

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR  
DE AGUA DE ALTO RANGO, EN CONCRETOS FLUIDOS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR:**

**VICTOR HUGO NAJERA GONZÁLEZ**

**ASESORADO POR EL ING. SERGIO VINICIO CASTAÑEDA LEMUS  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**GUATEMALA, MARZO DE 2009**





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

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO  
REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO, EN CONCRETOS  
FLUIDOS**

**Victor Hugo Nájera González**

Asesorado por el Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus

Guatemala, marzo de 2009



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Juan Miguel Rubio Romero
EXAMINADOR	Ing. Carlos Liquez Santa Cruz
EXAMINADOR	Ing. Tonio Bonatto Mérida
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

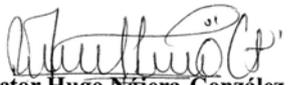


**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO, EN CONCRETOS FLUIDOS,**

tema que se me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el día 28 de marzo de 2008.

  
**Victor Hugo Najera González**



Ingeniero Sergio V. Castañeda L.  
Colegiado 5319

Guatemala 23 de abril de 2008

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

Ing. Quiñonez de la Cruz:

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de Graduación titulado "Evaluación técnica y económica del uso de aditivo reductor de agua de alto rango, en concretos fluidos", desarrollado por el estudiante universitario Victor Hugo Nájera González quien contó con mi asesoría.

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

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Sergio V. Castañeda Lemus

Sergio V. Castañeda Lemus  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO No. 5319

Asesor Trabajo de Graduación

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



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
17 de noviembre de 2008

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

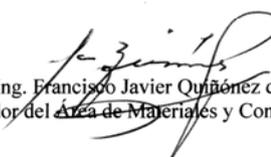
Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO, EN CONCRETOS FLUIDOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Víctor Hugo Nájera González, quien contó con la asesoría del Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Nájera González, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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

 FACULTAD DE INGENIERIA  
AREA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIONES CIVILES  
USAC

/bbdeb.

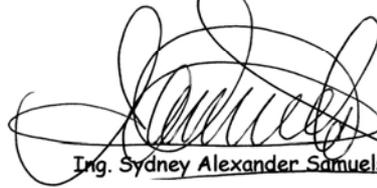


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus y del Jefe del Área de Materiales de Construcción, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Víctor Hugo Nájera González, titulado **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO, EN CONCRETOS FLUIDOS**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, marzo 2009

/bbdeb.



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.091.09

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO, EN CONCRETOS FLUIDOS**, presentado por el estudiante universitario **Victor Hugo Nájera González**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, marzo de 2009

/cc



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida, la sabiduría y la inteligencia para culminar mis estudios y así alcanzar la meta propuesta.
<b>Mis padres</b>	Por ser guía y ejemplo en mi camino de lucha y superación. Por su apoyo y amor incondicional, que me brindaron a lo largo de mi formación.
<b>Mis hermanos</b>	Por el apoyo y cariño que me han brindado siempre.
<b>Mi esposa</b>	Por la paciencia, tolerancia y comprensión.
<b>Mis hijas</b>	Por ser fuente de inspiración y motivación.
<b>Mis compañeros</b>	Por compartir conmigo en las duras jornadas estudiantiles.
<b>Mis amigos</b>	Por su aprecio y comprensión
<b>Ing. Sergio Castañeda</b>	Por su asesoría del presente trabajo.



## **DEDICATORIA A:**

<b>Dios</b>	Fuente de sabiduría y guía para conducirme por el camino correcto, permitiéndome alcanzar una de mis metas.
<b>Mis padres</b>	Valeriano Nájera Abrego María del Carmen González García
<b>Mis hermanos</b>	Valeriano Nájera González Darwin Galileo Nájera González Brígida del Carmen Nájera González
<b>Mi esposa</b>	Claudia Margarita Castillo Amador
<b>Mis hijas</b>	Sharon Noelia G. Castillo Cindy Zucel Nájera Castillo
<b>Toda mi familia</b>	En general
<b>USAC</b>	Facultad de Ingeniería



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>1. CONCRETO</b>	<b>1</b>
1.1. Definición	1
1.2. Tipos	1
1.2.1. Tamaño máximo del agregado	1
1.2.2. Consistencia	1
1.2.3. Tiempos de fraguado	1
1.2.4. Resistencia a la compresión	2
1.2.5. Durabilidad	2
1.2.6. Peso unitario	2
1.2.7. Apariencia	2
1.2.8. Especialidad	2
1.3. Composición	3
1.3.1. Cemento	3
1.3.2. Agua	3
1.3.3. Agregados	3

1.3.4. Aire	5
1.3.5. Aditivos	5
1.4. Normas y ensayos aplicables	6
1.4.1. Europa	6
1.4.2. <i>American Society for Testing and Materials (ASTM)</i>	6
1.4.3. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)	7
1.5. Concretos fluidos	8
1.5.1. Definición	8
1.5.2. Tipos	8
1.5.3. Características	8
1.5.4. Control de calidad materiales	10
1.5.4.1. Cemento	10
1.5.4.1.1. Agregado fino	11
1.5.4.1.2. Agregado grueso	11
1.5.4.1.3. Agua	11
1.5.4.1.4. Aditivos químicos	11
1.5.5. Control de calidad concreto	12
1.5.5.1. Estado fresco	12
1.5.5.2. Estado endurecido	14
1.5.6. Ventajas	15
1.5.6.1. Para el constructor	15
1.5.6.2. Para el trabajador	15
1.5.6.3. Para el propietario	15
<b>2. ADITIVOS</b>	
2.1. Definición	17
2.2. Antecedentes	17
2.3. Tipos	18
2.3.1. Reductores de agua	18

2.3.2. Retardantes	18
2.3.3. Acelerantes	19
2.3.4. Incorporadores de aire	19
2.4. Características	20
2.5. Normas y ensayos aplicables	20
2.5.1. <i>American Society for Testing and Materials (ASTM)</i>	21
2.5.2. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)	21
<b>3. ADITIVO REDUCTOR DE AGUA</b>	<b>25</b>
3.1. Definición	25
3.2. Tipos	25
3.3. Efectos esperados en el concreto	26
3.4. Usos	26
3.5. Ventaja y desventajas	27
3.6. Control de calidad	28
<b>4. DESARROLLO EXPERIMENTAL</b>	<b>31</b>
4.1. Caracterización de materiales	31
4.1.1. Cemento	31
4.1.2. Agregados	31
4.2. Aditivo Sika <i>Viscocrete</i> PC 2100 – D	31
4.3. Evaluación concretos	31
4.3.1. Técnica	31
4.3.1.1. Proporción y trabajabilidad	31
4.3.1.2. Diseño (f'c)	32
4.3.1.3. Estado fresco	34
4.3.1.4. Estado endurecido	37
4.3.1.4.1. Resistencia a compresión	37
4.3.1.4.2. Resistencia a flexión	38

4.3.1.4.3.	Aporte a la resistencia a compresión del cemento en el concreto	39
4.3.1.4.4.	Cantidad de cemento necesaria para $f'_{c28\text{días}}$ de acuerdo al aporte a resistencia a compresión del cemento/m <sup>3</sup>	40
4.3.2.	Económica	42
4.3.2.1.	Materiales	
4.3.2.1.1.	Cemento	42
4.3.2.1.2.	Agregados	42
4.3.2.1.3.	Aditivo	42
4.3.2.2.	Concretos	42
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>47</b>
5.1.	Materiales	47
5.1.1.	Cemento	47
5.1.2.	Agregados	47
5.1.3.	Aditivo	47
5.2.	Concretos	48
5.2.1.	Técnica	
5.2.1.1.	Estado fresco	
5.2.1.1.1.	Trabajabilidad	48
5.2.1.1.2.	Temperatura de la mezcla	48
5.2.1.1.3.	Relación a/c	49
5.2.1.1.4.	Masa unitaria	49
5.2.1.1.5.	Contenido de aire	49
5.2.1.1.6.	Tiempos de fraguado	50
5.2.1.2.	Estado endurecido	50
5.2.1.2.1.	Resistencia a compresión	50

5.2.1.2.2. Aporte resistencia a compresión/(kg de cemento/m <sup>3</sup> )	50
5.2.1.2.3. Resistencia a flexión	51
5.2.2. Evaluación Económica	
5.2.2.1. Concretos evaluados	51
5.2.2.2. Concretos propuestos	51
5.2.2.3. Diferencia de costos concretos evaluados y propuestos	52
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>55</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>59</b>
<b>APÉNDICES</b>	<b>61</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### Figuras

1. Composición típica del concreto	5
2. Control de temperatura concreto fresco	13
3. Toma de muestras concreto fresco	13
4. Equipo ensayo velocidad de endurecimiento	14
5. Parámetros a considerar en el diseño de hormigón autocompactante	30
6. Evaluación trabajabilidad concreto fluido	32
7. Resultados cantidad de agua necesaria trabajabilidad requerida	35
8. Resultados trabajabilidad	35
9. Resultados cantidad de agua necesaria trabajabilidad requerida	36
10. Resultados contenido de aire	36
11. Resultados fraguado inicial	37
12. Resultados resistencia a compresión	38
13. Resultados módulo de ruptura	39
14. Resultados (Resistencia a compresión)/(kg de cemento/m <sup>3</sup> )	41
15. Costos concretos evaluados	43
16. Costos concretos propuestos	44
17. Comparación costos concretos evaluados y propuestos	45

### Tablas

I. Ensayos y normas aplicables a los agregados	4
II. Comparación de precios unitarios concretos nacionales	12
III. Métodos de ensayo concreto fluido	16

IV.	Clasificación de los aditivos según la norma ASTM C-494	18
V.	Principales aditivos y su aplicación	22
VI.	Desarrollo de los aditivos reductores de agua, (SIKA)	29
VII.	Diseño mezclas concretos evaluados, cantidades de materiales	33
VIII.	Resultados concretos evaluados, estado fresco	34
IX.	Resultados resistencia a compresión	37
X.	Resultados del módulo de ruptura	38
XI.	Resistencia a compresión/(kg de cemento/m <sup>3</sup> de concreto)	41
XII.	Costos de concretos evaluados	43
XIII.	Costos de concretos propuestos	44

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>a-c</b>	Relación agua cemento
<b>g</b>	Gramos
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramos por centímetro cuadrado
<b>l</b>	Litros
<b>m</b>	Metros
<b>ml</b>	Mililitros
<b>MPa</b>	Megapascales
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>%</b>	Porcentaje
<b>MC</b>	Mezcla control
<b>M2</b>	Mezcla 2 ml/kg de cemento
<b>M4</b>	Mezcla 4 ml/kg de cemento
<b>M6</b>	Mezcla 6 ml/kg de cemento



## GLOSARIO

<b>Aditivo</b>	Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado
<b>Agregado</b>	Material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio aglutinante para formar concreto hidráulico o mortero.
<b>ASTM</b>	Siglas de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales ( <i>American Society for Testing and Materials</i> ).
<b>COGUANOR</b>	Siglas Comisión Guatemalteca de Normas
<b>Concreto</b>	Es una mezcla dosificada de agregados inertes (arena y grava), cemento, agua y aditivos. Los aditivos mejoran o modifican ciertas propiedades del concreto.
<b>Concreto autocompactante</b>	Concreto capaz de fluir y recubrir cualquier parte o rincón del encofrado y a través del armado simplemente por la acción de su propio peso y sin la necesidad de ningún otro tipo de método de

compactación sin segregación ni indicios de bloqueo.

**Control de calidad**

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

**$f'c$**

Resistencia a compresión del concreto.

**Fluidez**

Capacidad de fluir del concreto en estado fresco.

**Fraguado**

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

**Muestra**

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

## RESUMEN

A medida que crece la población, se tiene la necesidad de nueva infraestructura para las zonas industriales y urbanas en los países en desarrollo, así como la renovación de la infraestructura existente y de aquella en proceso de deterioro en los países desarrollados tendrán un aumento sustancial. La demanda de concreto aumentó constantemente a medida que la población mundial creció rápidamente durante la última mitad del siglo XX. Esta se puede ilustrar a través del consumo mundial de Cemento Pórtland. De acuerdo con la Revista Anual Mundial de Cemento (WCAR, por sus siglas en inglés), el consumo mundial de cemento subirá de unas 1.66 miles de millones de toneladas para el 2000, a aproximadamente 1.84 miles de millones de toneladas en 2005 y a 1.95 miles de millones de toneladas en el 2010. El uso de aditivos en la construcción se ha convertido en una necesidad dada las ventajas que ofrecen, el desarrollo en esta área está en continuo avance, la inclusión de aire y reducción de la cantidad de agua necesaria han cambiado los procesos constructivos permitiendo el desarrollo de proyectos cada vez más grandes y novedosos. Sika se ha dedicado a la investigación en el área de aditivos desde hace más de 100 años, en la actualidad tiene una amplia variedad de productos que ofrece a los usuarios en la construcción, en algunos casos la dosificación de estos se puede ajustar dentro de un rango recomendado por el fabricante de acuerdo a las características del proyecto.

Esta situación motivó el presente estudio en el se evaluó técnica y económicamente el uso del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 – D en diferentes dosificaciones con el ánimo de ofrecer a los interesados información valiosa sobre este tema, el mismo fue desarrollado con el apoyo de la empresa Sika y del Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, siguiendo procedimientos y especificaciones de las normas COGUANOR y ASTM aplicables. De acuerdo a los resultados obtenidos se evidencia la importancia que tiene el uso de los aditivos, de acuerdo a las necesidades y condiciones de cada proyecto en los aspectos técnico y económico.



## OBJETIVOS

### General:

- Evaluar técnica y económicamente el uso del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 - D en concretos fluidos con las mismas proporciones y trabajabilidad, siguiendo especificaciones y procedimientos de las normas COGUANOR y ASTM aplicables.

### Específicos:

1. Generar información sobre el uso de los aditivos reductores de agua de amplio rango en concretos fluidos.
2. Caracterizar los materiales utilizados para elaborar las mezclas de concretos de acuerdo a las normas aplicables.
3. Elaborar concretos con las mismas proporciones y trabajabilidad utilizando diferentes dosificaciones del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 - D.
4. Caracterizar los concretos elaborados de acuerdo a procedimientos y especificaciones de las normas aplicables.
5. Evaluar la dosificación óptima del aditivo utilizado.



## INTRODUCCIÓN

El concreto es el material de construcción hecho por el hombre que más se usa. Se piensa en términos generales que las estructuras de concreto son durables y proporcionan una vida útil de 50 o más años con poco o nulo mantenimiento. La industria del concreto debe buscar la forma de mejorar las propiedades del material como pueden ser la resistencia, la durabilidad y la facilidad de colocación y en paralelo apoyar las metas de sustentabilidad. Para numerosas aplicaciones estructurales indudablemente en el material preferido debido a su bajo costo y a su fácil disponibilidad.

El presente estudio evaluó técnicamente y económicamente concretos con proporciones, materiales y trabajabilidad iguales y diferentes dosificaciones del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 - D, de manera que se pueda conocer como el incremento de la dosis de este aditivo incide en su comportamiento en estado fresco y endurecido, para lo cual se siguieron procedimientos y especificaciones de las normas COGUANOR y ASTM aplicables. El capítulo uno incluye aspectos teóricos sobre los concretos normal y fluido, su definición, tipos, clasificación, ensayos de laboratorio y otros, en el capítulo dos se presenta el tema de los aditivos tocando conceptos que abarcan la definición, tipos, características y normativa aplicable y de manera particular el tema de los aditivos reductores de agua se aborda en el capítulo tres, incluyendo definición, tipos, clasificación y control de calidad entre otros.

El desarrollo experimental se incluye en el capítulo cuatro, donde se explica la metodología utilizada, se presentan los resultados, tablas y graficas realizados. El capítulo cinco contiene el análisis de los resultados obtenidos, considerando los aspectos técnicos y económicos de interés, al final se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en este estudio.



# 1. CONCRETO

## 1.1. Definición

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

El concreto (hormigón) es una mezcla de pasta de cemento (cemento, agua y espacios vacíos), agregados y ocasionalmente productos adicionales (aditivos). (2)

## 1.2. Tipos

### 1.2.1. Tamaño máximo del agregado

- Mortero
- Concreto
- Concreto ciclópeo

### 1.2.2. Consistencia

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

### 1.2.3. Tiempos de fraguado

- Aditivo retardante
- Aditivo reductor de agua
- Aditivo acelerante

#### 1.2.4. Resistencia a la compresión

- Normal
- Alta resistencia
- Ultra alta resistencia

#### 1.2.5. Durabilidad

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

#### 1.2.6. Peso unitario

- Ligero
- Normal
- Pesado

#### 1.2.7. Apariencia

- Coloreados
- Agregado expuesto
- Estampados
- Abusrdados

#### 1.2.8. Especialidad

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

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

### 1.3. Composición

#### 1.3.1. Cemento

Tiene propiedades adhesivas y cohesivas, que le dan la capacidad de aglutinar los agregados o áridos para conformar el concreto. Estas dependen de la composición química, grado de hidratación, finura, tiempos de fraguado, calor de hidratación y la resistencia mecánica que desarrolla.

#### 1.3.2. Agua

Por ser cementos hidráulicos estos tienen la capacidad de fraguar y endurecer con el agua, por lo que esta dentro del concreto es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que desarrollen propiedades aglutinantes. Suele representar aproximadamente entre 10 y 25 por ciento del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera

#### 1.3.3. Agregados

Son todos aquellos materiales que poseyendo una resistencia propia suficiente (resistencia del grano) no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico, pueden ser naturales o artificiales. Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60 a 75% del volumen del concreto (70 a 85% en peso).

**Tabla I Ensayos y normas aplicables a los agregados**

Ensayo	Significado e importancia	Normas Aplicables
Muestreo de agregados	Mostrar de manera efectiva la naturaleza y las condición de los materiales que lo representan	ASTM D-75
Reducción de muestra	Reducción de muestra para prueba	ASTM D-702
Peso específico y absorción	Cálculo de volumen ocupado por el agregado en mezclas que contienen agregados. PEA, densidad de las partículas que no incluyen espacios de poros. La absorción es el cambio en el peso de un agregado debido al agua absorbida por los poros de las partículas	ASTM C-127, C-128
Peso unitario y vacíos	Determina valores de peso unitario necesarios para valores de selección para mezclas de concreto, y computar el porcentaje de vacíos entre partículas de agregados	ASTM C-29
Impurezas orgánicas	Suministra advertencia de impurezas orgánicas presentes en los agregados finos	ASTM C-40
Cantidad de material fino que pasa el tamiz núm. 200	Cantidad de material más fino, que no se puede calcular por la prueba C-136	ASTM C-117
Estabilidad en agregados	Determina la resistencia de los agregados en solución de sulfato de sodio. Simula la expansión de agua en la congelación. Juzga la firmeza o solidez de los agregados sujetos a la acción del clima	ASTM C-88
Terrones de arena y partículas friables	Índice de terrones de arcilla y partículas friables	ASTM C-142
Gradación	Determina la distribución de las partículas en agregados gruesos y finos por medio de tamiz	ASTM C-136
Abrasión en agregados gruesos	Índice de calidad de los agregados de la fuente de agregados. Mide la degradación y el porcentaje de pérdida	ASTM C-131
Partículas planas y alargadas	Determina las características de la forma del agregado	ASTM D-4791
Caras fracturadas	Determina la característica de caras fracturadas del agregado grueso	INV E-227

Fuente (2)

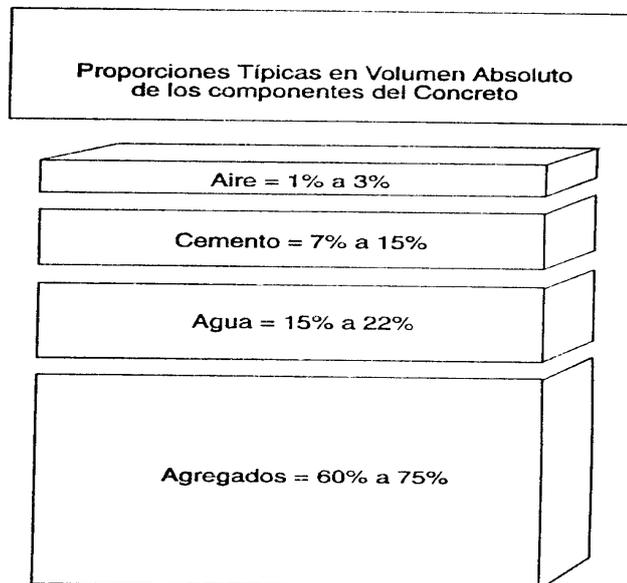
#### 1.3.4. Aire

Cuando el concreto se encuentra en proceso de mezclado es normal que quede aire atrapado dentro de la masa, el cual posteriormente es liberado por los procesos de compactación a que es sometido el concreto una vez ha sido colocado. Usualmente entre el 1-3 % del volumen de la mezcla

#### 1.3.5. Aditivos

Son aquellos materiales distintos al agua, los agregados o el cemento que se utilizan como ingredientes en concretos y morteros, y se añaden a la mezcla antes o durante su mezclado.

**Figura 1 Composición típica del concreto**



Fuente (2)

#### 1.4. Normas y ensayos aplicables

##### 1.4.1. Europa

- UNE 83900 Hormigón, fabricación, puesta en obra y criterios de aceptación.
- PNE UNE 12350 1 Ensayos de hormigón fresco. Parte 1: muestreo.
- PNE UNE 12350 2 Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: ensayo de asentamiento.
- UNE EN 12620 Áridos para hormigón
- UNE EN 13055 1 Áridos ligeros. Parte 1: áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado.
- PNE ENV 13670 1 Ejecución de estructuras de hormigón. Parte 1: generalidades.

##### 1.4.2. American Society for Testing and Materials (ASTM)

- ASTM C-31 *Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field* (Práctica estándar para elaborar y curar especímenes de ensayo de concreto en obra)
- ASTM C-33 *Standard Specification for concrete aggregates* (Especificación estándar para agregados para concretos).
- ASTM C-39 *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens* (Método estándar de ensayo resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto).
- ASTM C-78 *Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third point loading)* (Método de ensayo estándar de resistencia a la flexión del concreto (usando una viga simple con carga a los tercios del tramo)).
- ASTM C-136 *Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates* (Método de ensayo estándar para análisis de agregados finos y gruesos por medio de tamices).

- ASTM C-143 *Standard test method for slump of hydraulic cement concrete* (Método de ensayo estándar para asentamiento de concreto de cemento hidráulico).
- ASTM C-173 *Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the volumetric method* (Método de ensayo estándar para contenido de aire en mezclas de concreto fresco por el método volumétrico).
- ASTM C-192 *Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory* (Práctica estándar para elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio).
- ASTM C-231 *Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method* (Método de ensayo estándar para contenido de aire en mezclas de concreto fresco por el método de presión).
- ASTM C-403 velocidad de endurecimiento.
- ASTM C-1064 *Standard test method for temperature of freshly mixed portland cement concrete* (Método estándar de ensayo para temperatura de mezclas de concreto de cemento Portland frescas).

#### 1.4.3. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)

- COGUANOR NGO 41 002 Cementos hidráulicos mezclados. Terminología y especificaciones.
- COGUANOR NGO 41 003 h 20 Cementos hidráulicos. Determinación de reactividad alcalina potencial de las combinaciones de cementos y agregados.
- COGUANOR NGO 41 006 Terminología referente al hormigón y los agregados para hormigón.
- COGUANOR NGO 41 017 h 1-12 Determinación de las propiedades físico mecánicas del hormigón.

## 1.5. Concretos fluidos

### 1.5.1. Definición

Hormigón diseñado para que posea una consistencia líquida, capaz de llenar los moldes y encofrados por la simple acción de la gravedad, es decir su propio peso, sin ayuda de medios de compactación externos, y que confiere a la estructura una calidad igual, al menos a la proporcionada por el hormigón convencional. (1)

Hormigón capaz de fluir y recubrir cualquier parte del encofrado y a través del armado simplemente por la acción de su propio peso y sin la necesidad de ningún otro tipo de método de compactación sin segregación ni indicios de bloqueo. (5)

### 1.5.2. Tipos

- Según el asentamiento
- Clases de viscosidad
- Capacidad de paso
- Resistencia a la segregación

### 1.5.3. Características

Ofrece una rápida adaptación al encofrado, por lo que disminuye el plazo de construcción y los problemas de colocación por alta densidad de armado, la fluidez y la resistencia a la segregación aseguran un buen nivel de homogeneidad, una mínima porosidad y una resistencia constante, proporcionando mejores niveles de acabado y una mayor durabilidad de la estructura, normalmente se elaboran con una relación a/c bastante baja por lo que se obtiene una mayor resistencia a compresión, desencofrado más rápido y una entrada en servicio de las estructuras en menor tiempo.

Se define en función del revenimiento (ASTM C-1017 ó C-143), tabla de sacudidas (DIN 1048) y/o con el cono de revenimiento en miniatura que evalúa la fluidez de la pasta de cemento. La eliminación de los elementos de vibrado reduce el

impacto ambiental en la obra y sus alrededores, así como en la planta de prefabricados, minimizando el tiempo y la intensidad de exposición de los trabajadores al ruido y las vibraciones, lo que convierte a los concretos fluidos en una solución atractiva para el concreto prefabricado, de obra civil y edificación.

La posibilidad de la eliminación completa del trabajo de compactación conducirá al incremento de la eficiencia y a la mayor efectividad en los costos. Pese al mayor costo directo de los materiales, el uso del concreto fluido permite notable ahorros en los proyectos, producto de la facilidad de la fundición, de la menor necesidad de personal, calidad del acabado y el menor desgaste de equipos y moldes.

#### 1.5.3.1. Estado fresco

- Temperatura
- Contenido de aire
- Trabajabilidad
- Masa unitaria

#### 1.5.3.2. Estado endurecido

##### 1.5.3.2.1. Resistencia mecánica

Al utilizar aditivos reductores de agua de alto rango se obtiene la máxima resistencia a compresión para un contenido de cemento y trabajabilidad dada. Algunas de las causas que afectan la resistencia a compresión del concreto son las siguientes:

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

- Variaciones en el traslado, colocación y compactación.
- Variaciones en temperatura y curado.

#### 1.5.3.2.2. Tiempos de fraguado

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

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

Se considera que cuando el concreto alcanza una resistencia a la penetración de 35 kg/cm<sup>2</sup> es el tiempo de fraguado inicial, una resistencia igual a 280 kg/cm<sup>2</sup> corresponde al tiempo de fraguado final de acuerdo a la norma aplicable. Para el caso de los concretos fluidos utilizados en procesos constructivos en serie (usando moldes), es importante conocer esta característica del concreto que permita poder realizar las actividades dentro de este sistema constructivo de la mejor manera.

#### 1.5.4. Control de calidad materiales

##### 1.5.4.1. Cemento

No existen requerimientos especiales en cuanto al tipo de cemento, incluso se pueden usar cementos compuestos, aunque en algunos documentos se recomienda emplear cementos con bajo calor de hidratación para minimizar los problemas de retracción que una masa con tanta cantidad de finos puede generar.

#### 1.5.4.2. Agregado fino

No existen limitaciones en cuanto a la naturaleza de las arenas empleadas, de preferencia utilizar con granulometrías continuas y preferiblemente sin formas lajosas. Su cantidad deberá ser acorde con la cantidad de grava, es preferible que cierta cantidad de finos pase el tamiz No. 100.

#### 1.5.4.3. Agregado grueso

Las mayores exigencias en cuanto a materiales están en la grava, existiendo limitaciones en cuanto al tamaño y el coeficiente de forma no así en su origen. El tamaño máximo del agregado se limita a 2.5 cm (1”), aunque es preferible usar el de 2.0 cm ( $\frac{3}{4}$ ”), este deberá de guardar relación con el recubrimiento en los elementos. El coeficiente de forma debe ser lo más bajo posible, recomendándose las formas redondeadas ya que las lajosas dificultan que el concreto fluya adecuadamente y aumentan el riesgo de bloqueo.

#### 1.5.4.4. Agua

La cantidad total de agua empleada debe guardar relación con el volumen de finos empleados a razón de una relación 0.9-1.05. Si se emplea un aditivo modulador de viscosidad la relación a/finos es más flexible.

#### 1.5.4.5. Aditivos químicos

- Aditivo súper plastificante/reductor de agua de alto rango, puede adicionarse a la mezcla con el agua inicial o con el agua final de mezclado.
- Aditivo modulador de viscosidad, confiere cohesión interna a la mezcla sin apenas pérdida de fluidez. El empleo de este tipo de aditivo puede no ser imprescindible en el caso de emplear adiciones y cemento adecuados, en el caso de insuficiencia de finos es imprescindible.

### 1.5.5. Control de calidad concreto

#### 1.5.5.1. Estado fresco

- Trabajabilidad
  - Caracterización de la fluidez *slump-flow*, ensayo de escurrimiento, el resultado indica la capacidad de llenado del concreto autocompactante.
  - Ensayo del embudo en V, se usa para calcular la viscosidad y capacidad de llenado del concreto autocompactante.
  - Ensayo de la caja en L, se usa para calcular la capacidad de paso del concreto autocompactante, de fluir a través de aperturas estrechas, incluyendo el espaciado entre las barras de la armadura y otras obstrucciones, sin segregación ni atasco, hay dos variantes el ensayo de 2 y 3 obstáculos de barras.
  - Ensayo de la resistencia a la segregación en tamiz, se usa para calcular la resistencia del concreto autocompactante a la segregación.
- Contenido de aire (ASTM C-136)
- Peso unitario (ASTM C-138)
- Velocidad de endurecimiento (ASTM C-403)
- Temperatura (ASTM C-1074)

**Tabla II Comparación de precios unitarios concretos nacionales**

Precios unitarios concretos	
Descripción	Precio por m <sup>3</sup> (Q)
Concreto tradicional 6000 psi hecho en obra	1770.86
Concreto tradicional 5000 psi hecho en obra	910.00
Concreto autocompactado con arena de río y pedrín triturado	1605.17
Concreto autocompactado con arena y pedrín triturados	1487.82
Concreto autocompactado con arena y pedrín de canto rodado	1716.98

Fuente (6)

**Figura 2 Control de temperatura concreto fresco**



**Figura 3 Toma de muestras concreto fresco**



**Figura 4** Equipo ensayo velocidad de endurecimiento



#### 1.5.5.2. Estado endurecido

- Resistencia probetas normalizadas (cilindros) ensayo a compresión (ASTM C-39)
- Ensayo a flexión (ASTM C-78)
- Ensayos no destructivos

### 1.5.6. Ventajas

#### 1.5.6.1. Para el constructor

Buen desempeño mecánico y durabilidad de los elementos y las estructuras; las bajas relaciones a/c permiten una importante reducción de la porosidad, lo que implica una mayor impermeabilidad como parámetro fundamental de durabilidad, debido a sus características la resistencia mecánica siempre se ve mejorada. Protege al acero de refuerzo y se evita la concentración del agregado grueso en zonas mal vibradas gracias a su fluidez, el concreto auto compactado mantiene su homogeneidad, por lo que no presenta segregación o exudación.

Reducción de costos y tiempos asociados con la colocación y el vibrado, el constructor puede tener mejores precios que la competencia debido al ahorro que tiene en el colado del concreto y en la disminución de la mano de obra y equipo, además de poder desancofrar en menor tiempo, reducción de herramientas y equipo necesarios para la colocación, no se utiliza ningún equipo ni herramienta para vibrar o compactar.

#### 1.5.6.2. Para el trabajador

Mejora las condiciones de salud y seguridad, se elimina por completo el ruido provocado por los diferentes tipos de vibradores, con lo cual se disminuyen los problemas auditivos, se mejora la comunicación en obra y se previene la enfermedad “síndrome de dedos blancos”, también se reduce el riesgo de caídas de andamios al eliminar la necesidad de vibrado. Mayor facilidad y menor esfuerzo para trabajarlo debido a su fluidez con lo que se logran alcanzar mejores rendimientos de mano de obra.

#### 1.5.6.3. Para el propietario

Reducción de los costos de mantenimiento y reparaciones de la estructura, reduce ampliamente los vacíos o ratoneras, así como los defectos de la superficie. Garantía de comportamiento estructural y de durabilidad de su proyecto, al proteger el acero de refuerzo, eliminar la porosidad y las grietas, evitar la segregación de agregados.

Mejores acabados en lo que se refiere a estética, el color es más uniforme sin la eflorescencia de vibrado. Reducción de costos de ejecución al disminuir la cantidad de personal, mejorar la calidad del acabado y el ahorro en equipo de vibrado que llevan a reducir el costo directo del concreto.

**Tabla III Métodos de ensayo concreto fluido**

<b>Métodos de ensayo concreto fluidos</b>		
<b>Característica</b>	<b>Método de ensayo</b>	<b>Valor medido</b>
<b>Caracterización de la fluidez/capacidad de llenado</b>	Ensayo del escurrimiento	Extensión
	Caja de Kajima	Llenado visual
<b>Viscosidad/Caracterización de la fluidez</b>	T <sub>500</sub>	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo en V	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo en O	Tiempo de flujo
	Orimet	Tiempo de flujo
<b>Capacidad de paso</b>	Método de la caja en L	Relación de paso
	Método de la caja en U	Diferencia de altura
	Ensayo del escurrimiento con el anillo japonés	Altura de paso, flujo total
	Caja de Kajima	Capacidad de paso visual
<b>Resistencia a la segregación</b>	Penetración	Profundidad
	Segregación en tamiz	Porcentaje d retención
	Columna de decantación	Relación de segregación

Fuente (5)

## 2. ADITIVOS

### 2.1. Definición

Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la mezcla inmediatamente, antes o durante su mezclado. (3)

Producto incorporado en el momento de amasado del hormigón en una proporción no mayor al 5 % en masa en relación al contenido de cemento en el hormigón, con el objeto de modificar las propiedades de la mezcla en estado fresco y/o endurecido. (4)

### 2.2. Antecedentes

Desde la época de los romanos se emplearon aditivos agregados al concreto (cal y puzolanas), se cree que los primeros aditivos fueron la sangre de toro y la clara de huevo, los cuales se utilizaron para mejorar las características de la mezcla en estado plástico. Con el surgimiento del cemento Portland moderno se tuvieron diferentes necesidades de desempeño para el concreto, lo que motivó el uso de aditivos para fraguados más regulares en el cemento (1875-90), en 1885 fue patentada la adición de cloruro de calcio como aditivo y en 1888 Candlot demostró que según la dosis este podría ser acelerante o retardante del fraguado. En 1905 los fluosilicatos se emplearon como endurecedores de superficie y se comenzó a observar la acción retardadora de la azúcar, ya en 1925 se utilizó en EE UU tierra de infusorios como adición en el concreto, los anticongelantes aparecieron en 1955, aun cuando la comercialización de estos productos data de 1910. En 1960 se inicio el uso masivo de los aditivos plastificantes, para dar paso en la década de los 70 a los superplastificantes revolucionando la tecnología del concreto.

### 2.3. Tipos

De acuerdo a la norma ASTM C-494 los aditivos se pueden clasificar de acuerdo a su función, de la siguiente manera.

**Tabla IV Clasificación de los aditivos según la norma ASTM C-494**

<b>Clasificación de los aditivos según la norma ASTM C-494</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
A	Reductores de agua
B	Retardantes
C	Acelerantes
D	Reductores de agua y retardantes
E	Reductores de agua y acelerantes
F	Reductores de agua de alto rango
G	Reductores de agua de alto rango y retardantes

Fuente (1)

#### 2.3.1.Reductores de agua

Son utilizados con dos propósitos diferentes:

- Disminuir el contenido de agua e incrementar la resistencia.
- Obtener asentamientos (revenimientos) más altos utilizando el mismo contenido de agua. Estos aditivos dispersan las partículas de cemento en el concreto y hacen más eficiente el uso de cemento.

#### 2.3.2.Retardantes

Son sustancias químicas que retardan el fraguado inicial del concreto por una hora o más, se emplean con frecuencia en clima caliente para contrarrestar el fraguado rápido causado por las altas temperaturas.

### 2.3.3. Acelerantes

Estos aditivos reducen el tiempo de fraguado inicial del concreto y ayudan a obtener una resistencia temprana más alta. Los acelerantes no son anticongelantes; sin embargo, ellos aceleran la velocidad de su asentamiento y el desarrollo de resistencia. Haciéndolo más resistente a los daños producidos por congelamiento en clima frío, también se utilizan en las construcciones de gran velocidad que requieren una temprana remoción de moldes (formaletas, cimbras), apertura al tráfico o aplicación de cargas en estructuras.

### 2.3.4. Incorporadores de aire

Son sustancias químicas líquidas que se adicionan durante el mezclado para producir burbujas microscópicas en el concreto, llamado aire incorporado. Estas burbujas mejoran la resistencia del concreto a los daños ocasionados por la congelación y el deshielo, así como a las sales de deshielo.

También se pueden mencionar los siguientes aditivos que son de uso particular de acuerdo a las características del proyecto.

- Generadores de gas.
- Para inyecciones.
- Para la adherencia.
- Productores de expansión.
- Colorantes.
- Floculantes.
- Fungicidas, insecticidas y germicidas.
- Impermeabilizantes.
- Controladores de la acción álcalis-sílice.
- Inhibidores de la corrosión.

#### 2.4. Características

Los aditivos son utilizados para vencer diferentes situaciones de construcción, como son los vaciados (colados) en clima caliente o frío, los requerimientos del bombeado, los requerimientos de resistencias tempranas o las especificaciones de una relación a/c muy baja. La selección del tipo, marca, y dosificación de todos los aditivos, debe hacerse considerando el conjunto de materiales que se utilizarán en determinado proyecto. Aumento significativo en la resistencia, control sobre el tiempo de fraguado, desarrollo acelerado de resistencia, mejora en la trabajabilidad y durabilidad, son contribuciones que se pueden esperar dependiendo del tipo de aditivo escogido; teniendo en cuenta al momento de la elección el desempeño del mismo en trabajos anteriores.

Es recomendable que sean añadidos por separado y siguiendo las recomendaciones dadas por el fabricante, en el análisis económico se deben de considerar los siguientes aspectos:

- El costo de utilizar un ingrediente extra y el efecto de ello sobre los costos de puesta en obra del concreto.
- Los efectos económicos del aditivo sobre la trabajabilidad y consistencia del concreto, así como sobre la magnitud y velocidad de ganancia de resistencia.
- La posibilidad de emplear procedimientos menos costosos, o diseños más avanzados.
- Todos aquellos aspectos que puedan justificar el mayor costo del concreto debido al empleo del aditivo.

#### 2.5. Normas y ensayos aplicables

Las normas establecen para cada uno de los aditivos, los requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por cada uno sobre algunas de las siguientes propiedades del concreto:

- Requerimiento de agua
- Tiempo de fraguado

- Resistencia a compresión
- Resistencia a flexión
- Deformación por contracción
- Inalterabilidad (durabilidad)

El primer conjunto de especificaciones y procedimientos para aditivos data de 1950, y se relacionaba con los incorporadores de aire. En Europa las primeras normas surgieron en 1958 en España y 1963 en Inglaterra, en 1962 ASTM extendió la normativa de clasificación a otros tipos de aditivos. La evaluación de estas características se efectúa sobre concretos con similar composición y características pero sin aditivos, que se denomina concreto de control o concreto patrón, en la norma ASTM C-494, se especifican los requisitos que estos deben cumplir, así también las normas de aplicación en cada país indican estos valores, los ensayos deben cubrir:

- Propiedades físicas (análisis infrarrojo, residuo mediante secado en horno de aditivos líquidos, residuo mediante secado en horno de aditivos no líquidos y el peso específico).
- Desempeño del aditivo (contenido de agua del concreto fresco, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión).

#### 2.5.1. *American Society for Testing and Materials (ASTM)*

- Aditivos incorporadores de aire ASTM C-260
- Aditivos reductores de agua y controladores de fraguado ASTM C-494
- Aditivos a ser empleados en la producción de concreto fluido ASTM C-1017
- Cloruro de calcio ASTM D-98

#### 2.5.2. *Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)*

- NGO 41 069 Hormigón (concreto). Aditivos incorporadores de aire.

- NGO 41 069 Hormigón (concreto). Aditivos químicos. Especificaciones.
- NGO 41 069 Hormigón (concreto). Aditivos químicos. Métodos de ensayo.

**Tabla V Principales aditivos y su aplicación**

<b>Principales aditivos y su aplicación</b>			
<b>Aditivo y dosis usual</b>	<b>Propiedad que confiere al hormigón</b>	<b>Aplicaciones recomendadas</b>	<b>Limitaciones</b>
<p><b>Incorporador de Aire</b> 0.03% a 0.05% del peso del cemento</p>	<p>Incorpora micro poros al hormigón produciendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia al hielo - deshielo.</li> <li>• Mayor docilidad</li> <li>• Menor permeabilidad</li> <li>• Eventual exudación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección al hielo-deshielo.</li> <li>• Pavimentos.</li> <li>• Protección contra agentes químicos.</li> </ul>	<p>Menor resistencia mecánica</p>
<p><b>Plastificantes o reductores de agua</b> 0.1% a 0.4% del peso del cemento</p>	<p>Mejorar la lubricación entre partículas, obteniéndose:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor docilidad con agua constante.</li> <li>• Menor cantidad de agua para docilidad constante.</li> <li>• Mayor facilidad de colocación y compactación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigones bombeados y premezclado.</li> <li>• Hormigonado de elementos estrechos o prefabricados.</li> <li>• Hormigones de alta resistencia.</li> </ul>	
<p><b>Fluidificantes</b> para aumentar docilidad 0.5% a 1.0% del peso del cemento. Para reducir agua a 1.0% A 3.0% del peso del cemento.</p>	<p>Aumentan fuertemente la docilidad, permitiendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el agua de amasado para docilidad constante, con alto incremento de resistencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigonado de piezas estrechas y difícilmente accesibles.</li> <li>• Hormigonado en tiempo caluroso.</li> <li>• Hormigones bombeados.</li> <li>• Hormigones de alta resistencia.</li> </ul>	<p>Su efecto dura un plazo breve</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigones para prefabricados.</li> </ul>	
<p><b>Superplastificantes</b></p> <p>las dosis dependiendo del fabricante fluctúan desde 0.5% a 2% del peso del cemento.</p> <p>Aumentan las resistencias como reductores de agua, y como fluidificantes, aumentan la docilidad.</p>	<p>En general, actúan como reductores de agua o fluidificantes otorgando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consistencia fluida sin disminución de resistencias.</li> <li>• Calidad homogénea, mínima segregación y exudación.</li> <li>• Disminución de retracciones y fisuración.</li> <li>• Facilidad de colocación y mayor rendimiento de la faena de hormigonado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigón bombeado.</li> <li>• Hormigón pretensado.</li> <li>• Hormigón alta resistencia.</li> <li>• Hormigón de buena terminación.</li> <li>• Hormigón bajo agua.</li> <li>• Morteros y lechadas de inyección.</li> <li>• Hormigón para elementos esbeltos, con alta densidad de armaduras</li> </ul>	<p>En sobredosis puede provocar segregación</p>
<p><b>Aceleradores de fraguado</b></p> <p>Hormigón no armado 1:2 a 15 (aditivo:agua)</p> <p>Hormigón Armado Máx. 1:6 (aditivo:agua)</p> <p>medidas en peso</p>	<p>Aumentan las resistencias iniciales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigonado en tiempo frío.</li> <li>• Hormigón proyectado.</li> <li>• Hormigones prefabricados.</li> <li>• Reducción plazo desmolde.</li> <li>• Reparaciones.</li> </ul>	<p>Usualmente contienen productos corrosivos, por lo que en el hormigón armado deben extremarse las precauciones.</p>
<p><b>Retardadores de fraguado</b></p> <p>0.3% a 1.5.% del peso del cemento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrasan el inicio de fraguado manteniendo la docilidad por más tiempo.</li> <li>• Reducen el riesgo de fisuración al permitir la disipación del calor de hidratación por más tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigón en tiempo caluroso.</li> <li>• Hormigón premezclado.</li> <li>• Hormigón en masa.</li> <li>• Transporte a gran distancia.</li> <li>• Evitar juntas frías.</li> <li>• Hormigón bombeado.</li> </ul>	<p>Sobredosificación puede originar una demora excesiva.</p>
<p><b>Impermeabilizante</b></p> <p>0.5% a 4% del peso del cemento</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuyen la absorción de humedad</li> <li>• Aumentan la impermeabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigones subterráneos.</li> <li>• Losas de cubiertas.</li> <li>• Estanques de hormigón.</li> <li>• Estucos exteriores.</li> <li>• Pisos impermeables.</li> </ul>	<p>El uso debe unirse a una buena dosificación, compactación y curado.</p>



### **3. ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA**

#### 3.1. Definición

Los reductores de agua, también llamados fluidificantes o plastificantes, consiguen aumentar la fluidez de las pastas de cemento, y con ello la de los morteros y hormigones, de forma que para una misma cantidad de agua, se obtienen hormigones más dóciles y trabajables, que permiten una puesta en obra más fácil y segura. La composición de estos aditivos reductores de agua puede ser variable, aunque en ella suelen aparecer sustancias de origen natural, como los lignosulfonatos o las sales de ácidos hidroxicarboxílicos. El efecto fluidificante suele permitir una reducción de agua del orden de un 8 o un 10 % frente al hormigón patrón. (2)

#### 3.2. Tipos

De acuerdo con la norma ASTM 494, los aditivos que solo son reductores de agua son llamados tipo A, pero si están asociados con retardantes se clasifican tipo D, existen también aditivos reductores de agua y acelerantes tipo E. Si el aditivo reductor de agua produce, como efecto lateral, retraso de fraguado, este se puede combatir mediante la incorporación de trietanolamina. Los dos grupos principales de los aditivos tipo D son:

- Ácidos lignosulfónicos y sus sales
- Ácidos hidroxilados carboxílicos y sus sales.

las modificaciones y derivados de estos no actúan como retardantes, y se pueden comportar como acelerantes ellos son por lo tanto de tipo A.

### 3.3. Efectos esperados en el concreto

Las características requeridas a los concretos fluidos en general se pueden resumir en las siguientes:

- Elevada fluidez que permite que llene la totalidad del molde.
- Capacidad para pasar a través de las armaduras del acero de refuerzo.
- Cohesión o comportamiento viscoso, que impide la segregación de los agregados inmersos en la pasta.

Los aditivos reductores de agua de alto rango o superplastificantes son una herramienta sin la cual no se hubiera desarrollado el concreto de alto desempeño hasta los niveles actuales, se puede mencionar el aporte que la empresa SIKA realiza en esta área, derivado de una constante investigación. (ver Tabla VI)

### 3.4. Usos

Según los informes del Comité ACI 212, los aditivos suelen emplearse en la elaboración de concretos, morteros o mezclas de inyección, no sólo para modificar sus propiedades en los estados fresco y endurecido, sino también por economía, para ahorrar energía y porque hay casos en que el uso de un aditivo puede ser el único medio factible para obtener el resultado requerido.

El comportamiento y las propiedades del concreto hidráulico, en sus estados fresco y endurecido, suelen ser influidos y modificados por diversos factores

- Intrínsecos: se relacionan esencialmente con las características los componentes y las cantidades en que éstos se proporcionan para laborar el concreto.
- Extrínsecos: pueden citarse principalmente las condiciones ambientales que prevalecen durante la elaboración y colocación del concreto, las prácticas constructivas y las condiciones de exposición y servicio a que permanece sujeta la estructura durante su vida útil.

Permiten al usuario ajustar con precisión la mezcla o mezclas, varios proyectos recientes demuestran la necesidad del uso de aditivos apropiados a dosificaciones óptimas.

- Restaurante giratorio en Lucerna, Suiza.
- Habitaciones modulares para hoteles *Oldcastle Precast*, MA (USA).
- Acuario de tiburones y pingüinos en el parque marino oceanòpolis en Brest, Francia.
- Túnel ferroviario bajo la plaza *Meinrad Lionert* en Zurich, Suiza.

Aunque no se deberá emplear agregado de mala granulometría, los aditivos reductores de agua mejoran las propiedades del concreto fresco hecho con agregado de granulometría pobre, también se pueden utilizar en concreto bombeado. Su uso no afecta la resistencia de este a la congelación o deshielo, siempre y cuando la relación agua-cemento no se incremente en conjunción con el uso del aditivo Algunos aditivos reductores de agua son más efectivos al ser utilizados en mezclas que contienen puzolanas que en mezclas con solo Cemento Pórtland, la resistencia a largo plazo no se ve afectada. Algunos de los tipos de concretos que se pueden elaborar usando estos productos son:

- Alta resistencia
- Autocompactantes
- Visto
- Prefabricados
- Pilotes

### 3.5. Ventaja y desventajas

- Mejora de la trabajabilidad
- Puesta en obra más fácil
- Menor riesgo de zonas mal compactadas
- Mejora de la durabilidad

- Acabados más estéticos
- Compensan la presencia de áridos poco idóneos
- Prolongan el tiempo de puesta en obra

En todos los casos, cuando se diseña un concreto o mortero, es aconsejable efectuar ensayos previos, para ajustar la composición a las propiedades previstas, en estado fresco como endurecido.

### 3.6. Control de calidad

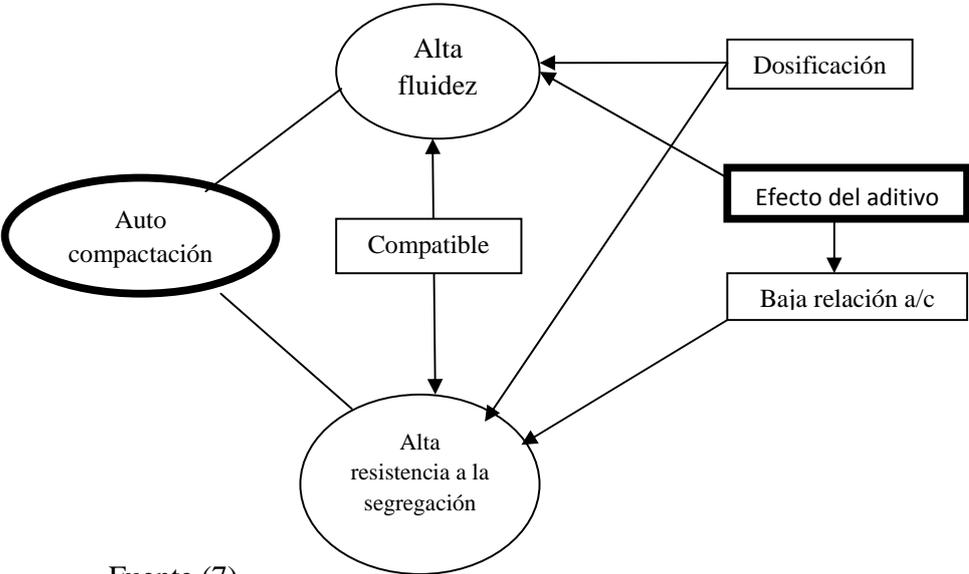
- Trabajabilidad
  - Mesa de extensibilidad: es una prueba desarrollada en Alemania, se rige por la norma EN 206.
  - Caja tipo L: es una medida de la fluidez del concreto, originado en Suecia se relaciona con la resistencia a la segregación al traspasar zonas de armadura.
  - *Slump-flow*: es una prueba desarrollada en Japón, determina y cuantifica la fluidez de la masa, se relaciona con la viscosidad del concreto, para que este pueda ser considerado como autocompactante, la expansión obtenida debe ser de 0.60 a 0.70 m. (ASTM C-143 ó C-1017).

**Tabla VI Desarrollo de los aditivos reductores de agua, (SIKA)**

<b>Historia del desarrollo de los aditivos reductores de agua (SIKA)</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Avance químico</b>	<b>Producto</b>	<b>Desempeño</b>	<b>Avance tecnológico</b>
1930	Lignosulfonatos	Plastocrete	Reducción de agua menor al 10%	Trabajabilidad mejorada
1940	Gluconatos	Plastiment-VZ	Reducción de agua hasta un 10%, porosidad capilar ~20 %	Incremento del tiempo de trabajabilidad del concreto producido en plantas de mezcla
1970	Naftalenos sulfonados	Sikament-NN	Reducción de agua hasta un 10%, porosidad capilar 20-10 %	Primer reductor de agua de alto poder para concreto con baja relación a/c
1980	Melanina sulfonada	Sikament-300/320	Reducción de agua hasta un 10%, porosidad capilar 20-10 %	Alta resistencia inicial y tiempo de fraguado controlado
1990	Copolímeros vinílicos	Sikament- 10/12	Reducción de agua hasta un 10%, porosidad capilar 20-10 %	Reductor de agua de alto poder con trabajabilidad y muy baja permeabilidad
2000	Policarboxilatos modificados	Sika viscocrete	Reducción de agua hasta un 10%, porosidad capilar 20-10 %	Concreto autcompactante

Fuente (4)

Figura 5 Parámetros a considerar en el diseño de hormigón autocompactante



Fuente (7)

## 4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 4.1. Caracterización de materiales

#### 4.1.1. Cemento

Se utilizó cemento mezclado tipo ARI (alta resistencia inicial), de acuerdo a la información que presenta el saco el fabricante cumple con la norma ASTM C-1157.

#### 4.1.2. Agregados

Son de uso regular en el laboratorio de SIKA, siendo suministrados por AGREGUA planta la Pedrera zona 6, tienen características adecuadas de acuerdo a las normas ASTM aplicables. Se utilizaron arena de río y agregado grueso tipo calizo.

### 4.2. Aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 - D

Se utilizó aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 - D, de acuerdo a su ficha técnica el producto cumple con la norma ASTM C-494 (ver apéndice 3)

- Dosificaciones
  - Mezcla control 0 aditivo **MC**
  - Mezcla dosificación 2.0 ml/kg cemento **M2**
  - Mezcla dosificación 4.0 ml/kg cemento **M4**
  - Mezcla dosificación 6.0 ml/kg cemento **M6**

### 4.3. Evaluación concretos (ver apéndices núm. 1 y 2)

#### 4.3.1. Técnica

##### 4.3.1.1. Proporción y trabajabilidad

Los materiales, proporciones y trabajabilidad (entre 55 y 65 cm) fueron iguales, variando la relación agua/cemento según cada concreto. Para este control se debe de considerar la información siguiente en su conjunto:

- Materiales.

- Del elemento a vaciar forma y tamaño.
- Resistencia a compresión requerida.
- Condiciones ambientales durante la fundición.
- Condiciones a las que estará expuesta la estructura.

#### 4.3.1.2. Diseño $f'c$

- $f'_{c28\text{días}}$  17.2 MPa (176.0 kg/cm<sup>2</sup>) para la mezcla control
- $f'_{c56}$  1.10 ( $f'_{c28}$ )

**Figura 6 Evaluación trabajabilidad concreto fluido**



**Tabla VII Diseño mezclas concretos evaluados, cantidades de materiales**

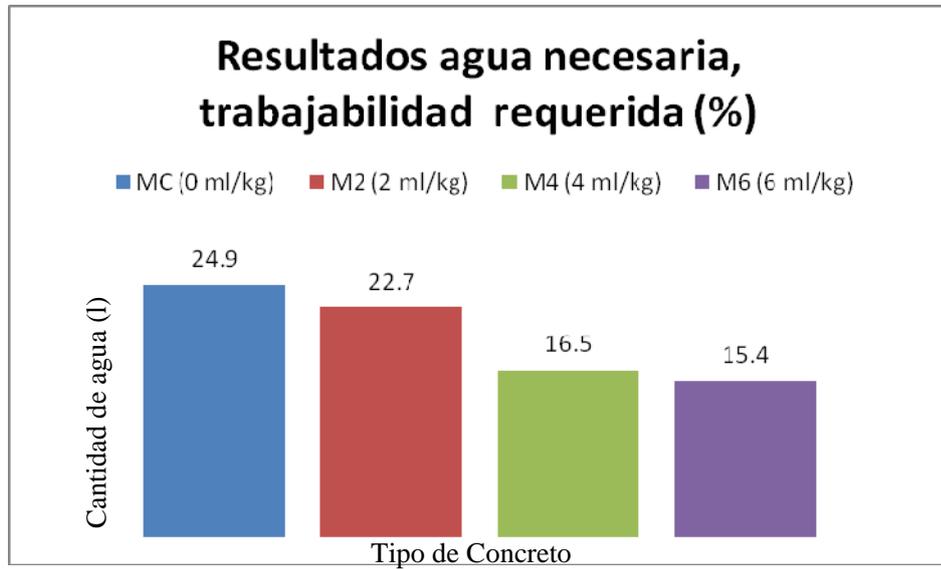
<b>Concretos evaluados</b>						
<b>Tipo de concreto</b>	<b>Materiales (1 m<sup>3</sup>)</b>					
	<b>Cemento (kg)</b>	<b>AF (kg)</b>	<b>AG 1''+3/8'' (kg)</b>	<b>Agua (l)</b>	<b>Relación agua/cemento (%)</b>	<b>Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D ml/kg de cemento (l)</b>
<b>MC</b>	340	656	894	257	0.76	0.0
<b>M2</b>	340	656	894	Trabajabilidad entre 55-65 cm		0.680
<b>M4</b>	340	656	894	Trabajabilidad entre 55-65 cm		1.360
<b>M6</b>	340	656	894	Trabajabilidad entre 55-65 cm		2.040

4.3.1.3. Estado fresco

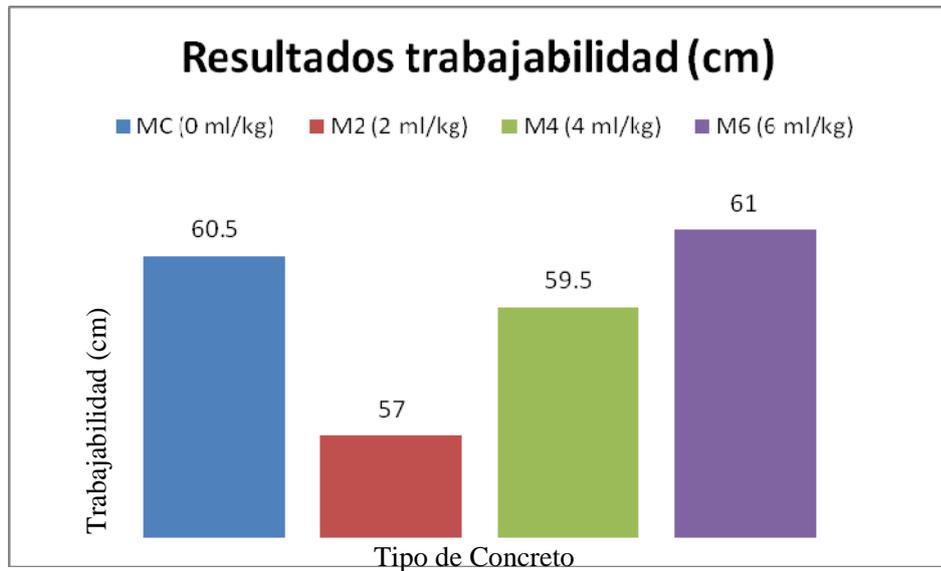
**Tabla VIII Resultados concretos evaluados, estado fresco**

<b>Resultados concretos, estado fresco</b>					
<b>Parámetro</b>		<b>Tipo de concreto</b>			
		<b>MC</b>	<b>M2</b>	<b>M4</b>	<b>M6</b>
Temperatura °C	Ambiente	21.8	22.0	22.2	22.6
	Mezcla	22.3	22.1	21.5	21.0
Cantidad de agua utilizada en la mezcla (l)		24.9	22.7	16.5	15.4
Fluidez cono de Abrams (cm)		60.5	57.0	59.5	61.0
Masa unitaria (kg/cm <sup>3</sup> )		2264.1	2192.5	2297.1	2215.0
Contenido de aire (%)		0.9	4.2	4.4	6.8
Relación a/c (%)		76.0	69.0	54.0	52.0
Tiempos de fraguado (min)	Inicial (lectura de 35 kg/cm <sup>2</sup> )	495 min	320 min	375 min	480 min
	Final (lectura de 480 kg/cm <sup>2</sup> )	610 min	520 min	480 min	600 min

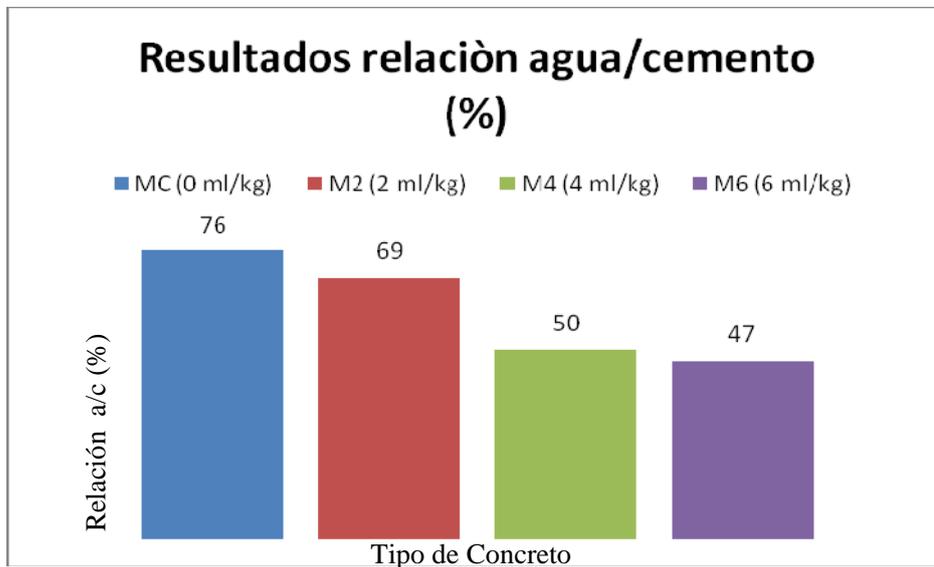
**Figura 7 Resultados cantidad de agua necesaria trabajabilidad requerida**



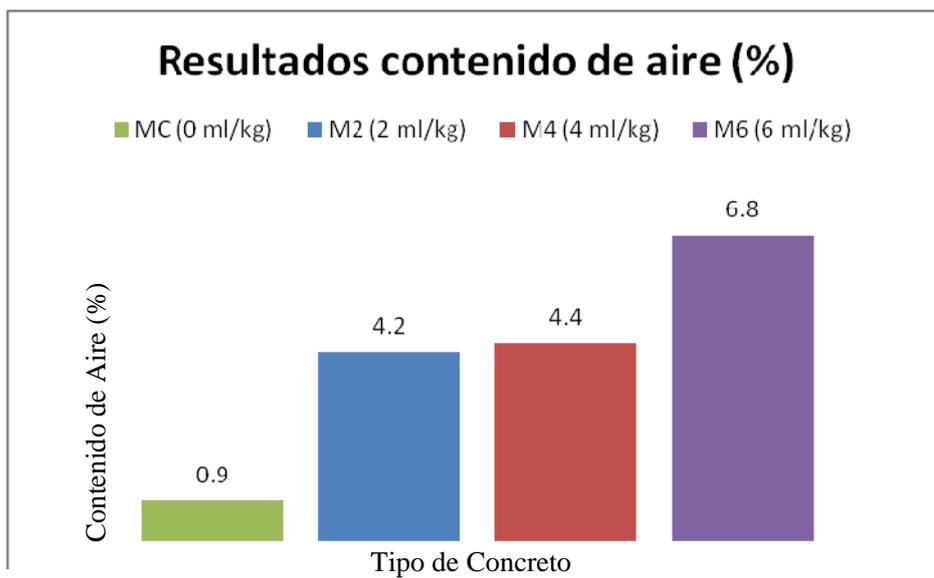
**Figura 8 Resultados trabajabilidad**



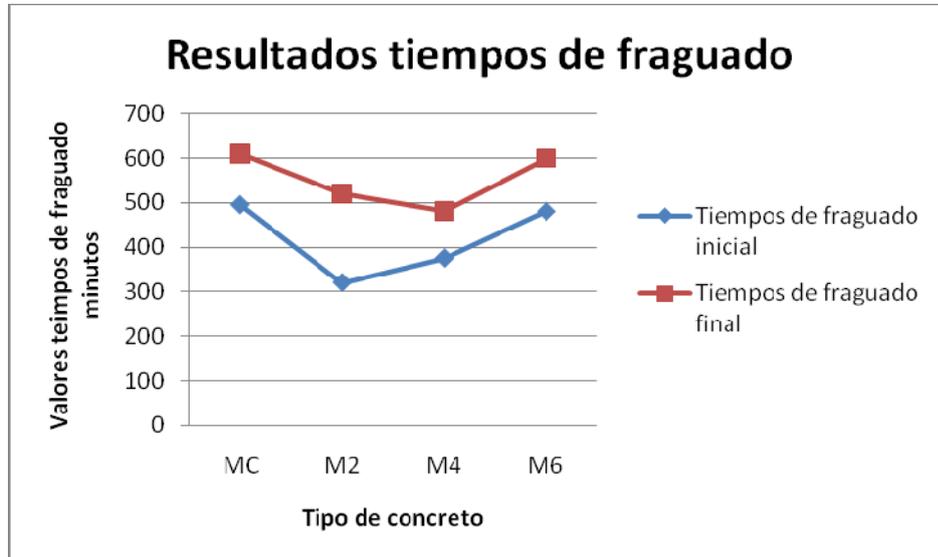
**Figura 9 Resultados cantidad de agua necesaria trabajabilidad requerida**



**Figura 10 Resultados contenido de aire**



**Figura 11 Resultados fraguado inicial**



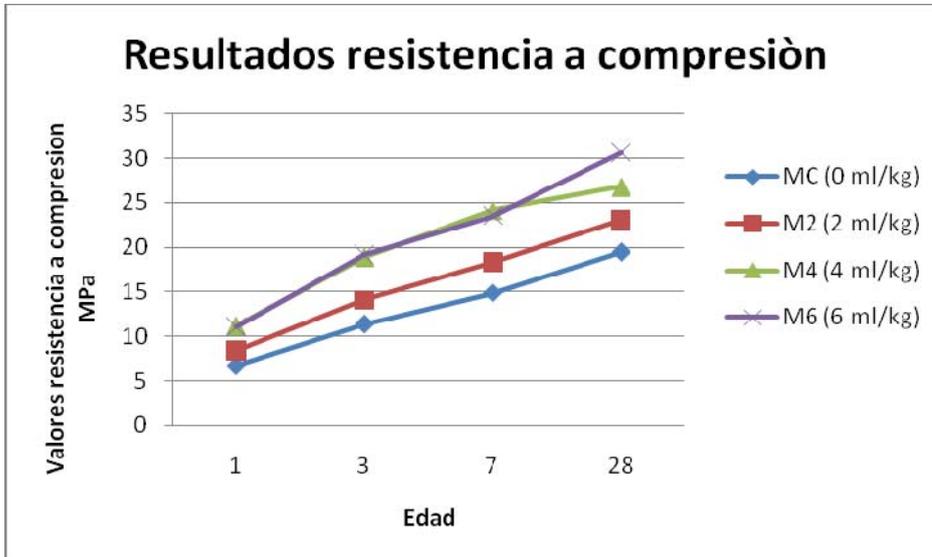
4.3.1.4. Estado endurecido

4.3.1.4.1. Resistencia a compresión

**Tabla IX Resultados resistencia a compresión**

Resistencia a compresión MPa (kg/cm <sup>2</sup> )				
Tipo de concreto	Edad (días)			
	1	3	7	28
<b>MC</b>	6.7 (68.3)	8.4 (85.7)	11.2 (114.2)	19.5 (199.0)
<b>M2</b>	11.4 (116.3)	14.1 (143.8)	18.9 (192.7)	23.0 (234.5)
<b>M4</b>	14.9 (152.0)	18.3 (186.6)	24.2 (246.8)	25.8 (263.1)
<b>M6</b>	19.5 (198.8)	23.1 (235.6)	26.8 (273.3)	30.6 (312.0)

Figura 12 Resultados resistencia a compresión

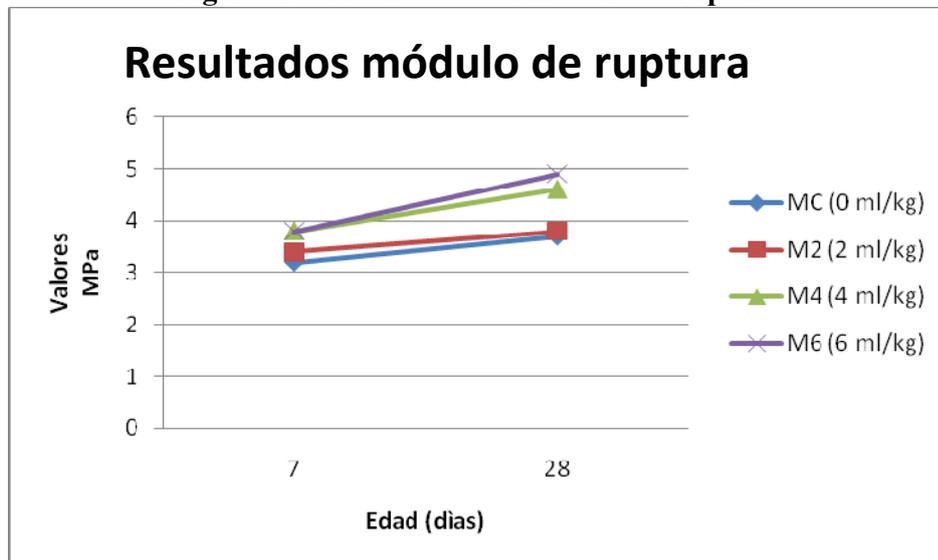


4.3.1.4.2. Resistencia a flexión

Tabla X Resultados del módulo de ruptura

Módulo de ruptura MPa (kg/cm <sup>2</sup> )		
Tipo de concreto	Edad (días)	
	7	28
MC	3.2 (33.0)	3.7 (37.0)
M2	3.4 (33.0)	3.8 (39.0)
M4	3.8 (39.0)	4.6 (47.0)
M6	3.8 (39.0)	4.9 (50.0)

Figura 13 Resultados del módulo de ruptura



4.3.1.4.3. Aporte a la resistencia a compresión del cemento en el concreto

El componente del concreto responsable del desarrollo de resistencia a compresión es el cemento, por esta razón su uso se debe optimizar de acuerdo a las condiciones de cada proyecto. Por las características del estudio (iguales proporciones y trabajabilidad, diferente dosificación de aditivo), los valores de resistencia a compresión se vieron afectados por estas circunstancias (ver tabla IX y figura 12). Por esta razón, se analiza el aporte por kilogramo de cemento en los concretos evaluados con relación a la mezcla control **MC ( $f'_{c_{28 \text{ días de diseño } 17.2 \text{ MPa (176.0 kg/cm}^2)}$ )**, para esto se aplicó la siguiente relación (regla de tres simple):

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de cemento (kg/m}^3) &\Rightarrow f'c \text{ (de cada concreto evaluado a 28 días (kg/cm}^2)) \\ 1 \text{ kg de Cemento} &\Rightarrow X \end{aligned}$$

$$\text{Entonces se tiene: } X = \frac{(1 \text{ kg/m}^3) \times (f'c \text{ de cada concreto evaluado a 28 días (kg/cm}^2))}{\text{Cantidad de Cemento (kg/m}^3)}$$

donde:

- Cantidad de cemento ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) de cada concreto
- $f'c$  de cada concreto a los 28 días
- $X =$  Aporte de resistencia a compresión por cada kg de cemento por  $\text{m}^3$ , para cada concreto a evaluar ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

4.3.1.4.4. Cantidad de cemento necesaria para  $f'c_{28\text{días}}$  de acuerdo al aporte de resistencia a compresión del cemento/ $\text{m}^3$

El componente del concreto, responsable del desarrollo de resistencia a compresión es el cemento, por esta razón su uso se debe optimizar de acuerdo a las condiciones de cada proyecto. Por las características del estudio (iguales proporciones y trabajabilidad, diferente dosificación de aditivo), la cantidad de cemento utilizada en cada concreto evaluado fue más que la necesaria para alcanzar el  $f'c$  de diseño (ver tabla IX y figuras 12 y 14), para esto se aplicó la siguiente relación (regla de tres simple):

Cantidad de Cemento ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  $\Rightarrow$   $f'c$  (de cada concreto evaluado a 28 días ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ))  
 $Y \Rightarrow$  Aporte de resistencia a compresión por cada kg de cemento por  $\text{m}^3$ , para cada concreto a evaluar ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

Entonces se tiene:  $Y = \frac{(X) \times (\text{Cantidad de Cemento } (\text{kg}/\text{m}^3))}{(f'c \text{ de cada concreto evaluado a 28 días } (\text{kg}/\text{cm}^2))}$

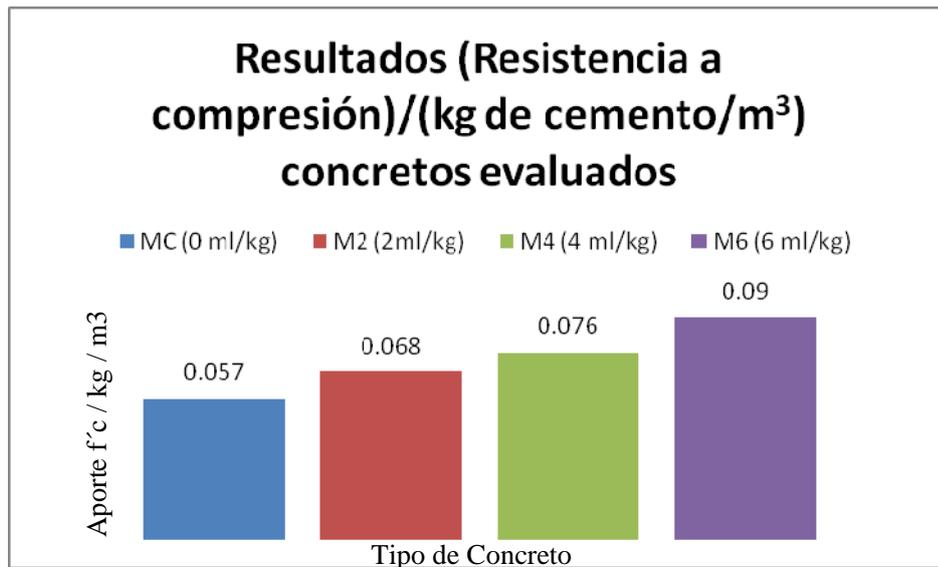
donde:

- $f'c$  de cada concreto a los 28 días
- $(\text{Resistencia a compresión})/(\text{kg de cemento}/\text{m}^3)$ , para cada concreto a evaluar.
- $X =$  Aporte de resistencia a compresión por cada kg de cemento por  $\text{m}^3$ , para cada concreto a evaluar ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), calculada anteriormente.
- $Y =$  Cantidad de cemento necesaria para  $f'c_{28\text{días}}/\text{m}^3$ , para cada concreto a evaluar ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

**Tabla XI Resistencia a compresión/(kg de cemento/m<sup>3</sup> de concreto)**

Aporte a la resistencia a compresión del concreto por kg/cemento/m <sup>3</sup>						
Tipo de concreto	Relación a/c (%)	Cantidad de cemento en la mezcla kg (sacos)	Resistencia a la compresión a 28 días MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	(Resistencia a compresión)/(kg de cemento/m <sup>3</sup> ) MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Cantidad de cemento kg (sacos) necesaria para f'c <sub>28días</sub> /m <sup>3</sup> de concreto	Diferencia entre cemento dosificado y cemento necesario para f'c <sub>28días</sub> /m <sup>3</sup> de concreto
MC	76.0	340.0 (8)	19.5 (199.0)	0.057 (0.58)	340.0 (8.0)	42.5 (1.0)
M2	69.0	340.0 (8)	23.0 (234.5)	0.068 (0.69)	297.0 (7.0)	43.0 (1.0)
M4	54.0	340.0 (8)	25.8 (263.1)	0.076 (0.78)	258.0 (6.1)	82.0 (3.1)
M6	52.0	340.0 (8)	30.6 (312.0)	0.090 (0.92)	216.0 (5.8)	124.0 (3.5)

**Figura 14 Resultados (Resistencia a compresión)/(kg de cemento/m<sup>3</sup>)**



#### 4.3.2. Económica

##### 4.3.2.1. Materiales

###### 4.3.2.1.1. Cemento

Se utilizó la misma cantidad y tipo de cemento en todos los concretos elaborados, por lo que este material no varió, el análisis económico evaluó la incidencia del uso de este material en los concretos evaluados y propuestos.

###### 4.3.2.1.2. Agregados

Se utilizaron las mismas cantidades de agregados fino y grueso en todos los concretos elaborados, por lo que estos materiales no tienen incidencia dentro del análisis económico de los concretos.

###### 4.3.2.1.3. Aditivo

Se dosificó de acuerdo a establecido (0, 2, 4 y 6 ml/kg de cemento), el análisis económico de las mezclas, busca evaluar la incidencia del uso del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 – D en los concretos elaborados y cuanto puede ser la reducción de cemento en las mezclas propuestas de acuerdo a la cantidad de aditivo utilizada, de acuerdo a los criterios de diseño establecidos.

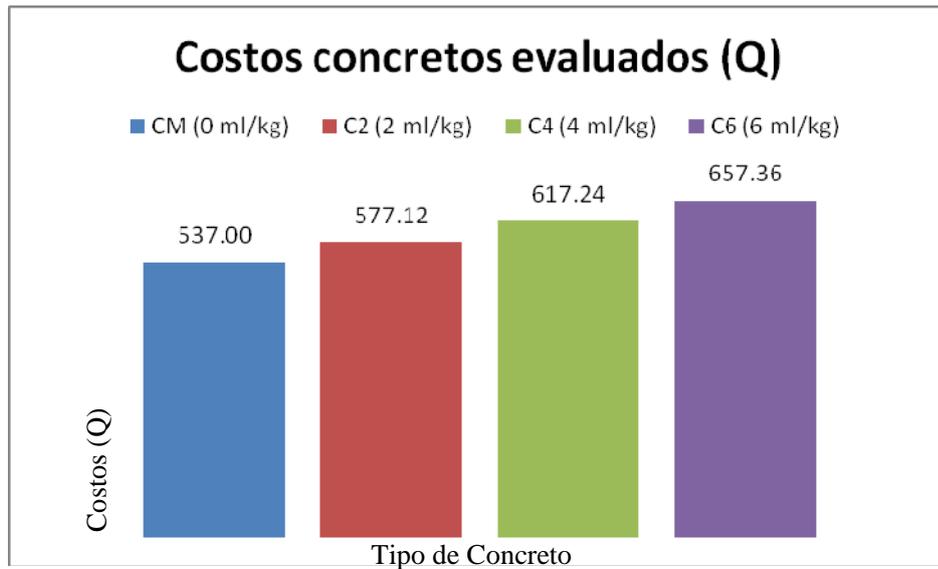
##### 4.3.2.2. Concretos

Para propósitos del análisis económico, se evaluaron la incidencia del uso del aditivo, cantidad de cemento y el costo de los concretos evaluados y propuestos, de acuerdo a los criterios de diseño establecidos.

**Tabla XII Costos de concretos evaluados**

Costos materiales concretos evaluados (1 m <sup>3</sup> )									
Tipo de concreto	Cemento Q 50.00 (U = sacos 42.5 kg)		Agregado fino Q 91.00 T/métrica		Agregado grueso Q 86.00 T/métrica		Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 – D (Q 59.00/l)		Costo concretos (m <sup>3</sup> )
	Cantidad kg (sacos)	Costo total (Q)	Cantidad (kg)	Costo total (Q)	Cantidad (kg)	Costo total (Q)	Cantidad (l)	Costo total (Q)	
<b>MC</b>	340 (8 sacos)	400.00	656	60.00	894	76.90	0.0	0.0	<b>537.00</b>
<b>M2</b>	340 (8 sacos)	400.00	656	60.00	894	76.90	0.680	40.12	<b>577.12</b>
<b>M4</b>	340 (8 sacos)	400.00	656	60.00	894	76.90	1.360	80.24	<b>617.24</b>
<b>M6</b>	340 (8 sacos)	400.00	656	60.00	894	76.90	2.040	120.36	<b>657.36</b>

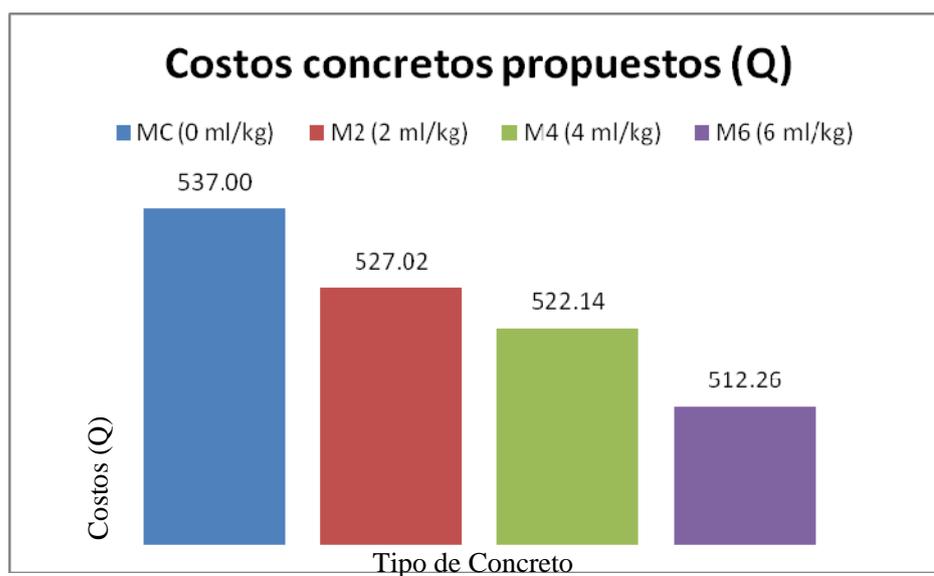
**Figura 15 Costos concretos evaluados**



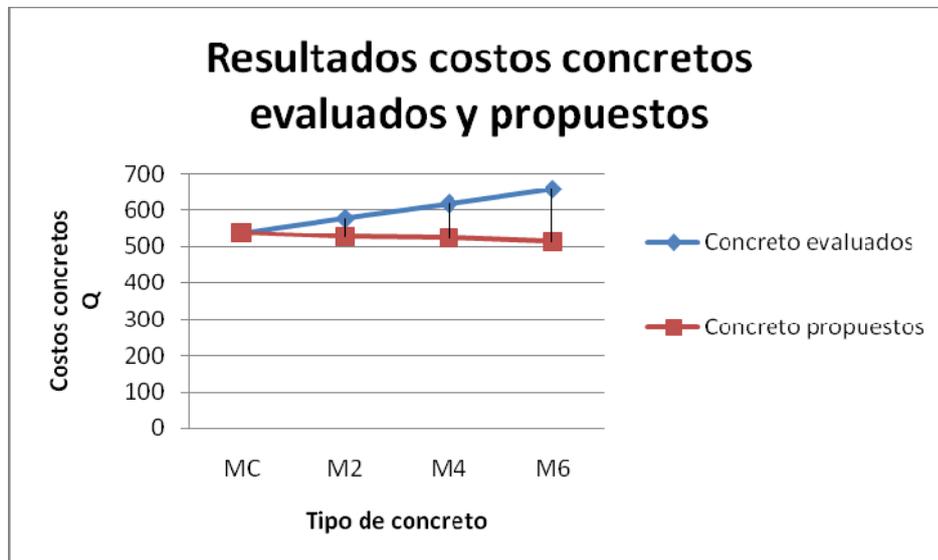
**Tabla XIII Costos de concretos propuestos**

Costos materiales concretos propuestos (m <sup>3</sup> )									
Tipo de concreto	Cemento Q 50.00 (U = sacos 42.5 kg)		Agregado fino Q 91.00 T/métrica		Agregado grueso Q 86.00 T/métrica		Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 – D (Q 59.00/l)		Costo concretos (m <sup>3</sup> )
	Cantidad kg (sacos)	Costo total (Q)	Cantidad (kg)	Costo total (Q)	Cantidad (kg)	Costo total (Q)	Cantidad (l)	Costo total (Q)	
<b>MC</b>	340 (8 sacos)	400.00	656	60.00	894	76.90	0.0	0.0	<b>537.00</b>
<b>M2</b>	297.0 (7 sacos)	350.00	656	60.00	894	76.90	0.680	40.12	<b>527.02</b>
<b>M4</b>	258.0 (6.1 sacos)	305.00	656	60.00	894	76.90	1.360	80.24	<b>522.14</b>
<b>M6</b>	216.0 (5.8 sacos)	290.00	656	60.00	894	76.90	2.040	120.36	<b>507.14</b>

**Figura 16 Costos concretos propuestos**



**Figura 17 Comparación costos concretos evaluados y propuestos**





## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Materiales

#### 5.1.1. Cemento

Se utilizó cemento mezclado tipo ARI de acuerdo a ASTM C-1157, se considera adecuado para la elaboración de mezclas de concreto fluido para usar en la construcción de vivienda en serie, fue el mismo para los dos concretos.

#### 5.1.2. Agregados

Son de uso regular en el laboratorio de SIKA, se consideran adecuados para los propósitos del estudio ya que cumplen con las especificaciones COGUANOR y ASTM aplicables, fueron los mismos para los dos concretos.

#### 5.1.3. Aditivo

Al usar aditivos reductores de agua la resistencia mecánica sigue también la ley de Abrams, es decir es proporcional a la relación a/c del concreto (mayor relación a/c menor resistencia a compresión), por lo que al utilizar aditivos reductores de agua de alto rango obtendremos la máxima resistencia a compresión para un contenido de cemento y trabajabilidad dados. Los aditivos reductores de agua de alto rango permiten una disminución en la relación a/c notoria respecto a las tradicionales, la trabajabilidad también se ve influenciada por la dosificación de cada mezcla. Dosificaciones altas pueden producir inconvenientes como retardo del fraguado excesivo o un aumento en la incorporación de aire. Se utilizó el aditivo reductor de agua de alto rango Sika *Viscocrete* PC 2100 - D, de última generación, se considera adecuado para los propósitos del estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que la dosificación de aditivo tiene una relación directamente proporcional con la resistencia a compresión (mayor dosificación de aditivo, mayor resistencia a compresión), la mezcla identificada como **M6** tiene una resistencia a compresión a los 28 días 77 % más respecto que la del diseño  $f'_{c28} = 17.2$  MPa (176.0 kg/cm<sup>2</sup>), la **M4** un 49 % y la **M2** un 33 % respectivamente, como consecuencia del uso del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 - D.

## 5.2. Concretos

### 5.2.1. Técnica

#### 5.2.1.1. Estado fresco

Los concretos evaluados tenían proporciones y trabajabilidad similares, la relación a/c fue variable en base al ensayo de trabajabilidad así como la dosificación del aditivo usado, calificados como concretos fluidos fueron elaborados en mezcladora mecánica, siendo los procesos iguales para los concretos estudiados.

##### 5.2.1.1.1. Trabajabilidad

Los aditivos reductores de agua de alto rango permiten una disminución notoria en la relación a/c de las mezclas con adiciones respecto a la mezcla control, la trabajabilidad también se ve influenciada por la cantidad de aditivo de cada mezcla. Evaluada por el método del cono de Abrams, midiendo el diámetro obtenido en la plancha, estando los resultados dentro del rango establecido para este parámetro (entre 55 y 65 cm), todos los concretos evaluados cumplen esta condición.

##### 5.2.1.1.2. Temperatura de la mezcla

De acuerdo a los resultados obtenidos el gradiente de temperatura fue normal para los concretos evaluados, teniendo un rango de valores entre 21 y 23 °C.

#### 5.2.1.1.3. Relación a/c

Los aditivos reductores de agua de alto rango permiten una disminución en la relación a/c de las mezclas con aditivos respecto a la mezcla control, de acuerdo a los resultados obtenidos a mayor cantidad de aditivo utilizado menor el valor de la relación a/c, teniendo los resultados siguientes expresados en porcentaje: 76% para la mezcla identificada como **MC**, 69% para **M2**, 54% para **M4** y 52% para **M6**, obteniendo por ende diferencias (reducción de la relación a/c) respecto a la mezcla control **MC** de 7 % para **M2**, 22 % para **M4**, 24 % para **M6**.

#### 5.2.1.1.4. Masa unitaria

La masa unitaria es un parámetro de utilidad al momento de calcular las cargas muertas actuantes en una estructura así como la integración de costos de los materiales. De acuerdo a los resultados obtenidos el uso del aditivo reductor de agua, provoca variación en estos resultados, con valores de 2264.1 kg/m<sup>3</sup> (**MC**), 2192.5 (**M2**), 2297.1 (**M4**) y 2215.0 (**M6**) respectivamente, por lo que no se puede determinar una relación entre estos resultados producto del aire atrapado por el proceso de mezclado, así como del efecto del aditivo utilizado.

#### 5.2.1.1.5. Contenido de aire

El contenido de aire aumenta la resistencia a los ciclos hielo-deshielo del concreto que lo contiene, hace que se varían sus propiedades reológicas, aumentando la cohesión, con lo cual se reduce la tendencia a la segregación y la exudación, lo que facilita su puesta en obra.

De acuerdo a los resultados obtenidos el contenido de aire es directamente proporcional a la dosificación del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 – D (mayor cantidad de aditivo mayor cantidad de aire), obteniendo valores de 0.9 % (**MC**), 4.2% (**M2**), 4.4 % (**M4**) y 6.8 % (**M6**) respectivamente.

#### 5.2.1.1.6. Tiempos de fraguado

El uso del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 - D produjo una disminución en los tiempos de fraguado (inicial y final) respecto a la **MC**, obteniéndose los siguientes resultados **MC** (495, 610 min), **M2** (325, 520 min), **M4** (375, 480 min) y **M6** (480, 600 min) respectivamente.

#### 5.2.1.2. Estado endurecido

##### 5.2.1.2.1. Resistencia a compresión

El desarrollo de resistencia a compresión con respecto a la edad es normal para los concretos evaluados, siendo el  $f'_{c28}$  de diseño de la **MC** de **17.2 MPa (175.8 kg/cm<sup>2</sup>)**, valor que se alcanzó a los 28 días para todas las mezclas, teniendo las mezclas con adición de aditivo un comportamiento directamente proporcional (mayor cantidad de aditivo mayor resistencia a compresión), obteniéndose los siguientes resultados a los 28 días; **MC** (19.5 MPa (199.0 kg/cm<sup>2</sup>)), **M2** (23.0 MPa (234.5 kg/cm<sup>2</sup>)), **M4** (25.8 MPa (263.1 kg/cm<sup>2</sup>)), y **M6** (30.6 MPa (312.0 kg/cm<sup>2</sup>)) respectivamente. Esto muestra que todas las mezclas con adiciones tienen cantidades de cemento arriba de lo necesario para satisfacer el  $f'c$  de diseño.

##### 5.2.1.2.2. Aporte resistencia a compresión/(kg de cemento/m<sup>3</sup>)

El aporte del cemento dentro del desarrollo de resistencia a compresión para los concretos evaluados presenta un comportamiento directamente proporcional entre la cantidad de cemento y el uso del aditivo, siendo sus valores a los 28 días, para la **MC** (0.057 MPa (0.58 kg/cm<sup>2</sup>)), **M2** (0.068 MPa (0.69 kg/cm<sup>2</sup>)), **M4** (0.076 MPa (0.78 kg/cm<sup>2</sup>)) y **M6** (0.090 MPa (0.92 kg/cm<sup>2</sup>)) respectivamente. (ver figura 14)

#### 5.2.1.2.3. Resistencia a flexión

El desarrollo de resistencia a flexión con respecto a la edad es normal para los concretos evaluados, obteniéndose los siguientes resultados a los 28 días; **MC** (3.7 MPa (37.0 kg/cm<sup>2</sup>)), **M2** (3.8 (39.0)), **M4** (4.6 MPa (47.0 kg/cm<sup>2</sup>)), y **M6** (4.9 MPa (50.0 kg/cm<sup>2</sup>)), respectivamente, esto da un comportamiento directamente proporcional entre la cantidad de aditivo dosificado y la resistencia a flexión obtenida.

#### 5.2.2. Evaluación económica

Se tomó como criterio de comparación entre los concretos evaluados y propuestos la cantidad de cemento/m<sup>3</sup> y la dosificación de aditivo/m<sup>3</sup> utilizadas en cada caso, respecto al diseño de la **MC**.

##### 5.2.2.1. Concretos evaluados

Para los concretos evaluados la causa de variaciones en sus costos son las diferentes dosificaciones del aditivo Sika Viscocrete PC 2100 – D, utilizando la misma cantidad de cemento en su diseño. Estos presentan un comportamiento directamente proporcional respecto al uso del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 - D (mayor cantidad de aditivo mayor costo). Se tomó como criterio de comparación el costo/m<sup>3</sup> de la **MC** (Q 537.00), obteniéndose para la **M2** (Q 577.12), **M4** (Q 617.24) y **M6** (Q 657.36) respectivamente, con diferencias/m<sup>3</sup> respecto a la **MC** de **M2** (7 % (Q 40.12)), **M4** (15 % (Q 80.24)) y **M6** (22 % (Q 120.36)) respectivamente.

##### 5.2.2.2. Concretos propuestos

Para los concretos propuestos la causa de variaciones en sus costos son las diferentes dosificaciones del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 – D, utilizando diferentes cantidades de cemento en su diseño. Estos presentan un comportamiento inversamente proporcional respecto al uso del aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D (mayor cantidad de aditivo menor costo). Se tomó como criterio de comparación el costo/m<sup>3</sup> de la **MC** (Q

537.00), obteniéndose para la **M2** (Q 527.02), **M4** (Q 522.14) y **M6** (Q 507.14) respectivamente, con diferencias/m<sup>3</sup> respecto a la **MC** de **M2** (2 % (- Q 9.88)), **M4** (3 % (- Q 15.00)) y **M6** (6 %(- Q 29.86)) respectivamente.

#### 5.2.2.3. Diferencia de costos concretos evaluados y propuestos.

Para los concretos evaluados y propuestos la causa de variaciones en sus costos son las diferentes dosificaciones del aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D y la cantidad de cemento necesarias para su diseño, siendo las diferencias entre el concreto evaluado y propuestos las siguientes **MC** (Q 0.00)/m<sup>3</sup>, **M2** (Q 9.88)/m<sup>3</sup>, **M4** (Q 14.86)/m<sup>3</sup> y **M6** (Q 29.86)/m<sup>3</sup>. Las dosificaciones utilizadas para el desarrollo del presente estudio, se encuentran en el rango recomendado por el fabricante, por lo que para cada proyecto se deben de evaluar aspectos técnicos y económicos para usar el aditivo de la mejor forma (ver apéndice 3).

## CONCLUSIONES

1. El uso de aditivos reductores de agua tiene incidencia en el comportamiento mecánico y los costos de los concretos donde se aplican.
2. Todos los concretos evaluados alcanzaron el valor del  $f'_{c28}$ , lo que evidencia el aporte que da el uso del aditivo Sika Viscocrete PC 2100 – D en las mezclas de concreto evaluadas.
3. Los materiales utilizados para el estudio fueron adecuados y cumplen con los requerimientos de las normas aplicables.
4. Todos los concretos con adición del aditivo Sika Viscocrete PC 2100 – D obtuvieron valores de resistencia a compresión mayores a los de la **MC**, lo que evidencia que la cantidad de cemento está sobre dosificada para ellas.
5. La dosificación de aditivo reductor de agua es directamente proporcional a los costos de los concretos evaluados e inversamente proporcional a los concretos propuestos, dentro del rango de dosificación sugerido por el fabricante.
6. Todos los concretos evaluados con adición del aditivo Sika Viscocrete PC 2100 – D tienen costos mayores a los de la **MC**
7. Todos los concretos propuestos con adición del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 – D tienen costos menores a los de la **MC**.



## **RECOMENDACIONES**

1. Dependiendo de la magnitud de cada proyecto es importante evaluar el uso de aditivos dentro de los concretos especificados.
2. Dar a conocer al interesado la importancia del uso adecuado del aditivo Sika Viscocrete PC 2100 – D en las mezclas de concreto.
3. Antes de utilizar aditivos reductores de agua en mezclas de concreto, es conveniente realizar pruebas preliminares a efecto de obtener la dosificación adecuada de acuerdo al proyecto.
4. Evaluar la relación beneficio-costos con otros aditivos de acuerdo a la metodología aplicada en el presente estudio.
5. Buscar la relación con empresas dedicadas a la comercialización de aditivos a efecto de actualizar constantemente a profesores y estudiantes en este tema.
6. Evaluar el uso del aditivo Sika Viscocrete PC 2100 – D en condiciones de clima diferentes.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sánchez de Guzmán Diego. **Tecnología del concreto y del mortero**. Colombia Bhandar editores 2001.
2. Ortiz Evelyn. Calidad de agregados producidos en Guatemala. Trabajo de Graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006.
3. American Society for Testing and Material (ASTM); **ASTM International**, West Conshohocken, PA, USA. Octubre, 2004.
4. SIKA. Documento técnico SIKA Viscocrete. Concreto autocompactante, Enero, 2001.
5. Directrices europeas para el hormigón autocompactante. Especificaciones, producción y uso. 2006.
6. Chutàn Muñoz, Rudy Artemio. Concreto auto compactado experimentación en Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
7. De la Peña, Bernardo. Vernal A. Rodrigo. **Nuevos aditivos reductores de agua, su aporte a la tecnología del hormigón**. Sika Chile, 2002



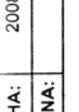
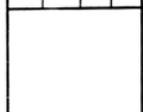
## BIBLIOGRAFÍA

1. Sánchez de Guzmán, Diego. **Tecnología del concreto y del mortero**. 5 ed. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Bhandar Editores Ltda., 2001. 349 pp.
2. American Society for Testing and Material (ASTM); **ASTM International**, West Conshohocken, PA, USA. Octubre, 2004.
3. COGUANOR. **Normas relacionadas con la industria de la Construcción**.
4. **Aditivos y adiciones del concreto, normas y aplicaciones**. [www.imcyc.com/biblioteca/bibliodigital.html](http://www.imcyc.com/biblioteca/bibliodigital.html). julio, 2005.
5. Instituto de Ingeniería, Comisión Federal de electricidad. **Manual de Tecnología del concreto**. Volúmenes 1, 2,3. México. LIMUSA, Noriega, editores, 1994
6. Chutàn Muñoz, Rudy Artemio. **Concreto auto compactado experimentación en Guatemala**. Trabajo de Graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
7. SIKA. Documento técnico SIKA Viscocrete. Concreto autocompactante, Enero, 2001.

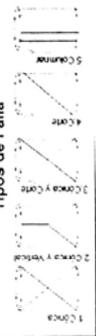


## APÉNDICES

1. Informes de laboratorio Centro Tecnológico Cementos Progreso, Ordenes de Trabajo Nos. 10499 (06/02/08), 10666 (03/03/08), 10550 (13/02/08) y 10666-1 (03/03/08).
2. Informe interno Sika (proporcionamiento y tiempos de fraguado concretos)
3. Ficha técnica del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 – D

CEMENTOS PROGRESO S. A. <b>CENTRO TECNOLÓGICO</b> 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181										OT: 10499				
										FECHA: 2008-02-06				
CLIENTE: SIKVA GUATEMALA S.A. DIRECCIÓN: 48 Ave. 2-43, Col. El Rosario, Zona 7 de Mixco CONTACTO: ING. VICTOR NAJERA TELÉFONO: 2327-4200										PÁGINA: 1/1				
PROCEDENCIA: ADITIVO SIKVA VISCORETE PC 2100 - D, SIKVA MEXICANA PROYECTO: EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO, EN CONCRETOS FLUIDOS ANALISTAS: EDUARDO OLIVA										 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio				
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO														
ASTM C-39														
Cilindro No.	Ubicación Mezcla	Flujo (cm)	Rel. A/C	%Aire	M.U. (kg/cm <sup>3</sup> )	Fecha de Hchura	Fecha de Ensayo	Edad (dias)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm <sup>2</sup> )	Resistencia N/mm <sup>2</sup>	Resistencia lb/pulg <sup>2</sup>	Tipo de Falla
Lab.	Obra													
1	MC-1	PRUEBA	60.50	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18363.32	6.56	952	1
2	MC-2	PRUEBA	60.50	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18302.37	6.73	976	1
3	MC-3	PRUEBA	60.50	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18241.51	6.82	989	1
4	M2-1	PRUEBA	57.00	0.69	4.20	2452.47	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18271.93	7.77	1127	1
5	M2-2	PRUEBA	57.00	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18332.83	8.55	1240	1
6	M2-3	PRUEBA	57.00	0.69	4.70	2492.47	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18332.83	8.78	1273	1
7	M4-1	PRUEBA	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18271.93	11.16	1619	1
8	M4-2	PRUEBA	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18241.51	11.41	1655	1
9	M4-3	PRUEBA	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18302.37	10.85	1574	1
10	M6-1	PRUEBA	61.00	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18241.51	10.97	1591	1
11	M6-2	PRUEBA	61.00	0.52	6.80	2214.91	2009-02-05	2008-02-06	1	2500	18302.37	11.00	1596	1
12	M6-3	PRUEBA	61.00	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-02-06	1	2500	18302.37	10.59	1536	1

Observaciones:



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

Documento CETEC  
 AUTORIZADA  
 1009-03-18

**CEMENTOS PROGRESO S. A.**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera  
 Tel: 22864178 Fax: 22864181

<b>OT:</b>	10510
<b>FECHA:</b>	2008-02-08
<b>PÁGINA:</b>	1/1

<b>Cliente:</b>	SIKA GUATEMALA, S.A.	<b>Procedencia:</b>	ADITIVO SIKA VISCORETE PG 2100 - D, SIKA
<b>Dirección:</b>	48 AVE. 2-43 COL. EL ROSARIO ZONA 7 DE MIXCO	<b>Proyecto:</b>	EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO EN CONCRETO FLUIDOS
<b>Contacto:</b>	ING. VICTOR NAJERA	<b>Analista(s):</b>	EDUARDO OLIVA
<b>Teléfono:</b>			

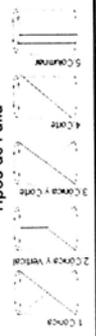
RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO														
Cilindro No.	Lab.	Obra	Ubicación Mezcla	Asent. (mm)	Rel. A/C	%Aire	M.U. (kg/cm <sup>3</sup> )	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Resistencia		Tipo de Falla
												Área (mm <sup>2</sup> )	Masa (kg)	

1	MC 4	DISEÑO	60.50	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18332.83	12.520	11.30	1639	1
2	MC 5	DISEÑO	60.50	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18332.83	12.460	11.63	1687	1
3	MC 6	DISEÑO	60.50	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18302.37	12.430	11.41	1655	1
4	M2 4	DISEÑO	57.00	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18393.84	12.250	14.19	2059	1
5	M2 5	DISEÑO	57.00	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18271.93	12.330	14.22	2063	1
6	M2 6	DISEÑO	57.00	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18241.51	12.190	13.87	2012	1
7	M4 - 4	DISEÑO	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18241.51	12.700	18.96	2749	1
8	M4 - 5	DISEÑO	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18332.83	12.560	20.07	2911	1
9	M4 - 6	DISEÑO	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18302.37	12.590	17.71	2568	1
10	M6 - 4	DISEÑO	61.00	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18363.32	12.330	19.54	2835	1
11	M6 - 5	DISEÑO	61.00	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18271.93	12.290	19.53	2832	1
12	M6 - 6	DISEÑO	61.00	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-02-08	3	2500	18302.37	12.290	18.37	2664	1

**Observaciones:**

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

Documento CETEC  
 Copia Autorizada  
 Fecha: 2009-03-18



**CEMENTOS PROGRESO S. A.**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera  
 Tel: 22864178 Fax: 22864181

**PROGRESO**  
 Centro Tecnológico

OT:	10543
FECHA:	2008-02-12
PAGINA:	1/1
Cliente: SIKÁ GUATEMALA S.A. Dirección: 48 AVE. 2-43 COL. EL ROSARIO ZONA 7 DE MIXCO Contacto: ING. VICTOR NAJERA Teléfono:	Procedencia: ADITIVO SIKÁ VISCORETE PC 2100 - D, SIKÁ Proyecto: EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO EN CONCRETO FLUIDOS Analista(s): EDUARDO OLIVA

RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO														
ASTM C-39														
Cilindro No.	Ubicación Mezcla	Flujo (cm)	Rel. A/C	% Aire	M.U. (kg/cm <sup>3</sup> )	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (dias)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm <sup>2</sup> )	Resistencia		
Lab.	Obra											N/mm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	Tipo de Falla
1	MC 7	DISEÑO	60.50	0.76	0.90	2284.12	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18271.93	14.64	2123	1
2	MC 8	DISEÑO	60.50	0.76	0.90	2284.12	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18302.37	15.63	2267	1
3	MC 9	DISEÑO	60.50	0.76	0.90	2284.12	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18271.93	14.39	2087	1
4	M2 7	DISEÑO	57.00	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18271.93	17.66	2562	1
5	M2 8	DISEÑO	57.00	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18271.93	18.27	2650	1
6	M2 9	DISEÑO	57.00	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18241.51	18.79	2726	1
7	M4 7	DISEÑO	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18302.37	24.81	3599	1
8	M4 8	DISEÑO	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18302.37	23.50	3408	1
9	M4 9	DISEÑO	59.50	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18241.51	24.43	3544	1
10	M6 7	DISEÑO	61.00	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18271.93	22.96	3331	1
11	M6 8	DISEÑO	61.00	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18241.51	23.89	3465	1
12	M6 9	DISEÑO	61.00	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-02-12	7	2500	18302.37	23.46	3403	1

**Observaciones:**

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

Tipos de Falla

Documento CETEC  
 Copia Autorizada  
 Fecha: 1/10/08

**CEMENTOS PROGRESO S. A.**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera  
 Tel: 22864178 Fax: 22864181

Centro Tecnológico

**Cilindro No.:** SIKA GUATEMALA S.A.      **Procedencia:** ADITIVO SIKA VISCORETE PC 2100 - D, SIKA MEXICANA

**Dirección:** 48 Ave. 2-43, Col. El Rosario, Zona 7 de Mixco      **Proyecto:** EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO, EN CONCRETOS FLUIDOS

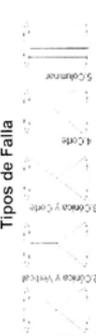
**Contacto:** ING. VICTOR NAJERA

**Teléfono:** 2327-4200      **Analista(s):** EDUARDO OLIVA

RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO												
ASTM C-39												
Cilindro No.	Ubicación Mezcla	Asent. (mm)	Rel. A/C	%Aire	M.U. (kg/cm <sup>3</sup> )	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Tipo de Concreto	Masa (kg)	Área (mm <sup>2</sup> )	Resistencia
Lab. Obra												N/mm <sup>2</sup> lb/pulg <sup>2</sup>
1	MC-10	DISEÑO	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.640	18271.93	20.50      2973
2	MC-11	DISEÑO	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.720	18363.32	20.27      2941
3	MC-12	DISEÑO	0.76	0.90	2264.12	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.590	18363.32	17.67      2563
4	M2-10	DISEÑO	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.400	18332.83	14.39      2087
5	M2-11	DISEÑO	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.300	18241.51	23.45      3401
6	M2-12	DISEÑO	0.69	4.20	2492.47	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.250	18241.51	22.63      3282
7	M4-10	DISEÑO	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.660	18241.51	25.46      3693
8	M4-11	DISEÑO	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.770	18241.51	29.32      4252
9	M4-12	DISEÑO	0.54	4.40	2297.13	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.720	18241.51	25.56      3707
10	M6-10	DISEÑO	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.450	18363.32	29.84      4328
11	M6-11	DISEÑO	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.500	18271.93	31.73      4602
12	M6-12	DISEÑO	0.52	6.80	2214.91	2008-02-05	2008-03-04	28	2500	12.560	18271.93	30.27      4390

**Observaciones:**

Tipos de Falla



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

OT: 10666  
 FECHA: 2008-03-03  
 PÁGINA: 1/1

Ing. Mario de León M.  
 Jefe de Laboratorio

<b>CEMENTOS PROGRESO S. A.</b> <b>CENTRO TECNOLÓGICO</b> 15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera Tel: 22864178 Fax: 22864181		OT: 10550											
		FECHA: 13/02/2008											
		PÁGINA: 1/1											
<b>PROGRESO</b> Centro Tecnológico		 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio											
Cliente:	SIKA DE CUATEMALA, S. A.												
Dirección:	48 Ave. 2-13 Col. El Rosario Zona 7 de Mixco.												
Contacto:	ING. VICTOR NAJERA												
Procedencia:	ADITIVO SIKA VICOCRETE PC 2100-D, SIKA MEXICANA												
Proyecto:	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONOMICA DEL USO D. ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGC EN CONCRETOS FLUIDOS												
Analista(s):	RICARDO RODAS												
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGUETAS DE CONCRETO</b> ASTM C-78													
Viga No. Lab.	Obra	Localización estructura	Toma de Viguetas		Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Masa (kg)	Medidas (mm)			Modulo de Rotura (MR)	
			Por	Lugar					Largo	Ancho	Espesor	N/mm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	MC-1	-	Cliente	Proyecto	06/02/2008	13/02/2008	7	28.600	539.00	152.57	152.34	3.213	33
2	M4-1	-	Cliente	Proyecto	06/02/2008	13/02/2008	7	28.810	537.00	152.18	152.77	3.802	39
3	M6-1	-	Cliente	Proyecto	06/02/2008	13/02/2008	7	28.420	537.00	153.56	152.40	3.837	39
<b>Observaciones:</b>													
Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.													



 <p><b>CEMENTOS PROGRESO S. A.</b>  <b>CENTRO TECNOLÓGICO</b>          15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera          Tel: 22864178 Fax: 22864181</p>		OT: 10666-1										
		FECHA: 2008-03-03										
		PÁGINA: 1/1										
Cliente: SIKA DE GUATEMALA, S. A. Dirección: 48 Ave. 2-43 Col. El Rosario Zona 7 de Mixco Contacto: ING. VÍCTOR NAJERA Teléfono: 2327-4200		 Ing. Mario de León M. Jefe de Laboratorio										
Procedencia: ADITIVO SIKA VIGOCRETE PC 2100-D, SIKA MEXICANA Proyecto: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONOMICA DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO EN CONCRETOS FLUIDOS												
Analista(s): RICARDO RODAS												
<b>RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGUETAS DE CONCRETO</b>												
<b>ASTM C-78</b>												
Viga No.	Localizacion estructura	Toma de Viguetas	Fecha de Hechura	Fecha de Ensayo	Edad (dias)	Masa (kg)	Medidas (mm)			Modulo de Rotura (MR)		
Lab.	Obra	Por	Lugar				Largo	Ancho	Esposor	N/mm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
1	MC-2	Cliente	Proyecto	2008-02-05	2008-03-04	28	28 890	537 00	152 45	152 30	3 670	37
2	M4-2	Cliente	Proyecto	2008-02-06	2008-03-04	28	26 480	538 00	153 19	151 98	4 617	47
3	M6-2	Cliente	Proyecto	2008-02-06	2008-03-04	28	29 150	538 00	153 91	152 17	4 894	50
<b>Observaciones:</b> Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.												
												

Documento CETEC  
 AUTORIZADA  
 Fecha: 2009-02-10



GUATEMALA

## DISEÑO Y AJUSTE DE UNA MUESTRA DE CONCRETO

VN / ICCI 06.06.07

No. Prueba: VNLAB-08-02-001

Fecha: Febrero 04 de 2008

Laboratorista: Angel Monroy

Título: Evaluación Técnica y Económica del uso de Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango, en Concretos Fluidos

Objetivos: Desempeño Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D

## Especificaciones

f'c	175	kg/cm <sup>2</sup>
w/(c+p)	0.76	
TMA	25.40	mm
% aire	-0.4	%
Max Cemento	8	Sacos/m <sup>3</sup>
M.Ruptura	-----	kg/cm <sup>2</sup>
Res. Sulfatos	-----	

## Datos Materias Primas

δ

abs

hum

AG/AF

Proporción

Cemento	ARI	3.08				
Cementante		1.00				
Agua		1.00				
AG1	3/8" San Miguel	2.66	0.85	0.30	60% Gruesos	40%
AG2	1" San Miguel	2.66	0.61	0.40		60%
AF1	Arena L.P. Río	2.46	2.50	9.53	40% Finos	100%
AF2		1.00				0%

Diseño Teórico kg/m<sup>3</sup>lt/m<sup>3</sup>

Cemento	340	110.39
Cementante	0	0.00
Agua	257	257.00
AG1	394	147.97
AG2	590	221.96
AF1	656	266.67
AF2	0	0.00
Vacios	-0.4%	-4.00
Total	2237	1000.00
Viscocrete PC 2100 - D	0.00	ml/kg
		ml/kg
		ml/kg
		ml/kg

## Bache Práctico

0.12 m<sup>3</sup>

Cemento	(kg)	<b>39.4</b>
Cementante	(kg)	<b>0.0</b>
Agua	(kg)	<b>24.9</b>
AG1	(kg)	<b>45.4</b>
AG2	(kg)	<b>68.3</b>
AF1	(kg)	<b>81.4</b>
AF2	(kg)	<b>0.0</b>
Total		259.5
Viscocrete PC 2100 - D	(ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>

## Datos Concreto Fresco

Asentamiento	-----	cm
Peso Unitario	2,264	kg/m <sup>3</sup>
Aire	0.9	%
Extensibilidad	-----	cm
Flujo Cono inv.	60.5	cm
Agua adicional	0	lt
Peso Real	2237.0	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Real	114.61	lt
Rendimiento	0.988	
w/(c+p) real	0.757	
Exudación		Mínima
Apariencia		Balanceada
Plasticidad		Media

Corrección m<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>

Its

Cemento	344	111.69
Cementante	0	0.00
Agua	260	260.38
AG1	398	149.70
AG2	597	224.53
AF1	664	270.04
AF2	0	0.00
Aire	0	-16.33
Total	2264	1000.00
Viscocrete PC 2100 - D	0.00	ml/kg
	0	0.00 ml/kg
	0	0.00 ml/kg
	0	0.00 ml/kg

## Tabla de resultados

f'c (psi)

C1	-----	
C2	-----	
C3	-----	
C4	-----	
C5	-----	
C6	-----	
V1	-----	
V2	-----	
Pérdida de revenimiento		
15 minutos	-----	
30 minutos	-----	
45 minutos	-----	
60 minutos	-----	

## Datos de temperatura

ARI	1" San Miguel
0	Arena L.P. Río
Agua	0
3/8" San Miguel	Concreto:

## Fecha Ensayo a Compresión

C1	-----
C2	-----
C3	-----
C4	-----
C5	-----
C6	-----
C1	-----

f) Rafael Sazo  
Jefe de Laboratoriof) Angel Monroy  
Laboratorista

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE FORMATO, NO SERÁ ALTERADA NI REPRODUCIDA TOTAL NI PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL L.P.M. LOS RESULTADOS SON VALIDOS SOLO PARA MUESTRAS REFERIDAS

Sika Guatemala, S.A., 48 Avenida 2-43 zona 7 Mixco, El Rosario, Guatemala.

Construcción - Confidencial



# DISEÑO Y AJUSTE DE UNA MUESTRA DE CONCRETO

GUATEMALA

VN / ICCI 06.06.07

No. Prueba: VNLAB-08-02-002

Fecha: Febrero 04 de 2008

Laboratorista: Angel Monroy

Título: Evaluación Técnica y Económica del uso de Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango, en Concretos Fluidos

Objetivos: Desempeño Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D

## Especificaciones

f'c	175	kg/cm <sup>2</sup>
w/(c+p)	0.76	
TMA	25.40	mm
% aire	-0.4	%
Max Cemento	8	Sacos/m <sup>3</sup>
M.Ruptura	-----	kg/cm <sup>2</sup>
Res. Sulfatos	-----	

## Datos Materias Primas

		δ	abs	hum	AG/AF	Proporción
Cemento	ARI	3.08				
Cementante		1.00				
Agua		1.00				
AG1	3/8" San Miguel	2.66	0.85	0.30	60% Gruesos	40%
AG2	1" San Miguel	2.66	0.61	0.40		60%
AF1	Arena L.P. Río	2.46	2.50	9.53	40% Finos	100%
AF2		1.00				0%

## Diseño Teórico kg/m<sup>3</sup> lt/m<sup>3</sup>

Cemento	340	110.39
Cementante	0	0.00
Agua	257	257.00
AG1	394	147.97
AG2	590	221.96
AF1	656	266.67
AF2	0	0.00
Vacios	-0.4%	-4.00
Total	2237	1000.00
Viscocrete PC 2100 - D	2.00	ml/kg
		ml/kg
		ml/kg
		ml/kg

## Bache Práctico

0.12 m<sup>3</sup>

Cemento	(kg)	<b>39.4</b>
Cementante	(kg)	<b>0.0</b>
Agua	(kg)	<b>24.9</b>
AG1	(kg)	<b>45.4</b>
AG2	(kg)	<b>68.3</b>
AF1	(kg)	<b>81.4</b>
AF2	(kg)	<b>0.0</b>
Total		259.5
Viscocrete PC 2100 - D	(ml)	<b>78.9</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>

## Datos Concreto Fresco

Asentamiento	-----	cm
Peso Unitario	2,192	kg/m <sup>3</sup>
Aire	4.2	%
Extensibilidad	-----	cm
Flujo Cono inv.	57.0	cm
Agua adicional	-2.62	lt
Peso Real	2214.5	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Real	117.16	lt
Rendimiento	1.010	
w/(c+p) real	0.688	
Exudación		Mínima
Apariencia		Balanceada
Plasticidad		Media

## Corrección m<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup> Its

Cemento	337	109.42
Cementante	0	0.00
Agua	232	231.75
AG1	390	146.67
AG2	584	219.63
AF1	649	263.96
AF2	0	0.00
Aire	0	28.57
Total	2192	1000.00
Viscocrete PC 2100 - D	2.00	ml/kg
	0	0.00 ml/kg
	0	0.00 ml/kg
	0	0.00 ml/kg

## Tabla de resultados

f'c (psi)

C1	-----	
C2	-----	
C3	-----	
C4	-----	
C5	-----	
C6	-----	
V1	-----	
V2	-----	
<b>Pérdida de revenimiento</b>		
15 minutos	-----	
30 minutos	-----	
45 minutos	-----	
60 minutos	-----	

## Datos de temperatura

ARI	-----	1" San Miguel	-----
0	-----	Arena L.P. Río	
Agua	-----	0	
3/8" San Miguel	-----	Concreto:	

## Fecha Ensayo a Compresión

C1	-----
C2	-----
C3	-----
C4	-----
C5	-----
C6	-----
C1	-----

f) Rafael Sazo  
Jefe de Laboratorio

f) Angel Monroy  
Laboratorista

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE FORMATO, NO SERÁ ALTERADA NI REPRODUCIDA TOTAL NI PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL L.P.M. LOS RESULTADOS SON VALIDOS SOLO PARA MUESTRAS REFERIDAS

Sika Guatemala, S.A., 48 Avenida 2-43 zona 7 Mixco, El Rosario, Guatemala.

Construcción - Confidencial



GUATEMALA

## DISEÑO Y AJUSTE DE UNA MUESTRA DE CONCRETO

VN / ICCI 06.06.07

No. Prueba: VNLAB-08-02-003

Fecha: Febrero 04 de 2008

Laboratorista: Angel Monroy

Título: Evaluación Técnica y Económica del uso de Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango, en Concretos Fluidos

Objetivos: Desempeño Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D

### Especificaciones

f'c	175	kg/cm <sup>2</sup>
w/(c+p)	0.76	
TMA	25.40	mm
% aire	-0.4	%
Max Cemento	8	Sacos/m <sup>3</sup>
M.Ruptura	-----	kg/cm <sup>2</sup>
Res. Sulfatos	-----	

### Datos Materias Primas

		δ	abs	hum	AG/AF	Proporción
Cemento	ARI	3.08				
Cementante		1.00				
Agua		1.00				
AG1	3/8" San Miguel	2.66	0.85	0.30	60% Gruesos	40%
AG2	1" San Miguel	2.66	0.61	0.40		60%
AF1	Arena L.P. Río	2.46	2.50	9.53	40% Finos	100%
AF2		1.00				0%

### Diseño Teórico kg/m<sup>3</sup> lt/m<sup>3</sup>

Cemento	340	110.39
Cementante	0	0.00
Agua	257	257.00
AG1	394	147.97
AG2	590	221.96
AF1	656	266.67
AF2	0	0.00
Vacios	-0.4%	-4.00
Total	2237	1000.00
Viscocrete PC 2100 - D	4.00	ml/kg
		ml/kg
		ml/kg
		ml/kg

### Bache Práctico

0.12 m<sup>3</sup>

Cemento	(kg)	<b>39.4</b>
Cementante	(kg)	<b>0.0</b>
Agua	(kg)	<b>24.9</b>
AG1	(kg)	<b>45.4</b>
AG2	(kg)	<b>68.3</b>
AF1	(kg)	<b>81.4</b>
AF2	(kg)	<b>0.0</b>
Total		259.5
Viscocrete PC 2100 - D	(ml)	<b>157.8</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>

### Datos Concreto Fresco

Asentamiento	-----	cm
Peso Unitario	2,297	kg/m <sup>3</sup>
Aire	4.4	%
Extensibilidad	-----	cm
Flujo Cono inv.	59.5	cm
Agua adicional	-8.45	lt
Peso Real	2164.2	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Real	109.29	lt
Rendimiento	0.942	
w/(c+p) real	0.544	
Exudación		Mínima
Apariencia		Balanceada
Plasticidad		Media

### Corrección m<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup> Its

Cemento	361	117.21
Cementante	0	0.00
Agua	196	196.45
AG1	417	156.88
AG2	626	235.46
AF1	696	282.95
AF2	0	0.00
Aire	0	11.05
Total	2297	1000.00
Viscocrete PC 2100 - D	4.00	ml/kg
	0	0.00 ml/kg
	0	0.00 ml/kg
	0	0.00 ml/kg

### Tabla de resultados

f'c (psi)

C1	-----	
C2	-----	
C3	-----	
C4	-----	
C5	-----	
C6	-----	
V1	-----	
V2	-----	
<b>Pérdida de revenimiento</b>		
15 minutos	-----	
30 minutos	-----	
45 minutos	-----	
60 minutos	-----	

### Datos de temperatura

ARI	-----	1" San Miguel	-----
0	-----	Arena L.P. Río	-----
Agua	-----	0	-----
3/8" San Miguel	-----	Concreto:	-----

### Fecha Ensayo a Compresión

C1	-----
C2	-----
C3	-----
C4	-----
C5	-----
C6	-----
C1	-----

f) Rafael Sazo  
Jefe de Laboratorio

f) Angel Monroy  
Laboratorista

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE FORMATO, NO SERÁ ALTERADA NI REPRODUCIDA TOTAL NI PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL L.P.M. LOS RESULTADOS SON VALIDOS SOLO PARA MUESTRAS REFERIDAS

Sika Guatemala, S.A., 48 Avenida 2-43 zona 7 Mixco, El Rosario, Guatemala.

Construcción - Confidencial



GUATEMALA

## DISEÑO Y AJUSTE DE UNA MUESTRA DE CONCRETO

VN / ICCI 06.06.07

No. Prueba: VNLAB-08-02-004

Fecha: Febrero 04 de 2008

Laboratorista: Angel Monroy

Título: Evaluación Técnica y Económica del uso de Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango, en Concretos Fluidos

Objetivos: Desempeño Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D

## Especificaciones

f'c	175	kg/cm <sup>2</sup>
w/(c+p)	0.76	
TMA	25.40	mm
% aire	-0.4	%
Max Cemento	8	Sacos/m <sup>3</sup>
M.Ruptura	-----	kg/cm <sup>2</sup>
Res. Sulfatos	-----	

## Datos Materias Primas

		δ	abs	hum	AG/AF	Proporción
Cemento	ARI	3.08				
Cementante		1.00				
Agua		1.00				
AG1	3/8" San Miguel	2.66	0.85	0.30	60% Gruesos	40%
AG2	1" San Miguel	2.66	0.61	0.40		60%
AF1	Arena L.P. Río	2.46	2.50	9.53	40% Finos	100%
AF2		1.00				0%

Diseño Teórico kg/m<sup>3</sup> lt/m<sup>3</sup>

Cemento	340	110.39
Cementante	0	0.00
Agua	257	257.00
AG1	394	147.97
AG2	590	221.96
AF1	656	266.67
AF2	0	0.00
Vacios	-0.4%	-4.00
Total	2237	1000.00
Viscocrete PC 2100 - D	6.00	ml/kg
		ml/kg
		ml/kg
		ml/kg

## Bache Práctico

0.12 m<sup>3</sup>

Cemento	(kg)	<b>39.4</b>
Cementante	(kg)	<b>0.0</b>
Agua	(kg)	<b>24.9</b>
AG1	(kg)	<b>45.4</b>
AG2	(kg)	<b>68.3</b>
AF1	(kg)	<b>81.4</b>
AF2	(kg)	<b>0.0</b>
Total		259.5
Viscocrete PC 2100 - D	(ml)	<b>236.6</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>
	0 (ml)	<b>0.0</b>

## Datos Concreto Fresco

Asentamiento	-----	cm
Peso Unitario	2,215	kg/m <sup>3</sup>
Aire	6.8	%
Extensibilidad	-----	cm
Flujo Cono inv.	61.0	cm
Agua adicional	-9.46	lt
Peso Real	2155.5	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Real	112.89	lt
Rendimiento	0.973	
w/(c+p) real	0.518	
Exudación		Mínima
Apariencia		Balanceada
Plasticidad		Media

Corrección m<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup> Its

Cemento	349	113.31
Cementante	0	0.00
Agua	181	180.88
AG1	404	151.96
AG2	606	227.92
AF1	675	274.22
AF2	0	0.00
Aire	0	51.71
Total	2215	1000.00
Viscocrete PC 2100 - D	6.00	ml/kg
	0	0.00 ml/kg
	0	0.00 ml/kg
	0	0.00 ml/kg

## Tabla de resultados

f'c (psi)

C1	-----	
C2	-----	
C3	-----	
C4	-----	
C5	-----	
C6	-----	
V1	-----	
V2	-----	
Pérdida de revenimiento		
15 minutos	-----	
30 minutos	-----	
45 minutos	-----	
60 minutos	-----	

## Datos de temperatura

ARI	-----	1" San Miguel	-----
0	-----	Arena L.P. Río	-----
Agua	-----	0	-----
3/8" San Miguel	-----	Concreto:	-----

## Fecha Ensayo a Compresión

C1	-----
C2	-----
C3	-----
C4	-----
C5	-----
C6	-----
C1	-----

f) Rafael Sazo  
Jefe de Laboratoriof) Angel Monroy  
Laboratorista

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE FORMATO, NO SERÁ ALTERADA NI REPRODUCIDA TOTAL NI PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL L.P.M. LOS RESULTADOS SON VALIDOS SOLO PARA MUESTRAS REFERIDAS

Sika Guatemala, S.A., 48 Avenida 2-43 zona 7 Mixco, El Rosario, Guatemala.

Construcción - Confidencial



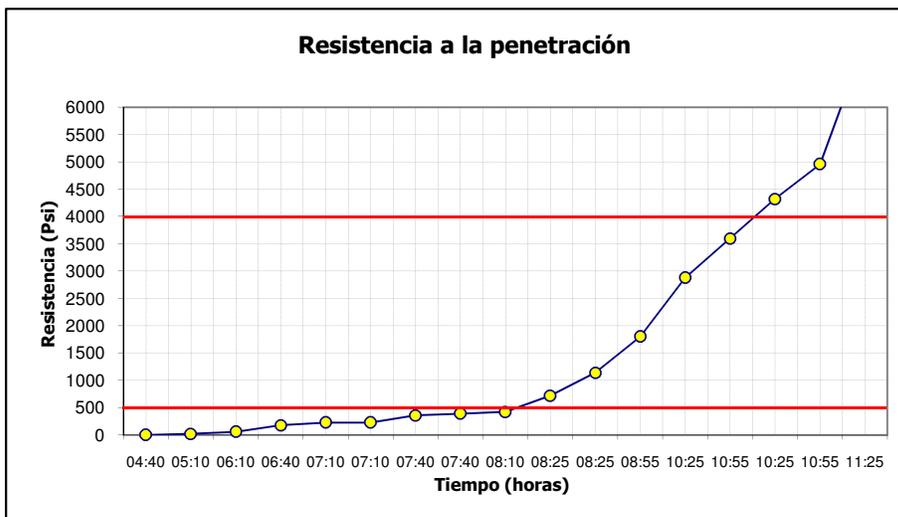
**MÉTODO C-403 TIEMPO DE FRAGUADO**  
**SIKA GUATEMALA, S.A.**  
**48 Av. 2-43, Col. El Rosario, Z. 7 Mixco**

Codigo: **VNLAB-08-02-001**  
 No. Revisión **1**  
 Fecha revisión **01/11/2003**

**C-403 Método Estandar para Tiempo de Fraguado en Mezclas de Concreto por Resistencia a la Penetración**

No. Prueba **VNLAB-08-02-001** Laboratorista: **Angel Monroy**  
 Objetivos **Prueba fraguado Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D** Fecha: **04/02/2008**  
 Tiempo de Inicio: **09:50**  
 Documento Referencia: **VNLAB-08-02-001 Concreto 2503 Prueba fraguado Sika Viscocrete PC 2100 - D**

#	Hora:	Tiempo Real	Diámetro en pulgadas	Carga (Lbs)	Resistencia Penetración (psi)	T Celcius	% Humedad
1	14:30	04:40	1.000	0	0	22.20	60.00
2	15:00	05:10	1.000	22	22	22.50	60.00
3	16:00	06:10	1.000	60	60	22.60	58.00
4	16:30	06:40	1.000	180	180	22.60	60.00
5	17:00	07:10	0.500	114	228	22.60	60.00
6	17:00	07:10	0.500	114	228	22.50	62.00
7	17:30	07:40	0.500	180	360	22.30	60.00
8	17:30	07:40	0.250	98	392	22.30	60.00
9	18:00	08:10	0.250	106	424	22.00	64.00
10	18:15	08:25	0.250	180	720	21.80	64.00
11	18:15	08:25	0.100	114	1140	21.80	64.00
12	18:45	08:55	0.100	180	1800	21.60	65.00
13	19:15	10:25	0.050	144	2880	21.30	65.00
14	19:45	10:55	0.050	180	3600	21.10	65.00
15	20:15	10:25	0.025	108	4320	21.00	66.00
16	20:45	10:55	0.025	124	4960	20.09	68.00
17	21:30	11:25	0.025	180	7200	21.00	68.00



f) Rafael Sazo  
**Jefe de Laboratorio**

f) Angel Monroy  
**Laboratorista**

Confidencial



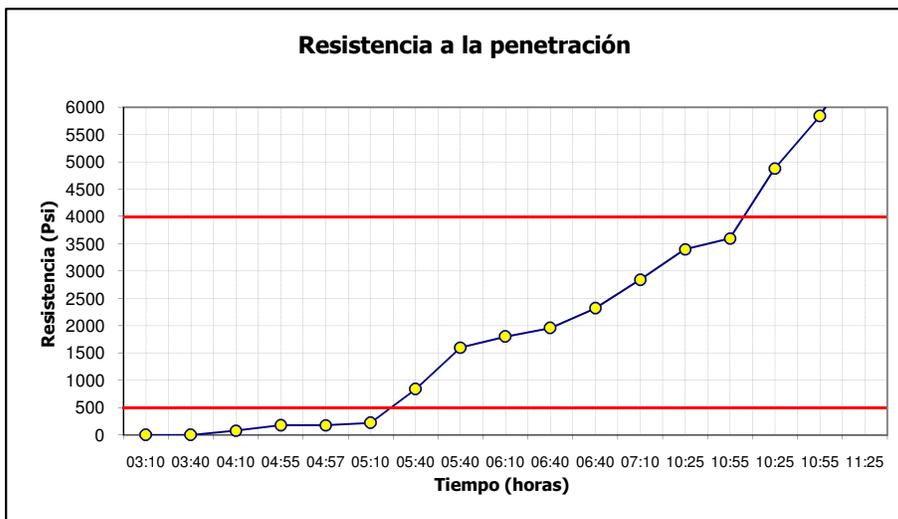
**MÉTODO C-403 TIEMPO DE FRAGUADO**  
**SIKA GUATEMALA, S.A.**  
**48 Av. 2-43, Col. El Rosario, Z. 7 Mixco**

Codigo: **VNLAB-08-02-002**  
 No. Revisión **1**  
 Fecha revisión **01/11/2003**

**C-403 Método Estandar para Tiempo de Fraguado en Mezclas de Concreto por Resistencia a la Penetración**

No. Prueba **VNLAB-08-02-002** Laboratorista: **Angel Monroy**  
 Objetivos **Prueba fraguado Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D** Fecha: **04/02/2008**  
 Tiempo de Inicio: **10:50**  
 Documento Referencia: **VNLAB-08-02-002 Concreto 2503 Prueba fraguado Sika Viscocrete PC 2100 - D**

#	Hora:	Tiempo Real	Diámetro en pulgadas	Carga (Lbs)	Resistencia Penetración (psi)	T Celcius	% Humedad
1	14:00	03:10	1.000	0	0	22.60	60.00
2	14:30	03:40	1.000	0	0	22.60	59.00
3	15:00	04:10	1.000	80	80	22.50	61.00
4	15:45	04:55	1.000	178	178	22.40	60.00
5	15:47	04:57	1.000	180	180	22.00	62.00
6	16:00	05:10	0.500	112	224	22.00	62.00
7	16:30	05:40	0.100	84	840	21.80	64.00
8	16:30	05:40	0.100	160	1600	21.80	65.00
9	17:00	06:10	0.100	180	1800	21.60	65.00
10	17:30	06:40	0.050	98	1960	21.60	65.00
11	17:30	06:40	0.050	116	2320	21.40	65.00
12	18:00	07:10	0.050	142	2840	21.30	66.00
13	18:45	10:25	0.050	170	3400	21.10	66.00
14	19:15	10:55	0.050	180	3600	21.00	66.00
15	20:15	10:25	0.025	122	4880	21.00	66.00
16	20:45	10:55	0.025	146	5840	21.00	66.00
17	21:15	11:25	0.025	180	7200	21.00	66.00



f) Rafael Sazo  
**Jefe de Laboratorio**

f) Angel Monroy  
**Laboratorista**

Confidencial



**MÉTODO C-403 TIEMPO DE FRAGUADO**  
**SIKA GUATEMALA, S.A.**  
**48 Av. 2-43, Col. El Rosario, Z. 7 Mixco**

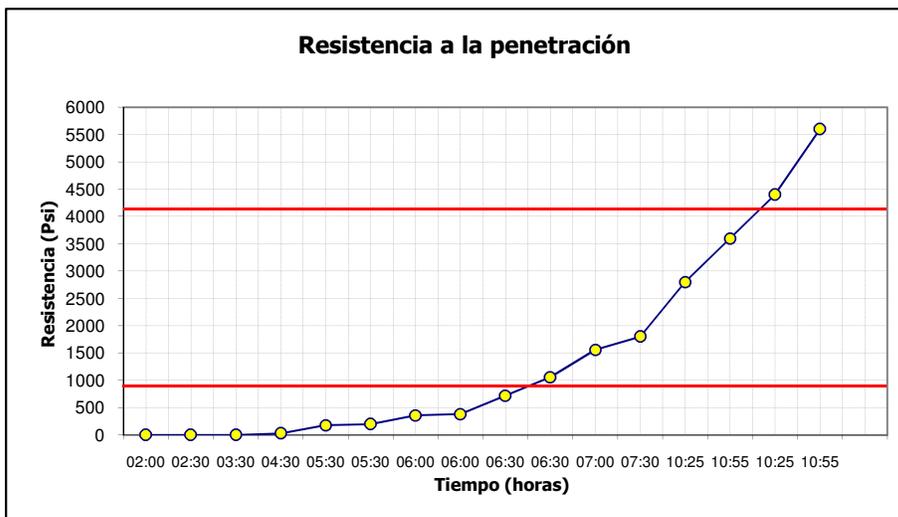
Codigo: **VNLAB-08-02-003**  
 No. Revisión **1**  
 Fecha revisión **01/11/2003**

**C-403 Método Estandar para Tiempo de Fraguado en Mezclas de Concreto por Resistencia a la Penetración**

No. Prueba: **VNLAB-08-02-003** Laboratorista: **Angel Monroy**  
 Objetivos: **Prueba fraguado Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D** Fecha: **04/02/2008**  
 Tiempo de Inicio: **14:00**  
 Documento Referencia: **VNLAB-08-02-003 Concreto 2503 Prueba fraguado Sika Viscocrete PC 2100 - D**

#	Hora:	Tiempo Real	Diámetro en pulgadas	Carga (Lbs)	Resistencia Penetración (psi)	T Celcius	% Humedad
1	16:00	02:00	1.000	0	0	22.50	61.00
2	16:30	02:30	1.000	0	0	22.40	60.00
3	17:30	03:30	1.000	0	0	21.80	64.00
4	18:30	04:30	1.000	30	30	21.30	64.00
5	19:30	05:30	1.000	180	180	21.00	66.00
6	19:30	05:30	0.500	100	200	21.00	66.00
7	20:00	06:00	0.500	180	360	21.00	66.00
8	20:00	06:00	0.250	96	384	21.00	66.00
9	20:30	06:30	0.250	180	720	20.90	68.00
10	20:30	06:30	0.100	106	1060	20.90	68.00
11	21:00	07:00	0.100	156	1560	21.00	68.00
12	21:30	07:30	0.100	180	1800	20.10	69.00
13	21:30	10:25	0.050	140	2800	20.10	69.00
14	22:00	10:55	0.050	180	3600	20.10	69.00
15	22:00	10:25	0.025	110	4400	20.10	69.00
16	23:00	10:55	0.025	140	5600	20.30	70.00

Confidencial



f) Rafael Sazo  
**Jefe de Laboratorio**

f) Angel Monroy  
**Laboratorista**



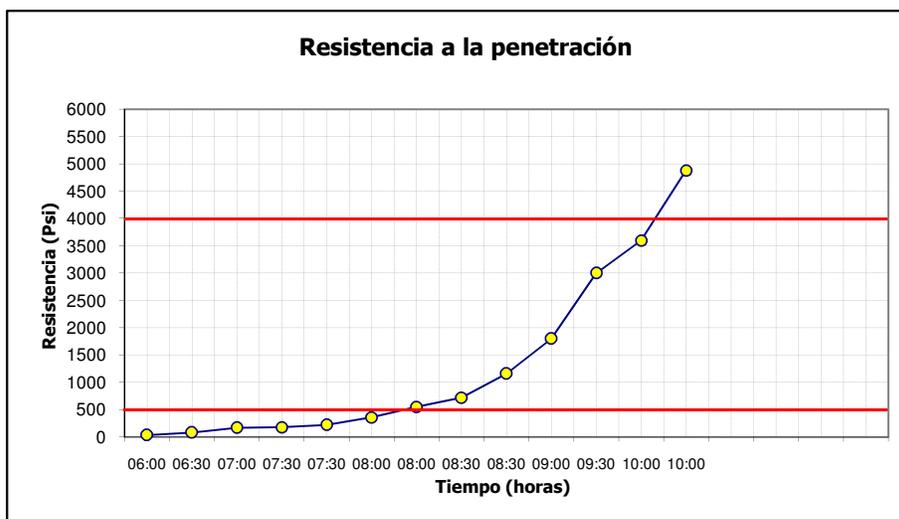
**MÉTODO C-403 TIEMPO DE FRAGUADO**  
**SIKA GUATEMALA, S.A.**  
**48 Av. 2-43, Col. El Rosario, Z. 7 Mixco**

Codigo: VNLAB-08-02-004  
 No. Revisión 1  
 Fecha revisión 01/11/2003

**C-403 Método Estandar para Tiempo de Fraguado en Mezclas de Concreto por Resistencia a la Penetración**

No. Prueba VNLAB-08-02-001 Laboratorista: Angel Monroy  
 Objetivos Prueba fraguado Aditivo Sika Viscocrete PC 2100 - D Fecha: 04/02/2008  
 Tiempo de Inicio: 14:00  
 Documento Referencia: VNLAB-08-02-004 Concreto 2503 Prueba fraguado Sika Viscocrete PC 2100 - D

#	Hora:	Tiempo Real	Diámetro en pulgadas	Carga (Lbs)	Resistencia Penetración (psi)	T Celcius	% Humedad
1	20:00	06:00	1.000	36	36	21.00	66.00
2	20:30	06:30	1.000	82	82	20.90	68.00
3	21:00	07:00	1.000	170	170	21.00	68.00
4	21:30	07:30	1.000	180	180	21.00	69.00
5	21:30	07:30	0.500	112	224	20.90	69.00
6	22:00	08:00	0.500	180	360	20.10	69.00
7	22:00	08:00	0.250	138	552	20.10	69.00
8	22:30	08:30	0.250	180	720	20.30	69.00
9	22:30	08:30	0.100	116	1160	20.30	69.00
10	23:00	09:00	0.100	180	1800	20.30	70.00
11	23:30	09:30	0.050	150	3000	20.50	70.00
12	00:00	10:00	0.050	180	3600	20.40	70.00
13	00:00	10:00	0.025	122	4880	20.40	70.00



f) Rafael Sazo  
**Jefe de Laboratorio**

f) Angel Monroy  
**Laboratorista**

Confidencial

# Sika® ViscoCrete® 2100

## High Range Water Reducing Admixture

<b>Description</b>	<p>Sika ViscoCrete 2100 is a high range water reducer utilizing Sika's 'ViscoCrete' polycarboxylate polymer technology.</p> <p>Sika ViscoCrete 2100 meets the requirements for ASTM C-494 Types A and F.</p>
<b>Applications</b>	<p>Sika ViscoCrete 2100 may be used in both ready mix and precast applications, as a plant added high range water reducer to provide excellent plasticity while maintaining slump for up to 90 minutes. Controlled set times make Sika ViscoCrete 2100 ideal for horizontal and vertical applications.</p> <p>Sika ViscoCrete 2100 is ideal for production of Self Consolidating Concrete (SCC).</p>
<b>Advantages</b>	<p><b>Water Reduction:</b> Sika ViscoCrete 2100 can be dosed in small amounts to obtain water reduction from 10-15%, and will achieve water reduction up to 45% at high dosage rates.</p> <p>Sika ViscoCrete 2100 is suitable for all levels of water reduction.</p> <p><b>High Plasticity:</b> The superplasticizing action of Sika ViscoCrete 2100 provides high-slump, flowing concrete that maintains excellent workability and may be placed with minimal vibration even at very low water cement ratios as low as 0.25.</p> <p>Sika ViscoCrete 2100 plasticized concrete is highly fluid while maintaining complete cohesion within the concrete matrix to eliminate excessive bleeding or segregation.</p> <p><b>Extended Slump Life and Set Control:</b> Sika ViscoCrete 2100 has been formulated to provide controlled and predictable extended slump life for periods of 60 to 90 minutes with normal set times.</p> <p>The combined high range water reduction and superplasticizing action of Sika ViscoCrete 2100 provide the following benefits in hardened concrete:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Higher ultimate strengths allow for greater engineering design flexibility and structural economies.</li><li>■ Reduced water cement ratios produce more durable, dense concrete with reduced permeability.</li><li>■ Highly effective plasticizer reduces surface defects in concrete elements and improves aesthetic appearance.</li></ul> <p>It has been formulated to provide maximum water reduction and extended slump retention at low dosages.</p> <p>Sika ViscoCrete 2100 does not contain formaldehyde, calcium chloride or any other intentionally added chlorides and will not initiate or promote the corrosion of steel present in the concrete.</p>

### How to Use

**Dosage** Dosage rates will vary according to materials used, ambient conditions and the requirements of a specific project. Sika recommends dosage at 2-6 fl. oz. per 100 lbs. (130-390 ml/100 kg) of cementitious for conventional concrete applications. If high slump or Self Consolidating Concrete (SCC) is required, dosage from 6-12 fl.oz./100 lbs. (390-780 ml/100 kg.) of cementitious may be used.

Dosage rates outside the recommended range may be used where specialized materials such as microsilica are specified, extreme ambient conditions are encountered or unusual project conditions require special consideration. Please contact your Sika representative for more information and assistance.

## Mixing

For best superplasticizing results, add Sika ViscoCrete 2100 directly to freshly mixed concrete in the concrete mixer at the end of the batching cycle.

Sika ViscoCrete 2100 may also be dispensed as an integral material during the regular admixture batching cycle, or into freshly mixed concrete in a Ready-Mix truck at the concrete plant or at the job site.

To optimize the superplasticizing effect, after the addition Sika ViscoCrete 2100 Sika recommends that the combined materials be mixed for 80-100 revolutions, either in the concrete mixer or in the Ready-Mix truck.

**Combination with other admixtures:** Sika ViscoCrete 2100 is highly effective as single admixture or in combination with other admixtures in the Sika System. If used in combination with certain Sikament high range water reducers it may affect the plastic properties of fresh concrete. Please contact a Sika representative for further information.

**Combination with microsilica:** Sika ViscoCrete 2100 is particularly well suited for use with microsilica because of its water reduction capability and superior slump control.

## Packaging

Sika ViscoCrete 2100 is available in 55 gallon drum (208 liter), 275 gallon totes (1040 liters) drums and bulk delivery.

## Storage and Shelf-life

Sika ViscoCrete 2100 should be stored at above 35°F (2°C). If frozen, thaw and agitate thoroughly to return to normal state.

Shelf life when stored in dry warehouse conditions between 50°F and 80°F (10°C - 27°C) is one year minimum.

## Typical Data

### Appearance

Light Blue liquid.

### Specific Gravity

Approx. 1.1

### Caution: Irritant

Contains aqueous polymer solution (Mixture). May cause eye/skin/respiratory irritation. May be harmful if swallowed.

### First Aid

**Eyes** – Hold eyelids apart and flush thoroughly with water for 15 minutes. **Skin** – Remove contaminated clothing. Wash skin thoroughly for 15 minutes with soap and water. **Inhalation** – Remove to fresh air. **Ingestion** – Do not induce vomiting. Dilute with water. Contact physician. **In all cases contact a physician immediately if symptoms persist.**

### Handling & Storage

Avoid direct contact. Wear personal protective equipment (chemical resistant goggles/gloves/clothing) to prevent direct contact with skin and eyes. Use only in well ventilated areas. Wash thoroughly with soap and water after use. Remove contaminated clothing and launder before reuse.

### Clean Up

Use personal protective equipment (chemical resistant gloves/ goggles/ clothing). Without direct contact, remove spilled or excess product and place in suitable sealed container. Dispose of excess product and container in accordance with applicable environmental regulations.

KEEP CONTAINER TIGHTLY CLOSED  
NOT FOR INTERNAL CONSUMPTION  
CONSULT MATERIAL SAFETY DATA SHEET FOR MORE INFORMATION

KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN  
FOR INDUSTRIAL USE ONLY

SIKA warrants this product for one year from date of installation to be free from manufacturing defects and to meet the technical properties on the current Technical Data Sheet if used as directed within shelf life. User determines suitability of product for intended use and assumes all risks. Buyer's sole remedy shall be limited to the purchase price or replacement of product exclusive of labor or cost of labor. NO OTHER WARRANTIES EXPRESS OR IMPLIED SHALL APPLY INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. SIKA SHALL NOT BE LIABLE UNDER ANY LEGAL THEORY FOR SPECIAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES. SIKA SHALL NOT BE RESPONSIBLE FOR THE USE OF THIS PRODUCT IN A MANNER TO INFRINGE ON ANY PATENT OR ANY OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS HELD BY OTHERS.

Visit our website at [www.sikaconstruction.com](http://www.sikaconstruction.com)

1-800-933-SIKA NATIONWIDE

**Regional Information and Sales Centers.** For the location of your nearest Sika sales office, contact your regional **East**er.

**North Central**  
150 Ben Fairless Dr.  
Fairless Hills, PA 19030  
Phone: (215) 295-6600  
Fax: (215) 295-6851

1682 Marion Williamsport Rd.  
Marion, OH 43302  
Phone: (800) 851-2545  
Fax: (614) 382-6454

**South Central**  
315 North Ebrite  
Mesquite, TX 75149  
Phone: (972) 289-6480  
Fax: (972) 289-5721

**West**  
12767 East Imperial Hwy  
Santa Fe Springs, CA 90670  
Phone: (562) 941-0231  
Fax: (562) 941-4762



Quality Certification Numbers: Lyndhurst: FM 69711 (ISO 9000), FM 70421 (QS 9000), Marion: FM 69715, Kansas City: FM 69107, Santa Fe Springs: FM 69408

Sika and Sikament are registered trademarks. Made in USA. Printed in USA.

