

86  
2ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO  
DE ADITIVOS EN MEZCLAS DE  
CONCRETO HIDRAULICO"

## T E S I S

Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL  
p r e s e n t a:

**FRANCISCO DE JESUS RIOS ESPINOZA**



ASESOR DE TESIS:

ING. LUIS CANDELAS RAMIREZ

MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-130/92,

Señor:  
RIOS ESPINOZA FRANCISCO DE JESUS.  
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Luis Candelas Ramirez, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE ADITIVOS  
EN MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO**

- I.- INTRODUCCION
- II.- GENERALIDADES
- III.- ADITIVOS DISPERSANTES
- IV.- FLUIDIFICANTES
- V.- ACELERANTES DE RESISTENCIAS
- VI.- CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 06 de julio de 1992.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR\*rmta

AGRADEZCO:

A MI ESPOSA OLGA Y A MI HIJA JENIFFER:

PORQUE TODO LO QUE SOY SE LOS DEBO A ELLAS, PORQUE TODA MI VIDA ES PARA ELLAS, Y PORQUE GRACIAS A SU PRESENCIA TENGO EL SUFICIENTE ANIMO PARA SEGUIR ADELANTE. Y GRACIAS A LA VALENTIA DE MI ESPOSA Y DE MI HIJA, NUESTRA VIDA SE EXPANDE HACIA HORIZONTES MEJORES.

"ES LA PROPIA CONVICCION DE LA TAREA QUE SE ACOMETE - y de la importancia que eso tiene - LO QUE PUEDE CUBRIR DE GLORIA NUESTROS MINUTOS"

ELLAS FORMAN PARTE DE MI  
Y LES DEDICO ESTE TRABAJO.

AMAR, AMAR, AMAR, AMAR SIEMPRE CON TODO  
EL SER Y CON LA TIERRA Y CON EL CIELO,  
CON LO CLARO DEL SOL Y LO OSCURO DEL LODO:  
AMAR POR TODA CIENCIA Y AMAR POR TODO ANHELO.

Y CUANDO LA MONTAÑA DE LA VIDA  
NOS SEA DURA Y LARGA Y ALTA Y LLENA DE ABISMOS,  
AMAR LA INMENSIDAD QUE ES DE AMOR ENCENDIDO  
¡Y ARDER EN LA FUSIÓN DE NUESTROS PECHOS MISMOS!

¡ LAS QUIERO !

AGRADEZCO:

A MI FAMILIA:

A MI MAMÁ, SILVIA ESPINOZA  
A MI PAPÁ, FRANCISCO RÍOS  
A PABLO  
A DAVID  
A ADRIANA  
A ISRAEL

PORQUE EL ORGULLO DE ELLOS, ES MI ORGULLO; PORQUE SE QUE ELLOS GOZARÁN TANTO COMO YO DE ESTE LOGRO; PORQUE AL IGUAL QUE UN RÍO PUEDE ALCANZAR SU META AL APRENDER A SORTEAR LOS OBSTÁCULOS QUE SE LE PRESENTAN EN SU CAMINO, NUESTRA FAMILIA A LOGRADO PREVALECER GRACIAS A LA PERSEVERANCIA DE TODOS NOSOTROS.

**¡ GRACIAS A TODOS !**

A JAVIER:

POR SU AYUDA INDIRECTA, PERO QUE CONTRIBUYÓ PARA QUE YO LOGRASE MIS OBJETIVOS.

**AGRADEZCO:**

**AL INGENIERO LUIS CANDELAS RAMÍREZ, POR SU PACIENCIA, Y POR AYUDARME A DAR EL ÚLTIMO PASO QUE ME FALTABA, ADEMÁS POR ALENTARME EN LA LUCHA POR LA CONSECUCCIÓN DE MIS OBJETIVOS.**

**GRACIAS A SU AYUDA POR FIN LOGRE CUMPLIR CON UNO DE MIS OBJETIVOS.**

**" EL ÉXITO SE DEBE MÁS A LA PERSEVERANCIA Y AL SENTIDO COMÚN.....QUE AL GENIO "**

# VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE ADITIVOS EN MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

## I N D I C E

CARTA DE ACEPTACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
INTRODUCCIÓN.....	10
I.-GENERALIDADES	
1.-INFORMACIÓN GENERAL.....	11
1.2 Razones para el empleo de aditivos.....	11
1.2.1 Modificación del concreto fresco, del mortero y de la lechada.....	11
1.2.2 Modificación del concreto, del mortero y de la lechada endurecidos.....	12
1.3 Aspectos económicos en el empleo de aditivos(cuanto).....	12
1.4 Precauciones en el empleo de aditivos(como).....	13
2.-PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN.....	13
2.1 Preparación y almacenamiento.....	14
2.2 Dosificación.....	14
2.3 Equipo de dosificación.....	15
2.3.1 Sistemas de dosificación líquida.....	15
2.3.2 Sistemas de dosificación seca.....	16
2.4 Mantenimiento y protección.....	16
II.-AGENTES REDUCTORES DE AGUA (DISPERSANTES)	
II.1.- DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES (¿Que son los dispersantes?).....	17
II.2.- COMO SON LOS ADITIVOS DISPERSANTES.....	18
II.3.- PORQUE SON UTILIZADOS LOS ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA ,( ARA[Aditivo reductor de agua]).....	18
II.4.- CUANDO SON USADOS LOS ADITIVOS DISPERSANTES (reductores de agua) Y COMO SON USADOS.....	20
En el concreto fresco.....	20
En el concreto endurecido.....	20

II.5.- VENTAJAS ECONÓMICAS QUE RESULTAN DEL USO DE UN ADITIVO REDUCTOR DE AGUA.....	22
II.5.1 Pruebas de concretos con aditivo reductor de agua.....	23
Cemento.....	23
Agregados.....	23
Análisis de agregados y curvas granulométricas.....	24,24 BIS, 25 y 26
Aditivo dispersante.....	27
Diseño de la mezcla.....	27
Tiempos de fraguado.....	28
Resultados de resistencia.....	29
Ajuste de una curva representativa.....	29
Observaciones.....	31
 Pruebas de mezclas de concreto con diferentes consumos de cemento 250, 350 y 450 kg de cemento/m <sup>3</sup> de concreto.....	32
Resultados de resistencia a la compresión.....	33
Ajuste de una curva representativa.....	33
EFICIENCIA DEL ADITIVO DISPERSANTE.....	36
Comparativa #1.....	36
Comparativa #2.....	36

### III.- ADITIVOS FLUIDIFICANTES DE ALTO RANGO O SUPERFLUIDIFICANTES

III.1.- DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES (¿Que son los aditivos superfluidificantes?).....	39
III.2.- PORQUE SE HACE NECESARIO EL USO DE ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES, Y CUANDO ES RECOMENDABLE SU UTILIZACIÓN.....	41
III.2.1 Aplicaciones.....	43
III.2.1.1 Aplicaciones del concreto superfluidificado de elevado revenimiento (Superplastificado).....	43
III.2.1.2 Aplicaciones del concreto superfluidificado con reducción de agua.....	44
III.3.- COMO SE UTILIZAN LOS ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES (Manejo y dosificación).....	45
III.3.1 Concreto superfluidificado de alto revenimiento.....	46
III.3.1.1 Dosificación.....	47
III.3.1.2 Trabajabilidad.....	47
III.3.1.3 Presiones laterales contra la cimbra.....	48
III.3.1.4 Propiedades del concreto endurecido.....	49
III.3.2 Concreto superfluidificado con reducción de agua.....	50
III.3.2.1 Dosificación.....	51
III.3.2.2 Propiedades del concreto fresco.....	51
III.3.2.3 Propiedades mecánicas.....	52
III.3.2.4 Contracción.....	53
III.3.2.5 Fluencia.....	53



III.3.2.6 Durabilidad.....	54
III.3.3 Conclusiones.....	54
III.4.- PRUEBAS DEL USO DE UN ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE EN MEZCLAS DE CONCRETO.....	56
Cemento.....	56
Agregados.....	56
Análisis de agregados y curvas granulométricas.....	57, 58
Aditivo superfluidificante.....	59
Diseño de la mezcla.....	59
Pérdida de revenimiento.....	61
Gráficas.....	62
Tiempos de fraguado.....	63
Resultados de resistencia.....	69
Módulo elástico.....	73
Peso volumétrico.....	74
Resistencia a la compresión y módulo elástico.....	74

#### IV.- ADITIVOS ACELERANTES DE RESISTENCIA.

IV.1.- GENERALIDADES.....	75
IV.2.- QUE ES EL CLORURO DE CALCIO.....	76
IV.3.- COMPUESTOS ORGÁNICOS SOLUBLES.....	77
IV.4.- DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	77
IV.5.- EFECTOS SOBRE EL CONCRETO FRESCO Y EL CONCRETO ENDURECIDO.....	80
IV.5.1 Tiempo de fraguado.....	80
IV.5.2 Inclusión de aire.....	80
IV.5.3 Calor de hidratación.....	80
IV.5.4 Resistencia.....	80
IV.5.5 Cambios de volumen.....	81
IV.5.6 Resistencia a las heladas.....	81
IV.5.7 Resistencia a los sulfatos.....	81
IV.5.8 Corrosión de metales.....	81
IV.6.- EVALUACIÓN Y SELECCIÓN.....	81
IV.7.- DOSIFICACIÓN.....	82
IV.8.- PROPORCIONES PARA CONCRETO.....	82
IV.9.- CONTROL DEL CONCRETO.....	82
IV.10.- PRUEBAS DE USO DE UN ADITIVO ACELERANTE DE RESISTENCIA EN MEZCLAS DE CONCRETO.....	83
Cemento.....	83
Agregados.....	83
Análisis de agregados y curvas granulométricas.....	84, 85
Aditivo acelerante de resistencia.....	86
Diseño de la mezcla.....	86
Tiempos de fraguado.....	87

Resultados de resistencia.....	92
Módulo elástico.....	94
Peso volumétrico.....	94
Resistencia a la compresión y módulo elástico.....	95

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
---	----

VI.- BIBLIOGRAFÍA.....	100
------------------------	-----

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo se tratará el tema relacionado con las ventajas y desventajas que resultan de la utilización de aditivos en mezclas de concreto hidráulico. Se abordarán los aspectos como la experiencia que sobre el tema tienen otros países, y la experiencia propia resultado de la elaboración de mezclas de prueba con su consiguiente obtención de conclusiones.

A través de estos estudios se tratará de demostrar cuales son las ventajas o desventajas que resultasen como consecuencia de la utilización de aditivos en mezclas de concreto hidráulico.

Para realizar los estudios correspondientes, se tuvieron que realizar mezclas de prueba, utilizando los aditivos elegidos para ser estudiados, se evaluaron los mismos realizando varias pruebas las cuales se realizaron de acuerdo a los criterios ya establecidos en la NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM) correspondiente a la prueba que se realizó

En este trabajo se ilustran los resultados obtenidos de manera didáctica, así como la manera en que se efectuaron, de manera que los métodos utilizados puedan ser estudiados y aprovechados por otros alumnos.

Pasemos pues al objeto de nuestro estudio.

## **I.-GENERALIDADES.**

### **I.- INFORMACION GENERAL.**

La norma ASTM C-125: Definiciones estándar. Términos relacionados con concreto y agregados para concreto y la Cement and Concrete Terminology: ACI SP-19 definen un aditivo como: "Un material diferente del agua, de los agregados y del cemento hidráulico que se emplea como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.

En éste informe se tratará sobre 3 de los aditivos comúnmente reconocidos, y usados en empresas premezcladoras.

Los aditivos pueden emplearse para modificar las propiedades del concreto haciéndolo más adecuado para determinado trabajo, o por economía, o con otros propósitos tales como el ahorro de energía.

En algunos casos (por ejemplo en el de la resistencia a la congelación-deshielo) un aditivo puede ser el único medio de alcanzar el resultado deseado. En otros casos, los objetivos deseados pueden lograrse mediante cambios en la composición o dosificación de la mezcla de concreto y no mediante el empleo de un aditivo.

### **I.2.-RAZONES PARA EL EMPLEO DE ADITIVOS.**

algunos de los fines más importantes para los que se utilizan los aditivos son:

#### **1.2.1.-MODIFICACIÓN DEL CONCRETO FRESCO, DEL MORTERO Y DE LA LECHADA.**

- Para, aumentar la trabajabilidad sin incrementar el contenido de agua, ó para reducir el contenido de agua con la misma trabajabilidad.
- Para retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.
- Para reducir o evitar el sangrado.
- Para reducir la segregación.
- para mejorar la penetración y la bombeabilidad.
- para reducir la tasa de pérdida de revenimiento.

## 1.2.2 MODIFICACIÓN DEL CONCRETO ,DEL MORTERO Y DE LA LECHADA ENDURECIDOS.

- Para retardar o reducir la evolución de calor durante el endurecimiento temprano.
- Para acelerar la tasa de desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- Para incrementar la resistencia(a la compresión, a la tensión o a la flexión)
- Para incrementar la durabilidad o resistencia a condiciones severas de exposición.
- Para reducir la permeabilidad de los líquidos.
- Para incrementar la adherencia entre concreto viejo y nuevo.

## 1.3.- ASPECTOS ECONÓMICOS EN EL EMPLEO DE ADITIVOS. (CUANTO)

Para evaluar un aditivo debe observarse su efecto sobre el volumen de determinada mezcla. Si al añadir el aditivo cambia la consistencia, como frecuentemente sucede, el cambio en las propiedades del concreto no sólo se deberá a efectos directos del aditivo, sino también a cambios en las cantidades por volumen unitario (fluencia) de los componentes originales.

Todos éstos cambios en la composición del volumen unitario de concreto deben tomarse en cuenta al examinar el efecto directo del mismo aditivo y al estimar el costo del empleo de un aditivo.

También debe tomarse en cuenta el costo cuando se utilice un componente adicional, así cualquier efecto que pueda tener el empleo de un aditivo sobre el costo de transportación, colado y acabado del concreto. Frecuentemente, un aditivo permite la aplicación de métodos de construcción o de diseño menos costosos, para compensar cualquier incremento en el costo debido al uso de un aditivo. Por ejemplo, del empleo de aditivos retardantes han resultado diseños novedosos y económicos de unidades estructurales. Dichos aditivos permiten el colado de grandes volúmenes de concreto durante períodos mayores minimizando, de ésta manera, la necesidad de cimbrar, colar y unir unidades separadas. Las propiedades físicas que se requieren en concretos ligeros se logran comúnmente con pesos unitarios menores, mediante el uso de aditivos inclusores de aire y de aditivos reductores de agua.

## 1.4.- PRECAUCIONES EN EL EMPLEO DE ADITIVOS. (COMO)

Los aditivos deben usarse de acuerdo con las especificaciones aplicables de la ASTM ó con otras especificaciones. Debe prestarse especial atención a las instrucciones proporcionadas por el fabricante del aditivo. Un aditivo debe utilizarse sólo después de haber evaluado apropiadamente sus efectos; hay que probarlo de preferencia con los materiales particulares y en las condiciones de utilización. Esta evaluación es particularmente importante cuando:

- 1.- Se especifican tipos especiales de cemento.
- 2.- Se va a emplear más de un aditivo.
- 3.- El mezclado y el colado se llevan cabo a temperaturas por arriba o por abajo de las temperaturas de colado generalmente recomendadas.

Además debe señalarse que:

- Muchos aditivos afectan a más de una de las propiedades del concreto, alterando adversamente, algunas propiedades deseables.
- Algunos factores, tales como el contenido de agua y el contenido de cemento de la mezcla, modifican de manera importante los efectos de algunos aditivos debido al tipo de composición granulométrica del agregado y por el tipo y duración del mezclado.

Los aditivos que modifican las propiedades del concreto fresco pueden causar problemas por endurecimiento temprano ó por la prolongación de tiempos de fraguado. La causa de un comportamiento de fraguado anormal debe determinarse mediante estudios acerca de cómo dichos aditivos afectan la hidratación del cemento. El endurecimiento temprano a veces es causado por cambios en la velocidad de la reacción entre las fases de aluminato tricálcico y la de sulfato. Una sobredosis de aditivo puede causar un efecto retardante indebido que afecte adversamente la hidratación del silicato tricálcico.

La evaluación del costo de cualquier aditivo debe basarse en resultados obtenidos con el concreto de que se trate, en condiciones parecidas a las de la obra; Pues las características del cemento y del agregado, así como sus proporciones relativas, su temperatura, su humedad y sus condiciones de curado influyen en gran medida los resultados obtenidos.

## 2.- PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN.

El empleo exitoso de aditivos depende de la aplicación de un método apropiado de preparación y dosificación. Un descuido en éstas áreas puede afectar significativamente las propiedades y el comportamiento del concreto.

## 2.1.- PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

La preparación de aditivos puede comprender la preparación de soluciones estándar o su dilución para facilitar su dosificación o suministro adecuados.

La preparación puede variar no sólo de acuerdo con el tipo de aditivo, sino también dependiendo del lugar de donde proceda.

Como resultado de lo anterior, deben observarse las recomendaciones del fabricante si existe alguna duda respecto a los procedimientos que vayan a emplearse.

## 2.2.- DOSIFICACIÓN.

La adición de aditivos en una mezcla de concreto comprende no sólo la velocidad de descarga, sino también hacerlo a tiempo durante la secuencia de mezclado. Alterar el tiempo en el que se agrega el aditivo durante el ciclo de mezclado puede, en algunas ocasiones, variar el grado de efectividad del mismo.

Para asegurar una distribución uniforme del aditivo en toda la mezcla de concreto, durante el ciclo de carga, debe ajustarse la velocidad de descarga del aditivo

Es posible que dos o más aditivos no sean compatibles en la misma solución. Es importante, por lo tanto, evitar que se mezclen los aditivos antes de agregarlos a la mezcla, a menos que las pruebas indiquen lo contrario o lo permitan las instrucciones del fabricante.

También puede ser necesario introducir dichos aditivos a la mezcladora en momentos o sitios diferentes durante la carga o el mezclado.

Es importante que el equipo de dosificación cumpla con ciertas normas de tolerancia para asegurar un control de calidad adecuado. Las tolerancias del equipo de dosificación de aditivos deben seleccionarse; Por lo general, la mayoría de las especificaciones recomiendan que las plantas tengan capacidad para dosificaciones volumétricas dentro de una precisión de +3% del volumen requerido o de 15 ml, cualquiera que sea mayor.

La precisión de las dosificadoras por peso debe de estar dentro de +/-3% de la masa requerida. Normalmente las especificaciones también estipulan que el 3% del peso requerido debe ser mayor que el 30% de la capacidad total de la escala de la dosificadora.

## 2.3.- EQUIPO DE DOSIFICACIÓN.

En términos de sistemas de dosificación, los aditivos pueden agruparse en dos categorías:

a) Aquellos materiales agregados a la mezcla en forma líquida que pueden ser dosificados por peso o por volumen.

b) Aditivos en polvo que normalmente se dosifican por peso.

En éste último caso se pueden incluir materiales finamente divididos como las puzolanas naturales, las cenizas volantes, el polvo de sílice, los impermeabilizantes en polvo, y algunos otros.

### 2.3.1.- SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN LÍQUIDA.

Se emplean diversos métodos para la dosificación de aditivos líquidos. Estos incluyen desplazamiento volumétrico positivo, recipientes volumétricos visuales, sistemas de control de tiempo y dosificación por peso. Algunos se pueden aplicar fácilmente con sistemas manuales y semiautomáticos.

*Los dispositivos de desplazamiento volumétrico positivo*, son adecuados para utilizarse con dosificadores automáticos y semiautomáticos, porque se operan fácilmente a control remoto, con entrelazado apropiado en la secuencia de dosificación.

Comprenden medidores de flujo y recipientes de medición equipados con flotadores y sondas. La mayoría de los medidores están calibrados para determinada viscosidad del líquido. Los errores causados por cambios en la viscosidad, debidos a variaciones en la temperatura, pueden evitarse mediante calibración.

En todos los sistemas líquidos se requieren *recipientes volumétricos visuales*. En los sistemas manuales, el operario controla el llenado y la descarga del recipiente con válvulas de operación manual. Existen recipientes de diferentes tamaños para diferentes aditivos y tamaños de planta.

*Los sistemas controladores de tiempo* comprenden la fijación del tiempo de flujo a través de un orificio. Existen diversas variables asociadas con éste sistema que pueden introducir error considerable.

*La dosificación por peso* es otro método para medir la adición de aditivos, pueden emplearse balanzas de brazo o de disco para dosificar con precisión.



Una desventaja de dosificar por peso aditivos líquidos es que la dosis tiene que convertirse de volumen a peso.

### 2.3.2.- SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN SECA.

La dosificación de aditivos minerales puede hacerse fácilmente por peso. Asimismo la dosificación de aditivos como el impermeabilizante, los colorantes, etc... puede hacerse por peso. Cuando se emplean cantidades relativamente pequeñas de aditivos en polvo, es conveniente mezclarlos con material finamente dividido como Cemento Portland, puzolanas o piedra pulverizada. Este procedimiento facilita hacer un pesado preciso. Los aditivos minerales por lo general se introducen satisfactoriamente con el cemento o con otros componentes de la mezcla. Cuando se cargan en una mezcladora mojada, antes que los demás materiales, tienden a pegarse en los costados de la mezcladora. Si se cargan junto con el agua de la mezcla se forman bolas que evitan una distribución uniforme del aditivo durante el ciclo de carga.

### 2.4.- MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN.

Los sistemas de dosificación requieren mantenimiento periódico rutinario para evitar imprecisiones debidas, por ejemplo, a válvulas pegadas, a acumulación de material extraño en los medidores en tanques de mezclado y de almacenamiento, a bombas desgastadas, etc... Es importante que los componentes se protejan del polvo y de temperaturas extremas, y que sean accesibles para la observación visual y para el mantenimiento.

La protección es necesaria no sólo en el sistema de suministro, para proteger tuberías y dispositivos de medición contra daño, sino también en los tanques de almacenamiento y de mezclado para asegurarse de que la solución no se separe y de que haya cambios en su concentración.

Todos los sistemas líquidos deben comprender una válvula de entrada de agua que permita el enjuagado del sistema.

## **II.- AGENTES REDUCTORES DE AGUA. (DISPERSANTES)**

### **II.1.- DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES. (¿QUE SON LOS DISPERSANTES ?)**

Ciertos compuestos orgánicos o mezclas de compuestos orgánicos e inorgánicos se utilizan como aditivos, tanto para concreto con aire incluido como para concreto sin aire incluido, para reducir los requisitos del agua de la mezcla, o para modificar las propiedades del fraguado, o para ambos fines. La disminución de agua da como resultado una adecuada reducción en la relación agua/cemento para una consistencia (revenimiento) y un contenido de cemento dados, o un incremento en la consistencia con la misma relación agua/cemento y el mismo contenido de cemento. Generalmente el efecto del empleo de estos materiales en el concreto endurecido es un incremento en la resistencia a la compresión y alguna reducción en la permeabilidad, así como, en combinación con una adecuada inclusión de aire, una mejor resistencia a la congelación y deshielo. Una reducción en la relación agua/cemento incrementa la resistencia del concreto, pero lo que se gana en resistencia a la compresión a veces es mayor que lo indicado en esa sola relación.

Los aditivos reductores de agua o dispersantes son el grupo de productos que tienen como principal función la capacidad de producir concreto con una trabajabilidad dada, medida por métodos tradicionales como el asentamiento o el factor de compactación, con una relación agua/cemento más baja que la del concreto de referencia sin aditivo.

La primera publicación conocida, referente al uso de pequeñas cantidades de sustancias orgánicas para incrementar la fluidez del cemento fue hecha en 1923, donde se indicaban como útiles para este efecto las sales polimerizadas de naftaleno-sulfonato formaldehído. Esto fue seguido, desde la mitad de la década del año 1930 hasta principios de 1940 por numerosas comunicaciones sobre el uso de lignosulfonatos y composiciones mejoradas.

Los aditivos reductores de agua normales permiten una reducción en la relación agua/cemento, para una trabajabilidad dada, sin que afecten significativamente las características de fraguado del concreto.

## II.2.-COMO SON LOS ADITIVOS DISPERSANTES

Los ácidos lignosulfónicos formaron la base de casi todos los aditivos reductores de agua hasta 1950 en que se desarrollaron las sales de los ácidos hidroxycarboxílicos cuyo empleo ha crecido de forma significativa, pero todavía ocupan una posición minoritaria en éste grupo de productos. A lo anterior, se suma el que otros productos químicos y tipos de aditivos han sido incluidos dentro de las formulaciones de aditivos reductores de agua.

Los materiales que generalmente están disponibles para utilizarse como aditivos reductores de agua, se clasifican dentro de 5 clases generales:

- 1.- Ácidos lignosulfónicos y sus sales. (producto derivado del procedimiento de pulpa de madera.)
- 2.- Modificaciones y derivados de ácidos lignosulfónicos y sus sales.
- 3.- Ácidos carboxílicos hidroxilados y sus sales. (producto químico manufacturado.)
- 4.- Modificaciones y derivados de ácidos carboxílicos hidroxilados y sus sales.
- 5.- Otros materiales, entre los que se incluyen:
  - a) Materiales inorgánicos tales como sales de zinc, boratos, fosfatos y cloruros.
  - b) Aminas y sus derivados.
  - c) Carbohidratos, polisacáridos y ácidos del azúcar.
  - d) Ciertos compuestos poliméricos como éteres de celulosa, derivados de melamina, derivados de naftaleno, silicones y carbohidratos sulfonados.

## II.3.- PORQUE SON UTILIZADOS LOS ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA (ARA)

Los aditivos reductores de agua se utilizan para mejorar la calidad del concreto, obtener resistencias especificadas con menores contenidos de cemento, ó para incrementar el revenimiento de determinada mezcla, sin aumentar el contenido de agua. También pueden mejorar las propiedades de concretos que contienen agregados ásperos o pobremente graduados, o ambos, o pueden emplearse en concretos que se deben colar en condiciones difíciles. Son útiles cuando se cuela concreto por medio de bombeo o cuando se emplea un tubo tremie.

Los aditivos reductores de agua normales permiten una reducción en la relación agua/cemento, para una trabajabilidad dada, sin que afecten significativamente las características del fraguado del concreto. En la práctica éste efecto puede ser utilizado en tres sentidos:

a) Por la adición del aditivo se puede obtener un concreto que tenga la misma trabajabilidad que el concreto de referencia, pero con una relación agua/cemento menor y con resistencias a la compresión que en todas las edades excedan a las del concreto de referencia;

b) Si el aditivo es añadido directamente al concreto como aporte al agua de mezclado prefijada, sin ningún cambio en las proporciones de la mezcla, se obtiene concreto que posee un desarrollo similar de resistencias, pero tiene una mayor trabajabilidad que el concreto de referencia.

c) Un concreto con trabajabilidad y resistencias similares puede ser obtenido con un contenido de cemento mas bajo que el concreto de referencia sin que sean afectadas adversamente la durabilidad o las propiedades estructurales del concreto.

En los tres sentidos de uso, éste aditivo puede ser contemplado como un "economizador" del cemento tal y como se expone en la siguiente figura.

Mezclas correspondientes

Resistencia a 28 días >A Trabajabilidad = B	+ ARA - agua	Resistencia a 28 días =>A Trabajabilidad = B
^		
+ cemento :		
:		
Resistencia a 28 días = A Trabajabilidad = B	- agua - cemento ..... + ARA	Resistencia a 28 días = A Trabajabilidad = B
v		
+ cemento :		
+ agua :		
Resistencia a 28 días = A Trabajabilidad = > B	+ ARA	Resistencia a 28 días = A Trabajabilidad => B

Las mezclas correspondientes son, por tanto, mezclas de concreto que tienen la misma trabajabilidad y resistencia a 28 días, pero la mezcla conteniendo el aditivo reductor de agua tendrá un menor contenido de cemento que la otra. En la práctica, por supuesto, los parámetros de trabajabilidad y resistencia se fijan por los requisitos de cada situación; en zona de alto contenido de acero se necesitará una alta trabajabilidad, mientras que en la producción de elementos pretensados se necesita una trabajabilidad muy baja.

Aunque, la comparación gráfica mostrada en la figura anterior es verdad para contenidos de cemento bajos y medios de hasta 350 kg/m<sup>3</sup>, para contenidos mayores de cemento es más

difícil obtener mayores resistencias y trabajabilidad incrementando el contenido de cemento.

Es en esta zona donde los aditivos reductores de agua compuestos por ácidos hidroxicarboxílicos son particularmente beneficiosos, permitiendo obtener considerables incrementos en la resistencia sin el costo e indeseables efectos de grandes incrementos en el cemento.

Los aditivos reductores de agua acelerantes, poseen la capacidad reductora de los de categoría "NORMAL" y dan resistencias más altas durante el primer período de la hidratación, lo cual es particularmente útil a temperaturas más bajas.

#### **II.4.- CUANDO SON USADOS LOS ADITIVOS DISPERSANTES (reductores de agua) Y COMO SON USADOS.**

Cuando la mezcla está diseñada apropiadamente, la mayoría de los concretos no requieren aditivos; éstos no son sustitutivos en la elaboración de un buen concreto, y es difícil que mejoren un concreto pobre. No obstante, pueden presentarse ocasiones en las cuales es muy conveniente utilizar un aditivo con el fin de alcanzar un resultado determinado; lo importante es recordar que un aditivo debe usarse únicamente cuando existe una razón válida.

Los aditivos reductores de agua, son usados en la elaboración de concretos, cuando se requiere mejorar algunas de las condiciones de la pasta, o bien cuando se requiere que dicho concreto presente reacciones favorables a algunos de los agentes a los que está expuesto.

##### **EN EL CONCRETO FRESCO**

- Para aumentar la trabajabilidad, sin incrementar la relación agua/cemento.
- Para reducir el sangrado.

##### **EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

- Para aumentar la resistencia al ser reducida la relación agua/cemento.

Como los aditivos se añaden a las mezclas de concreto en cantidades pequeñas, se deben usar solamente cuando se pueda ejercer un elevado grado de control en el procedimiento de la mezcla.

Una dosis incorrecta, es decir, poco o demasiado aditivo puede afectar la resistencia y otras propiedades del concreto.

Independientemente del aditivo que se utilice, conviene tener presente algunas recomendaciones generales:

- 1.- Cerciorarse de que las especificaciones de la obra permiten su uso; algunas prohíben utilizar determinados aditivos.
- 2.- Verificar que se está usando el aditivo apropiado y nunca hay que utilizar uno de envase no marcado; leer la etiqueta del envase para saber si requiere condiciones especiales de almacenamiento.
- 3.- Revisar que se conozca y emplee la dosis correcta para cada lote.
- 4.- Los aditivos líquidos (dispersantes) se deben agregar con un surtidor que mida exactamente la cantidad requerida; generalmente el proveedor del aditivo proporciona dicho surtidor y da instrucciones para su manejo.
- 5.- Diariamente, antes de comenzar a mezclar el concreto, verificar que el surtidor esté proporcionando la dosis correcta y, al terminar las labores del día, lavarlo perfectamente.
- 6.- Ya que es difícil garantizar que el aditivo se distribuya uniformemente en todo el concreto, los aditivos líquidos deben agregarse en el agua de la mezcla, antes de vaciarla a la revoladora. Cuando esto no sea posible, como cuando se suministran a mano con un recipiente, mezclar el concreto un poco más de tiempo.

Los aditivos reductores de agua incrementan la fluidez de la pasta de cemento y, en una mezcla determinada pueden incrementar la trabajabilidad sin aumentar la relación agua/cemento, ó pueden mantener la misma trabajabilidad reduciendo la relación agua cemento.

Los aditivos reductores de agua pueden ser usados cuando se necesitan obtener algunos de los siguientes beneficios: (tal y como ya se mencionó en el anterior capítulo)

- 1.- Cuando se necesite aumentar la fluidez, pudiéndose entonces como consecuencia de agregar un aditivo aumentar la cohesión y disminuir la segregación en mezclas de gran trabajabilidad, reduciendo el contenido de agua pero conservando esa misma trabajabilidad.
- 2.- Se reduce el sangrado, como consecuencia de que se reduce a su vez el contenido de agua, pero se conserva la misma trabajabilidad.
- 3.- Cuando se necesite disminuir el contenido de agua, lo que trae como consecuencia que se aumente la resistencia del concreto, conservando siempre la misma trabajabilidad.
- 4.- Cuando se quiera disminuir el contenido de cemento, mientras se mantienen la relación agua cemento y la misma resistencia,

disminuyendo el contenido de agua, pero conservando constante la trabajabilidad.

La dosis necesaria es pequeña, entre 0.1 y 0.25 litros por 50 kg de cemento, y se debe agregar a la mezcla utilizando un surtidor. La dosis exacta depende de las proporciones de la mezcla y de la granulometría, siendo esenciales las pruebas para obtener la cantidad óptima.

Una sobredosis puede causar retardo en el fraguado, y se ha informado de casos en el que el concreto se ha retardado hasta 3 días, cuando por equivocación se agregó diez veces la dosis normal; la sobredosis no aumenta necesariamente la trabajabilidad y, por lo tanto, puede no notarse en el concreto fresco.

## II.5.- VENTAJAS ECONÓMICAS QUE RESULTAN DEL USO DE UN ADITIVO REDUCTOR DE AGUA.

En la elaboración del concreto, se requiere el diseño y proporcionamiento adecuado, de aquellos ingredientes que son indispensables para lograr la producción de un concreto con una determinada resistencia. Tales cantidades de material para la elaboración de la mezcla, son las óptimas necesarias para lograr las características deseadas en el concreto, ya sea en estado fresco, o estado endurecido.

Cuando por necesidades de costo de el ingrediente principal del concreto, que es el cemento, es necesario la adición de otra sustancia por medio de la cual se garantiza que no se alterarán los resultados terminales de una mezcla de concreto ya sea fresco o endurecido, se hace entonces necesario el estudio de las ventajas económicas que traerá consigo dicha modificación a la manera con la que tradicionalmente se elabora el concreto.

Al usar aditivos reductores de agua, es posible reducir el contenido de cemento en proporción a la reducción del contenido de agua, conservando así, la misma relación agua/cemento. Dicha reducción en la cantidad de cemento trae consigo un considerable ahorro de dinero, en el costo por metro cúbico de concreto.

En éstas condiciones, es decir, con la misma relación agua/cemento, por lo general se observa algún incremento adicional en la resistencia, porque éstos aditivos incrementan la eficiencia de hidratación del cemento, ya que como se mencionó anteriormente, ocasionan un retardo en el fraguado del concreto.

Para ilustrar, y ocasionalmente comprobar las afirmaciones hechas en éste capítulo sobre las características y resultados que son obtenidos al hacer uso de aditivos reductores de agua, se llevaron a cabo algunos estudios de laboratorio, los cuales fueron llevados a cabo siguiendo fielmente las indicaciones contenidas en las NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM) a través de

las cuales se señalan los procedimientos a seguir para poder evaluar correctamente mezclas de concreto en estado fresco y endurecido.

Corresponde entonces en éste capítulo, mostrar los resultados obtenidos al estudiar mezclas de concreto, las cuales contenían aditivos reductores de agua.

### II.5.1.- PRUEBAS DE CONCRETOS CON ADITIVO REDUCTOR DE AGUA

En éste informe, se pretende evaluar la calidad del aditivo reductor de agua usado, mencionando el ahorro que se obtiene al ser reducida la cantidad de agua y por lo tanto la relación agua/cemento para diferentes dosificaciones de aditivo, pero siempre utilizando la misma cantidad de cemento y los mismos agregados.

Las pruebas que se van a comparar son: revenimiento y relación agua/cemento, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, tiempo de fraguado; todas ellas comparadas con otras pruebas similares de una mezcla testigo (sin aditivo).

Según la NOM C-199, se clasifica como tipo A, a los aditivos reductores de agua y según el texto de la mencionada norma, los aditivos reductores de agua tipo A, son productos que reducen la cantidad de agua y de los materiales cementantes, que serían necesarios en una mezcla similar de concreto sin el aditivo, para producir consistencias y resistencias a la compresión determinadas.

#### CEMENTO

El cemento empleado en la elaboración de las pruebas con aditivo reductor de agua es Tipo I NORMAL, marca Tolteca.

#### AGREGADOS

Los agregados utilizados así como su procedencia y características se indican a continuación:

MATERIAL	MINA	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>	ABSORCIÓN %	P x L %	P.V.S. kg/cm <sup>3</sup>	P.V.C. kg/cm <sup>3</sup>	M.F.
GRAVA 20 mm	Peña Blanca	2.365	4.55	—	1339	1462	7.10
ARENA	Peña Blanca	2.39	6.64	14.52	1240	1534	2.56

Se anexan formas, con las curvas granulométricas de éstos materiales.



ESTUDIO DE AGREGADOS - LABORATORIO

FO. 10: \_\_\_\_\_

AGREGADO: GRAVA 3/4 " FECHA DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_  
 PROVEEDOR: \_\_\_\_\_ PROCEDENCIA: Peña Blanca PLANTA: P.D. CENTRAL  
 PESO TOTAL DE LA MUESTRA: 22,380 + 2,55 CONTAMINACION SUPRA: 2.8% INFRA: 10.23%

GRANULOMETRIA		PESO MUESTRA: _____			PERDIDA POR LAVADO		
		RENTENIDOS			ARENA PREVIO SECADO A TEMPERATURA CONSTANTE		
MALLA	PESO (gr)	ARENA %	% ACUM.	PESO (gr)	GRAVA %	% ACUM.	MASA MUESTRA SECA "P <sub>1</sub> " (gr): _____
3"							MASA MUESTRA SECA LAVADA "p" (gr): _____
2"							% MATERIAL FINO PASA CRIDA $f = \frac{P_1 - p}{P_1} \times 100$
1"				0.380	1.7	1.7	% P <sub>1</sub> = _____ x 100 = _____ %
3/4"				5.900	26.36	28.06	EQUIVALENTE DE ARENA
3/8"				11.550	51.61	79.67	LECTURA LIHO: 1a. _____ 2da. _____ 3a. _____
No. 4				4.550	20.33	100.0	LECTURA ARENA: 1a. _____ 2da. _____ 3a. _____
No. 8							PROMEDIO LECTURAS = $\frac{\text{SUMA LECTURAS}}{\text{No. DE LECTURAS}}$
No. 16							LIHO: _____
No. 30							ARENA: _____
No. 50							% EQUIVALENTE DE ARENA = $\frac{\text{PROMEDIO ARENA}}{\text{PROMEDIO LIHO}} \times 100$
No. 100							% C.A. = _____ x 100 = _____ %
CHAROLA							CORRECCION LINEAL
SUMA				22,380		209.4	LECTURAS: _____, _____, _____ " _____ % PACH
M.F.	SUMA % ACUM			SUMA % ACUM			
	5 MALLAS			100	5	7.10	

MASA VOLUMETRICA M.V. = ( P<sub>1</sub> - p ) x FACTOR KG/M<sup>3</sup> P<sub>1</sub> = MASA DEL MATERIAL + TARA ( KG )  
 MASA V. SUELTA = 18,500 x FACTOR = 1,339 KG/M<sup>3</sup> p = MASA TARA EN KG  
 MASA V. COMPACTADA = 20,200 x FACTOR = 1,462 KG/M<sup>3</sup> MASA TARA GRAVA: 5,600  
 FACTOR ARENA: \_\_\_\_\_ FACTOR GRAVA: 72.39

MASA ESPECIFICA ( SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA )  
 GRAVA =  $\frac{\text{MASA MUESTRA S.S.S. ( KG )}}{\text{LECTURA FINAL - PRODLIA}} = \frac{607.7}{( 757.0 - 500 )} = 2.365$  KG/CM<sup>3</sup>  
 ARENA =  $\frac{\text{Masa}}{\text{C + D - E}} = \dots$  G/CM<sup>3</sup>

ABSORCION  
 % ABSORCION =  $\frac{D - A}{A} \times 100 = \frac{666.0 - 637.0}{637.0} \times 100 = 4.55$  %  
 D = MASA MUESTRA S.S.S. ( gr ) 637.0  
 A = MASA MUESTRA SECA ( MASA CONSTANTE ) ( gr )

SINBOLOGIA: C = MASA PICHOMETRO CON AGUA D = MASA MUESTRA F = MASA PICHOMETRO CON MUESTRA  
 OBSERVACIONES: Estudio hecho, para utilizar resultados en colados con editiva  
Tomó muestra en planta FRANCISCO RIOS.  
 REFERENCIAS: NON-C-73, NON-C-77, NON-C-84, NON-C-164, NON-C-166, NON-C-170

REALIZO: \_\_\_\_\_ SUPERVISO: \_\_\_\_\_



Carga

C. A. R. S. A.

GERENCIA TÉCNICA

GT-31  
ESTUDIO DE AGREGADOS

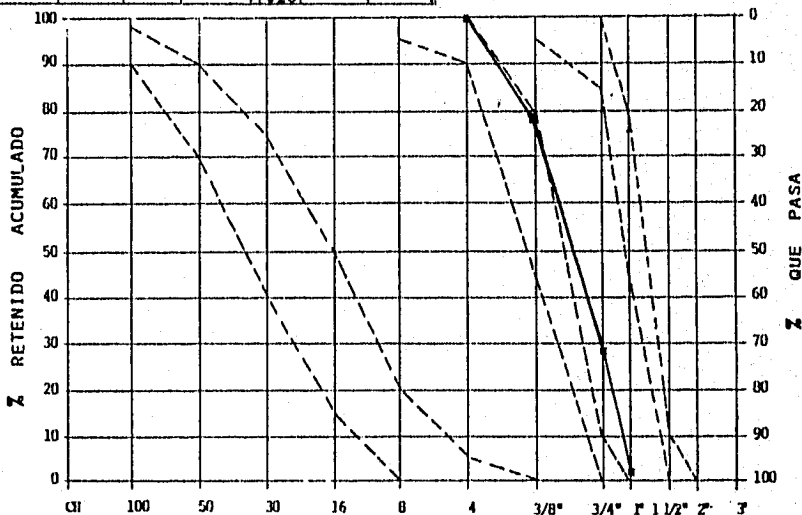
PROVEEDOR: \_\_\_\_\_ PROCEIDENCIA: Peña Blanca PLANTA: CENTRAL FECHA: \_\_\_\_\_

PROPIEDADES GRANULOMÉTRICAS						PROPIEDADES FÍSICAS			
MALLA	% RETENIDOS						ARENA	GRAVA 1	GRAVA 2
	ARENA		GRAVA 1		GRAVA 2				
	PARCIAL	ACUM	PARCIAL	ACUM	PARCIAL	ACUM			
3"								2.365	
2"								4.55	
1 1/2"								1.339	
1"			1.70	1.70				1.462	
3/4"			26.36	28.06					
3/8"			51.61	79.67					
No. 4			20.33	100.00					
No. 8									
No. 16									
No. 30									
No. 50									
No. 100									
CANTIDA									
SUM A				209.43					
M. P.				7.10					

MUESTRA ENSAYADA KG	24.93
---------------------	-------

NOTAS: estudio para pruebas con aditivos.  
GRAVA PEÑA BLANCA DISPERSANTE  
REFERENCIAS: NOM-C-73 NOM-C-77 NOM-C-84  
NOM-C-164 NOM-C-165 NOM-C-170  
REALIZO: \_\_\_\_\_  
SUPERVISO: FRANCISCO RIOS.



ESTUDIO DE AGREGADOS - LABORATORIO

FOLIO: \_\_\_\_\_

AGREGADO: ARENA AZUL FECHA DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_

PROVEEDOR: \_\_\_\_\_ PROCEDENCIA: Peña Blanca PLANTA: P.D. CENTRAL

PESO TOTAL DE LA MUESTRA: 14,600 + 3,180 CONTAMINACION SUPRA: 17.9 % INFRA: \_\_\_\_\_

GRANULOMETRIA		PESO MUESTRA: _____				PERDIDA POR LAVADO	
		RELATIVOS				ARENA PREVIO SECADO A TEMPERATURA CONSTANTE	
MALLA	PESO (gr)	ARENA %	% ACUM.	PESO (gr)	GRAVA %	% ACUM.	MASA MUESTRA SECA "P <sub>1</sub> " (gr): <u>551.0</u>
3"							MASA MUESTRA SECA LAVADA "p" (gr): <u>471.0</u>
2"							% MATERIAL FINO PASA CRIBA $0.075 = \frac{P_1 - p}{P_1} \times 100$
1 1/2"							% P <sub>1</sub> = $\frac{551.0 - 471.0}{551.0} \times 100 = \underline{14.52}$ %
3/4"							<u>551.0</u>
3/8"							EQUIVALENTE DE ARENA
No. 4							LECTURA LIRO: 1a. _____ 2da. _____ 3a. _____
No. 8	<u>80.0</u>	<u>16.3</u>	<u>16.3</u>				LECTURA ARENA: 1a. _____ 2da. _____ 3a. _____
No. 16	<u>103.1</u>	<u>21.0</u>	<u>37.3</u>				PROMEDIO LECTURAS = $\frac{\text{SUMA LECTURAS}}{\text{No. DE LECTURAS}}$
No. 30	<u>87.0</u>	<u>17.7</u>	<u>55.0</u>				LIRO: _____
No. 50	<u>67.7</u>	<u>13.8</u>	<u>68.8</u>				ARENA: _____
No. 100	<u>48.4</u>	<u>9.9</u>	<u>78.7</u>				% EQUIVALENTE DE ARENA = $\frac{\text{PROMEDIO ARENA}}{\text{PROMEDIO LIRO}} \times 100$
CHAROLA	<u>104.4</u>	<u>21.3</u>	<u>100.0</u>				% E.A. = _____ x 100 = _____ %
SUMA	<u>490.6</u>	<u>100.0</u>	<u>256.1</u>				CONTRACCION LINEAL
N.F.	SUMA % ACUM			SUMA % ACUM	+ 5		LECTURAS: _____ % PROM
	5 MALLAS		<u>2.56</u>				

MASA VOLUMETRICA N.V. = $(P_1 - p) \times \text{FACTOR KG/M}^3$	$P_1$ = MASA DEL MATERIAL + TARA (KG)
MASA V. SUELTA = <u>5.9</u> x FACTOR = <u>1240</u> KG/M <sup>3</sup>	p = MASA TARA EN KG
MASA V. COMPACTADA = <u>7.3</u> x FACTOR = <u>1534</u> KG/M <sup>3</sup>	MASA TARA GRAVA: _____
	MASA TARA ARENA: <u>3,200</u> kg
	FACTOR ARENA: <u>210.10</u> FACTOR GRAVA: _____

MASA ESPECIFICA (SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA)	
GRAVA = $\frac{\text{MASA MUESTRA S.S.S. (KG)}}{\text{LECTURA FINAL - PROCEJA}}$	KG/CM <sup>3</sup>
ARENA = $\frac{D}{E \cdot D - I}$	$\frac{500 \text{ gr}}{409 - 200} = \underline{2.39}$ G/CM <sup>3</sup>

ABSORCION	$\frac{B - A}{A} \times 100 = \frac{(626.4 - 587.4)}{587.4} \times 100 = \underline{6.64}$ %
B = MASA MUESTRA S.S.S. (gr)	
A = MASA MUESTRA SECA (MASA CONSTANTE) (gr)	

SIMBOLOGIA: C = MASA PICHONETRO CON AGUA D = MASA MUESTRA E = MASA PICHONETRO CON MUESTRA

OBSERVACIONES: Estudio de arena para hacer colinos con edulivon Humedad: 5.27.9 gr.

Tomó muestra en la planta Enrique Cruz. Pesar: 491.9 gr. % humedad: 2.73%

REFERENCIAS: NOM-C-73, NOM-C-77, NOM-C-84, NOM-C-164, NOM-C-166, NOM-C-170

REALIZO: Fco. Pias SUPERVISO: \_\_\_\_\_



C. A. R. S. A.  
GERENCIA TÉCNICA

GT-31  
ESTUDIO DE AGREGADOS

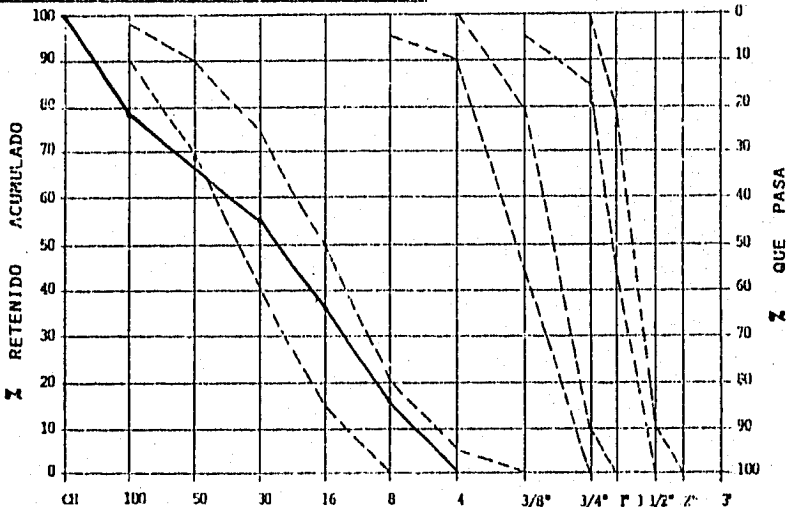
PROVEEDOR: \_\_\_\_\_ PROCEDENCIA: Peña Blanca PLANTA: CENTRAL FICIA: \_\_\_\_\_

MALLA	PROPIEDADES GRANULOMÉTRICAS						PROPIEDADES FÍSICAS	ARENA	GRAVA 1	GRAVA 2
	% RETENIDOS									
	ARENA		GRAVA 1		GRAVA 2					
	PARCIAL	ACUM	PARCIAL	ACUM	PARCIAL	ACUM				
3"							2.32			
2"							6.64			
1 1/2"										
1"										
3/4"										
3/8"										
No. 4										
No. 8	16.3	16.3								
No. 16	21.0	37.3								
No. 30	17.7	55.0								
No. 50	13.8	68.8								
No. 100	9.9	78.7								
CIENGA	21.3	100.0								
SUMMA	100.0	256.1								
M. P.		2.56								

MUESTRA ENSAYADA KG	17.78		
---------------------	-------	--	--

NOTAS: ARENA PEÑA BLANCA  
 Estudio Adit. DISPERSANTE  
 REFERENCIAS: NM-C-73 NM-C-77 NM-C-84  
 NM-C-164 NM-C-165 NM-C-170  
 REALIZO: Estudio para pruebas con adit.  
 SUPERVISO: Fco. Ríos.



### ADITIVO DISPERSANTE (Reductor de agua)

Sólo se utilizó un aditivo dispersante, para realizar el estudio, aclarando que en el mercado existen varias marcas de aditivos dispersantes, las cuales varían en su composición y dosificación, con lo cual producirían tal vez resultados diferentes a los obtenidos en las pruebas que se realizaron con el aditivo elegido.

Se eligió por lo tanto el aditivo Plastocrete, de Sika Mexicana, el cual se dosifica a razón de 2.5 cc por cada kg de cemento (proporción dada por el proveedor).

### DISEÑO DE LA MEZCLA

Para poder obtener el proporcionamiento base de la mezcla que se ensayaría, se tuvieron que hacer las siguientes consideraciones:

-De acuerdo a la NOM C-255 los estudios con aditivos se realizan utilizando un consumo de cemento de  $310 \text{ kg/m}^3 \pm 5 \text{ kg/m}^3$ , pero se decidió usar un C.C.= $300 \text{ kg/m}^3$ .

-Se utilizó grava andesítica con agregado de tamaño máximo de  $3/4" = 20 \text{ mm}$ .

-El agregado fino se utilizó contaminado con grava, pues no se clasificó en la malla #4, pero se corrigió el proporcionamiento por contaminación.

-El revenimiento de proyecto para todas las mezclas fue de 10 cm.

-En la tabla anexa, se muestran las características de diseño teóricas y reales de cada una de las mezclas ensayadas. Las características reales están obtenidas en base al agua de diseño sobrante o adicionada a la mezcla cuando se concluyó el estudio y ajustando el volumen a 1000 litros.

-Para las pruebas de cada mezcla elaborada, se empleó el mismo proporcionamiento que la mezcla testigo, adicionando el aditivo al agua de mezclado.

-También se corrigió la mezcla por humedad y absorción de los materiales.

CARACT. TEORICA	TIPO DE MEZCLA	CONSUMO CEMENTO KG/M <sup>3</sup>	RELACION A/C	PESO VOL. OBT. KG/M <sup>3</sup>	PESO UNITARIO KG/M <sup>3</sup>	REVENIMIENTO CM	ASPECTO	CONSUMO DE AGUA LTM <sup>3</sup>	% REDUCC. AGUA
C.C.=300 KG/M <sup>3</sup> A/C=0.667 N/A=46 P.V.T.# 2169 KG/M <sup>3</sup> REV=10 CM	TESTIGO	299.9	0.667	2168	2090	10.0	LIG. GRAVOSO	200.0	-----
	PLASTO-CRETE A 2.5 cc/kg DE CEMENTO	299.8	0.657	2174	2183	10.6	BUENO	197.2	1.4
	PLASTO-CRETE A 5 cc/kg DE CEMENTO	304.2	0.619	2185	2191	9.3	BUENO	188.2	5.9

### TIEMPOS DE FRAGUADO

Una vez elaboradas las mezclas, y luego que se hubieron obtenido todos los datos y parámetros que correspondía obtener al concreto en estado fresco, el siguiente paso es obtener información de el comportamiento de el concreto en su etapa de fraguado, luego de que se hubieron elaborado los especímenes adecuados para llevar a cabo tal prueba.

Se hicieron las siguientes consideraciones:

-La determinación del tiempo de fraguado se le hizo a las 3 mezclas elaboradas, cada una con un consumo de cemento de 300 kg/m<sup>3</sup>, siguiendo las indicaciones de la NOM C-177.

-Dicha determinación se llevó a cabo dentro de una habitación con temperatura controlada.

-Los resultados obtenidos se indican en la siguiente tabla, indicando el tiempo en el que se presenta el fraguado inicial, el fraguado final y el defasamiento con respecto a la mezcla testigo.

PARÁMETRO	T. FRAGUADO INICIAL HORAS:MINUTOS	DEFASAMIENTO HORAS:MINUTOS	T. FRAGUADO FINAL HORAS:MINUTOS	DEFASAMIENTO RESPECTO MEZCLA TESTIGO	DURACIÓN DEL FRAGUADO
TESTIGO	4:38	---	6:30	---	1:52
PLASTOCRETE A 2.5 cc/kg DE CEMENTO	5:10	0:32	6:55	0:25	1:45
PLASTOCRETE A 5 cc/kg DE CEMENTO	6:20	1:42	8:08	1:38	1:48

Como se puede apreciar, una sobredosificación de aditivo dispersante no influye significativamente en el fraguado del concreto

## RESULTADOS DE RESISTENCIA

La tabla siguiente muestra los resultados de resistencias a la compresión a las edades indicadas; según procedimiento indicado en la NOM C-83.

### ESTUDIO DEL ADITIVO DISPERSANTE (reductor de agua) RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PARÁMETRO	CONSUMO DE CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	
		7 DÍAS	28 DÍAS
TESTIGO	300	167	216
PLASTOCRETE A 2.5 cc/kg DE CEMENTO	300	209	256
PLASTOCRETE A 5 cc/kg DE CEMENTO	300	207	276

### AJUSTE DE UNA CURVA REPRESENTATIVA

En base a los resultados de resistencia obtenidos, se ajustó una curva de proyección de resultados a las edades de 7 días y a la edad específica de cada uno de los parámetros. La curva es polinómica para lo cual se usa el método de interpolación de NEWTON y se encuentra el polinomio buscado.

$$y_k = Y_0 + k\Delta y_0 + \frac{k(k-1)}{2!} (\Delta^2 y_0) + \frac{k(k-1)(k-2)}{3!} (\Delta^3 y_0) + \frac{k(k-1)(k-2)(k-3)}{4!} (\Delta^4 y_0) + \dots$$

donde  $k = (X_k - X_0) / h$

$\Delta$  = diferencia

### ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Aplicando los datos obtenidos en la tabla de "RESULTADOS DE RESISTENCIA" se obtuvieron:

X	y	$\Delta y$	$\Delta^2 y$
0	216		
x=x.....		40	
2.5	256		-20
		20	
5.0	276		

Interpolando para el valor de  $x=x$  se tiene que como sólo se puede obtener hasta la 2ª diferencia, por lo tanto el grado del polinomio será "2"

Sustituyendo valores en la formula de NEWTON tenemos:

$$k = (x_k - x_0) / h$$

$h$  = Es el espaciamento entre los valores de " $x$ ", debe ser constante.

$x_k$  = Valor de " $x$ " para el cual deseamos encontrar " $y$ ".

$x_0$  = Es el valor anterior de  $x_k$ .

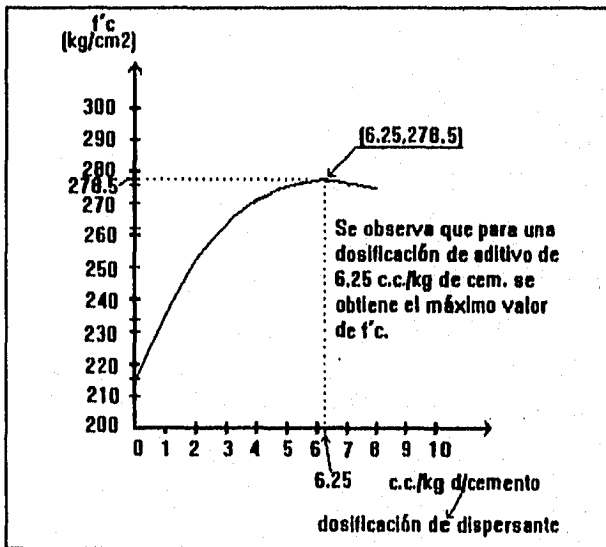
como  $x_k = x$ ,  $x_0 = 0$  y  $h = 2.5$  entonces:  $x_k = ((x-0)/2.5) = x/2.5$

por lo tanto:

$$\begin{aligned} y_k &= 216 + (x/2.5)(40) + ((x/2.5)((x/2.5)-1)/2!)(-20) \\ &= 216 + (40x/2.5) + ((1/2.5)(x)(1/2.5)(x-2.5)/2)(-20) \\ &= 216 + (40x/2.5) + ((1/6.25)(x)(x-2.5)/2)(-20) \\ &= 216 + (40x/2.5) + (1/6.25)(x^2 - 2.5x)(-10) \\ &= 216 + 16x - 1.6(x^2 - 2.5x) \\ &= 216 + 16x - 1.6x^2 + 4x \\ &= 216 + 20x - 1.6x \end{aligned}$$

por lo tanto:  $Y = 216 + 20X - 1.6X^2$  Ecuación para encontrar  $f'c$  a la edad especifica

$Y$  = Resistencia a la compresión a los 28 días (ambos para un consumo de cemento constante =  $300 \text{ kg/m}^3$ )  
 $X$  = Dosificación de aditivo dispersante





**OBSERVACIONES:**

Haciendo una comparación de las f'c obtenidas, para las diferentes dosificaciones de aditivo se tiene que:

-A mayor dosificación de aditivo dispersante se tiene una mayor f'c, pero teniendo como límite la dosificación de 6.25 cc/kg, ya que a partir de este punto ya no aumenta la resistencia, aunque se dosifique más aditivo.

-Al agregar una mayor cantidad de aditivo dispersante, se presenta cada vez un retardo mayor en el fraguado inicial del concreto; por lo que a menor dosificación de aditivo, menor será el retardo en el fraguado inicial.

parámetro	X (dosificación) (min)	Y (tiempo q'tarda en presentarse el fraguado inicial) (min)
mezcla testigo	0.0	278
mezcla # 2	2.5	310
mezcla # 3	5.0	380

Al realizar la regresión de los puntos anteriores, se observa que la curva de regresión será de forma polinómica:

$$y_k = Y_0 + kDy_0 + \frac{k(k-1)}{2!} (D^2y_0) + \frac{k(k-1)(k-2)}{3!} (D^3y_0) + \frac{k(k-1)(k-2)(k-3)}{4!} (D^4y_0) + \dots$$

donde  $k = (X_k - X_0) / h$                        $D = \text{diferencia}$

Y aplicando la formula de NEWTON tenemos:

X	y	Dy	D <sup>2</sup> y
0	278		
x=x.....32			
2.5	310		38
		70	
5.0	380		

Interpolando para el valor de  $x=x$  se tiene que como sólo se puede obtener hasta la 2ª diferencia, por lo que el grado del polinomio será de 2º grado.

Y sustituyendo en la formula de NEWTON tenemos:

$$Y_k = 3.04X^2 + 5.2X + 278$$

Por lo que si se quiere saber cuantos minutos tardaría en presentarse el fraguado inicial en una mezcla de concreto a la se le dosificaron cantidades de 6, 6.25 y 7 cc/kg de dispersante tendríamos:

p a r a m e t r o	X (dosificación) (min)	Y (tiempo q'tarda en presentarse el fraguado inicial) (min)
mezcla testigo	0.0	278 =4 hrs 38 min 0 seg
mezcla # 2	2.5	310 =5 hrs 10 min 0 seg
mezcla # 3	5.0	380 =6 hrs 20 min 0 seg
mezcla # 4	6.0	418.64=6 hrs 58 min 38seg
mezcla # 5	6.25	429.25=7 hrs 9 min 15seg
mezcla # 6	7.00	463.36=7 hrs 43 min 21seg

A pesar de que la dosificación de 6.25 cc/kg da la mayor f'c, no es muy conveniente que se presente un retardo en el fraguado inicial de 7 hrs 9 min y 15 seg, es decir 2 hrs 31 min 15 seg más que la mezcla testigo, a menos que al cliente se le notifique por anticipado de dicha situación, y que éste acepte las características de dicho concreto, de lo contrario se tendrá que dosificar aditivo de manera que se presente un retardo en el fraguado inicial aceptable.

#### PRUEBAS DE MEZCLAS DE CONCRETO

(Consumos de cemento vs. f'c)

En otra serie de pruebas realizadas, para determinar f'c variando las cantidades de cemento adicionadas a cada mezcla se tuvo:

- Se utilizaron agregados de minas diferentes a las utilizadas en pruebas anteriores.
- Se utilizó cemento tipo II puzolánico marca tolteca.
- Se eligieron 3 consumos de cemento, 250, 350 y 450 kg/m<sup>3</sup>.
- El agregado grueso se clasificó e dos tamaños con los siguientes porcentajes: 35% grava de 10 mm y 65 % de grava de 20 mm.
- El agregado fino se utilizó libre de grava. (clasificada en malla # 4)
- El revenimiento de todas las mezclas fue de 10 cm.
- En la siguiente tabla se muestran las características teóricas y reales de cada una de las mezclas.
- El dispersante se dosificó a 2.5 cc/kg de cemento, que es la recomendación de fabrica del proveedor.

## ESTUDIO DE ADITIVOS DISPERSANTES

CARACTERÍSTICAS TEÓRICAS	parámetro	Consumo de cemento kg/m <sup>3</sup>	Relación A/C	P.V.Obt. kg/m <sup>3</sup>	Peso unitario kg/m <sup>3</sup>	Rev cm	Aspecto	consumo de agua lt	% reducc. de agua
CC=250 kg/m <sup>3</sup> A/C=0.760 %Ar=40 P.V.T=2183 kg/m <sup>3</sup> Rev.=10 cm	TESTIGO	246	0.829	2142	2147	10.0	BUENO	204	---
	CON PLASTO-TOCRETE	247	0.810	2148	2147	10.0	BUENO	200	2.0
CC=350 kg/m <sup>3</sup> A/C=0.614 %Ar=36 P.V.T=2142 kg/m <sup>3</sup> Rev.=10 cm	TESTIGO	354	0.585	2155	2154	10.5	BUENO	207	---
	CON PLASTO-TOCRETE	359	0.540	2173	2168	10.0	BUENO	194	6.3
CC=450 kg/m <sup>3</sup> A/C=0.500 %Ar=33 P.V.T=2148 kg/m <sup>3</sup> Rev.=10 cm	TESTIGO	447	0.512	2143	2147	10.0	PASTOSO	229	---
	CON PLASTO-TOCRETE	449	0.503	2148	2176	10.0	BUENO	226	1.3

## RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PARÁMETRO	CONSUMO DE CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	
		7 DÍAS	28 días
TESTIGO	250	117	177
CON PLASTOCRETE		132	192
TESTIGO	350	237	314
CON PLASTOCRETE		279	347
TESTIGO	450	313	379
CON PLASTOCRETE		360	430

### AJUSTE DE UNA CURVA REPRESENTATIVA

Por medio del polinomio de NEWTON se obtuvieron las curvas representativas de aquellos resultados en los que se variaron los consumos de cemento de 250 a 450 kg/m<sup>3</sup>, elaborándose para cada consumo de cemento una mezcla testigo (sin dispersante), y otra mezcla con dispersante, a la dosificación recomendada por el proveedor.

Por lo cual se tiene, que para las mezclas testigo (sin

dispersante) se habían obtenido los siguientes resultados de resistencia a la compresión para los diferentes consumos de cemento, y utilizando el método del polinomio de NEWTON; para f'c a la edad de 28 días:

PARÁMETRO	CONSUMO DE CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>
	X	Y
TESTIGO	250	177
TESTIGO	350	314
TESTIGO	450	379

Y aplicando el método del polinomio de NEWTON:

X	y	Dy	D <sup>2</sup> y
250	177		
x=x.....		137	
350	314		-72
		65	
450	379		

D=diferencia  
Interpolando para el valor de x=x se tiene que como sólo se puede obtener hasta la 2<sup>a</sup> diferencia, por lo que el grado del polinomio será de 2<sup>o</sup> grado.

Por lo que tenemos:  $Y_x = -0.0036X^2 + 3.53X - 480.5$  (para mezcla testigo a los 28 días)

Y ahora ajustando una curva representativa para aquellas mezclas a las cuales se les adicionó aditivo dispersante a la dosificación recomendada por el fabricante, para diferentes consumos de cemento:

PARÁMETRO	CONSUMO DE CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS kg/cm <sup>2</sup>	Incremento de resistencia respecto a la mezcla testigo %	Promedio %
CON PLASTCRETE A 2.5 cc/kg DE CEMENTO	250	192	8.47	10.80
CON PLASTCRETE A 2.5 cc/kg DE CEMENTO	350	347	10.51	
CON PLASTCRETE A 2.5 cc/kg DE CEMENTO	450	430	13.46	

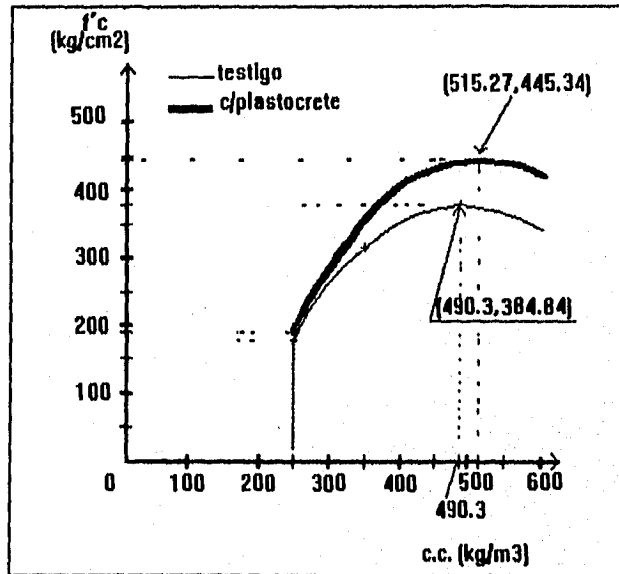
Y aplicando el polinomio de NEWTON, tenemos:

X	y	Dy	D <sup>2</sup> y
250	192		
x=x.....	155		
350	347		-72
450	430	83	

D=diferencia  
 Interpolando para el valor de x=x se tiene que como sólo se puede obtener hasta la 2ª diferencia, por tanto el grado del polinomio será de 2º grado.

Por lo que tenemos:  $Y_1 = -0.0036X^2 + 3.71X - 510.5$

Y graficando simultáneamente ambas ecuaciones, obtenemos las curvas que representan a ambas mezclas, con lo cual se puede observar que aquellas mezclas que contienen aditivo dispersante presentan una mayor f'c.



## EFICIENCIA DEL ADITIVO DISPERSANTE

Con el fin de determinar el posible ahorro que pudiese resultar de utilizar un aditivo dispersante (reductor de agua), se harán dos comparativos de costos. Se deberán conocer los costos de ambos productos, es decir el costo del cemento por kilogramo, y el costo del aditivo dispersante por litro.

### COMPARATIVA # 1

Posteriormente para un mismo consumo de cemento en una mezcla testigo y otra con aditivo, se determinará bajo las mismas condiciones de prueba, en cuanto se incrementa la resistencia " f'c " del concreto en la mezcla de prueba, como consecuencia de que al agregar un aditivo dispersante se reduce el agua de mezclado, y por lo tanto se reduce la relación Agua/Cemento (A/C), con lo cual se incrementa la resistencia a la compresión sin necesidad de agregar cantidades adicionales de cemento; lo cual sí sería necesario en la mezcla testigo, con el fin de que se alcanzara la misma resistencia que la mezcla de prueba.

### COMPARATIVA # 2

En éste estudio comparativo se trata de que manteniendo la misma resistencia a la compresión en ambas mezclas, se determinará en la mezcla de prueba, en cuanto se reduce el consumo de cemento como consecuencia de la utilización de un aditivo reductor de agua (dispersante), y tomando en cuenta los precios de ambos productos (cemento y aditivo) determinar el ahorro de dinero que se produce.

Como podrá notarse, en el estudio realizado utilizando consumos de cemento de 250, 350 y 450 kg/m<sup>3</sup>, al hacer la comparación de los f'c obtenidos de las mezclas testigo vs. mezclas de prueba, se aprecia que en las mezclas donde se utilizó el aditivo dispersante se incrementó la resistencia a la compresión del concreto " f'c " en un promedio de 10.8%, mismo que se refleja en un ahorro de cemento.

Es decir por ejemplo:

A) Para obtener un concreto de una resistencia a la compresión " f'c " de 250 kg/cm<sup>2</sup> se necesitarían los siguientes consumos de cemento:

- a) Para una mezcla sin aditivo se requieren apróx. 300 kg/m<sup>3</sup>.
- b) Para una mezcla c/aditivo dispersante se requieren apróx. 275 kg/m<sup>3</sup>.

Con lo cual se obtiene un ahorro de 25 kg/m<sup>3</sup>, de cemento, lo cual representa el 9.09% de ahorro, pero se utilizaron 687.5 c.c. de aditivo dispersante. 1 cc= 1 ml

Teniendo en cuenta que los precios del cemento y del dispersante son: (precios a granel)

1 kg de cemento tipo I normal = \$0.7298

1 kg de cemento c-2 puzolánico = \$0.7298

1 litro de plastocrete 0.25 = \$3.6578 = \$0.00366 ml

Se tiene entonces que el costo de: 1 m<sup>3</sup> de concreto =

a) s/plastocrete = \$300 \* 0.7298 = **\$218.94**

b) c/plastocrete = (\$275 \* 0.7298) + (687.5 \* 0.00366) = **\$203.2113**

Por lo que se tiene un ahorro del:

%Ahorro = ((218.94 - 203.2113) / 203.2113) \* 100 = **7.74%**

Este ahorro obtenido, compensa con creces el hecho de usar un aditivo reductor de agua en la elaboración de mezclas de concreto, ya que como se observa, existe una diferencia sustancial en dinero, a favor del fabricante de concreto.

B) Otro ejemplo sería el de un concreto con resistencia de  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , para el cual se necesitarían los siguientes consumos de cemento:

c) Para una mezcla sin aditivo dispersante se requieren apróx. 400 kg/m<sup>3</sup>.

d) Para una mezcla con aditivo dispersante se requieren apróx. 350 kg/m<sup>3</sup>.

Con lo cual se obtiene un ahorro de 50 kg/m<sup>3</sup>, lo cual representa el 14.29% de ahorro de cemento, pero se utilizaron 875.0 cc/m<sup>3</sup> de aditivo dispersante. (1 cc = 1 ml)

Se tiene entonces que el costo de: 1 m<sup>3</sup> de concreto =

c) s/plastocrete = \$400 \* 0.7298 = **\$291.92**

d) c/plastocrete = (\$350 \* 0.7298) + (875.0 \* 0.00366) = **\$258.6325**

Por lo que se tiene un ahorro del:

%Ahorro = ((291.92 - 258.6325) / 258.6325) \* 100 = **12.87%**

Este ahorro obtenido, compensa con creces el hecho de usar un aditivo reductor de agua en la elaboración de mezclas de concreto, y al igual que en el caso anterior, se logra un ahorro sustancial de dinero lo cual beneficia en gran medida al fabricante de concreto.

C) Por último, para la fabricación de un concreto con resistencia de  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$  se necesitarían los siguientes consumos de cemento:

a) Para una mezcla testigo (sin/aditivo) se requieren

aproximadamente 500 kg/m<sup>3</sup>.

b) Para una mezcla con aditivo dispersante se requieren aprox. 403.00 kg/m<sup>3</sup>.

Con lo cual se aprecia que se obtiene un ahorro de 97 kg/m<sup>3</sup>, lo cual representa el 24.07% de ahorro de cemento, pero se utilizaron 1007.5 cc/m<sup>3</sup> de aditivo dispersante, y aplicando un procedimiento similar al realizado en los incisos A) y B), resulta que tenemos un ahorro en el precio de 1 m<sup>3</sup> de concreto, al usar aditivo dispersante, del 22.5%

Si se establecen los costos de ambos productos se tiene que el kg de cemento vale \$0.7298 y el litro de dispersante vale \$0.00366, por lo cual la diferencia resultante nos lleva a la conclusión de que si es altamente provechoso la utilización de un aditivo dispersante (reductor de agua) en la elaboración de mezclas de concreto hidráulico ya que si reduce la utilización de el ingrediente más caro que es el cemento.

Como pudo apreciarse ya, entre más alto sea el contenido de cemento, mejor será el resultado obtenido al usar aditivo dispersante, ya que el aditivo reacciona con las partículas de cemento, y entre mas cemento haya, mejor será el resultado final.



### **III.- ADITIVOS FLUIDIFICANTES DE ALTO RANGO O SUPERFLUIDIFICANTES**

#### **III.1.- DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES.**

(¿QUE SON LOS ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES ?)

El principal requisito exigible al concreto fresco es su docilidad, la que influye en gran medida en las propiedades fundamentales del concreto endurecido: Resistencia y Durabilidad.

Por otra parte dicho requisito determina la cantidad de trabajo necesaria para lograr una buena colocación y compactación del concreto, operaciones indispensables para lograr elementos estructurales bien realizados, sin defectos y al menor costo posible. En la práctica de la construcción muchas veces es difícil lograr la docilidad adecuada para el colado de elementos estrechos, con gran densidad de acero de refuerzo y a veces con un muy difícil acceso para ser correctamente compactados. Cuando estas dificultades no son resueltas adecuadamente se obtiene como resultado estructuras porosas, con nidos, a veces agrietadas, de calidad dudosa y de feo aspecto, todo lo cual obliga a costosas reparaciones o a demoler, con el consiguiente aumento en el costo de la obra.

Para solucionar este tipo de problema, lo más lógico es reducir el tamaño máximo del agregado, pero muchas veces esta medida resulta insuficiente y, como el problema subsiste, se recurre a lograr mayor fluidez aumentando el agua de mezclado.

Esta práctica no es buena; desde luego como hay que obtener cierta resistencia, será necesario mantener constante la relación AGUA/CEMENTO calculada y para ello aumentar la dosis de cemento, lo cual implica un mayor costo que probablemente no estaba considerado. Además junto con este inconveniente surgen otros más como son segregación, sangrado, porosidad en el concreto endurecido por efecto del exceso de agua, agrietamiento, etc...

A partir de 1960 aparecieron los aditivos llamados fluidificantes (o superplastificantes) que, de acuerdo a los fabricantes, permitirían lograr un enorme aumento de la trabajabilidad del concreto sin variar la relación agua/cemento.

Fue también a partir de 1960, con objeto de producir concretos de alta resistencia mecánica y baja relación agua/cemento para la industria de prefabricados, que JAPÓN comienza a utilizar un aditivo, desarrollado por investigadores de ese país, el cual se conoce como SUPERFLUIDIFICANTE o reductor de agua de alto rango.

Su función principal, como su nombre lo indica, es la de incrementar sustancialmente la fluidez de las mezclas de concreto.

La necesidad de producir concretos de alta bombeabilidad, fluidez, compacidad y autonivelantes, sin incrementar los contenidos de agua y cemento en las mezclas, ni generar segregación y/o sangrado, promueve en 1972, entre los países europeos el uso de aditivos superfluidificantes. Por razones semejantes, entre 1978 y 1979 la industria de prefabricados y construcción de Estados Unidos y Canadá comienza a emplear este tipo de productos.

Los concretos con superfluidificantes, son unos productos relativamente nuevos, formados por la adición de un superfluidificante a una mezcla convencional (cemento, agregados y agua). El primer efecto que tiene el aditivo superfluidificante en la mezcla recién elaborada es modificar sus características reológicas, con lo cual se puede obtener una mezcla con una fluidez mayor.

A los superfluidificantes se les puede definir como un producto químico o una mezcla de diversos productos químicos que añadidos a un concreto normal aumentan fuertemente su trabajabilidad o permiten una gran reducción del agua de mezclado.

Los aditivos superfluidificantes se pueden clasificar en cuatro grandes categorías:

- A : Condensados de formaldehído melamina sulfonados.
- B : Condensados de formaldehído naftaleno sulfonados.
- C : Lignosulfonatos modificados.
- D : OTROS (Por ejemplo polihidroxicarboxílicos)

Dentro de cada categoría se pueden encontrar variantes; existen productos con parecida composición química pero de diferente peso molecular, lo que modifica el efecto del aditivo; además, es posible añadir otras sustancias para modificar su comportamiento.

Los superfluidificantes muestran, en general, una fuerte capacidad dispersante. En esta propiedad aventajan a los lignosulfonatos y a los plastificantes constituidos por ácido polihidroxicarboxílico.

Existe la teoría que el aditivo es absorbido por los granos de cemento de tal manera que éstos se rechazan unos a otros, debido a que los aditivos son aniónicos y le dan, por consiguiente, carga negativa a las partículas de cemento.

En observaciones microscópicas realizadas de una suspensión de cemento Portland puzolánico y compararla con otra del mismo cemento pero con aditivo fluidificante, investigadores de la Universidad de Chile, encontraron que se aprecia claramente que en la segunda se ha producido una mayor dispersión de las partículas de cemento, las que en la primera suspensión se encuentran aglutinadas, éstas observaciones refuerzan la teoría anterior.

### III.2.- PORQUE SE HACE NECESARIO EL USO DE ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES, Y CUANDO ES RECOMENDABLE SU UTILIZACIÓN.

El primer efecto que tiene el aditivo superfluidificante en el mezcla recién elaborada es modificar sus características reológicas, con lo cual se puede obtener una mezcla con una fluidez mayor.

Según el empleo que se de a la propiedad anteriormente mencionada, resultaran dos tipos de concreto con superfluidificantes:

1.- Los que poseen una extraordinaria fluidez, obtenida por adición del superfluidificante, sin que ello implique una variación de sus propiedades una vez endurecido (resistencia, durabilidad, ...) estos concretos reciben los nombres de "concreto fluido", "concreto con superfluidificante", "concreto superfluidificado de alto revenimiento"

2.- Aquellos en los que el aditivo superfluidificante se emplea como reductor de agua, obteniendo por tanto una mezcla con menor cantidad de agua y (conservando el mismo contenido de cemento) una relación A/C menor (que implica una mayor calidad del concreto) manteniendo una misma consistencia. Estos reciben las denominaciones de "concreto superfluidificado de alta resistencia" y "concreto superfluidificado con reducción de agua".

En el primer caso se trata de obtener un concreto que posea mejores propiedades para su colocación en la obra; en el segundo caso se pretende lograr un concreto de mayor calidad una vez endurecido.

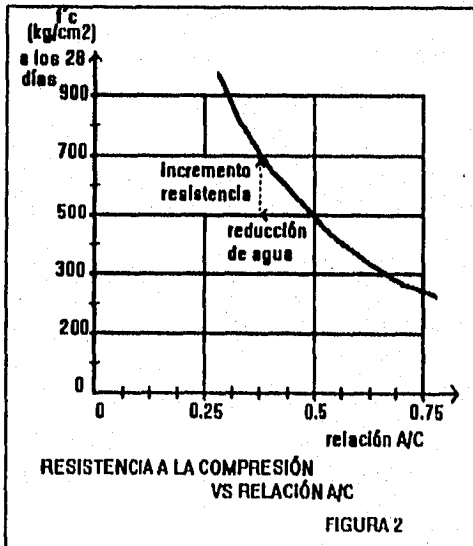
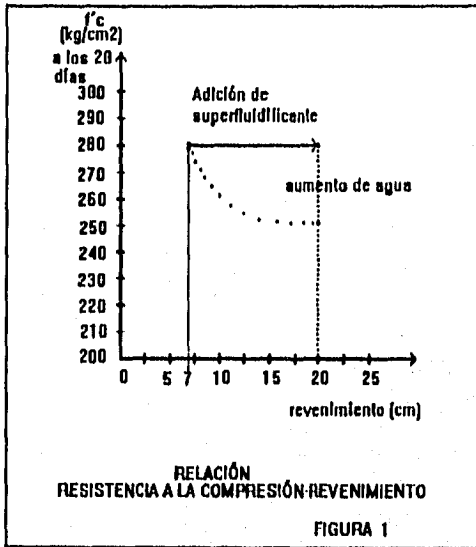
Respecto al primer tipo de concretos superfluidificados de alto revenimiento, estos poseen una elevada trabajabilidad, entendiéndose por ella la facilidad de compactación, ya que estos concretos son autocompactantes y sólo requieren de una ligerísima vibración

Un método barato, pero peligroso, de incrementar la trabajabilidad de un concreto, es aumentando el contenido de agua de la mezcla.

Mediante este sistema (con el se pueden llegar a producir segregaciones, y por tanto peor trabajabilidad que al principio), se obtiene un concreto con un gran exceso de agua respecto de la que penetra en los diversos componentes químicos del cemento al hidratarse, por lo que al endurecerse éste tendrá un gran contenido de cavidades, poca compacidad, escasa resistencia y poca durabilidad.

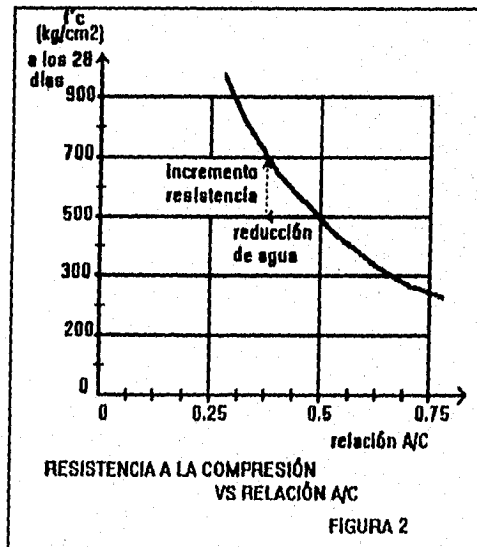
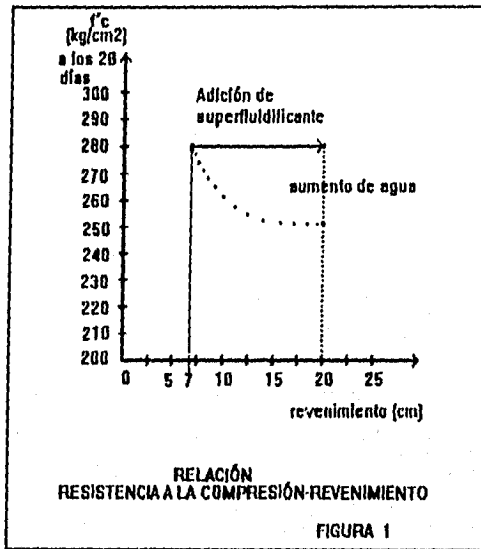
La **figura 1**, muestra los resultados del método anterior y los que ocasiona el empleo de superfluidificante para producir un concreto que tenga un elevado revenimiento.

Respecto a la segunda posibilidad, ésta permite obtener mezclas con relación A/C muy baja, y sin embargo con una consistencia intermedia, obteniéndose, por tanto, concretos de elevada compacidad, resistencia y durabilidad, sin especial esfuerzo en su colocación en obra y compactación. La **figura 2** muestra el efecto que se pretende lograr.



La figura 1, muestra los resultados del método anterior y los que ocasiona el empleo de superfluidificante para producir un concreto que tenga un elevado revenimiento.

Respecto a la segunda posibilidad, ésta permite obtener mezclas con relación A/C muy baja, y sin embargo con una consistencia intermedia, obteniéndose, por tanto, concretos de elevada compacidad, resistencia y durabilidad, sin especial esfuerzo en su colocación en obra y compactación. La figura 2 muestra el efecto que se pretende lograr.



Los concretos superfluidificados de alto revenimiento han sido rápidamente aceptados, debido a las ventajas que producen en la colocación en obra, a su capacidad para resolver problemas prácticos, etc.. y ello pese al lógico carácter conservador (o mejor dicho, prudente) de la industria respecto a la aplicación de nuevos productos.

El segundo tipo, concreto con superfluidificantes con gran reducción de agua, que es, por otra parte, la primera aplicación de los superfluidificantes, no produce una mejor colocación en obra, pero posee cualidades especiales que lo hacen recomendable para una gran variedad de usos.

### III.2.1.- APLICACIONES

El empleo de un aditivo en un concreto implica un costo adicional. En el caso de los superfluidificantes y debido a las elevadas dosis que se deben emplear habitualmente, este costo puede tener una repercusión apreciable. Por tanto, el concreto superfluidificado se empleará en las numerosas aplicaciones en las que el uso del aditivo permite ahorros por otros conceptos que compensen o superen su costo.

#### III.2.1.1 APLICACIONES DEL CONCRETO SUPERFLUIDIFICADO DE ELEVADO REVENIMIENTO (SUPERPLASTIFICADO).

Los conceptos que pueden producir un ahorro en el uso de estos concretos son , entre otros:

-TIEMPO DE EJECUCIÓN. Se han señalado ahorros de 2/3 de tiempo en la colocación en obra de losas de piso.

-RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA. Igualmente se han presentado rendimientos cinco veces superiores en horas de mano de obra/m<sup>3</sup>, respecto a la colocación de la mezcla inicial.

-COMPACTACIÓN. El empleo de este tipo de concreto implica ahorros de vibradores y de energía.

Las aplicaciones de los concretos superfluidificados surgen de sus propiedades de flujo, autonivelación y autocompactación. Se pueden citar:

+Colado de elementos altamente armados y en áreas de difícil acceso, aprovechando su propiedad de flujo que le permite recubrir perfectamente los armados y su escasa necesidad de compactación.

+Colado rápido y sin vibración de losas de piso, techos, áreas abiertas, etc...

+Obtención de superficies uniformes y compactas.

+Bombeo rápido del concreto. (En muchos casos se podrá ahorrar el bombeo, ya que este concreto fluye por sí solo con pequeñas pendientes bajo la horizontal). Estos concretos han sido bombeados con menores pérdidas de presión que las de las mezclas de bombeo tradicionales, sin segregación ni pérdida de revenimiento, y a gran velocidad.

+Colocación del concreto por medio de tubo tremie, particularmente bajo el agua, aprovechando su propiedad de extenderse desde el punto de descarga.

También es interesante dar una idea de aquellos casos en que no son apropiados los concretos superfluidificados de alto revenimiento.

+Siempre que se empleen métodos lentos de colado en obra. Además es importante resaltar que para obtener un aprovechamiento eficaz del ahorro de tiempo, que es posible conseguir con estos concretos, es fundamental el que las demás actividades (colocación de cimbras, armados, etc..) sigan el mismo ritmo de colado en obra del concreto.

+Cuando el concreto vaya a colocarse en pendiente, ya que por su pequeño rozamiento interno es autonivelante.

+cuando se pueda obtener una elevada fluidez añadiendo agua sin que esto represente una pérdida en la resistencia final.

+En general cuando no sea conveniente una alta fluidez del concreto.

### III.2.1.2 APLICACIONES DEL CONCRETO SUPERFLUIDIFICADO CON REDUCCIÓN DE AGUA

Algunas de las razones por las que el uso de estos concretos puede producir un sensible ahorro se presentan a continuación:

-Al incrementarse la resistencia (con un mismo contenido de cemento) del concreto, se pueden disminuir las secciones de los elementos estructurales, con lo que, por una parte se ahorra cemento y por otra se disminuyen las cargas muertas sobre otros elementos.

-Rápido endurecimiento del concreto con ahorro de tiempo en la construcción, prefabricación y pretensado.

-Reducción en el tiempo de curado con vapor a alta temperatura con el consiguiente ahorro.

A partir de estas características aparecen, entre otras las siguientes aplicaciones:

+Concretos de elevada resistencia, especialmente indicados en estructuras de edificios de gran altura, puentes, etc..en las que el peso muerto puede tener gran importancia.

+En la prefabricación, debido al rápido endurecimiento del concreto que produce un aumento en la utilización de los moldes, y al ahorro de energía en el curado de las piezas.

### III.3.- COMO SE UTILIZAN LOS ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES (MANEJO Y DOSIFICACIÓN)

Para obtener un concreto superfluidificado de alto revenimiento que no presente segregación, es preciso incrementar en un 4 ó 5% el porcentaje de las fracciones más finas(puede ser la arena), con lo que se aumenta la cohesión de la mezcla.

Los superfluidificantes son suministrados en forma de solución acuosa de diferente concentración según tipos y marcas.

Estas soluciones pueden mostrar cierta tendencia a la precipitación, así como susceptibilidad a la heladas. En cada caso deberán pedirse instrucciones al distribuidor.

Las sustancias en que se basan los superfluidificantes no son inflamables ni corrosivas. No producen dermatitis ni parece que sean tóxicas. En Japón se están realizando experimentos sobre la toxicidad de un superfluidificante de tipo B (condensado de formaldehído naftaleno sulfonatado). Se estudian aspectos tales como el carácter carcinógeno y la biodegradabilidad entre otros.

Respecto a la dosificación, hay que hacer notar que las dosis de superfluidificantes suelen ser elevadas, por lo que se puede producir una repercusión en el precio por m<sup>3</sup> de concreto.

Sin embargo, se pueden producir importantes ahorros por otros conceptos (colocación en obra, mayor resistencia del diseño y, consecuentemente menores secciones).

Los fabricantes de aditivos superfluidificantes suelen recomendar las dosis para el empleo de sus productos. Sin embargo dada la gran cantidad de variables que intervienen en la fabricación de un concreto, como son las condiciones particulares de los materiales que se emplean y los requisitos que se exigen a ese concreto, estos datos deben servir tan sólo como una primera aproximación. En cada caso deberán realizarse pruebas que permitan obtener la dosificación de superfluidificante ( y por supuesto de los demás componentes del concreto) que dé un resultado técnico-económico óptimo, para esa determinada aplicación.

La adición de un superfluidificante se debe realizar



inmediatamente antes del empleo de la mezcla. Después de la adición, se debe seguir mezclando durante uno o dos minutos. La actuación del aditivo se nota por el cambio de tono que presenta la mezcla contenida en la revolvedora.

Como ya se mencionó en la sección III.2, existen 2 aplicaciones importantes de los aditivos superfluidificantes, como son:

- a) Concreto superfluidificado de alto revenimiento.
- b) Concreto superfluidificado con reducción de agua.

### III.3.1.-CONCRETO SUPERFLUIDIFICADO DE ALTO REVENIMIENTO.

Una de las posibles finalidades en el empleo de aditivos superfluidificantes es la obtención de concretos que posean una extrema trabajabilidad durante su colocación en obra, sin que esto afecte su resistencia una vez endurecidos. Mediante la adición de superfluidificantes se puede obtener, partiendo de una mezcla con revenimiento de 7.5 cm, una mezcla con revenimiento de 20 cm sin que se produzca segregación. A este tipo de concretos también se les conoce con el nombre de concretos superplastificados.

Las ventajas de un concreto de estas características para la colocación en obra son abundantes; Sus propiedades de flujo lo hacen especialmente adecuado para colar zonas congestionadas con gran cantidad de acero y zonas de difícil acceso; Para losas de piso y superficies horizontales; Para concreto bombeado, etc., por otra parte, este concreto es autocompactante, y por lo tanto es posible usarlo aplicando escasa o nula vibración.

Existen otras formas para mejorar la trabajabilidad de una mezcla, por ejemplo:

- 1.- Aumentar el agua de mezclado, manteniendo constante el cemento, es decir aumentar la relación A/C.
- 2.- Aumentar el contenido de cemento manteniendo la relación A/C constante.

El método 1 implica una disminución de la resistencia del concreto, ya que esta es inversamente proporcional a la relación A/C.

Mediante el método 2, se mejora la trabajabilidad y se mantiene la resistencia del concreto, pero es necesario incrementar el contenido de cemento, con lo que aumenta el costo del concreto.

Debido a los inconvenientes de ambos métodos, el concreto

superfluidificado se presenta como un nuevo y mejor método para obtener concretos de alto revenimiento.

### III.3.1.1 DOSIFICACIÓN.

Para obtener un concreto superfluidificado de alto revenimiento que no presente segregación, se deberá incrementar en un 4 ó 5% la arena, o materiales puzolánicos.

Las propiedades del concreto fresco son las más importantes desde el punto de vista de la colocación en obra, y se ven mejoradas por la adición del superfluidificante. Es en la colocación en obra donde el concreto superfluidificado de alto revenimiento presenta sus mejores ventajas.

### III.3.1.2 TRABAJABILIDAD.

Una vez efectuada la adición del superfluidificante (Adición que debe realizarse inmediatamente antes del empleo de la mezcla por las razones que se verán a continuación) se produce rápidamente la fluidificación de la mezcla, pasando el revenimiento a valores del orden de 20 a 22 cm.

Hay que señalar que, para una determinada dosis de superfluidificante, el revenimiento final alcanzado varía con la temperatura, disminuyendo al aumentar ésta, incrementándose además la velocidad de pérdida de revenimiento que se produce posteriormente. Estos efectos son notables a partir de temperaturas superiores a los 30°C.

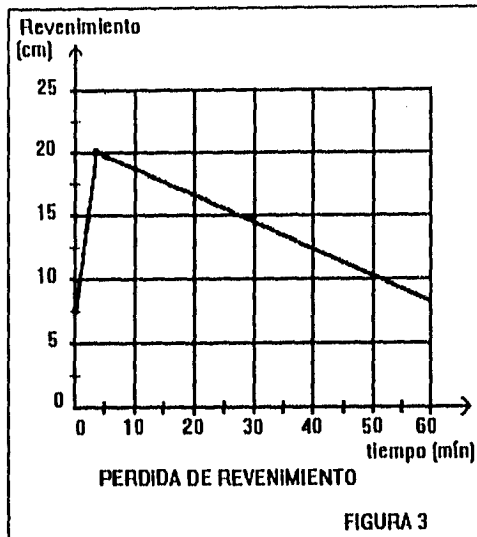
La dosis de superfluidificante necesaria para producir el revenimiento final de 20 a 22 cm es variable según el tipo y marca de superfluidificante empleado (0.5 a 3% en peso de cemento). Los superfluidificantes se emplean en dosis muy superiores a las de los dispersantes. (0.1 a 0.3%).

A la vez que se alcanza un revenimiento de 20 a 22 cm la mezcla obtiene sus mejores características de trabajabilidad.

Sin embargo, estas condiciones se mantienen sólo durante un corto espacio de tiempo, treinta a sesenta minutos, comenzando a descender posteriormente el revenimiento hasta volver a la consistencia inicial. Ya se señaló antes que la temperatura influye en la velocidad de esta pérdida de revenimiento. También se ha encontrado que las mezclas de mayor contenido de cemento conservan mejor la trabajabilidad.

Las razones por las que se produce esta pérdida de revenimiento no están bien definidas, si bien debe relacionarse este fenómeno con la hidratación de las partículas de cemento.

La rápida pérdida de revenimiento obliga a efectuar la adición justamente antes del empleo; la figura 3 muestra la variación con el tiempo de la trabajabilidad.



### III.3.1.3 PRESIONES LATERALES CONTRA LA CIMBRA

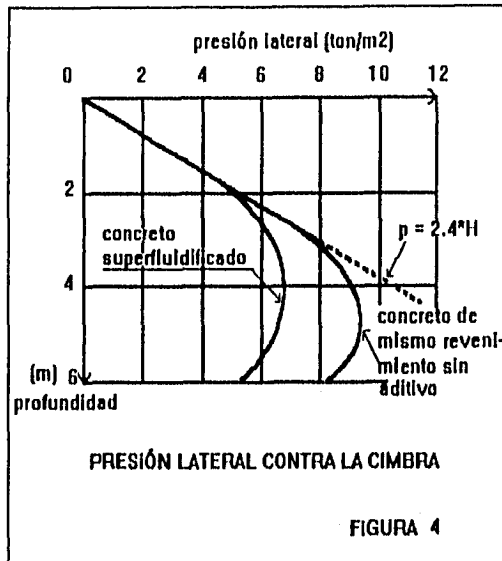
El costo de la cimbra puede ser uno de los más importantes dentro de la colocación en obra de un concreto y su dimensionamiento vendrá dado por las presiones a las que haya de estar sometido por el concreto fresco. En las cimbras horizontales la carga a que está sometida, es igual al peso del concreto que soporta, y no varía durante el endurecimiento del concreto. Sin embargo, en las cimbras verticales, las presiones que aparecen dependen de una multitud de factores: Temperatura, Velocidad de colado, Revenimiento del concreto, Energía de vibración, Profundidad del punto considerado bajo la superficie colada, entre otros.

En principio cuanto más fluida sea la consistencia de un concreto, cabe pensar que la ley de presiones contra la cimbra se acercará más a una ley hidrostática, es decir:

$$P = 2.4 \cdot H \quad ; \quad \text{donde: } H = \text{profundidad en metros.}$$

$$P = \text{Presión en ton/m}^2.$$

Por tanto, la presión en un punto crecería en función de la altura que estuviera colada sobre él. Sin embargo simultáneamente se va produciendo un endurecimiento del concreto, con lo que el diagrama de presiones quedaría como se muestra en la **figura 4**, produciéndose la máxima presión lateral a una determinada profundidad.



Por tanto se podría suponer que la adición de un superfluidificante a una mezcla para obtener un concreto con un revenimiento de 20 a 22 cm. aproximadamente, implicaría unas presiones laterales mucho mayores contra el cimbrado que las de la mezcla original. Sin embargo, esto no sucede así; las presiones que aparecen son sólo levemente superiores a las producidas por la mezcla sin superfluidificante, y mucho menores que las de una mezcla del mismo revenimiento obtenida sin superfluidificante (con relación A/C alta.).

### III.3.1.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO.

Las mejores propiedades que presenta el concreto fresco como efecto de la adición del superfluidificante se producen sin que resulten afectadas negativamente las propiedades del concreto endurecido.

#### -PROPIEDADES MECÁNICAS.

Los concretos superfluidificados de alto revenimiento no parecen presentar ninguna anomalía en el desarrollo de sus resistencias. Debido a que no varía la relación A/C entre la mezcla superfluidificada y la inicial, las resistencias no varían, incluso es posible que aumenten alrededor del 10% y 15%.

Al comparar el concreto superfluidificado con otro del mismo revenimiento obtenido de forma convencional, las ventajas quedan

claras debido a que el primero tiene relación A/C menor.

Tampoco aparecen efectos negativos de la adición respecto de la contracción y fluencia.

#### -DURABILIDAD.

No parece que la adición del superfluidificante tenga influencia sobre la durabilidad, excepto en lo que se refiere a la resistencia a las heladas; lo cual puede ser evitado mediante la adición de un inductor de aire, ya que el estado fluido del concreto ocasiona la liberación de grandes cantidades de aire. El aire residual fluctúa entre el 1 y 3%.

### III.3.2.-CONCRETO SUPERFLUIDIFICADO CON REDUCCIÓN DE AGUA.

Mediante el empleo de aditivos superfluidificantes se puede obtener para una trabajabilidad dada, concretos con una relación A/C mucho más baja que la de una mezcla inicial. Partiendo de unos determinados contenidos de cemento y agua, que den la trabajabilidad deseada, se puede reducir la cantidad (manteniendo constante el contenido de cemento) mediante una adición de superfluidificante que compense la trabajabilidad perdida.

Mediante esta reducción de agua (que puede llegar a un 30%) se obtiene un concreto que para un contenido de cemento tiene resistencias mayores, sobre todo a corta edad.

Los aditivos superfluidificantes empleados para obtener este tipo de concreto constituyen una extensión de los fluidificantes (dispersantes) (que sólo permitían reducciones de agua del orden del 15%).

La cantidad de agua mínima necesaria para la hidratación del cemento tiene un valor aproximado tal que  $A/C = 0.25$ . El empleo de una cantidad de agua mayor, si bien es necesaria para obtener una mezcla que presente una buena trabajabilidad sin un excesivo contenido de cemento, va en detrimento de la resistencia del concreto, debido a la relación inversamente proporcional que existe entre la relación A/C y la resistencia.

El empleo de superfluidificantes permite obtener mezclas con valores de la relación A/C próximos al límite teórico y es posible su colocación en obra por medios convencionales (Por estar su trabajabilidad dentro de las comúnmente empleadas). En pruebas realizadas se ha llegado a obtener en Japón, mezclas superfluidificadas con relación  $A/C = 0.25$ , revenimiento de 10 cm, resistencia a la compresión de 1130 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y de 480 kg/cm<sup>2</sup> a un día. (Este resultado se obtuvo con un contenido de cemento extremadamente alto.)

Sin llegar a estos extremos que no parecen prácticos (cualquier error por defecto en el contenido de agua conduciría a que el cemento quedara sin hidratarse, y la pérdida de resistencia sería mucho mayor que la producida por un ligero exceso de agua) mediante la reducción de agua obtenida por medio del empleo de un superfluidificante se pueden conseguir concretos de gran calidad, aplicables en elementos fuertemente cargados, en la industria del concreto prefabricado, en elementos de concreto pretensado y en otros.

### III.3.2.1 DOSIFICACIÓN.

En el caso de los concretos superfluidificados con reducción de agua, no es necesario efectuar ninguna corrección respecto a la dosificación que se obtenga mediante métodos usuales.

Un método para realizar esta modificación puede ser a partir de la resistencia a la compresión requerida a los veintiocho días. Con base en este dato y en la consistencia deseada (antes de añadir el superfluidificante), se obtendrán las proporciones de cemento, agregados y agua. Según se ha expuesto anteriormente, la relación A/C será baja con el fin de obtener altas resistencias, y la consistencia seca.

Otro método puede ser partir de una mezcla que tenga la consistencia requerida para la colocación en obra, e ir reduciendo la relación A/C y añadiendo superfluidificante para recuperar la consistencia inicial.

En cualquier caso, la dosificación correcta deberá ser determinada mediante la realización de pruebas.

### III.3.2.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.

Las mejores propiedades que se obtienen en este caso son comparables a las descritas para el concreto superfluidificado de alto revenimiento, si bien en otra escala, ya que aquí lo primordial no es la colocación en obra, sino más bien la obtención de un concreto endurecido de gran calidad.

En la mayoría de los casos se pretende obtener un concreto con un revenimiento entre 7 y 9 cm, compactable por vibración, partiendo de un concreto prácticamente sin revenimiento (si bien se pueden lograr revenimientos mayores sobredosificando el aditivo superfluidificante).

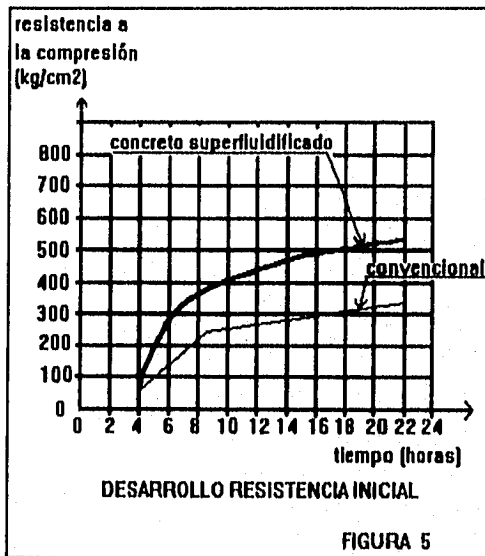
La mejora en la trabajabilidad es tal que se puede colocar en obra con el mismo esfuerzo un concreto superfluidificado con una relación A/C = 0.40 que uno con A/C = 0.49 sin aditivo.

Respecto del contenido de aire, mientras los aditivos tipo A y B lo reducen, los del tipo C pueden producir un incremento en su contenido.

### III.3.2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS.

Como consecuencia del menor contenido de agua, es lógico esperar una mayor resistencia del concreto. Esta aparece incluso en mayor proporción de la que cabría esperar, de donde se deduce que el superfluidificante debe poseer alguna propiedad positiva respecto a la hidratación del cemento.

El incremento más espectacular se produce en la resistencia a escasas horas del colado. Se pueden obtener incrementos entre el 50 y el 75% en la resistencia a 24 horas. **La figura 5** muestra la evolución de las resistencias de concretos con el mismo contenido de cemento, con y sin superfluidificante durante las primeras horas de endurecimiento.



El efecto acelerador en la ganancia de resistencias que produce el superfluidificante hace que se pueda emplear (aparte de sus demás ventajas) como sustituto del cloruro cálcico, evitando así los problemas de corrosión que éste pueda producir.

Este incremento en la velocidad de obtención de resistencias se va perdiendo con el tiempo, hasta llegar, para edades superiores a 28 días, a ser similar el aumento de resistencia para las mezclas con y sin superfluidificante.

Parte del efecto positivo de los aditivos superfluidificantes (al menos de los tipos A y B) sobre la

resistencia se debe a que no producen oclusión de aire, ya que ésta última da como resultado menores resistencias para una misma relación A/C (ACI Manual of Concrete Practice).

La resistencia a veintiocho días también es superior a la que se obtendría para la mezcla sin superfluidificante, aunque en menor proporción que a edades tempranas.

El siguiente cuadro, muestra para un contenido de cemento de 300 kg/m<sup>3</sup>, las resistencias que se obtienen a 7, 28 y 91 días:

SUPERFLUIDIFICANTE	SIN ADITIVO	TIPO A	TIPO B	TIPO C
Relación A/C	0.49	0.40	0.40	0.40
Resistencia a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	263	365	348	356
Resistencia a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	321	431	385	417
Resistencia a 91 días (kg/cm <sup>2</sup> )	370	475	466	489

Se observa aquí que la resistencia a la compresión a veintiocho días se obtiene (incluso se supera) a los 7 días utilizando aditivo superfluidificante; además la resistencia a los 7 días se logra únicamente en 3 días.

Se pueden obtener mayores aumentos de resistencia (mayor reducción de agua) mediante sobredosificación de los aditivos. Por otra parte los incrementos de resistencia también se dan para mayores contenidos de cemento.

Se podría pensar, debido al incremento que se produce en las resistencias, en utilizar menores consumos de cemento con el consiguiente ahorro. Sin embargo esto no parece recomendable.

### III.3.2.4 CONTRACCIÓN.

La contracción de un concreto se reduce al disminuir su relación A/C, así pues, los concretos superfluidificados con reducción de agua tendrán una contracción menor que los de sus mezclas iniciales (mismo contenido de cemento, pero mayor relación A/C), lo cual proporciona un resultado benéfico.

### III.3.2.5 FLUENCIA.

Diversos autores muestran diferentes opiniones sobre la fluencia que pueden presentar los concretos superfluidificados con reducción de agua. La deformación diferida bajo tensión



(propiedad muy importante en elementos pretensados), decrece según el incremento en la resistencia a la compresión. Sin embargo otros autores consideran que, en la mayoría de los casos no se producen variaciones apreciables en la fluencia entre concretos superfluidificados con reducción de agua y los concretos elaborados con sus mezclas iniciales.

### III.3.2.6 DURABILIDAD.

Dado que los superfluidificantes son un producto relativamente reciente, no existe excesiva experiencia sobre el comportamiento real de los elementos de concreto de este tipo durante períodos de tiempo muy largos.

Una buena resistencia a la compresión es en general, condición previa y garantía de una aceptable durabilidad. Dado que los concretos superfluidificados poseen resistencias elevadas, esta es una característica que favorece su durabilidad.

Sometido a determinadas condiciones, la durabilidad de un concreto es función de la resistencia que presente a ciertos ataques. Entre éstos se pueden mencionar el ataque por sulfatos, los ciclos de congelación y descongelación, etc..

Respecto al ataque por sulfatos, mediante experiencias de laboratorio se han obtenido resistencias similares para concretos superfluidificados y para concretos que no contienen aditivos.

En cuanto a los ciclos de congelación y descongelación, para concretos que vayan a estar sujetos a este ataque, es recomendable utilizar un aditivo inclusor de aire para disminuir estos efectos.

### III.3.3.- CONCLUSIONES.

Como se ha visto, los concretos superfluidificados no son tan sólo unos productos indicados para ser aplicados puntualmente en la resolución de problemas prácticos, sino más bien unos productos susceptibles de aplicación masiva en numerosos campos.

Ha llegado incluso a considerarse que los concretos superfluidificados constituyen el comienzo de una nueva área en la tecnología del concreto.

Sin embargo; el hecho de que ésta utilización masiva llegue a producirse depende de muchos factores, algunos de ellos ajenos a las cualidades del producto, como pueden ser, en cada lugar específico, la escasez y costo de mano de obra, y la mecanización en la elaboración del aditivo lo que incide en el costo del mismo.

Se pueden presentar problemas en el empleo de concreto premezclado, ya que la adición del superfluidificante debe hacerse inmediatamente antes del colado en obra (debido a la

pérdida de revenimiento con el tiempo) y por tanto a pie de obra (no en la central de mezclado) lo que puede tener como consecuencia la pérdida de garantía sobre el producto suministrado

En países como Alemania, el rápido aumento del uso del concreto fluido se debe al beneficio económico que representa para el contratista. Cada situación debe valorarse y juzgarse de acuerdo a sus propios méritos. Cabe enfatizar que el uso del concreto fluido debe ser planeado para ahorrar tiempo; es aquí donde la reducción en los costos es más probable.

### III.4.-PRUEBAS DEL USO DE UN ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE EN MEZCLAS DE CONCRETO.

En éste informe se pretende evaluar la calidad del aditivo reductor de agua de alto rango, ó superfluidificante, mencionando los beneficios que reporta el uso de este aditivo.

Las pruebas que se van a comparar son: Pérdida de revenimiento, Tiempos de fraguado, Resistencia a la compresión y Módulo elástico; todas ellas comparadas contra una mezcla testigo (sin aditivo).

#### CEMENTO

El cemento empleado en la elaboración de las pruebas con aditivo superfluidificante es cemento Tipo I NORMAL, marca Tolteca con densidad igual a 3.12 gr/cm<sup>3</sup>.

#### AGREGADOS

Los agregados utilizados así como su procedencia y características se indican a continuación:

MATERIAL	MINA	DENSIDAD gr/cm <sup>3</sup>	ABSORCIÓN %	P x L %	P.V.S. kg/cm <sup>3</sup>	P.V.C. kg/cm <sup>3</sup>	M.F.
GRAVA CALIZA 20 mm	Caleras Bertran	2.57	2.80	—	1339	1477	8.87
ARENA	Peña Blanca	2.39	8.64	14.52	1240	1534	2.56

Se anexan formas, con las curvas granulométricas de éstos materiales.



Caja

C. A. R. S. A.  
GERENCIA TÉCNICA

GF-31  
ESTUDIO DE AGREGADOS

PROVEEDOR: GRAVA PROCEDENCIA: C. Pertran MATERIA: CENTRAL FECHA: \_\_\_\_\_

PROPIEDADES		GRANULOMÉTRICAS					
MALLA	% RETENIDOS						
	ARENA		GRAVA 1		GRAVA 2		
	PARCIAL	ALM	PARCIAL	ALM	PARCIAL	ALM	
3"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"			6.0	6.0			
3/8"			74.9	80.0			
No. 4			15.1	100.0			
No. 8							
No. 16							
No. 30							
No. 50							
No. 100							
CANCHA							
SUMA				186.9			
M. P.				6.87			

PROPIEDADES FÍSICAS	ARENA	GRAVA 1	GRAVA 2
MASA ESPECÍFICA (SSS)		2.57	
MEZCLON 1		2.60	
M.V. SUJETO (K/M <sup>3</sup> )		1339	
M.V. COMPACTADA (K/M <sup>3</sup> )		1477	
MATERIA ORGÁNICA			
PERDIDA POR LAVADO			
CONTAMINACION	SUELO	5.8%	
	TERRA	10.5%	
IMPUREZAS TOTALES		23.4	

MUESTRA PREPARADA KG			
----------------------	--	--	--

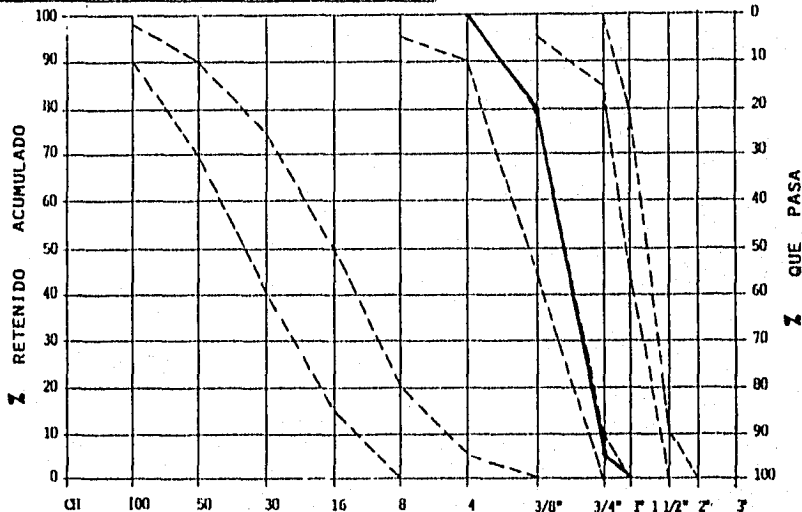
NOTAS: GRAVA CALERAS FERTRAN

Para estudios con aditivos Superflui.

REFERENCIAS: NM-C-73 NM-C-77 NM-C-84  
NM-C-164 NM-C-165 NM-C-170

REALIZO: Enrique Cruz.

SUPERVISO: FRANCISCO RIOS.





C. A. R. S. A.  
GERENCIA TÉCNICA

GT-31  
ESTUDIO DE AGREGADOS

PROVEEDOR: ARENA PROCEDENCIA: Peña Blanca: Central FECHA:

MALLA	PROPIEDADES GRANULOMÉTRICAS					
	% RETENIDOS					
	ARENA		GRAVA 1		GRAVA 2	
	PARCIAL	ACUM.	PARCIAL	ACUM.	PARCIAL	ACUM.
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"						
No. 4						
No. 8	16.3	16.3				
No. 16	21.0	37.3				
No. 30	17.7	55.0				
No. 50	13.8	68.8				
No. 100	9.9	78.7				
CHAPLA	21.3	100.0				
SUMA	100.0	256.1				
M. P.		2.56				

PROPIEDADES FÍSICAS	ARENA	GRAVA 1	GRAVA 2
PAZA ESPECÍFICA (SSS)	2.39		
ABSORCIÓN %	6.64		
M.V. SUJEO KG/M3	1240		
M.V. COMPACTADA KG/M3	1534		
MATERIA ORGÁNICA			
PERDIDA POR LAVADO	14.52		
CONTAMINACIÓN	SUMA 7.97 RESTA		
TIEMPO TOTAL %			

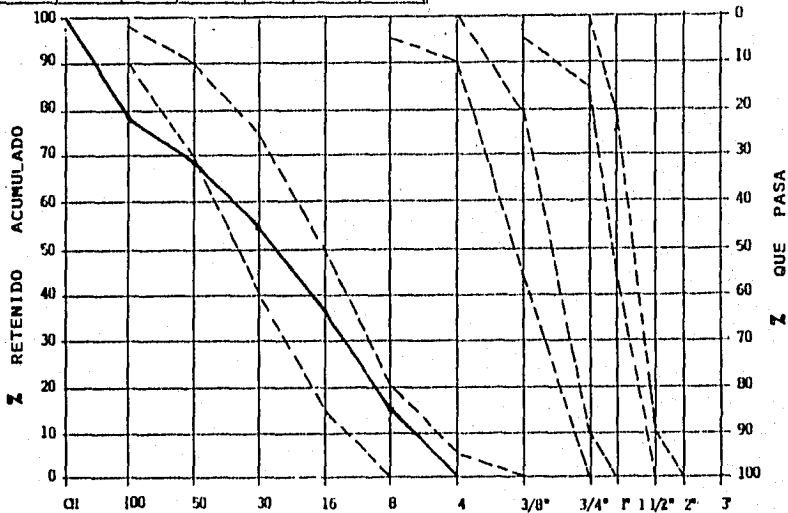
MUESTRA DEGRAVADA KG	15.400	
----------------------	--------	--

NOTAS: ARENA PEÑA BLANCA  
Para estudios con aditivos Superflui.

REFERENCIAS: NIM-C-73 NIM-C-77 NIM-C-64  
NIM-C-164 NIM-C-165 NIM-C-170

HEMISTO: Enrique Cruz

SUPERVISOR: FRANCISCO RIOS



## ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE (Reductor de agua de alto rango)

Sólo se utilizó un sólo tipo y marca de aditivo superfluidificante para realizar el estudio, aclarando que en el mercado existen varias marcas de aditivos superfluidificantes, los cuales varían en cuanto a su composición y dosificación, con lo cual producirían tal vez resultados diferentes a los obtenidos en las pruebas que se realizaron con el aditivo elegido.

Se eligió para su estudio el aditivo POZZOLITH 322N de TECNOCRETO S.A. el cual se dosifica según el fabricante a razón de 4 c.c. por cada kg. de cemento.

## DISEÑO DE LA MEZCLA

Para poder obtener el proporcionamiento base de la mezcla que se ensayaría, se tuvieron que hacer las siguientes consideraciones:

-De acuerdo a la NOM C-255 los estudios con aditivos se realizan utilizando un consumo de cemento de 310 más/menos 5 kg/m<sup>3</sup>. Pero se decidió utilizar un C.C. = 300 kg/m<sup>3</sup>.

-Se utilizó grava caliza con agregado de tamaño máximo de 3/4"= 20 mm, el cual se utilizó contaminado con arena, pues no se clasificó el material, pero se corrigió el proporcionamiento por contaminación de la grava.

-El revenimiento de proyecto para todas las mezclas fue de 10 cm.

-En la tabla anexa, se muestran las características de diseño teóricas y reales de cada una de las mezclas ensayadas. Las características reales están obtenidas en base al agua de diseño sobrante o adicionada a la mezcla cuando se concluyó el estudio y ajustando el volumen a 1000 litros.

-Para las pruebas de cada mezcla elaborada, se empleó el mismo proporcionamiento que la mezcla testigo, adicionando el aditivo superfluidificante, una vez obtenido el revenimiento de diseño.

-Se determinó posteriormente el efecto de la pérdida de revenimiento de las mezclas con aditivo, utilizando dos mezclas con aditivo superfluidificante. En la primera de ellas se midió la pérdida de revenimiento teniendo en reposo la mezcla superfluidificada en una carretilla; en la 2ª mezcla se midió el efecto de pérdida de revenimiento teniendo la mezcla superfluidificada en una revolvedora de trompo y estando remezclándose con la boca del trompo destapada.

Con el fin de observar el efecto de pérdida de revenimiento, se tomaron lecturas del revenimiento de ambas mezclas hasta que el revenimiento obtenido fue aproximadamente igual al proyectado=10 cm.

-También se corrigió la mezcla por humedad y absorción de los materiales.

ADIT. "S"= Pozzolith 322 N

ESTUDIO DE ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES

CARACT. TEORICA	TIPO DE MEZCLA	CONSUMO CEMENTO (REAL) KG/M <sup>3</sup>	REL. A/C	PESO VOL. OBT. KG/M <sup>3</sup>	PESO UNIT. KG/M <sup>3</sup>	REV. SIN ADIT. CM	ASPECTO	CONSUMO DE AGUA LTM <sup>3</sup>	REV. CON ADIT. CM	% REDUCC AGUA
C.C.=300 KOM <sup>3</sup> A/C=0.667 %A=46 P.V.T.= 2248 KOM <sup>3</sup> REV=10 CM	TESTIGO	303.00	0.642	2265.30	2673.43	11.3	LIG. GRAVOSO	194.50	----	2.88
	#2 ADIT. "S" AL 1.0%+10 CC/KG CEMENTO DEJADO EN CARRETI- LLA	301.50	0.658	2258.60	2630.19	9.9	LIG. GRAVOSO	198.50	20.6	----
	#3 ADIT. "S" AL 1.0%+10 CC/KG CEMENTO REMEZ- CLANDOSE EN EL TROMPO	300.00	0.667	2248.17	2630.19	10.8	LIG. GRAVOSO	200.10	22.3	----
	#4 ADIT. "S" AL 0.5%+5 CC/KG CEMENTO	303.82	0.633	2266.46	2680.63	10.9	LIG. GRAVOSO	192.41	17.3	----
	#5-A ADIT. "S" AL 1.0%+10 CC/KG CEMENTO	301.50	0.658	2258.60	2680.63	11.7	LIG. GRAVOSO	198.50	23.6	----
	#5-B ADIT. "S" AL 1.0%+10 CC/KG CEMENTO	302.30	0.650	2282.10	2680.63	9.6	LIG. GRAVOSO	196.50	18.9	----
	#6 ADIT. "S" AL 0.4%+4 CC/KG CEMENTO	302.30	0.650	2282.10	2680.63	10.0	BUENO	196.50	13.4	----

NOTA: SE ELABORARON DE CADA MUESTRA 3 CILINDROS PARA ENSAYARSE: 1 A 7 DÍAS Y LOS 2 RESTANTES A 28 DÍAS.

## PERDIDA DE REVENIMIENTO.

Una vez elaboradas las mezcla N°2 y N°3, y una vez que se obtuvieron ya todos los datos correspondientes a su estado fresco, se procedió con ambas mezclas a la adición del aditivo superfluidificante (en este caso pozzolith 322N) dosificado al 1.0% =10.0 c.c./kg de cemento.

Se pretendió medir el efecto de la pérdida de revenimiento, simulando las condiciones a las cuales podría estar sujeta la mezcla de concreto; por lo cual a la mezcla N°2, una vez que se obtuvo el revenimiento de diseño se le agregó el aditivo superfluidificante, y se midió el revenimiento obtenido y se vació posteriormente a una carretilla dejándose en reposo; de igual forma se realizó similar procedimiento con la mezcla N°3, pero ésta mezcla se dejó girando en el trompo.

Se midió el efecto de la pérdida de revenimiento a ambas mezclas, tomando lecturas del revenimiento a intervalos de 15-20 minutos.

### MEZCLAS CON ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE POZZOLITH 322N (dosificado a 10 c.c./kg. de cemento)

#### MEZCLA N°2 (vaciada en carretilla y estando en reposo)

##### ANTES DEL ADITIVO

HORA=11:30 hr., REV.=9.9 CM  
P.V.=2630.19 KG/M<sup>3</sup>  
TEMPERATURA=20°C

##### INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE AGREGAR EL ADITIVO

HORA=11:54 hr, REV.= 20.6 CM.  
ADITIVO=120 ml., P.V.=2651.81 KG/M<sup>3</sup>  
TEMPERATURA=20°C

HORA(hr:min)	11:30	11:54	12:43	13:06	13:29	13:47	14:05
TIEMPO TRANSCURRIDO	0:00	0:24	1:13	1:36	1:59	2:17	2:35
REVENIMIENTO (CM)	9.90	20.60	16.40	14.00	12.40	12.00	8.50

#### MEZCLA N°3 (Se dejó girando en el trompo)

##### ANTES DEL ADITIVO

HORA=12:16 hr., REV.=10.8 CM  
P.V.=2630.19 KG/M<sup>3</sup>  
TEMPERATURA=20°C

##### INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE AGREGAR EL ADITIVO

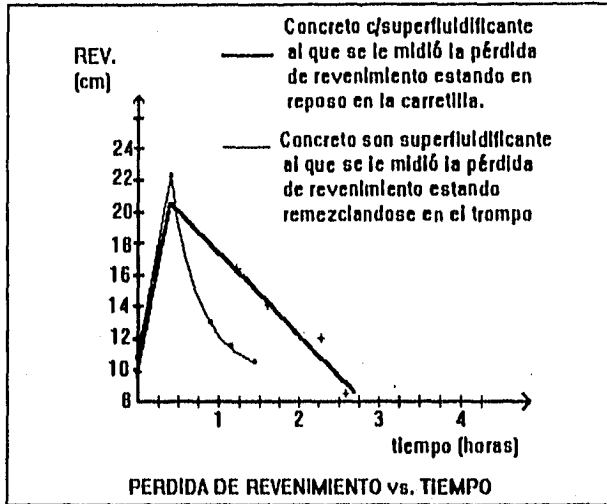
HORA=12:40 hr, REV.= 22.3 CM.  
ADITIVO=120 ml., P.V.=2651.81 KG/M<sup>3</sup>  
TEMPERATURA=20°C

HORA(hr:min)	12:16	12:40	13:10	13:25	13:42
TIEMPO TRANSCURRIDO	0:00	0:24	0:54	1:09	1:26
REVENIMIENTO (CM)	10.80	22.30	13.10	11.80	10.50



## GRÁFICAS.

A continuación se grafican los resultados obtenidos de las mezclas N°2 y N°3, a las cuales se les midió la pérdida de revenimiento.



Como puede notarse en la gráfica anterior, el efecto "PÉRDIDA DE REVENIMIENTO" se presenta invariablemente en las mezclas de concreto a las cuales se les agregó un aditivo superfluidificante.

También se observó, que éste fenómeno fue más acelerado en la mezcla que se dejó remezclándose en la revoladora; de ahí se concluye que efectivamente la inclusión de un aditivo superfluidificante en una mezcla de concreto, deberá realizarse inmediatamente antes de que se realice el vaciado de la mezcla de concreto en la obra; ya que de incluirse el aditivo desde la planta de concreto ocasionará que durante el recorrido de la unidad que transporta la mezcla, se inicie el efecto de "PÉRDIDA DE REVENIMIENTO" con lo cual el concreto al llegar a la obra no tendrá las características deseables que se tenían al momento de agregarse el aditivo superfluidificante, y, para volver a recuperarlas se tenga que volver a adicionar nuevamente otra dosis de aditivo superfluidificante, con lo cual se provocaría un sobrecosto no considerado.

Con respecto a la mezcla con aditivo superfluidificante que se dejó reposar en una carretilla, también se presentó la "PÉRDIDA DE REVENIMIENTO" sólo que tardó aproximadamente una hora más para llegar al revenimiento inicial de 10 cm. Este resultado no quiere decir que sea conveniente en la obra vaciar en "artesa" un concreto superfluidificado, ya que en el efecto de "PÉRDIDA

DE REVENIMIENTO" tiene una gran importancia debido a su influencia, la temperatura ambiente; pero si se refleja que una mezcla que está en continuo movimiento (remezclandose), pierde humedad más rápidamente y por lo tanto trabajabilidad, que una mezcla que está en reposo.

#### TIEMPOS DE FRAGUADO.

Una vez que se concluyó la elaboración de las mezclas, y luego de que se hubieron obtenido todos los datos del concreto fresco, se determinó que se debería obtener información del comportamiento del concreto en su etapa de fraguado; para lo cual se designaron las mezclas: TESTIGO, N°4, N°5-A, N°5-B Y N°6, como las indicadas para ser estudiadas.

Se elaboraron los especímenes adecuados, para lo cual se tomaron las siguientes consideraciones:

- La determinación de el tiempo de fraguado se realizó a todas las mezclas mencionadas anteriormente, para lo cual se siguieron las instrucciones de la NOM C-177, se cribó el concreto a través de la malla N°4, se vació el mortero obtenido en los moldes respectivos, se compacto y de vez en vez se eliminó el agua de sangrado, y después de 2 o 3 horas se procedió a iniciar las penetraciones con el penetrómetro de mesa con las diferentes agujas de manera de ir determinando en una gráfica de resistencia a la penetración ( $kg/cm^2$ ) vs tiempo (hr. y min.), los valores obtenidos. Los tiempos de fraguado inicial (*límite de manejabilidad*=35  $kg/cm^2$ ) y fraguado final (*cuando el mortero cribado alcanza una resistencia a la penetración de 280.7  $kg/cm^2$* ) deberán obtenerse de la gráfica trazada para las resistencias a la penetración antes señaladas.

-Dicha determinación se llevó a cabo dentro de una habitación con temperatura controlada.

-Los resultados obtenidos de cada penetración se muestran para cada mezcla a continuación y son el cociente de la fuerza requerida para alcanzar una penetración de 2.5 cm. de la aguja entre el área de contacto de la misma.

-Se indica además de cada mezcla el tiempo en el que se presentó el fraguado inicial, el fraguado final, y el defasamiento con respecto a la mezcla testigo.

-A manera de ilustración, al final se presentará la gráfica de la mezcla N°6 y simultáneamente se obtendrán los tiempos del fraguado inicial y final.

**Ver gráficas en hojas siguientes.**

**DETERMINACION DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN CONCRETO**

ESTUDIO Adit. Superfluidi.

FECHA \_\_\_\_\_

ADITIVO EMPLEADO **CONCRETO No. TESTIGO**  
**DOSEIFICACION 322 N**  
**pozzolith 322 N 0% de pozzolith**

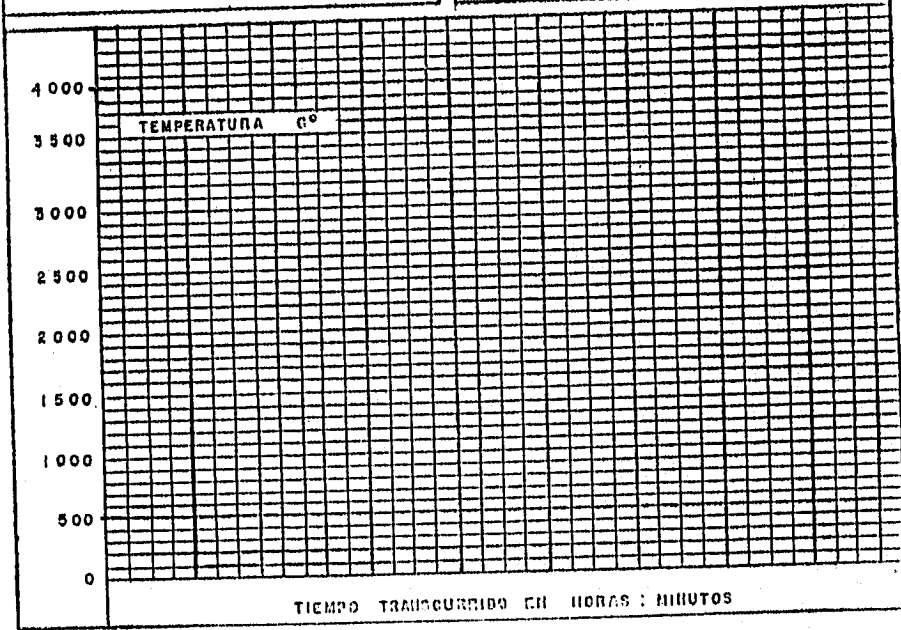
TIEMPO		Δ		P Lbs	P	AGUJA AREA	σ P	No
HRS	MIN	HRS	MIN		PRGM. Lbs	pulg <sup>2</sup>	Lbs. pulg <sup>2</sup>	
12	59	-	-	-	-	-	-	-
17	42	4	43	82	82	1/2	164	
19	05	5	06	66	68	1/4	272	
18	25	5	26	48	46	1/10	460	
18	45	5	46	44	41	1/20	820	
19	01	6	02	46	47	1/20	940	
19	16	6	17	58	62	1/40	2480	
19	30	6	31	40	41	1/40	1640	

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN  
 FRAGUADO FINAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN

ADITIVO EMPLEADO **CONCRETO No. \_\_\_\_\_**  
**DOSEIFICACION \_\_\_\_\_**

TIEMPO		Δ		P Lbs	P	AGUJA AREA	σ P	No
HRS	MIN	HRS	MIN		PRGM. Lbs	pulg <sup>2</sup>	Lbs. pulg <sup>2</sup>	
19	45	6	46	52	56	1/40	2240	
20	00	7	01	66	64	1/40	2560	
20	10	7	11	68	68	1/40	2720	

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL 5 HRS 26 MIN  
 FRAGUADO FINAL 7 HRS 56 MIN



**DETERMINACION DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN CONCRETO**

ESTUDIO Adit. superfluidi.  
FECHA \_\_\_\_\_

ADITIVO EMPLEADO Bozzolith 322 N CONCRETO No. 4  
DOSIFICACION A1 0.5 %

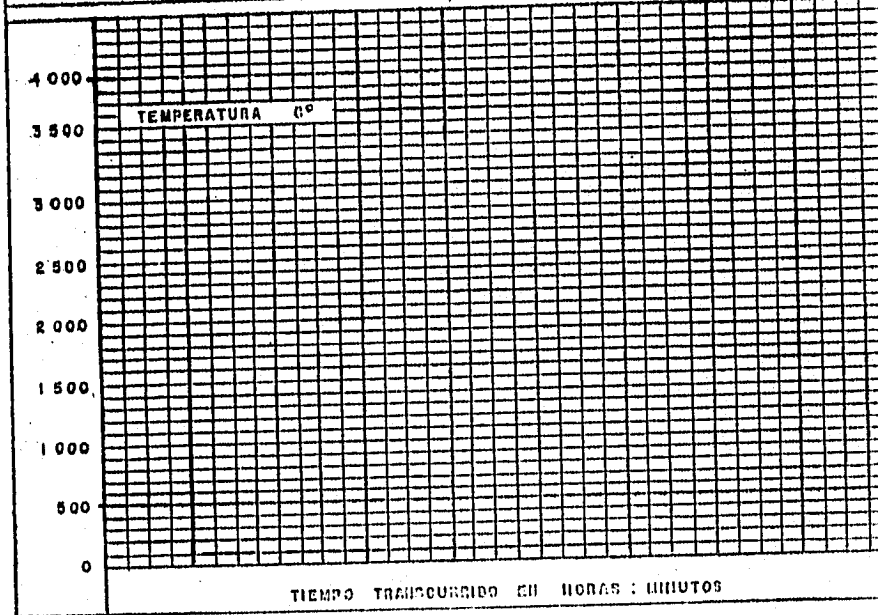
TIEMPO:		Δ		P Lbs	P PROM Lbs	AGUJA AREA pulg <sup>2</sup>	σ P Lbs/pulg	No.
HRS	MIN	HRS	MIN					
12	17	-	-	-	-	-	-	-
17	44	5	27	68	68	1/2	136	-
18	08	5	51	58	57	1/4	228	-
18	26	6	09	56	39	1/10	390	-
18	48	6	31	40	39	1/20	780	-
19	03	6	46	36	50	1/20	1000	-
19	18	7	01	48	66	1/20	1320	-
19	34	7	17	52	48	1/40	1920	-

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN  
FRAGUADO FINAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN

ADITIVO EMPLEADO \_\_\_\_\_ CONCRETO No. \_\_\_\_\_  
DOSIFICACION \_\_\_\_\_

TIEMPO		Δ		P Lbs	P PROM Lbs	AGUJA AREA pulg <sup>2</sup>	σ P Lbs/pulg	No.
HRS	MIN	HRS	MIN					
19	49	7	32	62	61	1/40	2440	-
20	05	7	48	60	71	1/40	2840	-
20	11	7	54	70	73	1/40	2920	-

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL 6 HRS 05 MIN  
FRAGUADO FINAL 8 HRS 13 MIN





**DETERMINACION DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN CONCRETO**

ESTUDIO Adit. Superfluidi.  
FECHA \_\_\_\_\_

ADITIVO EMPLEADO DOZZOLITH 322 N  
CONCRETO No. 5-B  
DOSIFICACION 1.04 a 10 cc/kg. cm<sup>3</sup>

ADITIVO EMPLEADO \_\_\_\_\_  
CONCRETO No. \_\_\_\_\_  
DOSIFICACION \_\_\_\_\_

TIEMPO:		Δ		P Lbs	P PROM. Lbs	AGUJA AREA pulg <sup>2</sup>	σ P Lbs <sup>2</sup> /pulg <sup>2</sup>	No
HRS	MIN	HRS	MIN					
9	23	-	-	100	-	-	-	-
17	47	8	24	56	100	1/2	200	
18	03	8	40	56	56	1/4	224	
18	18	8	55	42	43	1/10	430	
18	37	9	14	40	35	1/20	700	
18	45	9	22	26	24	1/40	960	
19	00	9	37	26	27	1/40	1100	
19	30	10	07	48	52	1/40	2080	

TIEMPO		Δ		P Lbs	P PROM. Lbs	AGUJA AREA pulg <sup>2</sup>	σ P Lbs <sup>2</sup> /pulg <sup>2</sup>	No
HRS	MIN	HRS	MIN					
19	57	10	34	66	69	1/40	2760	
20	25	11	02	90	94	1/40	3760	
20	30	11	07	110	107	1/40	4280	

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN  
FRAGUADO FINAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL 9 HRS 01 MIN  
FRAGUADO FINAL 11 HRS 03 MIN

4 000  
3 500  
3 000  
2 500  
2 000  
1 500  
1 000  
500  
0

TEMPERATURA (°)

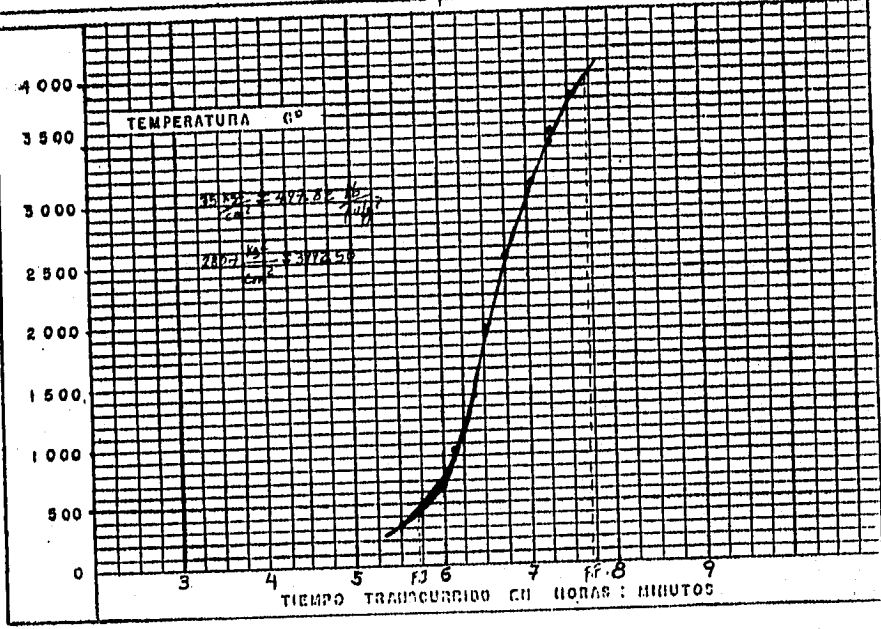
TIEMPO TRANSCURRIDO EN HORAS : MINUTOS

**DETERMINACION DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN CONCRETO**

ESTUDIO Adit. Superfluidi.  
FECHA \_\_\_\_\_

ADITIVO EMPLEADO		CONCRETO No. <u>6</u>					
<u>nozzolith 322 N</u>		DOSIFICACION					
		P	P	AGUJA	$\sigma$ P	No.	
		Lbs	PRGM.	AREA	Lbs. $\frac{2}{\text{pulg}^2}$		
HRS	MIN	HRS	MIN	Lbs	$\frac{2}{\text{pulg}^2}$	Lbs	
10	15	-	-	-	-	-	
15	46	5	31	170	170	1/2 340	
16	15	6	00	162	162	1/4 648	
16	24	6	09	100	95	1/10 950	
16	38	6	23	70	70	1/20 1400	
16	46	6	31	48	49	1/40 1960	
17	00	6	45	62	63	1/40 2520	
17	19	7	04	74	78	1/40 3120	
TIEMPOS DE		FRAGUADO INICIAL _____ HRS _____ MIN		FRAGUADO FINAL _____ HRS _____ MIN			

ADITIVO EMPLEADO		CONCRETO No. _____					
		DOSIFICACION					
		P	P	AGUJA	$\sigma$ P	No.	
		Lbs	PRGM.	AREA	Lbs. $\frac{2}{\text{pulg}^2}$		
HRS	MIN	HRS	MIN	Lbs	$\frac{2}{\text{pulg}^2}$	Lbs	
17	32	7	17	82	86	1/40 3440	
17	46	7	31	87	106	96.5 1/40 3860	
18	05	7	50	100	104	102 1/40 4080	
				Frag final = $35 \frac{\text{Lbs}}{\text{cm}^2}$			
				Frag final = $280.7 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$			
TIEMPOS DE		FRAGUADO INICIAL <u>5</u> HRS <u>43</u> MIN		FRAGUADO FINAL <u>7</u> HRS <u>41</u> MIN			



A continuación se muestran para cada mezcla los resultados obtenidos indicando para cada mezcla los tiempos que tarda en presentarse el fraguado inicial y el fraguado final, y además se realiza la comparación de cuanto se defasan con respecto a la mezcla testigo.

PARÁMETRO	T. FRAGUADO INICIAL HORAS:MINUTOS	DEFASAMIENTO HORAS:MINUTOS	T. FRAGUADO FINAL HORAS:MINUTOS	DEFASAMIENTO RESPECTO MEZCLA TESTIGO	DURACIÓN DEL FRAGUADO
TESTIGO	5:26	-----	7:56	-----	2:30
MEZCLA # 4 CON 5 cc/kg de cemento, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFI CANTE	6:05	0:39	8:13	0:17	2:08
MEZCLA # 5-A CON 10 cc/kg de cemento, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFI CANTE	9:01	3:35	10:58	3:02	1:57
MEZCLA # 5-B CON 10 cc/kg de cemento, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFI CANTE	9:01	3:35	11:03	3:07	2:02
MEZCLA # 6 CON 4 cc/kg de cemento, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFI CANTE	5:43	0:17	7:41	-0:15	1:58

Como se puede apreciar en la tabla anterior, en las muestras N°-5A y 5B, se presenta un retardo de fraguado muy superior al que se presenta en la mezcla N°-6 que tiene la característica de que el aditivo que se agregó fue siguiendo la dosificación recomendada por el fabricante, de 0.4% = 4 cc/kg de cemento; lo cual es muy similar al de la mezcla N°-4 al que sólo se le sobredosificó 1 cc/kg de cemento, más que lo recomendado.

Pero al dosificar 2.5 veces más, que la recomendación del fabricante, se presenta un retardo de fraguado 5 veces mayor al que se presenta cuando se utiliza la dosificación que indica el fabricante o proveedor de éste aditivo.

## RESULTADOS DE RESISTENCIA

Con objeto de poder evaluar las posibles consecuencias de usar aditivo superfluidificante en mezclas de concreto, conteniendo diferentes dosificaciones del mismo, se elaborarán 3 cilindros para su ensaye a la compresión según NOM C-83. Se ensayará 1 cilindro a 7 días y 2 cilindros a 28 días.



ESTUDIO DEL ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE  
 RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PARÁMETRO	CONSUMO DE CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	REL. A/C	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	
			7 DÍAS	28 DÍAS
TESTIGO	303	0.642	184	221
MEZCLA # 4 5 cc/kg de cemento, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE	303	0.633	215	263
MEZCLA # 5-A 10 cc/kg de cemento, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE	301	0.658	238	289*
MEZCLA # 5-B 10 cc/kg de cemento, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE	302	0.650	240	262**
MEZCLA # 6 4 cc/kg de cemento, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE	302	0.650	213	260

(\*)NOTA: Los cilindros correspondientes a la mezcla N°5-A que se ensayaron a 28 días, dieron una resistencia a la compresión de 283 kg/cm<sup>2</sup> y 294 kg/cm<sup>2</sup>, lo que nos da un promedio de  $f'c=289$  kg/cm<sup>2</sup>; Con estos resultados podemos concluir que una sobredosificación de aditivo superfluidificante ocasionará un retardo en el fraguado de la mezcla de concreto, mismo que sería benéfico a la misma ya que se incrementa la resistencia a la compresión, debido a que las partículas de cemento se hidratan correctamente al existir una mejor dispersión de ellas y tener más tiempo para reaccionar con el agua de mezclado.

(\*\*)NOTA: Respecto a la mezcla N°5-B, se aprecia que tenía una tendencia similar a la mezcla N°5-A, pero los resultados a 28 días pudieron verse afectados por golpes a los cilindros de prueba.

En pruebas que ya se habían realizado con anterioridad en el laboratorio, elaborando mezclas de concreto con aditivo superfluidificante, se había tomado la decisión de realizar estas pruebas utilizando en algunas mezclas aditivo dispersante (de línea) y en otras no; Ésta decisión arrojó resultados como los que se indican a continuación:

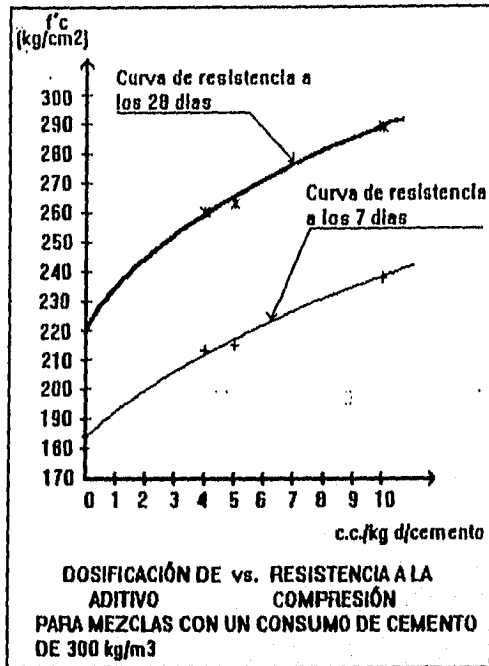
TIPO DE MEZCLA	CONSUMO DE CEMENTO KG/M <sup>3</sup>	DOSIFICACIÓN DE ADITIVO LT/M <sup>3</sup>	REL. A/C	REV. SIN ADIT. CM	REV. CON ADIT. CM	PESO VOL. OBT. KG/M <sup>3</sup>	PESO UNIT. KG/M <sup>3</sup>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM <sup>2</sup>		
								7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
TESTIGO	349	0.000	0.665	14.0	---	2130	2156	224	244	264
# 1 CON 4 CCKG DE CEMENTO, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE	349	0.004	0.662	14.0	20.5	2133	2156	240	285	302
# 2 TESTIGO + DISPERSANTE	355	0.000	0.614	15.0	---	2151	2156	201	---	278
# 3 CON 4 CCKG DE CEMENTO, DE ADITIVO SUPERFLUIDIFICANTE + DISPERSANTE	355	0.004	0.617	14.0	20.5	2151	2156	207	---	271

Como puede observarse, hay una aparente inconsistencia en los resultados de resistencia a la compresión, ya que en la mezcla de concreto con aditivo dispersante, los resultados fueron inferiores a los resultados de las mezclas en las que no se empleó dicho aditivo e incluso las relaciones AGUA/CEMENTO fueron más bajas cuando no se empleó el dispersante.

Lo anterior se atribuye al remezclado que se le dio a las mezclas durante la prueba de duración de efecto, ya que se dejaba reposar aproximadamente 15 minutos y luego se remezclaba durante un minuto, con lo cual se observa que se incrementa la resistencia a la compresión.

De igual manera el uso del aditivo superfluidificante beneficia a la resistencia a la compresión, ya que también es un dispersante de alto rango, sólo que su efecto es poco duradero.

A continuación se muestra una gráfica en donde para los mismos consumos de cemento se representaran los  $f'c$  obtenidos contra las dosificaciones de aditivo superfluidificante.



Como puede apreciarse, de las pruebas efectuadas, el uso del aditivo superfluidificante beneficia en gran medida, debido a la cantidad de problemas prácticos que soluciona:

-Se recomienda su uso cuando se tienen armados muy densos debido a que le dan a la mezcla de concreto una gran capacidad de autonivelarse y penetrar por entre los armados, debido a que le da una gran fluidez a la mezcla.

-Como ya pudo apreciarse, de las pruebas efectuadas con anterioridad, el uso de este aditivo ocasiona un retardo de fraguado en la mezcla de concreto, lo cual resulta benéfico ya que al existir mayor dispersión de las partículas de cemento, por efecto de usar este aditivo, éstas se hidratan correctamente ya que tienen más tiempo para reaccionar con el agua de mezclado, y esto se refleja en un aumento de la resistencia a la compresión  $f'c$ .

-Debido a lo anterior, también sería posible reducir el uso de cemento, ya que se apreció que al dosificar la

proporción indicada por el proveedor del aditivo (4 cc/kg de cemento), se incrementa la resistencia en un 15%, por lo que se obtiene como conclusión que ese incremento de resistencia puede contrarrestarse utilizando menos cemento, con lo que se obtendría un ahorro económico que compensaría en gran medida el costo por la compra y el uso del aditivo.

-Se pueden obtener concretos con relaciones A/C muy bajas, y que presenten gran trabajabilidad, utilizando aditivo superfluidificante. Además, siempre que la relación A/C sea baja, se incrementará la resistencia a la compresión.

Esta situación en determinado momento podría ser una ventaja, ya que evitaría que se aumentara la cantidad de cemento para obtener resistencias más altas.

Y beneficiaría también, porque si se usa más cemento, hay mayor calor de hidratación, mayor contracción del concreto y aumentaría la posibilidad de agrietamiento.

### MODULO ELÁSTICO.

Tomando en cuenta los requerimientos contenidos en el Reglamento de Construcciones para el D.F., y en sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, el concreto empleado para fines estructurales puede ser de dos clases: Clase 1, con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 ton/m<sup>3</sup>, y Clase 2, con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre 1.9 y 2.2 ton/m<sup>3</sup>, ambos concretos deberán cumplir también con los requisitos establecidos en la NOM C-155.

Para el caso del estudio del aditivo superfluidificante que se está ilustrando, por el tipo de grava utilizada (grava caliza) se consideró que el concreto utilizado es de clase 1, con resistencia especificada,  $f'c$ , igual o mayor que 250 kg/cm<sup>2</sup>.

Para concretos clase 1, el módulo de elasticidad se supondrá igual a:

$$14000(f'c)^{1/2} \text{ kg/cm}^2$$

El método de prueba aplicado para obtener el modulo elástico es el que se encuentra descrito en la NOM C-128, y siguiendo la metodología señalada se procedió a la determinación del módulo elástico.

Para el estudio de éste aditivo superfluidificante se utilizó grava caliza; con esto se logró obtener un peso volumétrico en estado fresco, superior a 2.2 ton/m<sup>3</sup>, por lo que se consideró que se trataba de un concreto Clase 1, para el cual se tiene un módulo de elasticidad igual a  $E_c=14000(f'c)^{1/2}$ , esto implica que  $14000=E_c/(f'c)^{1/2}$ .

Además el peso total de los ingredientes que componen la

revoltura resultó de 2248 kg/m<sup>3</sup>>2200 kg/m<sup>3</sup>.

### PESO VOLUMÉTRICO.

El peso volumétrico del concreto elaborado con unos mismos materiales, puede experimentar algunas variaciones de poca significación como consecuencia de cambios en su composición. En el caso de estas pruebas, el peso volumétrico del concreto en estado fresco, siempre se mantuvo por arriba de 2600 kg/m<sup>3</sup>>2200 kg/m<sup>3</sup> que solicitó la NOM y el Reglamento de Construcciones del D.F., para Concretos Clase 1.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y MÓDULO ELÁSTICO.

Tomando en cuenta que, siendo el objetivo fundamental de estos estudios, el evaluar los beneficios que aportan los aditivos superfluidificantes, entonces se considerará que la resistencia a la compresión de proyecto es la de la mezcla Testigo, y a partir de ella se evaluarán los beneficios que se obtuvieron por el uso de estos aditivos.

Entonces se tienen los siguientes resultados para las diferentes mezclas:

MUESTRA N°	PESO.VOL. kg/m <sup>3</sup>	f'c real kg/cm <sup>2</sup>	Ec REAL kg/cm <sup>2</sup>	E/ (F'c <sub>testigo</sub> ) <sup>1/2</sup>
TESTIGO	2673	216	210,851	14,347
# 2	2630	274	221,012	15,038
# 3	2630	266	227,023	15,447
# 4	2680	264	214,108	14,568
# 5-A	2680	283	228,108	15,521
# 5-B	2680	288	225,843	15,367
# 6	2680	235	226,735	15,427

$$f'c_{\text{MEZCLA TESTIGO}} = 216 \text{ kg/cm}^2$$

Como puede notarse en la tabla anterior, los valores de la relación  $K=E/(f'c)^{1/2}$ , son superiores a 14000, con lo cual, se cumplen satisfactoriamente los lineamientos marcados en el Reglamento de Construcciones del D.F. para concretos Clase 1. No se modifican por lo tanto las características finales de la mezcla de concreto en estado fresco y en estado endurecido., por lo que podemos concluir que este tipo de aditivo se puede usar con toda confianza para los fines mencionados en éste capítulo sin temor a que se presenten posteriormente efectos indeseables.

## IV.- ADITIVOS ACELERANTES DE RESISTENCIA.

### IV.1.- GENERALIDADES.

Un aditivo acelerante es un material que se añade al concreto con el fin de reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo temprano de resistencia del concreto.

*El acelerante más conocido y más ampliamente usado, es el cloruro de calcio*, el cual ha sido usado desde 1885 y encuentra aplicaciones principalmente en tiempo frío, cuando ello permite la ganancia de resistencia que se aproxima a la del concreto curado bajo temperaturas normales de curado.

Se han encontrado otros muchos materiales que aceleran la velocidad de desarrollo de resistencia del concreto, pero en general, son usados rara vez, y existe poca información en relación con sus efectos en las propiedades del concreto.

Aunque el uso de acelerantes es mayor en climas fríos (invierno), también encuentran aplicaciones bajo condiciones más normales.

Los beneficios de la resistencia temprana acelerada pueden comprender:

- 1.- Para aumentar la velocidad de desarrollo de resistencia de tal manera que permita quitar la cimbra o poner la construcción en servicio más rápidamente.
- 2.- Iniciación más temprana de las labores de acabado.
- 3.- Períodos más cortos de protección necesaria para evitar daños al concreto por congelación u otros factores.
- 4.- Compensación parcial o completa por los efectos de bajas temperaturas sobre la velocidad de desarrollo de resistencia.

Hay otros productos químicos que aceleran la velocidad de endurecimiento del concreto tales como algunos cloruros solubles, carbonatos solubles, silicatos, fluosilicatos, hidróxidos alcalinos y algunos compuestos orgánicos tales como la TRIETANOLAMINA.

Existe una controversia sobre el uso del cloruro cálcico en el concreto armado, sobre la posibilidad de corrosión en los armados, particularmente si el concreto es poroso.

Lo anterior ha renovado el interés en acelerantes "**sin cloruro**" para reemplazar al cloruro cálcico en el concreto armado. Sin embargo, el cloruro cálcico permanece como el material más efectivo para el concreto en masa, para su económica producción en condiciones invernales, y sus efectos sobre el concreto, tantos los beneficiosos como los indeseables, son bien conocidos y cuantificados.

## IV.2.- ¿QUÉ ES EL CLORURO DE CALCIO?

El efecto del cloruro de calcio sobre las propiedades de pasta, mortero y concreto endurecido, se ha estudiado en gran medida. El cloruro de calcio debe cumplir con la norma ASTM D 98, sólido o líquido. La forma de escamas debe contener un mínimo de 77% de  $\text{CaCl}_2$ , la forma concentrada de escama grano o granulado tiene un mínimo de 94% de  $\text{CaCl}_2$ .

A una tasa de adición de 2% por peso, que es el nivel que más se utiliza y representa el tipo de 77%, se incrementa la resistencia diariamente en el rango de 100 a 200%, dependiendo del cemento utilizado.

El incremento de resistencia alcanzada a edades más tardías es menor y pueden esperarse resistencias inferiores a edades posteriores a los 28 días. El efecto de otros aditivos sobre el desarrollo de resistencia aún no puede sistematizarse, aunque diversas sales que aceleran el fraguado reducen las resistencias del concreto, incluso a la edad de un día. Los carbonatos, silicatos y aluminatos se encuentran en ésta categoría.

También se sabe que el cloruro de calcio incrementa la fluencia del concreto y la contracción por secado del mismo.

Dichos cambios dependen de la duración del curado previo al inicio de las mediciones, y la duración de los periodos de secado y carga.

Mientras más tiempo se deje curar el concreto, menores serán los efectos sobre la fluencia y la contracción. Esto se debe a los cambios reducidos en el grado de hidratación que puede ocurrir. Cuando el concreto está expuesto a cierto ambiente durante periodos largos, los efectos de un aditivo difieren, y la contracción y la fluencia finalmente dependen de la composición del cemento utilizado. Esto indica que los cambios en las tasas de deformación son mayores que los cambios en el grado total de deformación. Se ha indicado que la influencia del cloruro de calcio en la contracción por secado puede ser el resultado de cambios en la distribución de tamaños de los poros capilares.

El empleo del cloruro de calcio en el concreto reduce su resistencia al ataque de sulfatos, e incrementa la acción entre el cemento altamente alcalino y los agregados reactivos. Una de las mayores desventajas del cloruro de calcio es su tendencia a propiciar la corrosión de metales en contacto con el concreto, debido a la presencia de iones de cloruro. El uso del cloruro de calcio no está permitido en concreto preesforzado cuando se utilizan plataformas metálicas galvanizadas, o cuando se ahogan metales disímboles.

Por ello, se han buscado aditivos que imiten las propiedades acelerantes del cloruro de calcio, sin tener su potencial corrosivo.

Se han patentado algunas formulas a base de formiato de

calcio con un inhibidor de corrosión.

No deben utilizarse acelerantes como agentes anticongelantes para el concreto. En las cantidades utilizadas normalmente, el punto de congelación del concreto se reduce sólo en grado insignificante, menos de 2°C. No se conocen materiales que bajen apreciablemente el punto de congelamiento del agua en el concreto y que no sean perjudiciales al concreto en otros aspectos.

#### IV.3.- COMPUESTOS ORGÁNICOS SOLUBLES.

Los acelerantes más comunes en esta clase son la TRIETANOLAMINA y el FORMIATO DE CALCIO, que se usan comúnmente para compensar los efectos retardantes de los aditivos reductores de agua o para proporcionar acelerantes no corrosivos. Se han dado a conocer las propiedades acelerantes para el acetato de calcio, el propionato de calcio y el butirato de calcio, pero las sales de homólogos más elevados de ácido carbónico son retardantes.

Cuando se emplean relaciones bajas de agua/cemento, se han encontrado varios compuestos orgánicos para acelerar el fraguado del cemento Portland. Los ejemplos más notables son los azúcares que están reconocidos generalmente como fuertes retardantes, pero que exhiben propiedades de fraguado rápido con adiciones mayores de 0.25% por peso de cemento y relaciones agua/cemento de 0.22 a 0.24. No obstante, el efecto de fraguado rápido de la sacarosa no puede acelerar el desarrollo de resistencia.

Las resistencias del concreto se pueden reducir o incrementar de diversas maneras, según el empleo de acelerantes orgánicos.

Se sabe que tanto la trietanolamina como el formiato de calcio afectan la contracción por secado del concreto, de manera muy similar a como la afecta el cloruro de calcio.

#### IV.4.- DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Aunque el principal objetivo del uso de acelerantes es obtener una alta resistencia inicial, se ha encontrado que el incremento de la resistencia continúa durante un período de varios años con niveles de adición de hasta 2% de cloruro cálcico por peso de cemento, y las siguientes figuras lo ilustran: figura 4.1 ilustra éste efecto en probetas almacenadas durante 5 años bajo agua, figura 4.2. en ambientes de laboratorio, y figura 4.3 al ambiente exterior. Sin embargo, un mayor porcentaje de cloruro cálcico (mayor que el 4%) conduce a resistencias más reducidas en comparación con un cemento sin aditivo a períodos mayores de 1 año.



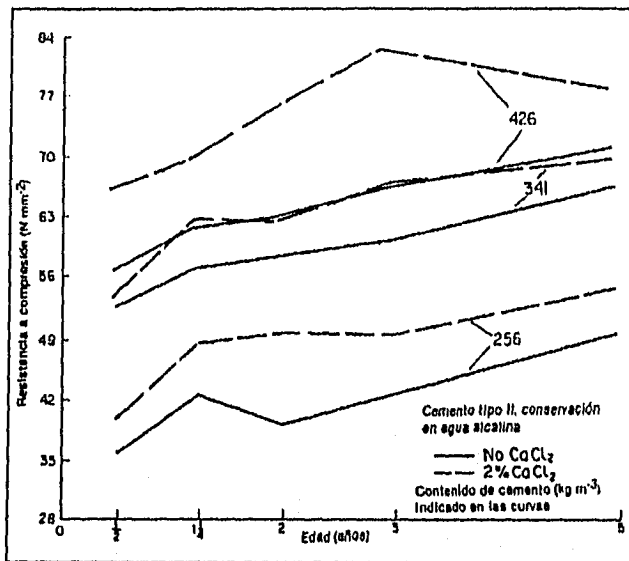


FIG.4.1 El cloruro cálcico no afecta adversamente a la resistencia del concreto durante los 5 años estudiados (Shideler)

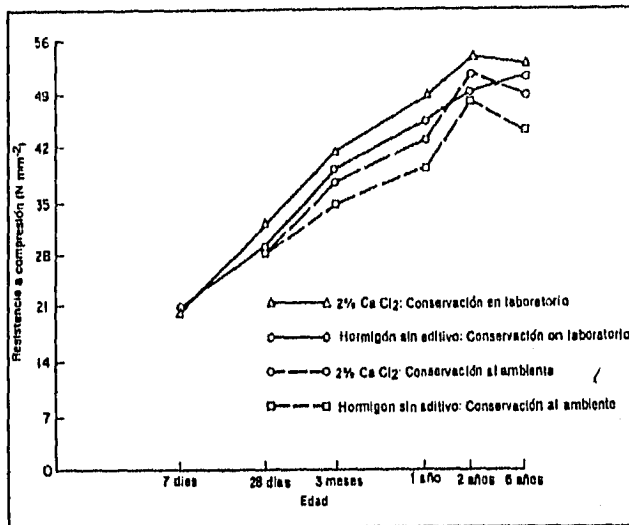


FIG 4.2 El cloruro cálcico no afecta al desarrollo de resistencias a plazo largo de concreto denso curado bajo condiciones de laboratorio, o en condiciones de ambiente. (Blenkinsop)

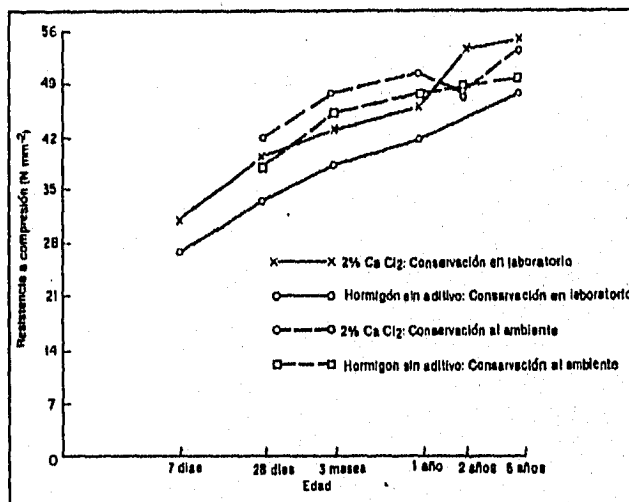


FIG 4.3 El cloruro cálcico no afecta al desarrollo de resistencia a plazo largo del concreto poroso bajo condiciones de laboratorio, o en condiciones de ambiente (Blenkinsop).

#### IV.5.- EFECTOS SOBRE EL CONCRETO FRESCO Y CONCRETO ENDURECIDO.

Los efectos de los acelerantes sobre algunas de las propiedades del concreto son las siguientes:

##### IV.5.1.- TIEMPO DE FRAGUADO.

Se reduce el tiempo de fraguado, tanto el inicial como el final. El grado de reducción varía según la cantidad de acelerante empleada, la temperatura del concreto y la temperatura ambiente. Las cantidades excesivas de algunos acelerantes pueden causar un fraguado muy rápido.

##### IV.5.2.- INCLUSIÓN DE AIRE.

Generalmente se requiere menos aditivo inclusor de aire para producir el contenido requerido de aire. No obstante, en algunos casos, se obtienen burbujas de mayor tamaño y factores más elevados de espaciamiento que reducen los efectos benéficos del aire incluido deliberadamente.

##### IV.5.3.- CALOR DE HIDRATACIÓN.

Se obtiene liberación temprana de calor, pero no se observa efecto apreciable sobre el calor total de hidratación.

##### IV.5.4.- RESISTENCIA.

La resistencia a la compresión se incrementa de manera sustancial a edades tempranas. La resistencia final puede reducirse ligeramente. En el caso de no agregarse toda el agua de mezclado, debido a que la mezcla se fluidifica notablemente al agregar el aditivo acelerante, se tendrá entonces como consecuencia un incremento de la resistencia final.

El incremento en la resistencia a la flexión usualmente es menor que el de la resistencia a la compresión

#### IV.5.5.- CAMBIOS DE VOLUMEN.

Los cambios de volumen se incrementan tanto con curado húmedo como en condiciones de secado. Existe el problema del grado del efecto causado por los acelerantes en oposición a otros factores que influyen en los cambios de volumen

#### IV.5.6.- RESISTENCIA A LAS HELADAS.

La resistencia a la congelación y al deshielo, así como a la escamación causada por el empleo de sales deshelantes, se incrementa a edades tempranas, pero puede decrecer a edades posteriores (Véanse comentarios en la sección IV.5.2.)

#### IV.5.7.- RESISTENCIA A LOS SULFATOS.

Se disminuye la resistencia a los sulfatos.

#### IV.5.8.- CORROSIÓN DE METALES.

En el caso de acelerantes que contengan cloruro de calcio, estos no deben usarse cuando se pretenda aplicar al concreto reforzado curado con vapor, debido a que el cloruro de calcio causa corrosión en el acero de refuerzo.

#### IV.6.- EVALUACIÓN Y SELECCIÓN.

La decisión de emplear un acelerante a veces depende de economía. Con frecuencia se pueden obtener los mismos resultados por otros medios, tales como:

- a) El empleo de cemento TIPO III.
- b) El uso de cemento adicional.
- c) El empleo de calor.
- d) El uso de un método diferente o más prolongado de curado y protección.
- e) Una combinación de los puntos señalados.

#### IV.7.- DOSIFICACIÓN.

La cantidad exacta de acelerantes, necesaria para obtener la aceleración deseada del tiempo de fraguado y del desarrollo de resistencia, depende de condiciones locales, pero, generalmente, se añade de 1 a 2% por peso del cemento.

El acelerante se debe introducir en la mezcla de concreto en forma de solución.

#### IV.8.- PROPORCIONES PARA CONCRETO.

Las proporciones de la mezcla para concreto que contiene un acelerante deben ser las mismas que para un concreto sin acelerante. Usualmente, la dosis máxima recomendada es de 2% por peso de Cemento Portland. El cloruro de calcio se dosifica a esta proporción.

#### IV.9.- CONTROL DEL CONCRETO.

Deberán efectuarse pruebas cuando no se disponga de información adecuada para evaluar el efecto de un aditivo particular sobre las propiedades de una mezcla en obra empleando materiales de la obra, a temperaturas esperadas en la obra y con procedimientos de construcción de la obra.

#### IV.10.- PRUEBAS DEL USO DE UN ADITIVO ACELERANTE DE RESISTENCIA EN MEZCLAS DE CONCRETO.

En éste informe se pretende evaluar la calidad del aditivo acelerante de resistencia, mencionando los beneficios que reporta el uso de este aditivo.

Las pruebas que se van a comparar son: Tiempos de fraguado, Resistencia a la compresión y Módulo elástico; todas ellas comparadas contra una mezcla testigo (sin aditivo).

#### CEMENTO

El cemento empleado en la elaboración de las pruebas con aditivo acelerante de resistencia es cemento Tipo I NORMAL, marca Tolteca con densidad igual a 3.12 gr/cm<sup>3</sup>.

#### AGREGADOS

Los agregados utilizados así como su procedencia y características se indican a continuación:

MATERIAL	MINA	DENSIDAD gr/cm <sup>3</sup>	ABSORCIÓN %	P x L %	P.V.S kg/m <sup>3</sup>	P.V.C kg/m <sup>3</sup>	M.F
GRAVA ANDE- SITICA 20 mm	PEÑA BLANCA	2.36	4.55	-----	1339	1462	7.10
ARENA	PEÑA BLANCA	2.39	6.64	14.52	1240	1534	2.56

Se anexan formas, con las curvas granulométricas de éstos materiales.



Cebsa

C. A. R. S. A.  
GERENCIA TÉCNICA

GT-31  
ESTUDIO DE AGREGADOS

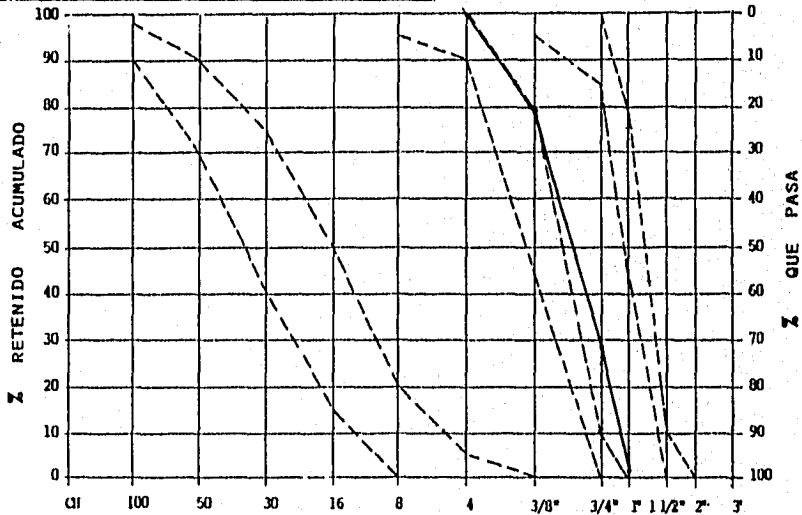
PROVEEDOR: GRAVA 3/4 PROCEDENCIA: Peña Blanca PROCEDENCIA: CENTRAL FECHA:

MALLA	PROPIEDADES GRANULOMÉTRICAS					
	% RETENIDOS					
	ARENA		GRAVA 1		GRAVA 2	
	PARCIAL	ACUM.	PARCIAL	ACUM.	PARCIAL	ACUM.
3"						
2"						
1 1/2"						
1"			1.70	1.70		
3/4"			26.36	28.06		
3/8"			51.61	79.67		
No. 4			20.33	100.0		
No. 8						
No. 16						
No. 30						
No. 50						
No. 100						
CANTIDA						
S U M A				209.43		
M. P.				7.10		

PROPIEDADES FÍSICAS	ARENA	GRAVA 1	GRAVA 2
MASA ESPECÍFICA (SSS)		2.36	
ABSORCIÓN %		4.55	
M.V. FUEJTO KG/M3		1339	
M.V. COMPACTADA KG/M3		1462	
MATERIA ORGÁNICA			
PERDIDA POR LAVADO			
CONTAMINACIÓN	SURTA	2.8%	
	TINTEA	10.23%	
HUMEDAD TOTAL %			

MUESTRA ENSAYADA KG	24.93
---------------------	-------

NOTAS: Estudio c/Arena Peña Blanca.  
Con Aditivo Acelerante  
REFERENCIAS: NIM-C-73 NIM-C-77 NIM-C-84  
NIM-C-164 NIM-C-165 NIM-C-170  
REALIZO: FRANCISCO RIOS  
SUPERVISO:





Carrera

C. A. R. S. A.  
GERENCIA TÉCNICA

GT-31  
ESTUDIO DE AGREGADOS

PROVEEDOR: ARENA PROCEDENCIA: Peña Blanca PLANTA: CENTRAL FECHA:

MALLA	PROPIEDADES GRANULOMÉTRICAS					
	% RETENIDOS					
	ARENA		GRAVA 1		GRAVA 2	
	PARCIAL	ACUM	PARCIAL	ACUM	PARCIAL	ACUM
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"						
No. 4						
No. 8	16.3	16.3				
No. 16	21.0	37.3				
No. 30	17.7	55.0				
No. 50	13.8	68.8				
No. 100	9.9	78.7				
CHAROLA	21.3	100.0				
SUMA	100.0	256.1				
M. P.		2.56				

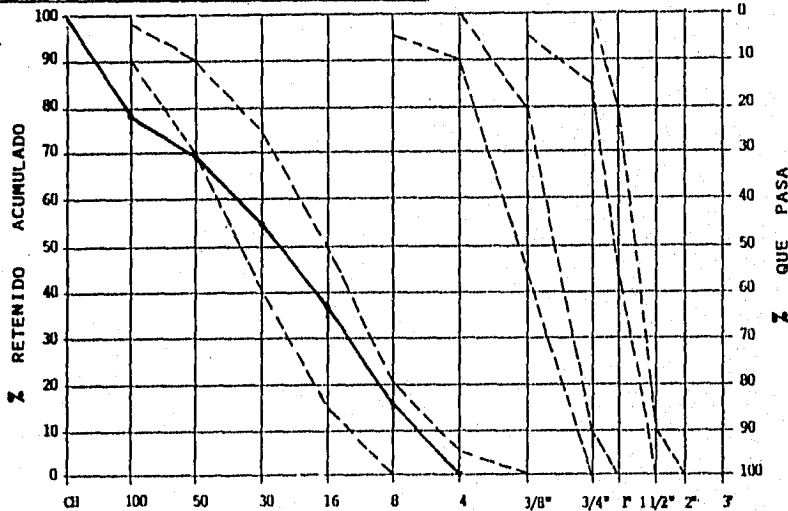
PROPIEDADES FÍSICAS	ARENA	GRAVA 1	GRAVA 2
MASA ESPECÍFICA (SSS)	2.39		
ABSORCIÓN %	6.64		
M.V. SUJETO KG/M3	1240		
M.V. COMPACTADA KG/M3	1534		
MATERIA ORGÁNICA			
PERDIDA POR LAVADO	14.52		
CONTAMINACIÓN SUELO INFRA	17.9%		
HUMEDAD TOTAL %	7.73		

MUESTRA ENSAYADA KG	17.78		
---------------------	-------	--	--

NOTAS: ARENA PEÑA BLANCA  
Para estudio de editivo Acelerante  
REFERENCIAS: NM-C-73 NM-C-77 NM-C-84  
NM-C-164 NM-C-165 NM-C-170

REALIZO:

SUPERVISO: FRANCISCO RIOS.





## ADITIVO ACELERANTE DE RESISTENCIA.

Sólo se utilizó un sólo tipo y marca de aditivo acelerante de resistencia para realizar el estudio, aclarando que en el mercado existen varias marcas de aditivos acelerantes de resistencia, los cuales varían en cuanto a su composición y dosificación, con lo cual se pudiesen obtener tal vez resultados diferentes a los obtenidos en las pruebas que se realizaron con el aditivo elegido.

Se eligió para su estudio el aditivo POZZOLITH 100 HE de TECNOCRETO S.A. el cual se dosifica según el fabricante a razón de 15cc=15 ml por cada kg. de cemento, lo que equivale al 1.5% de el peso del cemento.

## DISEÑO DE LA MEZCLA

Para poder obtener el proporcionamiento base de la mezcla que se ensayaría, se tuvieron que hacer las siguientes consideraciones:

-De acuerdo a la NOM C-255 los estudios con aditivos se realizan utilizando un consumo de cemento de 310 más/menos 5 kg/m<sup>3</sup>. Pero se decidió utilizar un C.C. = 300 kg/m<sup>3</sup>.

-Se utilizó grava andesítica con agregado de tamaño máximo de 3/4"= 20 mm, el cual se utilizó contaminado con arena, pues no se clasificó el material, pero se corrigió el proporcionamiento por contaminación de la grava.

-El revenimiento de proyecto para todas las mezclas fue de 10 cm.

-En la tabla anexa, se muestran las características de diseño teóricas y reales de cada una de las mezclas ensayadas. Las características reales están obtenidas en base al agua de diseño sobrante o adicionada a la mezcla cuando se concluyó el estudio y ajustando el volumen a 1000 litros.

-Para las pruebas de cada mezcla elaborada, se empleó el mismo proporcionamiento que la mezcla testigo, adicionando el aditivo acelerante de resistencia después de haber agregado la mitad del agua de mezclado que se calculó llevaría la mezcla, ya que el aditivo acelerante fluidifica la mezcla un poco, pero como no se llegó a los 10 cm. de revenimiento, se le agregó agua hasta lograr que el concreto tuviera un revenimiento de 10 cm.

-También se corrigió la mezcla por humedad y absorción de los materiales.

ESTUDIO DE ADITIVOS ACELERANTES DE RESISTENCIA.

CARACTERÍSTICAS TEÓRICAS	TIPO DE MEZCLA	CONSUMO DE CEMENTO REAL kg/m <sup>3</sup>	RELACION A/C	PESO VOL. OBTENIDO kg/m <sup>3</sup>	PESO UNITARIO kg/m <sup>3</sup>	REV. CON ADITIVO ACELERANTE (cm)	ASPECTO	CONSUMO DE AGUA REAL (LT/M <sup>3</sup> )	% DE REDUCCIÓN DE AGUA (%)
C.C.=300 KG/M <sup>3</sup> ARENA=665.36 KG/M <sup>3</sup> GRAVA=1003.9 KG/M <sup>3</sup> AGUA=200.10 LT/M <sup>3</sup> A/C=0.667 % ARENA=46 P.VOL. TOTAL. =2169 KG/M <sup>3</sup> REV.=10 CM	TESTIGO	306.20	0.608	2190	2673	0.0	LIGERAMENTE GRAVOSO	106.20	6.95
	Nº2 POZZOLIT 100HE AL 3.61%-36.1 CC/KG DE CEMENTO	324.50	0.424	2260.9	2594.16	9.0	LIGERAMENTE GRAVOSO	137.60	31.23
	Nº3 POZZOLIT 100HE AL 7.23%-72.30 CC/KG DE CEMENTO	324.50	0.424	2260.9	2594.16	10.0	LIGERAMENTE GRAVOSO	137.60	31.23

NOTA: Se elaboraron de cada mezcla 1 cilindro para ensayarse a 3 días y 2 cilindros para ensayarse a 7 días

TIEMPOS DE FRAGUADO.

Una vez que se concluyó la elaboración de las mezclas, y luego de que se hubieron obtenido todos los datos del concreto fresco, se determinó que se debería obtener información del comportamiento del concreto en su etapa de fraguado; para lo cual se designaron las mezclas: TESTIGO, Nº2(al 3.61%) y Nº3(al 7.23%), como las indicadas para ser estudiadas.

Se elaboraron los especímenes adecuados, para lo cual se tomaron las siguientes consideraciones:

- La determinación del tiempo de fraguado se realizó a todas las mezclas mencionadas anteriormente, para lo cual se siguieron las instrucciones de la NOM C-177, se cribó el concreto a través de la malla Nº4, se vació el mortero obtenido en los moldes respectivos, se compactó y de vez en vez se eliminó el agua de sangrado, y después de 2 o 3 horas se procedió a iniciar las penetraciones con el penetrómetro de mesa con las diferentes agujas de manera de ir determinando en una gráfica de resistencia a la penetración (kg./cm<sup>2</sup>) vs tiempo (hr. y min.), los valores obtenidos. Los tiempos de fraguado inicial (límite de manejabilidad=35 kg./cm<sup>2</sup>) y fraguado final (cuando el mortero cribado alcanza una resistencia a la penetración de 280.7 kg./cm<sup>2</sup>) deberán obtenerse de la gráfica trazada para las resistencias a la penetración antes señaladas.

-Dicha determinación se llevó a cabo dentro de una habitación con temperatura controlada.

-Los resultados obtenidos de cada penetración se muestran para cada mezcla a continuación y son el cociente de la fuerza requerida para alcanzar una penetración de 2.5 cm. de la aguja entre el área de contacto de la misma.

-Se indica además de cada mezcla el tiempo en el que se presentó el fraguado inicial, el fraguado final, y el defasamiento con respecto a la mezcla testigo.

-A manera de ilustración, al final se presentará la gráfica de la mezcla N°3 y simultáneamente se obtendrán los tiempos del fraguado inicial y final.

**Ver gráficas en hojas  
siguientes.**

**DETERMINACION DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN CONCRETO**

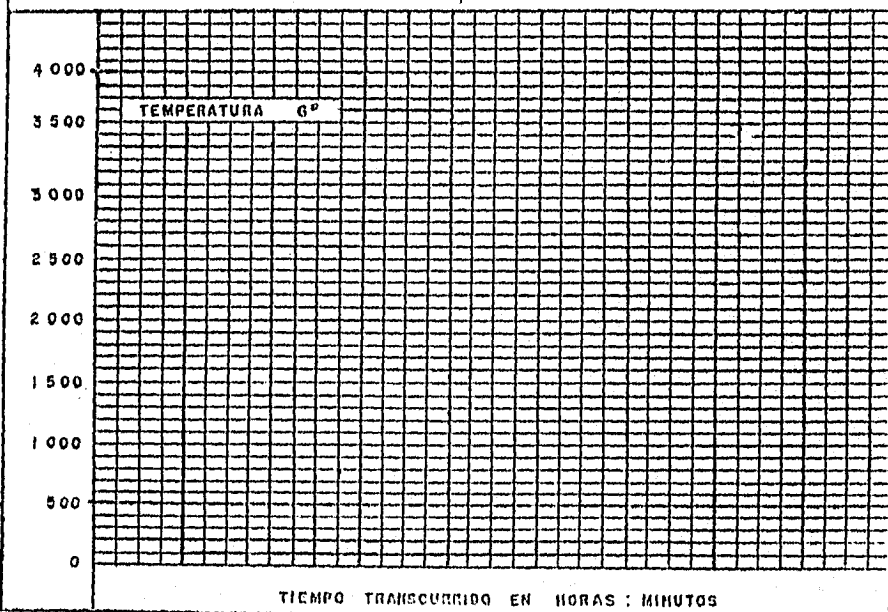
ESTUDIO Aditivo Acelerante.  
FECHA \_\_\_\_\_

ADITIVO EMPLEADO		CONCRETO No		TESTIGO		DOSIFICACION		O %		O cc	
dozzolith 100 HE											
TIEMPO		Δ		P Lbs		P PROM		AGUJA AREA		G P No	
HRS	MIN	HRS	MIN			Lbs		pulg <sup>2</sup>		Lbs	
11	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	44	4	48	170	170	170	1/2	340			
17	04	5	08	118	112	115	1/4	460			
17	17	5	21	80	74	77	1/10	770			
17	27	5	31	54	56	56	1/20	1120			
17	45	5	49	38	42	40	1/40	1600			
17	54	5	58	46	46	46	1/40	1840			
18	15	6	19	66	66	66	1/40	2640			

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN  
FRAGUADO FINAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN

ADITIVO EMPLEADO		CONCRETO No		DOSIFICACION							
TIEMPO		Δ		P Lbs		P PROM		AGUJA AREA		G P No	
HRS	MIN	HRS	MIN			Lbs		pulg <sup>2</sup>		Lbs	
18	30	6	34	80	88	84	1/40	3360			
18	45	6	49	90	104	97	1/40	3880			
18	55	6	59	106	104	105	1/40	4200			

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL 4 HRS 57 MIN  
FRAGUADO FINAL 6 HRS 56 MIN



**DETERMINACION DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN CONCRETO**

ESTUDIO Aditivo Acelerante  
FECHA \_\_\_\_\_

ADITIVO EMPLEADO Bozzolith 100 HE al 3.6115% CONCRETO No. No. 2  
DOSIFICACION

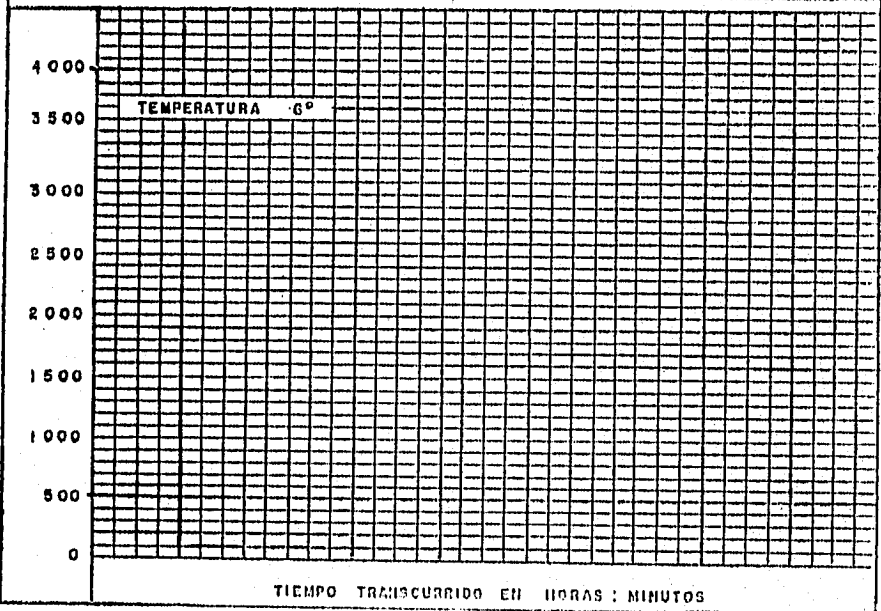
TIEMPO		Δ		P Lbs	P PROM.	AGUJA AREA	σ P	No
HRS	MIN	HRS	MIN	Lbs	Lbs	pulg <sup>2</sup>	Lbs/pulg <sup>2</sup>	
12	37	-	-	-	-	-	-	-
17	03	4	26	82	82	1/2	164	
17	19	4	42	80	84	1/4	320	
17	31	4	54	52	59	1/10	590	
17	48	5	11	46	46	1/20	920	
17	56	5	19	28	31	1/40	1240	
18	17	5	40	46	51	1/40	2040	
18	32	5	55	76	83	1/40	3320	

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN  
FRAGUADO FINAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN

ADITIVO EMPLEADO \_\_\_\_\_ CONCRETO No. \_\_\_\_\_  
DOSIFICACION

TIEMPO		Δ		P Lbs	P PROM.	AGUJA AREA	σ P	No
HRS	MIN	HRS	MIN	Lbs	Lbs	pulg <sup>2</sup>	Lbs/pulg <sup>2</sup>	
18	47	6	10	96	101	1/40	4040	
18	50	6	13	106	114	1/40	4560	

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL 4 HRS 47 MIN  
FRAGUADO FINAL 6 HRS 08 MIN



**DETERMINACION DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN CONCRETO**      ESTUDIO Aditivo Acelerante.  
FECHA \_\_\_\_\_

CONCRETO No. No. 3  
DOSIFICACION  
al 7.2304 %

ADITIVO EMPLEADO  
Pozzolith 100 HE

TIEMPO		Δ		P Lbs	P	AGUJA AREA	σ P	No
HRS	MIN	HRS	MIN		PROM. Lbs	pulg <sup>2</sup>	Lbs/pulg <sup>2</sup>	
13	11	-	-		-	-	-	-
17	22	4	11	44	44	1/2	88	
17	34	4	23	42	41	1/4	164	
17	50	4	39	40	47	1/10	470	
18	18	5	07	78	79	1/20	1580	
18	35	5	24	80	80	1/40	3200	
18	48	5	37	84	90	1/40	3600	
18	58	5	47	118	112	1/40	4480	
				114				

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL 4 HRS 40 MIN  
 TIEMPOS DE FRAGUADO FINAL 5 HRS 46 MIN

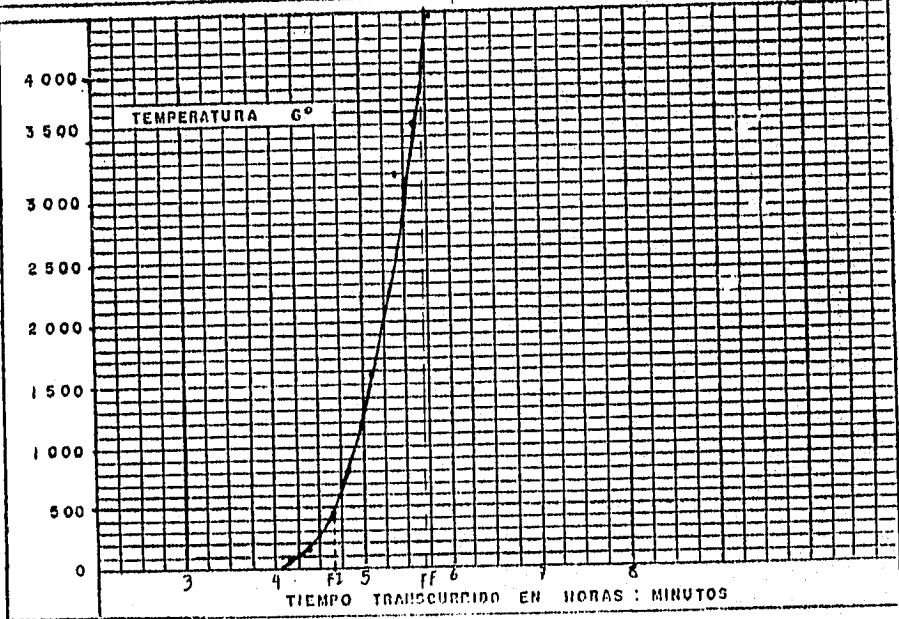
CONCRETO No. \_\_\_\_\_  
DOSIFICACION \_\_\_\_\_

ADITIVO EMPLEADO \_\_\_\_\_

TIEMPO		Δ		P Lbs	P	AGUJA AREA	σ P	No
HRS	MIN	HRS	MIN		PROM. Lbs	pulg <sup>2</sup>	Lbs/pulg <sup>2</sup>	

TIEMPOS DE FRAGUADO INICIAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN  
 TIEMPOS DE FRAGUADO FINAL \_\_\_\_\_ HRS \_\_\_\_\_ MIN

*Fragmento Inicial = 35 lbs/cm<sup>2</sup>*  
*Fragmento final = 280.7 lbs/cm<sup>2</sup>*  
*35 lbs/cm<sup>2</sup> = 497.82 lbs/pulg<sup>2</sup>*  
*280.7 lbs/cm<sup>2</sup> = 3792.50 lbs/pulg<sup>2</sup>*



A continuación se muestran para cada mezcla los resultados obtenidos indicando para cada mezcla los tiempos que tarda en presentarse el fraguado inicial y el fraguado final, y además se realiza la comparación de cuanto se defasan con respecto a la mezcla testigo.

PARÁMETRO	TIEMPO DEL FRAGUADO INICIAL HORAS:MIN.	DEFASAMIENTO HORAS:MIN.	TIEMPO DEL FRAGUADO FINAL HORAS:MIN.	DEFASAMIENTO HORAS:MIN.
MEZCLA # 1 (TESTIGO)	4:57	---	6:56	---
MEZCLA # 2 (3.6115% DE ADITIVO POZZOLIT 100 HE)	4:47	-0:10	6:08	-0:48
MEZCLA # 3 (7.2304% DE ADITIVO POZZOLIT 100 HE)	4:40	-0:17	5:37	-1:14

Como se puede apreciar en la tabla anterior, en las mezclas N°-2 y 3, se presenta una aceleración del fraguado tanto del inicial como del final, debido a las dosificaciones de aditivo acelerante de resistencia.

Se deduce por lo tanto que, ya que al acelerarse el proceso de fraguado se generará más rápidamente calor de hidratación es cierta la aseveración de que el aditivo acelerante de resistencia es mayormente usado en climas fríos, lográndose con esto una más rápida protección del concreto contra los efectos de la congelación y otros factores.

### RESULTADOS DE RESISTENCIA

Con objeto de poder evaluar las posibles consecuencias de usar aditivo Acelerante de Resistencia en mezclas de concreto, conteniendo diferentes dosificaciones del mismo, se elaboraron de cada mezcla 3 cilindros para su ensaye a la compresión según NOM C-83. Se ensayará 1 cilindro a 3 días y 2 cilindros a 7 días.

ESTUDIO DEL ADITIVO ACELERANTE DE RESISTENCIA  
 RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PARÁMETRO	CONSUMO DE CEMENTO  kg/m <sup>3</sup>	RELACIÓN  A/C	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	
			3 DÍAS	7 DÍAS
MEZCLA # 1 (TESTIGO) 0% DE ADITIVO	306.20	0.608	154	209*
MEZCLA # 2 3.6115% DE ADITIVO POZZOLIT 100 HE	324.50	0.424	243	289*
MEZCLA # 3 7.2304% DE ADITIVO POZZOLIT 100 HE	324.50	0.424	248	305*

\*Promedio de 2 ensayos

NOTA 1: Los resultados de resistencia de los cilindros correspondientes a la mezcla testigo, son resultados que podríamos considerar como normales, tomando en cuenta que las mezclas testigo elaboradas para estudiar a los aditivos dispersantes y superfluidificantes arrojaron resultados de resistencia a la compresión similares a los obtenidos para el estudio del aditivo acelerante de resistencia; es decir una f'c aproximada de 190 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso la mezcla testigo tuvo una reducción de agua de casi el 7% ya que se obtuvo un revenimiento de 8 cm, en vez de 10 cm, como estaba indicado, por lo mismo la relación A/C bajó y se elevó la resistencia f'c por arriba de los 200 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo estos resultados de resistencia pueden considerarse aceptables y normales

NOTA 2: Para el caso de las mezclas #2 y #3, es evidente según los resultados obtenidos que hay un aceleramiento de la resistencia f'c, pero desafortunadamente no se pueden realizar comparaciones de resistencia entre estas mezclas y la mezcla testigo, ya que al elaborar las mezclas #2 y #3, no se agregó toda el agua de mezclado, sino que el revenimiento de 10 cm, de proyecto se obtuvo agregando parte del agua de mezclado y el aditivo acelerante (El cual fluidifica la mezcla), por lo que se tuvo para estas mezclas un porcentaje muy importante de reducción de agua (31%) con lo cual bajó mucho la relación A/C, con el consecuente aumento de resistencia.

No se pudieron pues realizar comparaciones entre las mezclas #1, #2 y #3 por tener diferentes relaciones A/C.



## MODULO ELÁSTICO.

Tomando en cuenta los requerimientos contenidos en el Reglamento de Construcciones para el D.F., y en sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, el concreto empleado para fines estructurales puede ser de dos clases: Clase 1, con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 ton/m<sup>3</sup>, y Clase 2, con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre 1.9 y 2.2 ton/m<sup>3</sup>, ambos concretos deberán cumplir también con los requisitos establecidos en la NOM C-155.

Para el caso del aditivo acelerante de resistencia que se está ilustrando, por el tipo de grava utilizada (grava andesítica) se consideró que el concreto utilizado es de clase 2, con resistencia especificada, f'c, menor que 250 kg/cm<sup>2</sup>.

Para concretos clase 2, el módulo de elasticidad se supondrá igual a:

$$8000(f'c)^{1/2} \text{ kg/cm}^2$$

El método de prueba aplicado para obtener el modulo elástico es el que se encuentra descrito en la NOM C-128, y siguiendo la metodología señalada se procedió a la determinación del módulo elástico.

Para el estudio de éste aditivo acelerante de resistencia se utilizó grava andesítica; con esto se logró obtener un peso volumétrico en estado fresco, superior a 2.2 ton/m<sup>3</sup>, pero por la experiencia en la elaboración de otras mezclas, se consideró que concretos con grava andesítica caen dentro de los concretos Clase 2, para el cual se tiene un módulo de elasticidad igual a  $E_c = 8000(f'c)^{1/2}$ , esto implica que  $8000 = E_c / (f'c)^{1/2}$ .

Además el peso total de los ingredientes que componen la revoltura resultó de 2169 kg/m<sup>3</sup> < 2200 kg/m<sup>3</sup>.

## PESO VOLUMÉTRICO.

El peso volumétrico del concreto elaborado con unos mismos materiales, puede experimentar algunas variaciones de poca significación como consecuencia de cambios en su composición. En el caso de estas pruebas, el peso volumétrico del concreto en estado fresco, siempre se mantuvo por arriba de 2600 kg/m<sup>3</sup> > 2200 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la NOM pide que esté comprendido entre 1900 y 2200 kg/m<sup>3</sup>.

## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y MÓDULO ELÁSTICO.

Tomando en cuenta que, siendo el objetivo fundamental de estos estudios, el evaluar el beneficio que aporta el aditivo, acelerante de resistencia, entonces se considerará que la resistencia a la compresión de proyecto es la de la mezcla Testigo, y a partir de ella se evaluarán los beneficios que se obtuvieron por el uso de este aditivo.

Entonces se tienen los siguientes resultados para las diferentes mezclas:

MUESTRA #	PESO VOL. kg/m <sup>3</sup>	f'c REAL kg/cm <sup>2</sup>	Ec REAL kg/cm <sup>2</sup>	E/(f'c) <sup>1/2</sup> donde: "f'c <sub>MEZCLA TESTIGO</sub> "
TESTIGO	2673	209	127,260	8802.76
# 2	2594	289	130,208	9006.68
# 3	2594	305	129,486	8956.73

$$f'c_{\text{MEZCLA TESTIGO}} = 209 \text{ kg/cm}^2$$

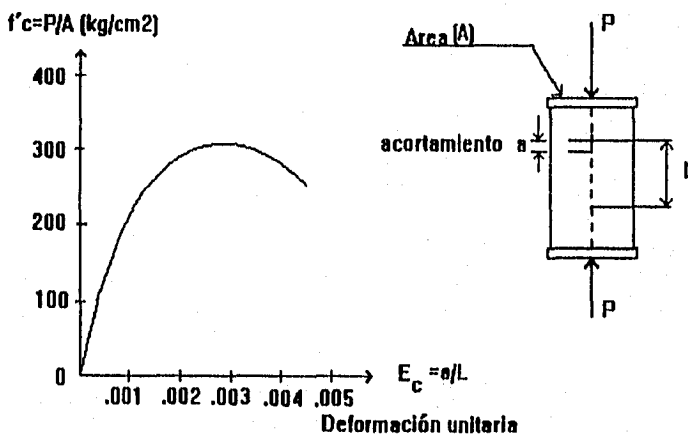
Como puede notarse en la tabla anterior, los valores de la relación  $K=E/(f'c)^{1/2}$ , son superiores a 8000, con lo cual, se cumplen satisfactoriamente los lineamientos marcados en el Reglamento de Construcciones del D.F. para concretos Clase 2. No se modifican por lo tanto las características finales de la mezcla de concreto en estado fresco y en estado endurecido., por lo que podemos concluir que este tipo de aditivo se puede usar con toda confianza para los fines mencionados en éste capítulo sin temor a que se presenten posteriormente efectos indeseables.

## V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El concreto es un material pétreo artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias llamadas aditivos o adicionantes, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Se ha indicado que el objeto principal del estudio del comportamiento del concreto es la obtención de las relaciones acción-respuesta del material, bajo la gama total de solicitaciones a que puede quedar sujeto. Estas características acción respuesta pueden describirse claramente mediante curvas esfuerzo-deformación de especímenes ensayados bajo distintas condiciones.

Las curvas esfuerzo-deformación se obtienen del ensaye de cilindros o prismas sujetos a carga axial repartida uniformemente en la sección transversal mediante una placa rígida. Los valores del esfuerzo resultan de dividir la carga total aplicada,  $P$ , entre el área de la sección transversal del cilindro o prisma,  $A$ , y representan valores promedio obtenidos bajo la hipótesis de que la distribución de deformaciones es uniforme y de que las características esfuerzo-deformación del concreto son constantes en toda la masa. El valor de la deformación unitaria " $E_c$ ", es la relación entre el acortamiento total, " $a$ ", y la longitud de medición " $L$ ".



Curva esfuerzo-deformación en compresión axial de un espécimen sujeto a carga de corta duración.

Debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su capacidad de carga con la edad. Este proceso de hidratación puede ser más o menos efectivo, según sean las condiciones de intercambio de agua con el ambiente, después del colado. Por lo tanto el aumento de capacidad de carga del concreto depende de las condiciones de curado a través del tiempo.

La resistencia del concreto también depende de la relación AGUA/CEMENTO, ya que a mayor relación AGUA/CEMENTO, menor resistencia.

En el concreto endurecido, cuando se le aplica una carga a un espécimen de concreto, éste adquiere una deformación inicial.

Si la carga permanece aplicada, la deformación aumenta con el tiempo, aún cuando no se incremente la carga.

Las deformaciones por contracción se deben esencialmente a cambios en el contenido de agua del concreto, especialmente a edades tempranas. Las deformaciones por flujo plástico son consecuencia del reacondo de partículas bajo carga continua.

Para estimar deformaciones debidas a cargas de corta duración donde se puede admitir un comportamiento elástico sin errores importantes, es necesario definir un valor del módulo de elasticidad. El módulo de elasticidad es función principalmente de la resistencia del concreto y de su peso volumétrico.

El Reglamento del D.F., propone las ecuaciones:

$$E_c = 8000 (f'c)^{1/2}$$

(para concretos clase 2)

y

$$E_c = 14000 (f'c)^{1/2}$$

(Para concretos clase 1)

Estas ecuaciones dan únicamente valores aproximados, porque existen otras variables importantes, como el tipo de agregado.

Las diferencias entre los valores reales y los calculados con estas ecuaciones pueden ser muy grandes. Cuando se requieren estimaciones de cierta precisión, conviene determinar el módulo de elasticidad del concreto usado en particular.

En el presente estudio, se evaluaron en la medida que permitieron las condiciones del tiempo y economía, 3 tipos de aditivos para concreto, tratando de evaluar los posibles cambios que se originaron en las mezclas de concreto fresco y endurecido con motivo del uso de los mismos.

Para el caso del aditivo dispersante, se llegó a la conclusión de que su utilización en mezclas de concreto, motiva una reducción en la utilización de cemento, el cual es el ingrediente más caro en la fabricación del concreto.

Estableciendo los costos para ambos productos, resulta un ahorro económico a favor del fabricante de concreto, por lo que, **si resulta ventajoso**, la utilización de un aditivo de línea, en la fabricación y producción de concretos.

Como pudo notarse además, la utilización de éste aditivo no causa efectos indeseables en las propiedades finales de los



concretos fresco y endurecido.

Refiriendonos ahora a los aditivos Superfluidificantes, como ya pudo notarse, tienen un amplio panorama para su utilización tal es el caso del concreto superfluidificado de elevado revenimiento, o bien, el concreto superfluidificado con reducción de agua; mismos concretos que tienen una amplia gama de posibilidades de utilización:

En el primer caso para poder colocar los concretos más rápidamente por medio de bombeo, ó en armados muy densos, ó por medio de canalones, etc...; y en el 2º caso, se lograría un incremento de la resistencia al mantener el mismo contenido de cemento; por la misma razón anterior se podrían disminuir las secciones transversales de elementos estructurales, etc...

En ambos casos, la utilización del aditivo superfluidificante ocasiona un ligero retardo en el fraguado del concreto, lo que resulta benéfico ya que el cemento de la mezcla tiene más tiempo para hidratarse lo que redundará en una resistencia a la compresión mayor.

Se recomienda para la utilización de un aditivo superfluidificante, que la adición del mismo se realice inmediatamente antes del colado en obra, debido a la rápida pérdida de revenimiento que presenta con el paso del tiempo.

Como ya se explicó anteriormente, la utilización de éste aditivo no causa efectos indeseables en las mezclas de concreto fresco y endurecido, y se recomienda que la utilización de éste aditivo debe ser planeada para ahorrar tiempo ya que es aquí donde la reducción en los costos totales es más probable.

Y por último, haciendo referencia al aditivo acelerante de resistencia, son evidentes y claras las ocasiones en las cuales se recomienda su utilización, por ejemplo:

- a) Para lograr una recuperación sustancial en el programa de obra, en caso de atrasos.
- b) Para descimbrar más rápido y poner la construcción en servicio más rápidamente.
- c) Para iniciar más rápidamente las labores de acabados.
- d) Etc...

Probablemente la decisión de utilizar éste aditivo resulte en un incremento en el costo del m<sup>3</sup> de concreto, y en el costo por m<sup>2</sup> de construcción, pero en ocasiones se verá compensado con el hecho de entregar la construcción ya terminada en los tiempos pactados, evitando en muchas ocasiones la aplicación de multas por retraso; o bien cuando por razones políticas se requiera entregar la obra terminada antes del tiempo estipulado.

Con frecuencia se pueden obtener los mismos resultados por otros medios, tales como:

- a) El empleo de cemento tipo III.
- b) El uso de cemento adicional.
- c) El empleo de calor. (curado a vapor)
- d) Etc...

Como consecuencia del uso del aditivo acelerante, se reduce ligeramente la resistencia final, si se usó en la elaboración del concreto toda su agua de mezclado, este hecho se puede atribuir a que como se reducen los tiempos de fraguado inicial y final, la pasta de cemento tiene menos tiempo para hidratarse, con lo cual no se tiene la reacción completa de los ingredientes que forman el cemento.

No tiene efectos nocivos sobre el módulo elástico, pero dependiendo del tipo de acelerante usado, se puede reducir la resistencia al ataque de sulfatos, propiciar la corrosión del acero de refuerzo, incrementar la contracción por secado y la fluencia del concreto.

De tal manera que la decisión para su utilización deberá ser analizada tomando en consideración la información anterior.

## **VI.-BIBLIOGRAFÍA**

- ADITIVOS PARA CONCRETO (ACI 212)  
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE  
TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL IMCYC
- ADITIVOS PARA LOS HORMIGONES  
RIXON, M. R.  
EDITORES TÉCNICOS ASOCIADOS S.A.  
BARCELONA, ESPAÑA. 1984
- ADITIVOS Y TRATAMIENTOS DE MORTEROS Y HORMIGONES, 1972.  
TRADUCCIÓN DEL FRANCÉS  
VENUAT, MICHEL  
EDITORES TÉCNICOS ASOCIADOS S.A. BARCELONA, ESPAÑA. 1972
- EL CONCRETO EN LA OBRA. 1982  
CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION  
TRADUCCIÓN DEL INGLÉS AL ESPAÑOL  
INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO A.C. 1982
- CONCRETO PREMEZCLADO. 1976  
ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO  
PREMEZCLADO A.C.
- ADITIVOS PARA CONCRETO. 1965  
NEYMET, LEGER AGUSTÍN DE  
MÉXICO 1965
- ADITIVOS PARA CONCRETO  
TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL IMCYC, 1983
- ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES PARA CONCRETO  
HINOJOSA MA. DEL CARMEN, TRADUCCIÓN.  
NUEVA SERIE IMCYC # 17.
- COLOCACIÓN DEL CONCRETO POR MÉTODOS DE BOMBEO, 1974  
JOSÉ GALVÁN, TRADUCCIÓN DEL INGLÉS AL ESPAÑOL.  
IMCYC, 1974  
REPORTE PREPARADO POR EL COMITE ACI-304  
NUEVA SERIE IMCYC # 1



- GUÍA PARA EL EMPLEO DE ADITIVOS PARA EL CONCRETO (ACI 212)  
PARDO BOLAND, ANTONIO, TRADUCCIÓN  
NUEVA SERIE IMCYC # 7  
INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO A.C.
- INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES EN LA REACCIÓN  
DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO TIPO PORTLAND  
ERAZO E.  
1º SIMPOSIO SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.  
MÉRIDA, YUCATÁN, OCTUBRE 1987  
PÁG. 143-154
- CONTROL DE CALIDAD DE SUPERFLUIDIFICANTES. INFORME TÉCNICO  
SOBRE LA UTILIZACIÓN DE ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES.  
NICOLÁS, F.J.  
REVISTA: INFORMES TÉCNICOS DE LA CONSTRUCCIÓN # 348,  
MARZO 1983  
PÁG. 43-46
- CONCRETO SUPERFLUIDIFICADO  
HEWLETT, P.  
REVISTA IMCYC, # 86, VOL. XV, 1977  
9 PÁGINAS.
- CONCRETO CON SUPERFLUIDIFICANTES  
GRASSA, J.  
REVISTA IMCYC # 162, VOL. 22, OCTUBRE 1984  
14 PÁGINAS.