase acuosa del hormigón, los granos de cemento quedan conectados por una especie de red en la cual los áridos de mayor tamaño quedan suspendidos, evitándose la segregación.

El agua libre del hormigón aumenta su viscosidad por lo que los granos de cemento son cubiertos por una película más gruesa, produciéndose una lubricación de las partículas y una efectiva hidratación; además, se lubrican las superficies de los equipos, maquinaria y herramientas de trabajo.

2.5.2.- Microsilice

Este material es un subproducto del proceso de elaboración del ferrosilicio y el silicio metal. Durante muchos años estas industrias son fuente de contaminación del aire de manera importante, en la medida que los controles de las emisiones fueron ejerciéndose, sobre todo en los países nórdicos en Europa, los mecanismos de filtración y captación de las mismas fueron perfeccionándose; es así como en la década de los 40 en Noruega comienzan a mostrar interés en solucionar el problema de desechos sólidos en que se convirtieron las captaciones atmosféricas.

Es así, que cuando se caracterizan los residuos provenientes de la industria del ferrosilicio se determina que estos poseen un elevado % de dióxido de sílice (SiO2). Y descubren que este polvo, extremadamente fino, cien veces mas fino que el cemento posee una importante propiedad puzolanica, es decir, reacciona con la cal libre que se forma durante el proceso de hidratación del cemento Pórtland. Esta cal libre (Ca (OH)2) es a su vez un subproducto de la compleja reacción química que se produce cuando mezclamos el cemento hidráulico con el agua. Lo interesante de este material, la microsilice, es que combina la propiedad puzolanica con una alta finura y no reacciona con el agua.

En chile la tecnología microsilice ha sido empleada en construcciones de gran envergadura como son túneles, obras del metro nacional, y en minería logrando resultados muy favorables. Pero en donde mas se utiliza actualmente es para hormigón proyectado donde mejora la adherencia del hormigón proyectado, disminuye su rebote, mejora la trabajabilidad y la impermeabilidad, y aumenta las resistencias iníciales y finales.

Mecanismo de acción de la microsílice

Las partículas ultrafinas llenan los huecos entre los granos de cemento reduciendo los vacíos en el hormigón fresco. Estas pequeñas partículas (100 veces más pequeñas que una partícula de cemento) mientras hacen al hormigón mucho más adherente, realmente le dan mas movilidad a la mezcla permitiendo que el hormigón fluya más fácilmente al aplicarle energía. En el hormigón endurecido, la reactividad latente de la microsílice forma enlaces químicos con la cal libre del cemento, produciendo una matriz mucho más densa, resistente e impermeable.

- **Efectos de los aditivos de cohesión en el hormigón**

Los aditivos de cohesión actúan tanto en las propiedades de los morteros frescos como endurecidos, siendo sus principales efectos los siguientes:

Efecto sobre mortero fresco:

- Aumenta la necesidad de agua en la mezcla
- Disminuye la exudación
- Aumenta la incorporación de aire
- Retarda el fraguado

Efecto sobre el mortero endurecido:

- El módulo de elasticidad disminuye, aumentando el alargamiento de rotura.
- La fisurabilidad disminuye como consecuencia de la disminución del modulo de elasticidad y aumento de la resistencia a tracción.
- Aumenta significativamente la adherencia de un hormigón fresco al colocarlo sobre una base de mortero a un hormigón endurecido.
- Aumenta apreciablemente la resistencia al desgaste y a la abrasión.

Los efectos de los aditivos de cohesión dependen básicamente de:

- La composición del polímero
- La dimensión de las moléculas
- La presencia de otros aditivos
- La proporción polímero / cemento, la edad del mortero y la temperatura ambiente.

Existen varios tipos de microsilice y así también distintos distribuidores del producto a nivel nacional e internacional pero todos reúnen características similares y propias del microsilice, para esta memoria se utilizo el producto “SIKAFUME“, correspondiente a la línea “fume” de productos sika en chile. Ver “anexo 1”

CAPITULO III

EXPERIENCIA

3.1.- GENERALIDADES

Esta experiencia busca determinar como varían las propiedades del hormigón, al aplicarse el aditivo de cohesión.

Se realizo la dosificación para obtener mezclas de hormigón grado H-15 cono (6-9), H-20 cono (6-9), H-30 cono (3-5) y H-30 cono (6-9). Una vez obtenida esta se realizaron muestras patrones, H-15 cono (6-9), H-20 cono (6-9), H-30 cono (3-5), H-30 cono (6-9); todas las antes mencionadas en cubos, también se hizo un hormigón H-30 cono (6-9) en vigas prismáticas para analizarlo a esfuerzos de flexotraccion.

Finalmente se hicieron mezclas de prueba con diferentes dosis de aditivo de cohesión (SikaFume) sin variar las medidas del resto de los componentes del hormigón.

Las dosis de aditivos serán determinadas por las indicaciones que da el fabricante en la ficha técnica, la cual se encuentra en el anexo 1.

Se hicieron mediciones en las mezclas patrones y en las con aditivo, de resistencia, docilidad, densidad y se realizó un análisis comparativo.

Se confeccionaron probetas cúbicas de 15x15x15cm para ensayo a la compresión, y vigas de 15x15x53cm para ensayo a la flexotracion, posteriormente se realizaron ensayos a los 28 días, obteniendo las resistencias y los datos necesarios para el análisis.

3.2.- DISEÑO DE HORMIGONES PATRONES

Los materiales utilizados para los hormigones patrones fueron: cemento corriente, agua potable y en lo que se refiere a áridos: grava, gravilla y arena. En las otras mezclas se modificó solo la cantidad de aditivo, siguiendo las indicaciones del fabricante. Sin modificar la cantidad ni el material utilizado.

3.2.1.- Ensayos realizados a los áridos para la dosificación

Se realizaron todos los ensayos exigidos para la dosificación, según norma NCh 170. Además se comprobaron requisitos generales establecidos por la norma NCh 163.

3.2.1.1.- Granulometría

Ensayo realizado según norma NCh 165 y la granulometría según la norma Nch 163. Cumpliendo estos requisitos se obtuvieron los porcentajes de arena, gravilla y grava a utilizar en la mezcla.

ASTM	% QUE PASA			Grava	Gravilla	Arena	Granulometría de la Mezcla	Especificación T. Máximo 40 mm.
	Grava	Gravilla	Arena	30%	30%	40%		
2"	100	100	100	30	30	40	100	100
1 ½"	100	100	100	30	30	40	100	100
1"	65.3	100	100	19.6	30	40	90	-
3/4"	17.3	98.8	100	5.2	29.6	40	75	60 - 80
1/2"	0.3	40.8	100	0.1	12.3	40	52	-
3/8"	0	7.9	99.6	0	2.4	39.9	42	40 - 61
No 4	0	0	85.2	0	0	34.1	34	24 - 48
No 8	0	0	73.3	0	0	29.3	29	15 - 37
No 16	0	0	58.2	0	0,0	23.3	23	10 - 28
No 30	0	0	29.4	0	0,0	11.8	12	6 - 19
No 50	0	0	4.6	0	0,0	1.8	2	3 - 11
No 100	0	0	0.6	0	0,0	0.2	0	2 - 5

Tabla Nº 4, Ajuste de porcentajes de grava, gravilla y arena a bandas granulométricas.
Fuente: Elaboración Propia.

De los datos obtenidos para el tipo de material que se utilizó en la confección de los hormigones, la mejor proporción que se adaptó a las bandas granulométricas fue de 30% de grava, un 30% de gravilla y un 40% de arena.

3.2.1.2.- Colorimetría

Ensayo realizado a la arena según norma NCh 166. Obteniéndose como resultado “NIVEL 3”.

3.2.1.3.- Material Fino menor que 0,080 mm.

Ensayo realizado según norma NCh 1223. Obteniéndose los siguientes resultados:

- Porcentaje de material fino grava : 0.19
- Porcentaje de material fino gravilla : 0.12
- Porcentaje de material fino arena : 0.72

3.2.1.4.- Densidades Reales, Netas y Absorción

Ensayo realizado según norma NCh 1117, para grava y NCh 1239 para arena. Obteniendo los siguientes resultados:

- **Grava**

Densidad real sss (kg/m³) = 2671

Densidad real seca (kg/m³) = 2659

Densidad neta (kg/m³) = 2692

Absorción (%) = 0.6

- **Gravilla**

Densidad real sss (kg/m³) = 2709

Densidad real seca (kg/m³) = 2654

Densidad neta (kg/m³) = 2736

Absorción (%) = 1.14

- **Arena**

Densidad real sss (kg/m³) = 2635

Densidad real seca (kg/m³) = 2597

Densidad neta (kg/m³) = 2698

Absorción (%) = 1.43

3.2.2.- Dosificaciones

Para efectuar nuestras comparaciones se confeccionaron hormigones patrones con cuatro grados diferentes, los que fueron ensayados a compresión y flexotraccion según corresponda.

Los áridos utilizados fueron los mismos en todas las muestras, y las dosificaciones usadas en la confección de las muestras patrones no fueron alteradas. En el momento de agregar aditivo se mantuvo la dosis de agua.

El grado de los hormigones fue: H-15 cono (6-9), H-20 cono (6-9), H-30 cono (3-5), H-30 cono (6-9), para ser ensayados a compresión. Y un H-30 cono (6-9) para ensayar a flexotraccion.

Se determinó la dosificación según norma NCh 170.

- **Resistencia media requerida (fr)**

Está dada según la norma Nch 170.

Para nuestro diseño usaremos:

- Un nivel de confianza de 80%, lo que nos entrega un factor estadístico (t) de 0,842.
- Una desviación estándar (s) de 47,6 Kgf/cm2.
- La resistencia a compresión a 28 días solicitados (Rc), en Kg/cm2.

- Dosificación H-15 cono (6-9)

fr = 190[Kgf/m^2].

- Dosificación H-20 cono (6-9)

fr = 240[Kgf/m^2].

- Dosificación H-30 cono (3-5)

fr = 340[Kgf/m^2].

- Dosificación H-30 cono (6-9)

fr = 340[Kgf/m^2].

➢ **Razón Agua-Cemento**

Una vez obtenido fr, se calculó la razón agua-cemento, esta razón fue extraída de la tabla nº 3 de la Nch 170.

Las razones A/C para fr de H-15 cono (6-9), H-20 cono (6-9), H-30 cono (3-5), H-30 cono (6-9) son:

0.63, 0.56, 0.45 y 0.45 respectivamente.

➢ **Agua**

La cantidad de agua se obtuvo de la tabla nº 22 de la Nch 170.

La razón A/C para el cono de (3-5) es de **160 lts**.

La razón A/C para el cono de (6-9) es de **170 lts**.

- **Cemento**

Para **H-15 cono (6-9)**, la cantidad es de **268 Kg.** de Cemento.

Para **H-20 cono (6-9)**, la cantidad es de **302 Kg.** de Cemento.

Para **H-30 cono (3-5)**, la cantidad es de **356 Kg.** de Cemento.

Para **H-30 cono (6-9)**, la cantidad es de **378 Kg.** de Cemento.

- **Aire**

La cantidad de aire considerada en la mezcla, se obtuvo, según el tamaño máximo nominal del árido, de la tabla nº 23 de la norma Nch 170.

Entonces para el tamaño máximo nominal, de 40 mm, que posee el árido a utilizar en las mezclas, la cantidad de aire a considerar fue de **10 lts**. Esta cantidad se utilizó para todas las dosificaciones, ya que el material fue el mismo.

- **Áridos**

La cantidad de los áridos calculados fueron los siguientes:

El volumen que ocuparan los áridos serán:

- Dosificación H-15 cono (6-9).

$V = 731 lts.$

- Dosificación H-20 cono (6-9).

$V = 719 lts.$

- Dosificación H-30 cono (3-5).

$V = 711 lts.$

- Dosificación H-30 cono (6-9).

$V = 694 lts.$

Obtenido V, se calculará el peso de los áridos.

- Dosificación H-15 cono (6-9)

$P = 1923$ Kg.

Entonces tenemos que las cantidades de arena, gravilla y grava a introducir en la mezcla son las siguientes:

- Arena : 1923 x 0.40 = 769 [kg].
- Gravilla : 1923 x 0.30 = 577 [kg].
- Grava : 1923 x 0.30 = 577 [kg].

- Dosificación H-20 cono (6-9).

$P = 1897$ Kg**.**

Entonces tenemos que las cantidades de arena, gravilla y grava a introducir en la mezcla son las siguientes:

- Arena : 1897 x 0.40 = 759 [kg].
- Gravilla : 1897 x 0.30 = 569 [kg].
- Grava : 1897 x 0.30 = 569 [kg].

- Dosificación H-30 cono (3-5)

$P = 1873$ Kg**.**

Entonces tenemos que las cantidades de arena, gravilla y grava a introducir en la mezcla son las siguientes:

- Arena : 1873 x 0.40 = 749 [kg].
- Gravilla : 1873 x 0.30 = 562 [kg].
- Grava : 1873 x 0.30 = 562 [kg].

- Dosificación H-30 cono (6-9)

$P = 1831$ Kg**.**

Entonces tenemos que las cantidades de arena, gravilla y grava a introducir en la mezcla son las siguientes:

- Arena : 1831 x 0.40 = 732 [kg].
- Gravilla : 1831 x 0.30 = 549 [kg].

- Grava : 1831 x 0.30 = 549 [kg].

- **Resumen**

El siguiente resumen se hará para un metro cúbico y además se incluirá la cantidad utilizada para hacer los hormigones patrones.

Los hormigones patrones quedaran representados según el grado de la siguiente manera: - Hormigón H-15 cono (6-9), cubos: **H-15-01**

- Hormigón H-20 cono (6-9), cubos: **H-20-02**

- Hormigón H-30 cono (3-5), cubos: **H-30-03**

- Hormigón H-30 cono (6-9), cubos: **H-30-04**

-Hormigón H-30 cono (6-9), vigas: **H-30-05**

- Resumen H-15-01

		1 m^3
fr.	Kgf/cm2	190
Razón A/C	-	0,63
Dosis de agua	Lts.	170
Cemento	Kg	268
V. Árido	Lts.	731
Peso áridos	Kg.	1923
Peso Grava	Kg.	577
Peso Gravilla	Kg.	577
Peso Arena	Kg.	769

Tabla Nº 5, Dosificación H-15-01 para un metro cúbico.
Fuente: Elaboración Propia.

Las cantidades que se utilizarán en las mezclas de prueba son las siguientes:

		15 lts
Dosis de agua	Lts.	2.55
Cemento	Kg	4.02
Peso Grava	Kg.	8.66
Peso Gravilla	Kg.	8.66
Peso arena	Kg.	11.54

Tabla Nº 6, Resumen dosificación H-15-01 para 15 lts
Fuente: Elaboración Propia.

- Resumen H-20-02

		1 m^3
Fr	Kgf/cm2	240
Razón A/C	-	0,56
Dosis de agua	Lts.	170
Cemento	Kg	302
V. Árido	Lts.	719
Peso áridos	Kg.	1897
Peso Grava	Kg.	569
Peso Gravilla	Kg.	569
Peso Arena	Kg.	759

Tabla Nº 7, Dosificación H-20-02 para un metro cúbico.
Fuente: Elaboración Propia.

Las cantidades que se utilizarán en las mezclas de prueba son las siguientes:

		15 lts
Dosis de agua	Lts.	2.55
Cemento	Kg	4.53
Peso Grava	Kg.	8.54
Peso Gravilla	Kg.	8.54
Peso arena	Kg.	11.39

Tabla Nº 8, Resumen dosificación H-20-02 para 15 lts
Fuente: Elaboración Propia.

- Resumen H-30-03

		1 m^3
Fr	Kgf/cm2	340
Razón A/C	-	0,45
Dosis de agua	Lts.	160
Cemento	Kg	356
V. Árido	Lts.	711
Peso áridos	Kg.	1873
Peso Grava	Kg.	562
Peso Gravilla	Kg.	562
Peso Arena	Kg.	749

Tabla Nº 9, Dosificación H-30-03 para un metro cúbico.
Fuente: Elaboración Propia.

Las cantidades que se utilizarán en las mezclas de prueba son las siguientes:

		15 lts
Dosis de agua	Lts.	2.4
Cemento	Kg	5.34
Peso Grava	Kg.	8.43
Peso Gravilla	Kg.	8.43
Peso arena	Kg.	11.24

Tabla Nº 10, Resumen dosificación H-30-03 para 15 lts
Fuente: Elaboración Propia.

- Resumen H-30-04

		1 m^3
Fr	Kgf/cm2	340
Razón A/C	-	0,45
Dosis de agua	Lts.	170
Cemento	Kg	378
V. Árido	Lts.	694
Peso áridos	Kg.	1831
Peso Grava	Kg.	549
Peso Gravilla	Kg.	549
Peso Arena	Kg.	732

Tabla Nº 11, Dosificación H-30-04 para un metro cúbico.
Fuente: Elaboración Propia.

Las cantidades que se utilizarán en las mezclas de prueba son las siguientes:

		15 lts
Dosis de agua	Lts.	2.55
Cemento	Kg	5.67
Peso Grava	Kg.	8.24
Peso Gravilla	Kg.	8.24
Peso arena	Kg.	10.98

Tabla Nº 12, Resumen dosificación H-30-04 para 15 lts
Fuente: Elaboración Propia.

- Resumen H-30-05

		1 m^3
Fr	Kgf/cm2	340
Razón A/C	-	0,45
Dosis de agua	Lts.	170
Cemento	Kg	378
V. Árido	Lts.	694
Peso áridos	Kg.	1831
Peso Grava	Kg.	549
Peso Gravilla	Kg.	549
Peso Arena	Kg.	732

Tabla Nº 13, Dosificación H-30-05 para un metro cúbico.
Fuente: Elaboración Propia.

Las cantidades que se utilizarán en las mezclas de prueba son las siguientes:

		45 lts
Dosis de agua	Lts.	7.65
Cemento	Kg	17.01
Peso Grava	Kg.	24.71
Peso Gravilla	Kg.	24.71
Peso arena	Kg.	32.94

Tabla Nº 14, Resumen dosificación H-30-05 para 45 lts
Fuente: Elaboración Propia.

Para lograr una mejor representación de cada hormigón a evaluar, se hicieron tres probetas idénticas con la misma mezcla, para obtener el promedio de estas, dato que fue utilizado para la realización de esta memoria.

3.2.2.1.- Dosis de Aditivo.

La dosis de aditivo se obtuvo según las instrucciones del fabricante (Anexo 1) y se utilizó en este trabajo aditivo de cohesión (Sikafume).

Para el **H-15-01** se le agrego la siguiente dosis de aditivo:

- 1º dosis mínima de 84grs, denominada **H-15-01-01**.
- 2º dosis media de 253grs, denominada **H-15-01-02**.
- 3º dosis máxima de 422grs, denominada **H-15-01-03**.

Para el **H-20-02** se le agrego la siguiente dosis de aditivo:

- 1º dosis mínima de 95.2grs, denominada **H-20-02-01**.
- 2º dosis media de 285.6grs, denominada **H-20-02-02**.
- 3º dosis máxima de 476grs, denominada **H-20-02-03**.

Para el **H-30-03**, se le agrego la siguiente dosis de aditivo:

- 1º dosis mínima de 112grs, denominada **H30-03-01**.
- 2º dosis media de 337grs, denominada **H30-03.-02**.

En este caso no fue posible utilizar la tercera dosis máxima de aditivo ya que el hormigón se torno intrabajable, debido a la perdida total de docilidad de la mezcla, haciéndose imposible la fabricación de este, y por consiguiente, analizar esta muestra.

Para el **H-30-04**, se le agrego la siguiente dosis de aditivo:

- 1º dosis mínima de 123grs, denominada **H-30-04-01**.
- 2º dosis media de 369grs, denominada **H-30-04-02**.
- 3º dosis máxima de 615grs, denominada **H-30-04-03**.

Para el **H-30-05**, se le agrego la siguiente dosis de aditivo:

- 1º dosis mínima de 357grs, denominada **H-30-05-01**.
- 2º dosis media de 1072grs, denominada **H-30-05-02**.
- 3º dosis máxima de 1786grs, denominada **H-30-05-03**.

3.3.- CONFECCIÓN DE MUESTRAS DE PRUEBA

Las mezclas de pruebas fueron confeccionadas en una betonera de eje vertical según norma Nch 1018 “Preparación de mezclas de prueba en laboratorio”.

A continuación se detallaran los pasos seguidos, en cada muestra patrón.

1º.- El día anterior a la realización de las muestras se procedió a mojar el árido, según lo establecido en la norma Nch 1018.

Fotografía N°1: Áridos utilizados para el estudio.

2º.- En el día de preparación de la muestra, antes de pesar los materiales se midió la humedad del árido y se procedió a realizar la corrección por humedad.

Los cálculos de contenidos de humedad y correcciones fueron las siguientes:

- **Corrección por humedad para H-15-01, H-15-01-01, H-15-01-02 y H-15-01-03**

	Cantidad	**Aporte de humedad**	**Cantidad corregida**
Cemento (kg)	4.02	**-**	4.02
Agua (lts)	2.55	-0.95	1.6
Grava (kg)	8.66	0,08	8.74
Gravilla (kg)	8.66	0,18	8.84
Arena (kg)	11.54	1.04	12.58
Agua abs. (lts)	0.35	-	-

Tabla Nº 15, Corrección por humedad hormigón H-15 cono (6-9).
Fuente: Elaboración Propia

- **Corrección por humedad para H-20-02, H-20-02-01, H-20-02-02 y H-20-02-03**

	Cantidad	**Aporte de humedad**	**Cantidad corregida**
Cemento (kg)	4.53	**-**	4.53
Agua (lts)	2.55	-0.8	1.75
Grava (kg)	8.54	0,08	8.62
Gravilla (kg)	8.54	0,18	8.72
Arena (kg)	11.39	1.24	12.63
Agua abs (lts)	0.7	-	-

Tabla Nº 16, Corrección por humedad hormigón H-20 cono (6-9).
Fuente: Elaboración Propia.

- **Corrección por humedad para H-30-03, H-30-03-01 y H-30-03-02**

	Cantidad	**Aporte de humedad**	**Cantidad corregida**
Cemento (kg)	5.34	**-**	5.34
Agua (lts)	2.4	-0.4	2.0
Grava (kg)	8.43	0,09	8.52
Gravilla (kg)	8.43	0,17	8.60
Arena (kg)	11.24	0,65	11.89
Agua abs (lts)	0.51	-	-

Tabla Nº 17, Corrección por humedad hormigón H-30 cono (3-5).
Fuente: Elaboración Propia.

- **Corrección por humedad para H-30-04, H-30-04-01, H-30-04-02 y H-30-04-03.**

	Cantidad	Aporte de humedad	Cantidad corregida
Cemento (kg)	5.67	-	5.67
Agua (lts)	2.55	-0.65	1.9
Grava (kg)	8.24	0,08	8.32
Gravilla (kg)	8.24	0,16	8.4
Arena (kg)	10.98	1.05	12.03
Agua abs (lts)	0.64	-	-

Tabla Nº 18, Corrección por humedad hormigón H-30 cono (6-9), cubos.
Fuente: Elaboración Propia.

- **Corrección por humedad para H-30-05, H-30-05-01, H-30-05-02, H-30-05-03.**

	Cantidad	Aporte de humedad	Cantidad corregida
Cemento (kg)	17.01	-	17.01
Agua (lts)	7.65	-1.45	6.2
Grava (kg)	24.71	0.26	24.97
Gravilla (kg)	24.71	0.51	25.22
Arena (kg)	32.94	1.88	34.82
Agua abs(lts)	1.2	-	-

Tabla Nº 19, Corrección por humedad hormigón H-30 cono (6-9), vigas.
Fuente: Elaboración Propia.

3º.- Una vez realizada las correcciones, se procedió a medir los materiales según la cantidad corregida.

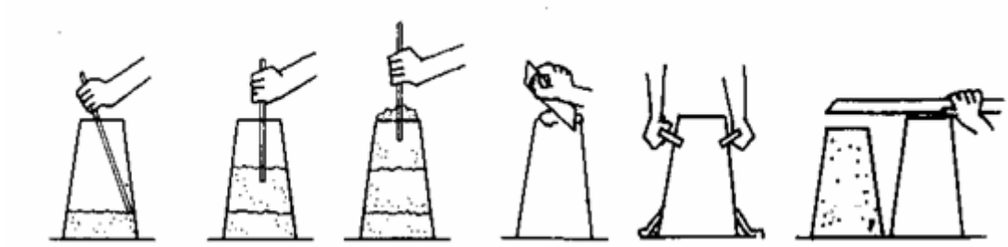
La medición del aditivo se hizo en peso, en una balanza de 0,001 grs. de precisión.

4º.- Reunido los materiales se procedió a ejecutar la mezcla de la siguiente forma:

- Primero se humedeció la betonera, para que no absorba agua del amasado.
- A la betonera se le introdujo la arena y luego el cemento para el caso de los hormigones patrones, en las muestras con aditivo este iba revuelto con el cemento tal como lo indica el fabricante, mezclándose hasta quedar de una consistencia homogénea.

- Luego se agregó gravilla y se mezcló hasta quedar de manera homogénea.
- Posteriormente se agregó grava, la que se mezcló nuevamente hasta quedar homogénea.
- Para finalizar, en los hormigones patrones y de prueba se agrego el agua correspondiente.

5°.- Se determinó la docilidad del hormigón, por medio del Método del Asentamiento del Cono de Abrams.



Fotografía Nº 2, Ensayo de Asentamiento del cono de Abrams.
Fuente: Compendio tecnología del hormigón.

Fotografías Nº 3: Procedimiento para el ensayo de asentamiento del cono de Abrams.

Los resultados obtenidos se incluyeron en el capitulo IV de ensayos y resultados.

6º.- Se llenaron las probetas de ensayo, según la norma NCh 1017. La forma de llenado de los moldes se realizó según el asentamiento del cono, ya que éste nos indica de cómo compactar, ya sea con vibrador o pisón.

Fotografía N°4: Moldes cúbicos provistos de una capa desmoldante.

- Moldes compactados por vibrado, fueron aquellos en que el asentamiento del cono fue ≤ 5 cm. y se realizó de la siguiente forma:

- Se llenaron los moldes en una sola capa.
- Se introdujo en el molde el vibrador en forma vertical por el centro, haciéndolo llegar hasta casi 2 cm del fondo, al momento de aparecer la lechada el vibrador se retira lentamente.

- Moldes compactados con varilla-pisón, fueron todos aquellos en que el cono fue mayor a 5 cm. y se precedió de la siguiente forma:

- Se colocó el hormigón en dos capas y se apisonó cada capa con 32 golpes.

7º.- Una vez compactados los moldes se precedió a enrasar con la varilla de pisón haciendo movimientos de aserrado, y finalmente con una llana se procedió a darle la terminación final.

Fotografía N°5: Probetas recién construidas.

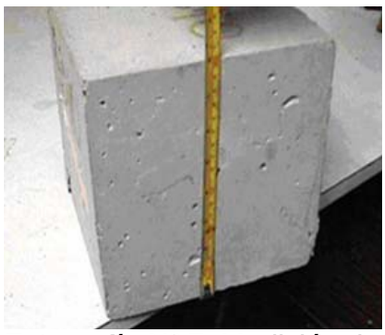
8º.- Luego las muestras se dejaron en un lugar seguro, protegidas del sol y todo tipo de contaminación, se identificaron con un pedazo de papel hasta su desmolde, donde fueron marcadas definitivamente.

9º.- A las 48 hrs. después se desmoldaron las probetas, teniendo mucho cuidado en no dañarlas y se identificaron definitivamente.

Fotografía Nº 6: Desmolde de probetas cúbicas para luego ser pesadas, medidas y ensayadas.

10º.- Se llevaron las probetas hasta la piscina de curado, donde se sumergieron en agua a una temperatura que varió entre los 17 y 23 ºC, hasta la fecha de ensayo.

11º.- Después de trascurridos 28 días se procedió a medir los lados de la probeta y obtener su peso para poder realizar el ensayo a compresión y flexotraccion, según corresponda, para así obtener las resistencias.



Fotografía Nº 7: Medición de escuadría de la probeta.

Fotografía N°8: Ensayo de probetas a compresión.

Fotografía N°9: Ensayo de probetas a flexotraccion.

CAPITULO IV

ENSAYOS Y RESULTADOS.

4.1.- ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONO DE ABRAMS

Este ensayo se realizó según lo establecido en la norma NCh 1019.

4.1.1.- Resultados:

- **Hormigón H-15 cono (6-9).**

Hormigón H-15	Temperatura de (ºC)		Cono (cm)	Variación del cono con respecto al patrón (cm)
	Mezcla	Ambiente		
H-15-01	15,3	15,1	8.5	-
H-15-01-01	15.8	15.4	7.5	-1
H-15-01-02	16	15.8	5.5	-3
H-15-01-03	15.8	15.5	3.5	-5

Tabla Nº 20, Resultados en la medición del cono, al agregar aditivo de cohesión al H-15 cono (6-9).
Fuente: Elaboración Propia.

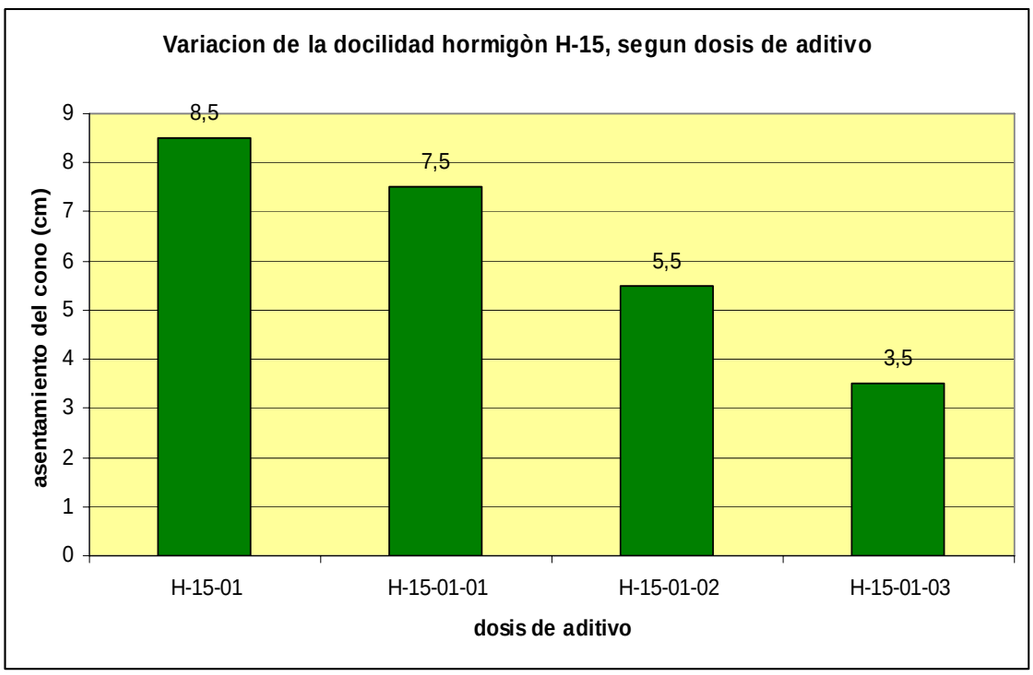


GRAFICO Nº 1: Variación asentamiento cono H-15 cono (6-9).

- **Hormigón H-20 cono (6-9).**

Hormigón H-20	Temperatura de (ºC)		Cono (cm)	Variación del cono con respecto al patrón (cm)
	Mezcla	Ambiente		
H-20-02	18,7	18.2	9	-
H-20-02-01	18,6	18	7.5	-1.5
H-20-02-02	18.4	18,2	4.5	-4.5
H-20-02-03	18.7	18.4	2.5	-6.5

Tabla Nº 21: Resultados en la medición del cono, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-20 cono (6-9).
Fuente: Elaboración Propia.

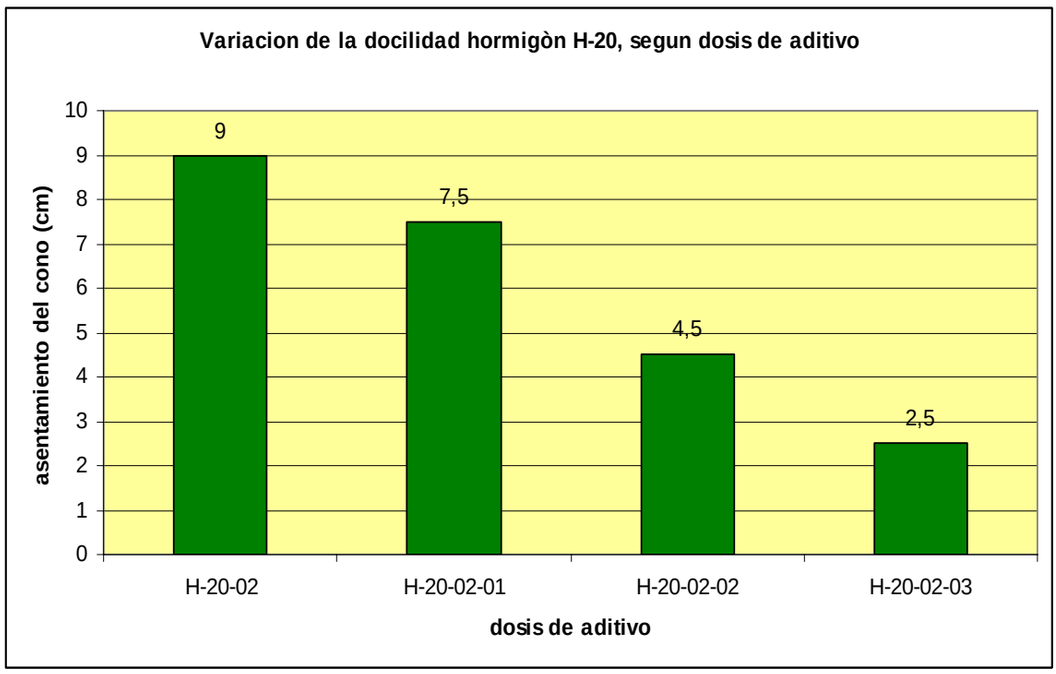


GRAFICO Nº 2: Variación asentamiento cono H-20 cono (6-9).

- **Hormigón H-30, cono (3-5)**

Hormigón H-30	Temperatura de (ºC)		Cono (cm)	Variación del cono con respecto al patrón (cm)
	Mezcla	Ambiente		
H-30 -03	19,4	18.9	5	-
H-30-03-01	19	18.8	3	-2
H-30-03-02	19.2	19	1	-4

Tabla Nº 22: Resultados en la medición del cono, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-30 cono (3-5).
Fuente: Elaboración Propia.

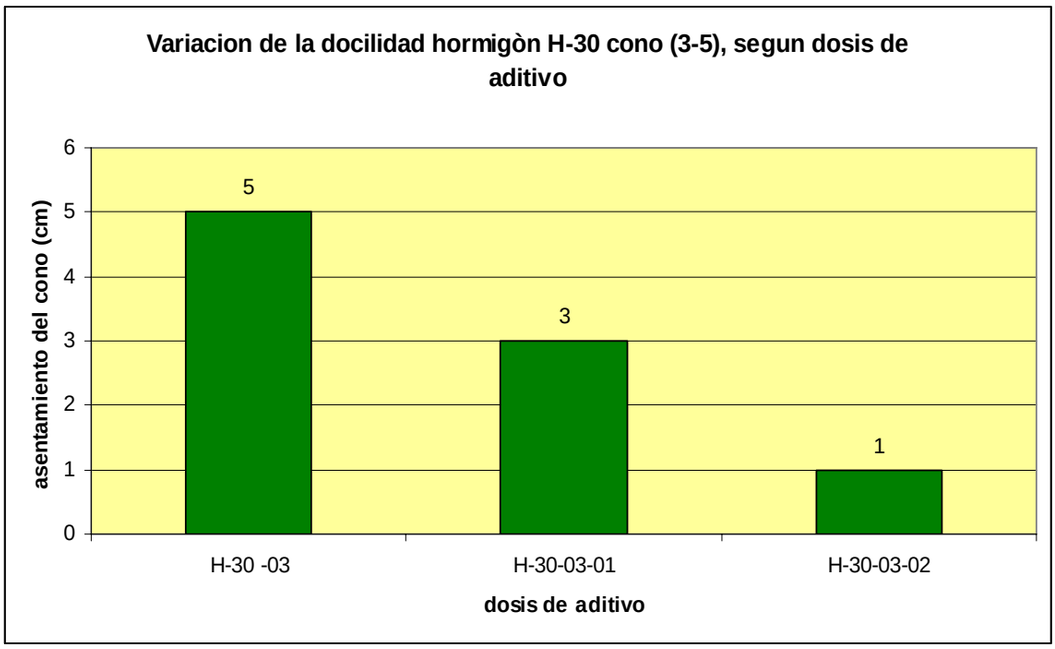


GRAFICO Nº 3: variación asentamiento cono, H-30 cono (3-5).

- **Hormigón H-30 cono (6-9),cubos**

Hormigón H-30	Temperatura de (ºC)		Cono (cm)	Variación del cono con respecto al patrón (cm)
	Mezcla	Ambiente		
H-30 -04	14.1	12.5	7	-
H-30-04-01	14.4	12.6	5.5	-1.5
H-30-04-02	14	12.4	3.5	-3.5
H-30-04-03	14.1	12.6	2	-5

Tabla Nº 23: Resultados en la medición del cono, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-30 cono (6-9), cubos.
Fuente: Elaboración Propia.

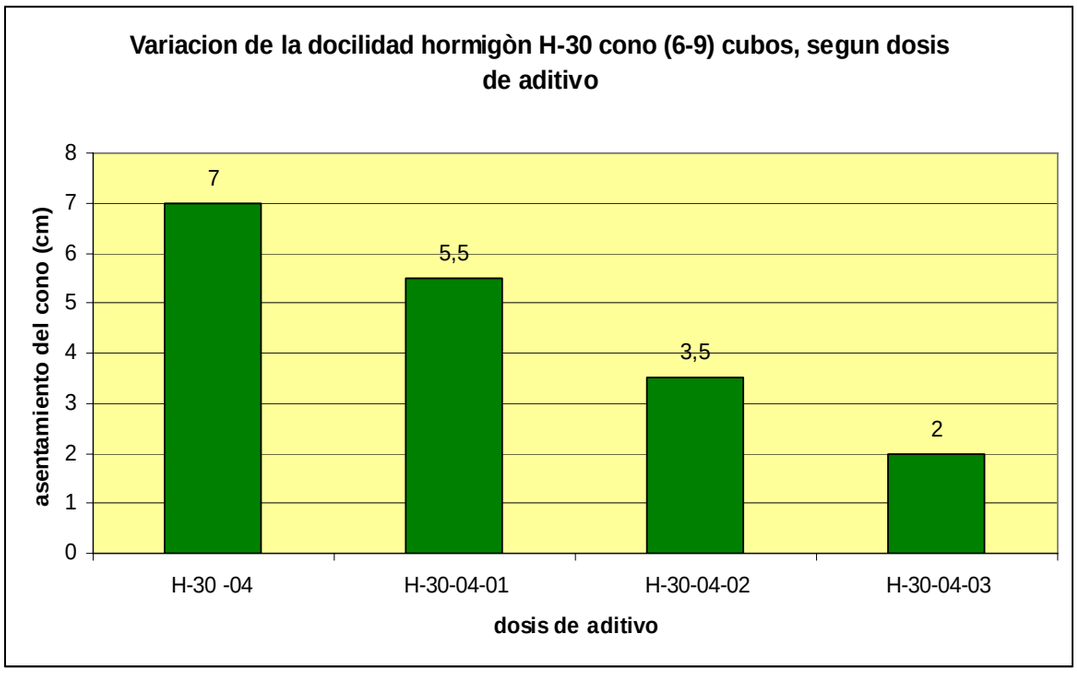


GRAFICO Nº 4: Variación asentamiento cono, H-30 cono (6-9), cubos

- **Hormigón H-30, cono (6-9),vigas**

Hormigón H-30	Temperatura de (ºC)		Cono (cm)	Variación del cono con respecto al patrón (cm)
	Mezcla	Ambiente		
H-30 -05	16,8	15,4	9	-
H-30-05-01	16.2	14.9	6.5	-1.5
H-30-05-02	17	16	3.5	-5.5
H-30-05-03	16.5	14.8	1.5	-7.5

Tabla Nº 24: Resultados en la medición del cono, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-30 cono (6-9), vigas.
Fuente: Elaboración Propia.

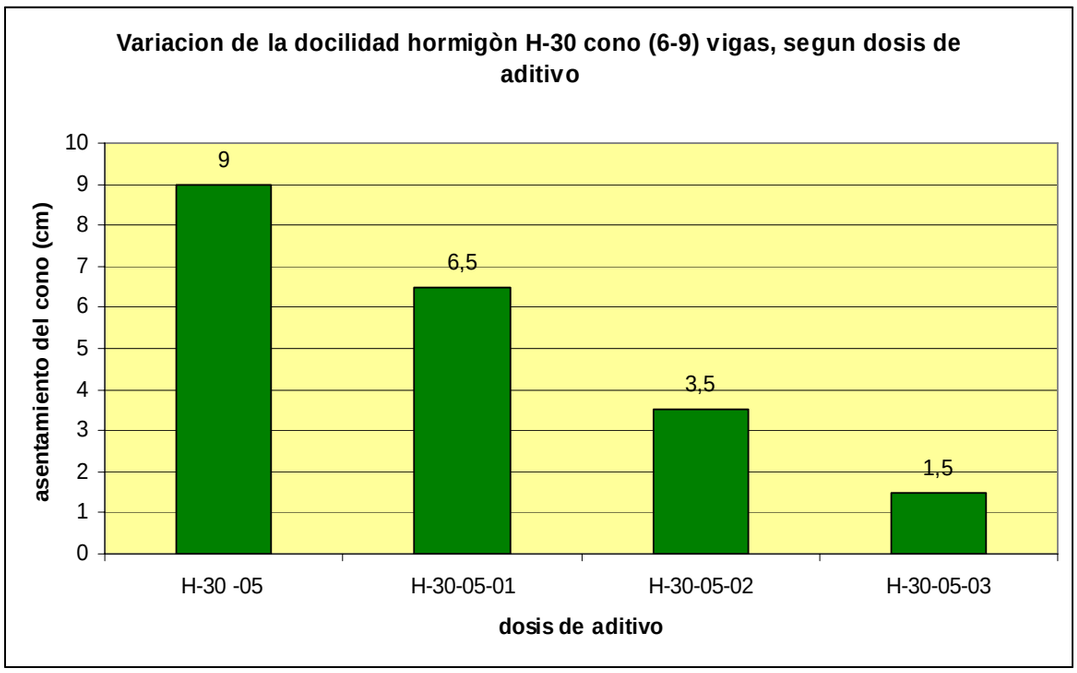


GRAFICO Nº 5: Variación asentamiento cono, H-30 cono (6-9), vigas

- **Porcentaje de variación de la docilidad con respecto a los hormigones patrones.**

hormigones patrones	% en que vario la docilidad con la dosis mínima de aditivo	% en que vario la docilidad con la dosis media de aditivo	% en que vario la docilidad con la dosis máxima de aditivo
H-15-01	-13,33	-35,29	-58,82
H-20-02	-16,67	-50	-72,22
H-30-03	-40	-80	no trabajable
H-30-04	-21,43	-50	-71,43
H-30-05	-27,78	-38,89	-83,33

Tabla Nº 25, Porcentaje alcanzado de docilidad en base a los hormigones patrones.
Fuente: Elaboración Propia.

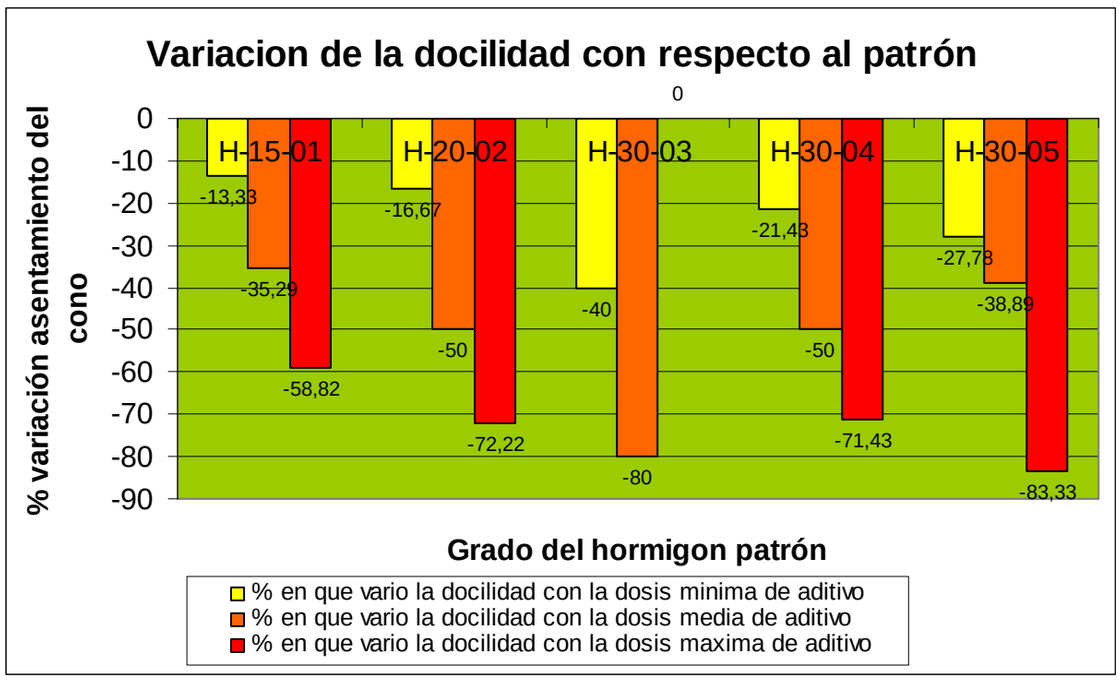


GRAFICO Nº 6**:** Variación de la docilidad con respecto al patrón.

4.2.- ENSAYOS DE COMPRESIÓN.

Este ensayo se realizó siguiendo todo lo establecido en la norma Nch 1037.

4.2.1.- Resultados.

4.2.1.1.- Densidades

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de aditivo, en hormigón H-15 cono (6-9).

	Promedio de Densidades (Kg/m³)	**Variación de Densidad (Kg/m³)**	**Variación (%)**
H-15-01	2485	-	
H-15-01-01	2468	-17	-0,7
H-15-01-02	2459	-26	-1,0
H-15-01-03	2435	-50	-2,0

Tabla Nº 26, Densidades promedio, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-15 cono (6-9).
Fuente: Elaboración Propia.

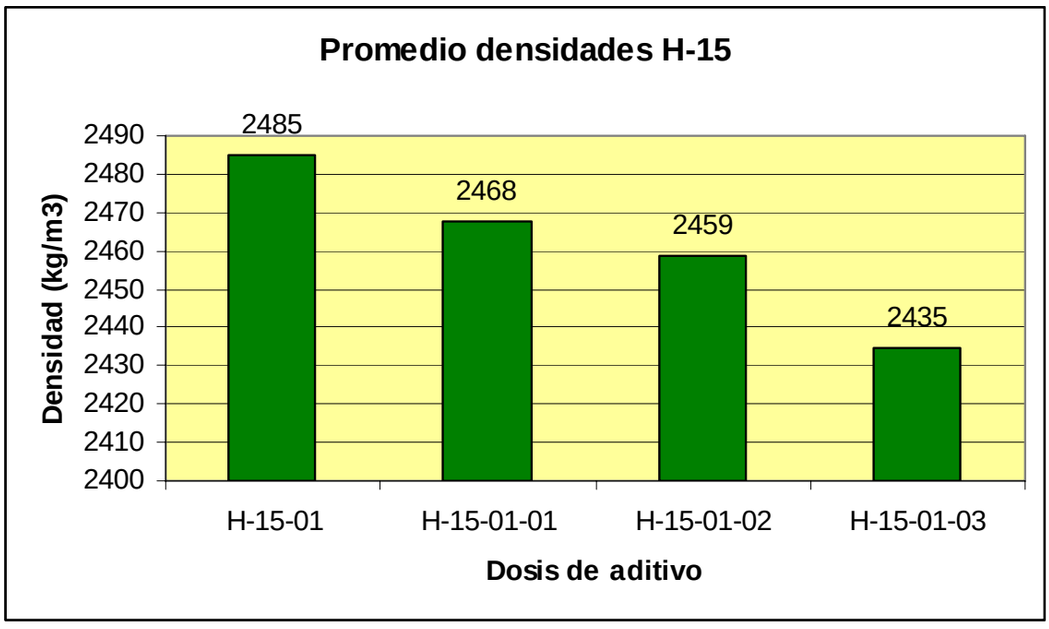


GRAFICO Nº 7: Variación promedio de densidades H-15 cono (6-9).

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de aditivo, en hormigón H-20 cono (6-9).

	Promedio de Densidades (Kg/m³)	**Variación de Densidad (Kg/m³)**	**Variación (%)**
H-20-02	2509	-	
H-20-02-01	2479	-30	-1,2
H-20-02-02	2466	-43	-1,7
H-20-02-03	2458	-51	-2,0

Tabla Nº 27, Densidades promedios, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-20 cono (6-9).
Fuente: Elaboración Propia.

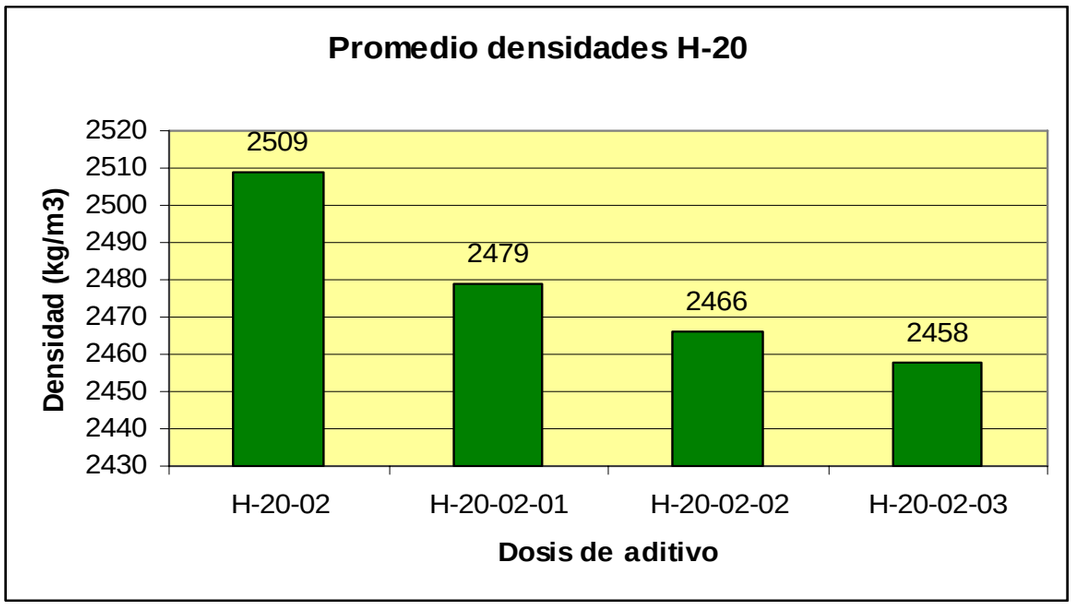


GRAFICO Nº 8: Variación promedio de densidades H-20 cono (6-9).

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de aditivo, en hormigón H-30 cono (3-5).

	Promedio de Densidades (Kg/m³)	**Variación de Densidad (Kg/m³)**	**Variación (%)**
H-30 -03	2489	-	
H-30-03-01	2450	-39	-1,6
H-30-03-02	2447	-42	-1,7

Tabla Nº 28, Densidades promedio, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-30 cono (3-5).
Fuente: Elaboración Propia.

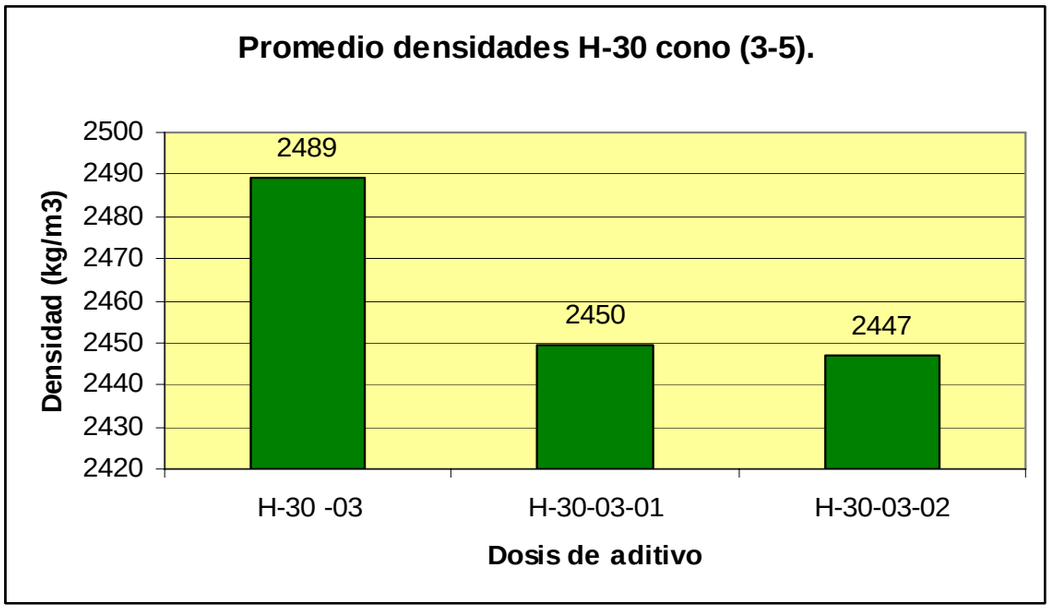


GRAFICO Nº 9: Variación promedio de densidades H-30 cono (3-5).

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de aditivo, en hormigón H-30 cono (6-9), cubos.

	Promedio de Densidades (Kg/m³)	Variación de Densidad (Kg/m³)	Variación (%)
H-30 -04	2478	-	
H-30-04-01	2464	-15	-0,6
H-30-04-02	2441	-37	-1,5
H-30-04-03	2433	-45	-1,8

Tabla Nº 29, Densidades promedio, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-30 cono (6-9), cubos.
Fuente: Elaboración Propia.

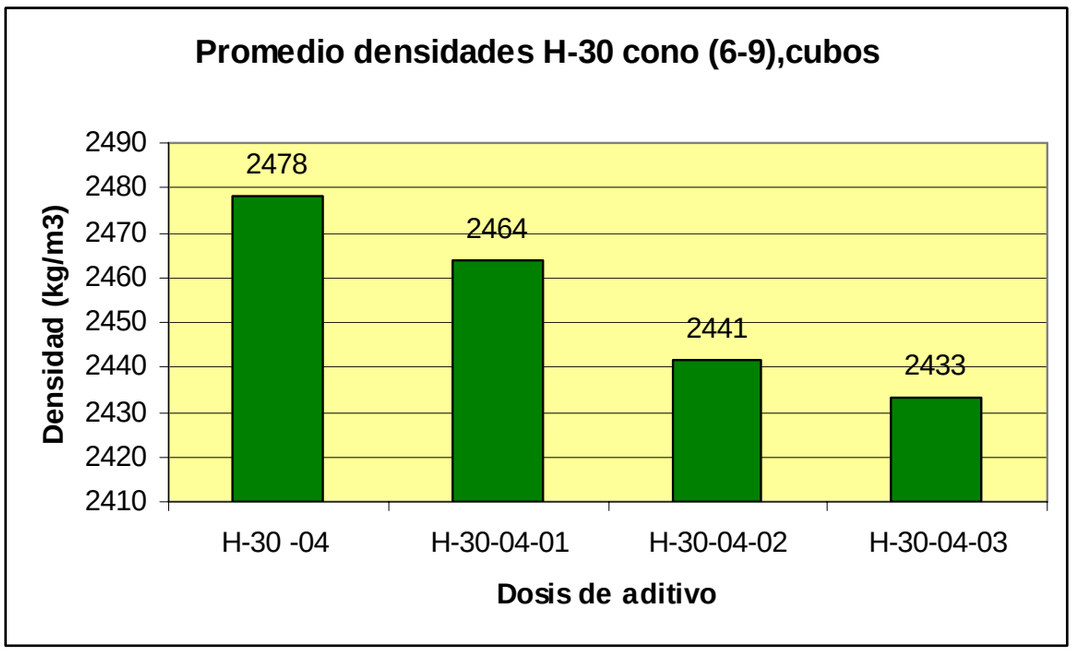


GRAFICO Nº 10: Variación promedio de densidades H-30 cono (6-9), cubos.

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de aditivo, en hormigón H-30 cono (6-9), vigas.

	Promedio de Densidades (Kg/m³)	Variación de Densidad (Kg/m³)	Variación (%)
H-30 -05	2445		
H-30-05-01	2439	-6	-0,2
H-30-05-02	2429	-16	-0,7
H-30-05-03	2421	-24	-1,0

Tabla Nº 30, Densidades promedio, al agregar aditivo de cohesión al hormigón H-30 cono (6-9), vigas.
Fuente: Elaboración Propia.

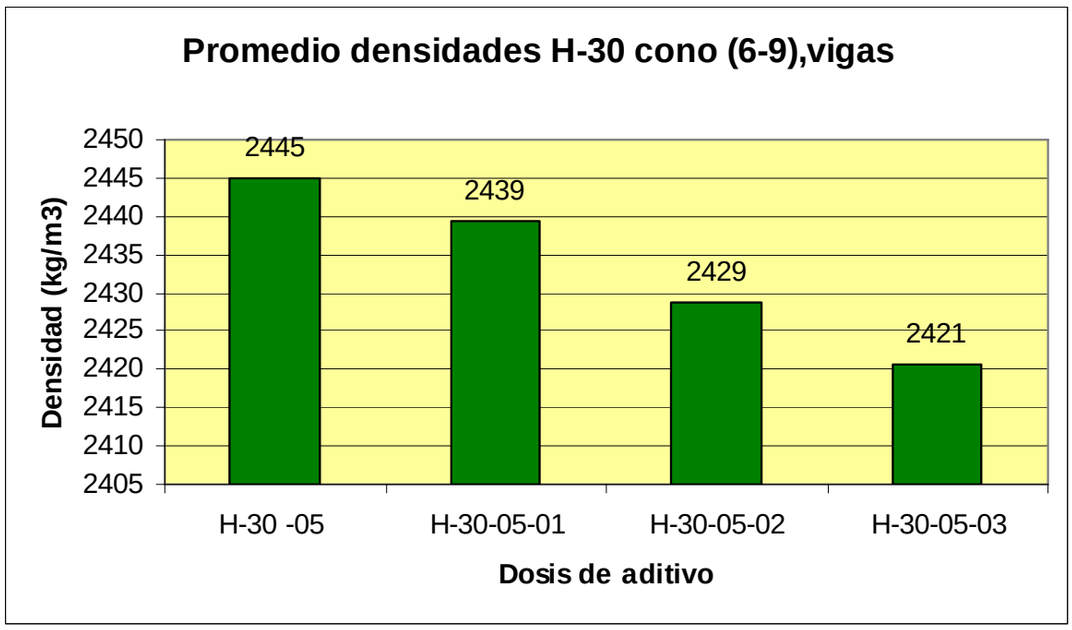


GRAFICO Nº 11: Variación promedio de densidades H-30 cono (6-9), vigas.

- **Porcentaje variación de densidad con respecto a los hormigones patrones correspondientes.**

hormigones patrones	% variación con la dosis mínima de aditivo	% variación con la dosis media de aditivo	% variación con la dosis máxima de aditivo
H-15-01	-0,7	-1	-2
H-20-02	-1,2	-1,7	-2
H-30-03	-1,6	-1,7	no trabajable
H-30-04	-0,6	-1,5	-1,8
H-30-05	-0,2	-0,7	-1

Tabla Nº 31, Porcentaje variación de densidad en base a los hormigones patrones.
Fuente: Elaboración Propia.

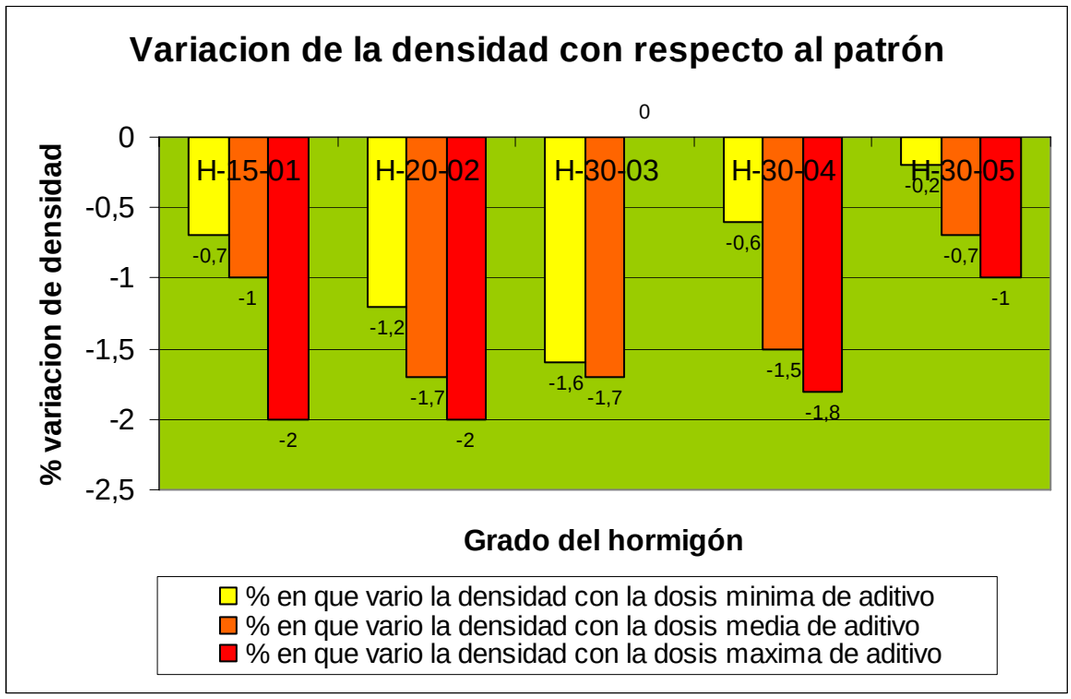


GRAFICO Nº 12: Variación de la densidad con respecto al patrón.

4.2.1.2.- Resistencias

4.2.1.2.1.- Resistencias a compresión.

- H-15 cono (6-9), 28 Días:

	H-15-01	H-15-01-01	H-15-01-02	H-15-01-03
Resistencia (Kgf/cm²)	242,75	246,71	256,25	264,81

Tabla Nº 32, Resistencias, H-15 cono (6-9) a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia.

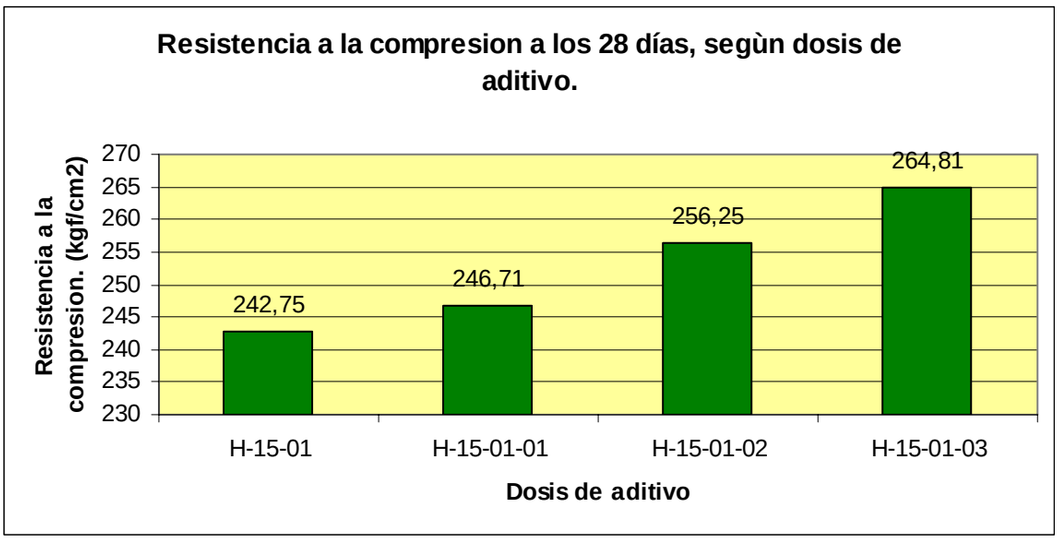


GRAFICO Nº 13: Variación resistencia, H-15 cono (6-9), 28 días

- H-20 cono (6-9), 28 días:

	H-20-02	H-20-02-01	H-20-02-02	H-20-02-03
Resistencia (Kgf/cm²)	257,34	262,29	272,92	344,74

Tabla Nº 33, Resistencias, H-20 cono (6-9) a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia.

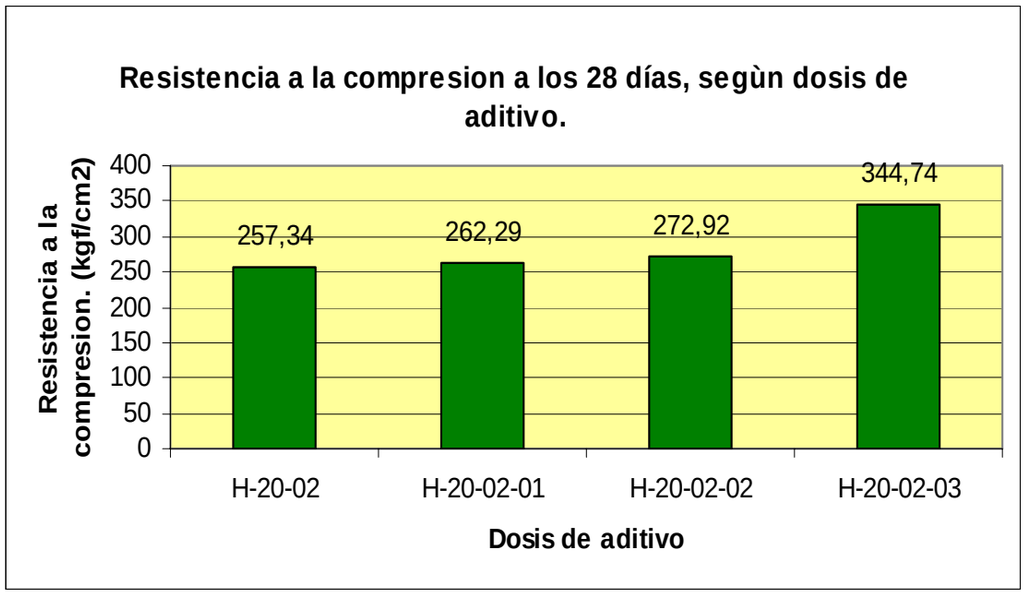


GRAFICO Nº 14: Variación resistencia, H-20 cono (6-9), 28 días

- H-30 cono (3-5), 28 días.

	H-30-03	H-30-03-01	H-30-03-02
Resistencia (Kgf/cm²)	304,05	328,29	410,63

Tabla Nº 34, Resistencias, H-30 cono (3-5), a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia.

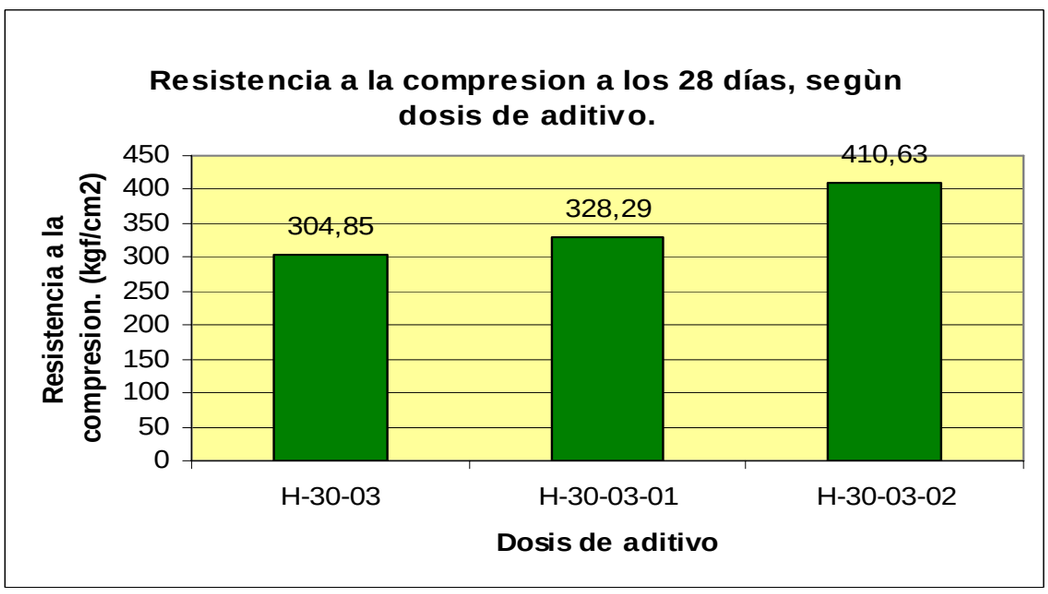


GRAFICO Nº 15: Variación resistencia, H-30 cono (3-5), 28 días

- H-30 cono (6-9), cubos, veintiocho Días.

	H-30-04	H-30-04-01	H-30-04-02	H-30-04-03
Resistencia (Kgf/cm²)	305,30	311,35	346,43	376,82

Tabla Nº 35, Resistencias, H-30 cono (6-9), cubos, a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia.

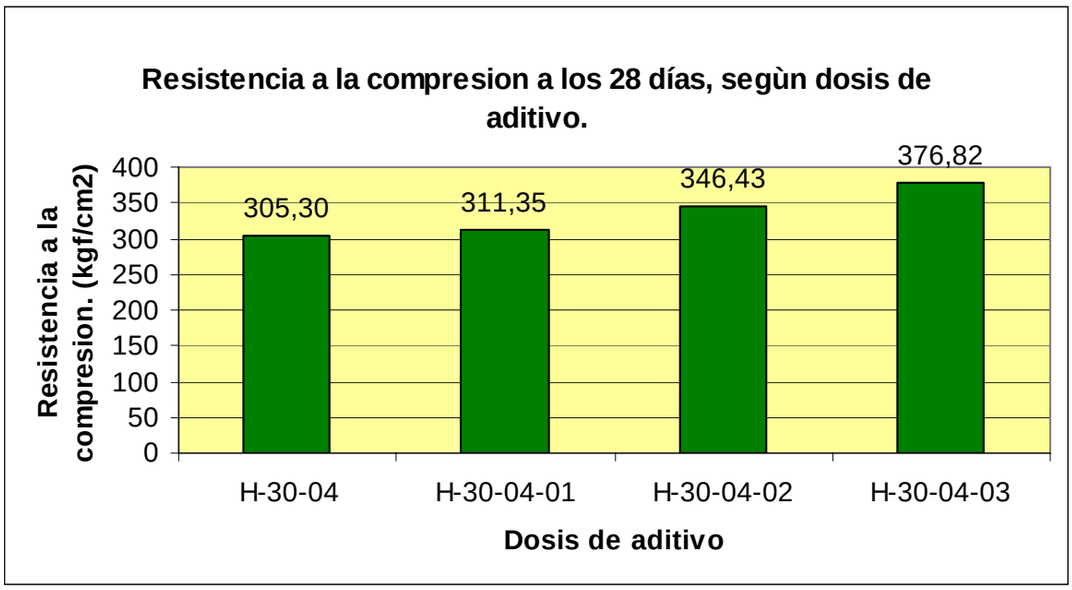


GRAFICO Nº 16: Variación resistencia, 28 días H-30 cono (6-9), cubos

4.2.1.2.2.- Resistencias a flexotracción.

Este ensayo se realizó siguiendo todo lo establecido en la norma NCh 1038.

- H-30 cono (6-9), vigas, veintiocho Días.

	H-30-05	H-30-05-01	H-30-05-02	H-30-05-03
Resistencia (Kgf/cm²)	36,65	37,12	39,30	42,35

Tabla Nº 36, Resistencias, H-30 cono (6-9), vigas, a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia.

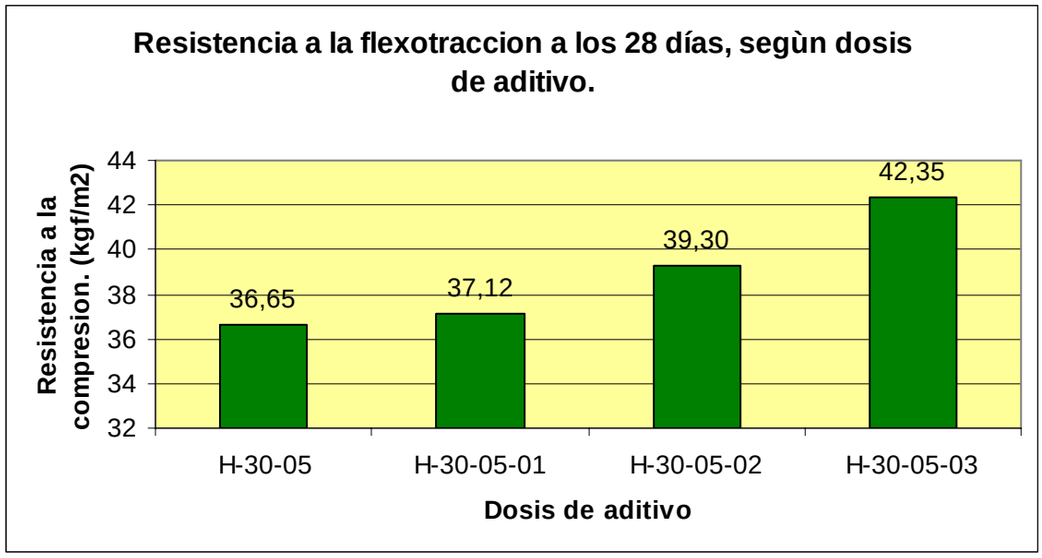


GRAFICO Nº 17: Variación resistencia, 28 días H-30 cono (6-9), vigas

- **Diferencias Calculadas en base a la resistencia del hormigón patrón.**

hormigones patrones	% en que vario la resistencia con la dosis minima de aditivo	% en que vario la resistencia con la dosis media de aditivo	% en que vario la resistencia con la dosis máxima de aditivo
H-15-01	1,63	5,56	9,09
H-20-02	1,9	6,05	33,96
H-30-03	7,69	34,7	no trabajable
H-30-04	1,98	13,47	23,43
H-30-05	1,28	7,23	15,55

Tabla Nº 37, Porcentaje Variación de Resistencias en base a los hormigones patrones.
Fuente: Elaboración Propia.

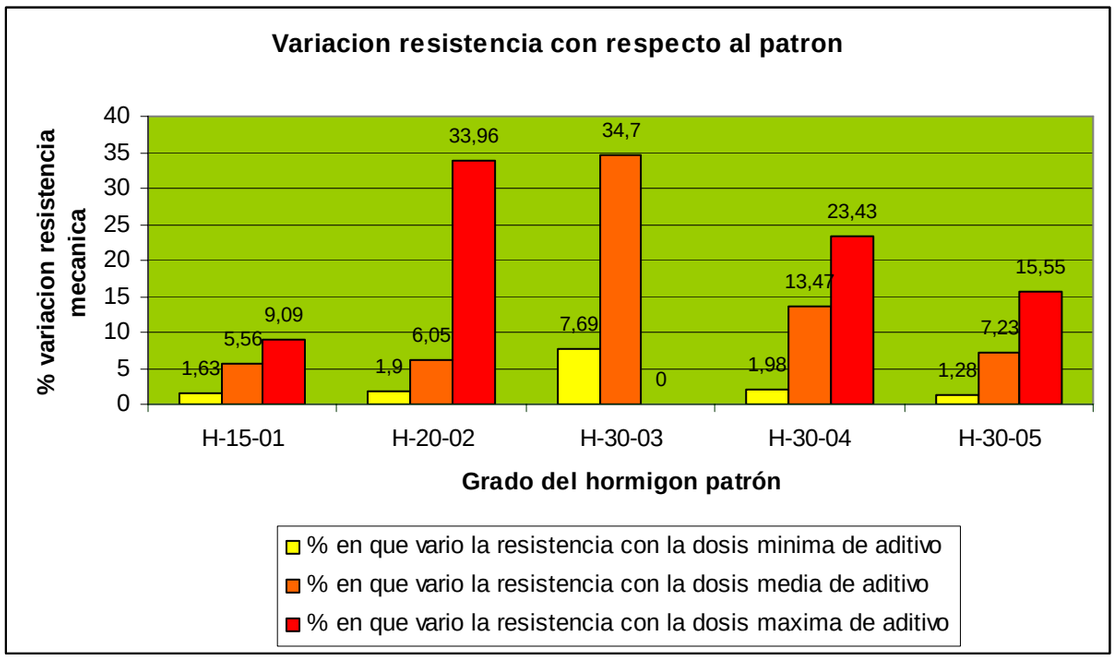


GRAFICO Nº 18**:** Porcentaje resistencia alcanzado con respecto al patrón.

CAPITULO V

CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos en las experiencias desarrolladas se obtuvo las siguientes conclusiones:

RESISTENCIA.

Resistencia a la compresión.

- La resistencia a la compresión va aumentando a medida que se aumenta la cantidad de aditivo de cohesión, obteniéndose su máximo valor con la dosis máxima de aditivo utilizada. Esto sucede en todos los tipos de hormigón estudiados.

- La resistencia a compresión logra su máximo aumento en todos los hormigones al aplicar una dosis de aditivo de cohesión de 10% del peso del cemento; para el hormigón H-30 cono (3-5) solamente se ocupo la dosis media de aditivo de un 6% del peso del cemento, debido a que con la dosis máxima de 10% fue imposible hacer mezclas de prueba por la perdida completa de docilidad de la mezcla.

- Para el hormigón grado H-15 cono (6-9) el aumento máximo alcanzo un 9,09%, para el hormigón H-20 cono (6-9) un 33,96%, para H-30 cono (3-5) un 34,7% y para el hormigón grado H-30 cono (6-9) un máximo de 23,43%; todos los porcentajes mencionados se lograron con respecto a hormigones patrones correspondientes usando la dosis máxima de aditivo de 10%, exceptuando el H-30 cono (3.5) con un 6% por lo explicado en el párrafo anterior.

- En todos los tipos de hormigón ensayados a compresión se puede ver que la mezcla en donde se ve un menor incremento de la resistencia es al aplicar una dosis de aditivo de cohesión de un 2% del peso del cemento, correspondiente a la minima dosis utilizada en las muestras. Osea la dosis minima recomendada por el fabricante.

Resistencia a la flexotraccion

- La resistencia a la flexotraccion tiene el mismo comportamiento que la resistencia a la compresión lográndose el valor máximo de esta al aplicar la dosis máxima, correspondiente al 10% del peso del cemento y el mínimo incremento al aplicar la dosis minima de un 2% del peso del cemento.
- En la mezcla correspondiente al hormigón H-30-05-03 se logro el máximo valor, alcanzando un aumento de 15,55% con respecto al patrón (H-30-05)

DENSIDAD.

- El aditivo de cohesión no tiene influencia en la densidad de los hormigones.

- Todos los resultados, no arrojaron más de un 2% de diferencia con respecto a los hormigones patrones, lo cual nos indica lo mencionado en el párrafo anterior.

DOCILIDAD.

- El aditivo de cohesión tiene su efecto más importante en la docilidad de los hormigones, debido a que ésta disminuye de manera muy importante y perjudicial en algunas muestras de prueba, ya que a mayor dosis de aditivo de

cohesión menor es su trabajabiliadad. Esto se observo en todos los tipos de hormigón.

- Para el hormigón H-15 cono (6-9), con la minima dosis de un 2% de aditivo de cohesión el asentamiento del cono se redujo de 8,5 cm a 7,5 cm, mientras que para el mismo hormigón con la dosis máxima de un 10% de aditivo de cohesión el cono disminuyo de 8,5 cm a 3,5 cm, llegando a un 58,82% de disminución con respecto al patrón.
- Para el hormigón H-20 cono (6-9), con la minima dosis de un 2% de aditivo de cohesión el asentamiento del cono se redujo de 9 cm a 7,5 cm, mientras que para el mismo hormigón con la dosis máxima de un 10% de aditivo de cohesión el cono disminuyo de 9 cm a 2,5 cm, llegando a un 72,22% de disminución con respecto al patrón.
- Para el hormigón H-30 cono (3-5), con la minima dosis de un 2% de aditivo de cohesión el asentamiento del cono se redujo de 5 cm a 3 cm, mientras que para el mismo hormigón con la dosis media de un 6% de aditivo de cohesión el cono disminuyo de 5 cm a 1 cm, llegando a un 80% de disminución con respecto al patrón. En este caso no fue posible analizar la máxima dosis de aditivo de un 10% debido a que la docilidad era nula, condición que no permitió la fabricación de las probetas para el análisis.
- Para el hormigón H-30 cono (6-9) cubos, con la minima dosis de un 2% de aditivo de cohesión el asentamiento del cono se redujo de 7 cm a 5,5 cm, mientras que para el mismo hormigón con la dosis máxima de un 10% de aditivo de cohesión el cono disminuyo de 7 cm a 2 cm, llegando a un 71,43% de disminución con respecto al patrón.
- Para el hormigón H-30 cono (6-9) vigas, con la minima dosis de un 2% de aditivo de cohesión el asentamiento se redujo de 9 cm a 6,5 cm, mientras que para el mismo hormigón con la dosis máxima de un 10% de aditivo de cohesión

el cono disminuyo de 9 cm a 1,5 cm, llegando a un 83,33% de disminución con respecto al patrón.

Los aumentos de resistencia con la minima dosis de aditivo de cohesión recomendada por el fabricante no son de consideración, por lo que no se recomienda para ser utilizada. Los importantes aumentos se producen a partir de la dosis media de aditivo con un 6% del peso del cemento, alcanzando un aumento en todos los hormigones sobre un 5,56% de la resistencia con respecto a hormigones patrones. En los hormigones H-20-02- y H-30-04 al aplicar la dosis máxima de aditivo sobrepasaron un 30% de resistencia con respecto a los hormigones patrones.

El aditivo de cohesión aumenta de manera muy favorable la resistencia de los hormigones fabricados con el, pero a su ves se presenta una problemática que es la fuerte disminución en su docilidad, ante este hecho no es recomendable usar directamente el aditivo de cohesión.

Después de consultar las fichas técnicas de los aditivos mejoradores de docilidad (sika viscocrete – 3000 CL y sikament FF-86, plastificante y superplastificante respectivamente), una forma de solucionar este inconveniente seria la aplicación de un aditivo plastificante o un aditivo superplastificante, con el cual se podría mejorar o solucionar por completo el problema de la docilidad, manteniendo las resistencias alcanzadas. Si esta formula (aditivo de cohesión más aditivo plastificante o superplastificante) funciona, se podría recomendar sin ninguna restricción la aplicación del microsilice como aditivo cohesionante para las dosis analizadas en esta memoria, lo cual haría a este aditivo una gran alternativa al momento que se presente alguna solicitud de sus características para un hormigón especificado.

BIBLIOGRAFIA

- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 148 of. 1968. Cemento – Terminología y Unidades.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 163 of. 1979. Áridos para Morteros y Hormigones – Requisitos Generales.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 164 of. 1976. Áridos para Morteros y Hormigones – Extracción y Preparación de Muestras.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 165 of. 1977. Áridos para Morteros y Hormigones – Tamizado y Determinación de la Granulometría.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 166 of. 1962. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación calorimétrica de la presencia de impurezas orgánicas en las arenas.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 170 of. 1985. Hormigón – Requisitos Generales.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 171 of. 1975. Hormigón – Extracción de Muestras del Hormigón.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1017 of. 1975. Hormigón – Confección y Curado en Obra de Probetas para Ensayos de Comprensión y Tracción.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1018 of. 1977. Hormigón – Preparación de mezclas de prueba en laboratorio.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1019 of. 1974. Construcción – Hormigón – Determinación de la Docilidad – Método del Asentamiento del Cono de Abrams.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1037 of. 1977. Hormigón – Ensayo de Compresión de Probetas Cúbicas y Cilíndricas.

- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1038 of. 1977. Hormigón – Ensayo e Tracción por Flexión.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1117 of. 1977. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de la Densidad Real y Neta y la Absorción de Agua de las Gravas.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1223 of. 1977. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación del Material Fino menor a 0,080 mm.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1239 of. 1977. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de las Densidades Real y Neta de la Absorción de Agua de las Arenas.
- CZERNIN WOLFGANG. “La Química del cemento”.Ed. Palestra, Barcelona 1963, España.
- ZABALETA, HERNAN. “Compendio de Tecnología del Hormigón”. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, Santiago 1988, Chile.
- ZABALETA, HERNAN; MONTEGU, JORGE. “Manual de Aditivos: Adiciones y Protecciones del Hormigón”. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, Santiago 1990, Chile.
- “Manual de Ensayos”.Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, Santiago 1989, Chile.

Referencias de Internet

- De la Peña Bernardo, Del Bozo Jorge, Ossandón Pablo. 2003. Revista BIT. “Los Aditivos - Una Solución Real”, Asociación de Fabricantes de Aditivos – AFADI.
  http://www.revistabit.cl/pdf/85-86.pdf
- “ Aditivos cohesionantes para hormigón”
  http://www.revistabit.cl/pdf/17articulo2.pdf
- “historia del concreto”
  http://www.arqhys.com/historia-concreto.html
- “micrisilica(silicafume)”
  http://www.quiminet.com.mx/pr7/Micros%EDlica%2B(S%EDlica%2BFume).htm#m-mas_art
- “Aditivos para Hormigón y Mortero”.
  http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/TECNOLOGIA%209.htm
- “Hormigón Fresco y Endurecido”.
  http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/TECNOLOGIA%207.htm
  http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/exudacionT7.htm
- Ficha técnica SikaFume®**,** Aditivo de cohesión.
  http://www.sika.cl/Folletos/SikaFume.pdf
- Hoja de datos de seguridad SikaFume®, Aditivo de cohesión.
  http://www.sika.com.ve/print/ve-HS_SikaFume.pdf
- “Confección y curado en obra de probetas de hormigón para ensayos de compresión y tracción”
  http://images.google.cl/imgres?imgurl=http://icc.ucv.cl/hormigon/desmolde6.jpg&imgrefurl=http://icc.ucv.cl/hormigon/1017.htm&h=480&w=640&sz=55&hl=es&s

tart=1&sig2=pJH31lT3CmRBn0OAsNRwsQ&tbnid=uHqpIE3ZaT80vM:&tbnh=103&tbnw=137&ei=BTWRSIb6KaGceoTjra8H&prev=/images%3Fq%3Ddesmolde%2Bprobeta%26gbv%3D2%26hl%3Des

- http://www.sika.cl/upload/fichas/Sikament%C2%AE_FF-86.pdf
- http://www.sikachile.cl/upload/fichas/200947112452.pdf

ANEXO 1

Ficha Técnica, Aditivo SikaFume.

Construcción

Ficha Técnica
Versión Diciembre, 2006
SikaFume (Silmix)

SikaFume® (Silmix)

Aditivo en base a microsilice

Definición

General

SikaFume® (Silmix) es un aditivo en polvo basado en la tecnología sílica fume de **Sika®**.

SikaFume® (Silmix) contiene partículas reactivas de dióxido de sílice extremadamente finas (0,1μm). La presencia de **SikaFume® (Silmix)** otorga una gran cohesión interna y retención de agua, permitiendo una mayor estabilidad de la mezcla fresca. En el hormigón endurecido, la reactividad latente de la microsílice forma enlaces químicos con la cal libre del cemento, produciendo una matriz mucho más densa, resistente e impermeable.

No contiene cloruros ni otras sustancias dañinas para el hormigón.

Usos

- Hormigón de alta resistencia
- Hormigón proyectado (Shotcrete) vía seca y vía húmeda
- Hormigón de alta demanda en calidad
- Estructuras en ambiente marino y otros ambientes agresivos
- Hormigón bombeado
- Pavimentos y estructuras de alta resistencia al desgaste
- Morteros y lechadas de inyección
- Hormigón bajo agua

Ventajas

Utilizando **SikaFume® (Silmix)** en conjunto con los superplastificantes **Sikament®** o **Viscocrete®**, el hormigón adquiere las siguientes propiedades:

- Excelente trabajabilidad
- Alta cohesión y mínima exudación
- Incremento de la durabilidad
- Alta resistencia inicial
- Alta resistencia final
- Alta resistencia a la abrasión
- Alta impermeabilidad
- Mayor protección contra la corrosión.

Datos Básicos

Almacenamiento

SikaFume® (Silmix) debe ser almacenado en su envase original, en ambiente seco. **SikaFume® (Silmix)** no es afectado por congelamiento.

Presentación

- Sacos de 15 kg.
- Granel

Datos Técnicos

Peso específico: 2.2

Aplicación

Consumo

2 a 10 kg. por cada 100 kg. de cemento.

Método de aplicación

SikaFume® (Silmix) se utiliza habitualmente en dosis comprendidas entre 2 y 10% del peso del cemento. Para obtener el mejor resultado siempre utilícelo en conjunto con **Sikament®** o **Viscocrete®**. La dosis exacta debe determinarse mediante ensayos previos con los materiales a utilizar en faena.

Agregar el producto a la mezcladora junto con el cemento y mezclar un mínimo de 90 segundos. La cantidad de agua debe ser ajustada según la dosis de **SikaFume® (Silmix)**, la dosis de superplastificante y la consistencia final requerida.

Construcción

Notas sobre aplicación

El hormigón con **SikaFume® (Silmix)** debe ser manipulado y colocado en la misma forma que un hormigón convencional. Debe observarse cuidadosamente la buena práctica de hormigonado y aplicar un método apropiado de curado inmediatamente después de la colocación.

Notas

Todos los datos técnicos del producto indicados en esta hoja de datos se basan en pruebas de laboratorio.
Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

Restricciones Locales

Observe, por favor, que como resultado de regulaciones locales específicas el funcionamiento de este producto puede variar de un país a otro. Consultar, por favor, la hoja de datos local del producto para la descripción exacta de los campos de aplicación.

Instrucciones de seguridad

Salud y Seguridad

Para información y consejo sobre seguridad en la manipulación, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben referirse a la ficha de datos de seguridad vigente, la cual contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y otros datos relativos a la seguridad. En caso de emergencia llamar al CITUC a los siguientes fonos: 6353800 por intoxicaciones ó 2473600 por emergencias químicas.

Observaciones

La información, y, en particular, las recomendaciones relacionadas a la aplicación y uso final de productos de Sika, se dan en buena fe basada en el conocimiento y experiencia actual de Sika de los productos cuando se han almacenado apropiadamente, manipulados y aplicados bajo las condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en materiales, substratos y condiciones reales del sitio son tales que ninguna garantía en relación a la comercialización o de aptitud para un propósito particular, ni cualquier obligación que surja en absoluto de cualquier relación legal, puede ser inferida de esta información, ni de cualquier otra recomendación escrita, o de cualquier otra sugerencia ofrecida. El usuario debe probar la aptitud del producto para la aplicación y propósito propuesto. Sika se reserva el derecho para cambiar las propiedades de sus productos. Deben observarse los derechos de propiedad de terceras partes. Todas las órdenes de compra son aceptadas sujetas a nuestras condiciones actuales de venta y entrega. Los usuarios siempre deben referirse a la más reciente edición de la Ficha Técnica local del producto correspondiente, copias de la cual se proporcionarán a su solicitud.

Sika S.A. Chile
Pdte. S. Allende 85
San Joaquín
Santiago
Chile
Tel. 56 2 510 6510
Fax 56 2 552 3735
www.sika.cl

Conducta Responsable

CERTIFICADOS ISO 9001 Gestión de Calidad ISO 14001 Gestión Ambiental

ANEXO 2

Ficha de Datos de Seguridad, Aditivo SikaFume.

CCRI-007-0305

Hoja de Seguridad

según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1

Nombre Comercial: SikaFume — Revisión:002

Fecha de Impresión: 2005-11-30 — 1 de 3

1. Identificación del Producto y de la Empresa

Nombre Comercial — **Código**

SikaFume — **1420**

Usos Recomendados

Adición para concreto a base de humo de sílice.

Información del Fabricante/Distribuidor

Fabricante / distribuidor:	**Sika Venezuela S.A.**
Dirección:	Zona I. Municipal Sur Av. Iribarren Borges Parcela 8-1
Código postal y ciudad:	2003 Valencia Edo. Carabobo
País:	Venezuela
Número de teléfono:	(0241) 8388317 – 8389921-8389205
Telefax:	(0241) 8389127 - 8389205
Información general:	
Teléfono de urgencias:	CISPROQUIM Venezuela 0800-100-5012

2. Composición/Información de los componentes

Descripción química

Polvo fino de Dióxido de silicio (SiO_2).

Componentes Peligrosos

Ninguno.

3. Identificación de Peligros

Ver Capítulos 11 y 12.

4. Primeros Auxilios

Instrucciones Generales

Facilitar siempre al médico la hoja de datos de seguridad.

En caso de inhalación

Si, al respirar el polvo, se presentan irritaciones, exponer al afectado al aire fresco.
Procurar tratamiento médico.

En caso de contacto con la piel

Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón.

En caso de contacto con los ojos

Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos.
Tratamiento médico necesario.

En caso de ingestión

No provocar el vómito.
Requerir inmediatamente ayuda médica.

5. Medidas de Lucha contra Incendios

Medios de extinción adecuados

Elegir los medios de extinción según el incendio rodeante.

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad

NA.

Riesgos específicos que resultan de la exposición a la sustancia, sus productos de combustión y gases producidos

NA.

Equipos de protección para el personal de lucha contra incendios

Usar equipo respiratorio autónomo.

Indicaciones adicionales

El producto no arde por si mismo

6. Medidas a Tomar en caso de Vertido Accidental

Precauciones individuales

Procurar ventilación suficiente.

Llevar ropa de protección personal.

En caso de exposición a vapores/polvo/aerosol, usar protección respiratoria.

Medidas de protección del medio ambiente

Evitar que penetre en el alcantarillado o aguas superficiales.

Métodos de limpieza

Recoger con medios mecánicos.

Tratar el material recogido según se indica en el apartado "eliminación de residuos".

7. Manipulación y Almacenamiento

Manipulación

Indicaciones para manipulación sin peligro

Ver capítulo 8 / Equipo de protección personal

Almacenamiento

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes

Mantener el producto siempre en los envases originales.

Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.

Indicaciones para el almacenamiento conjunto

Mantener alejado de alimentos, bebidas y comida para animales.

Información adicional relativa al almacenamiento

Proteger del agua y de la humedad del aire.

8. Límites de Exposición y Medidas de protección Personal

Medidas generales de protección e higiene

Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo

No fumar, ni comer o beber durante el trabajo.

Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.

Observar las medidas de precaución habituales en el manejo de productos químicos..

Protección respiratoria

Máscara de protección para polvos

Protección de las manos

Guantes de Goma..

Protección de los ojos

Gafas protectoras herméticamente cerradas.

Protección corporal

Ropa de trabajo.

9. Propiedades Físicas y Químicas

Aspecto

Estado Físico	Polvo fino amorfo.
Color	Grisáceo

Datos significativos para la seguridad

Solubilidad en agua a 20°C	Insoluble

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones que deben evitarse

No se conocen.

Materias que deben evitarse / Reacciones peligrosas

Posibles reacciones peligrosas con:

Ácidos

Álcalis

Descomposición térmica y productos de descomposición peligrosos

Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone

11. Informaciones Toxicológicas

Experiencia sobre personas

Contacto con la piel: Puede causar irritación.
Contacto con los ojos: Puede causar irritación.
Inhalación: Puede causar Irritación.

12. Informaciones Ecológicas

Indicaciones adicionales

El producto es un débil contaminante del agua.

13. Eliminación de residuos

Producto

Recomendaciones

Eliminar como escombro, observando las normas locales en vigor.

Envases/embalajes sin limpiar

Recomendaciones

Embalajes vacíos deben tratarse según la legislación de las autoridades Locales.

14. Información Relativa al Transporte

ADR/RID

Información complementaria

Mercancía no peligrosa

IMO/IMDG

Información complementaria

Mercancía no peligrosa

IATA/ICAO

Información complementaria

Mercancía no peligrosa

15. Información de Carácter Legal

No contiene componentes peligrosos.

16. Otras Informaciones

Definición de abreviaturas:

CAS: Chemical Abstract Number
NA: No aplica
ND: No disponible
ONU: Organización de Naciones Unidas
ADR: Acuerdo Europeo concerniente a la carga de materiales peligrosos por carretera
RID: Acuerdo Europeo concerniente a la carga de materiales peligrosos por ferrocarril
IMO: Organización Marítima Internacional
IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo
ICAO: Organización Internacional de Aviación Civil

La información contenida en este ficha de Datos de Seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación.
Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras Condiciones Generales de Venta en vigor. Por favor, consulten la Hoja Técnica del producto antes de su utilización