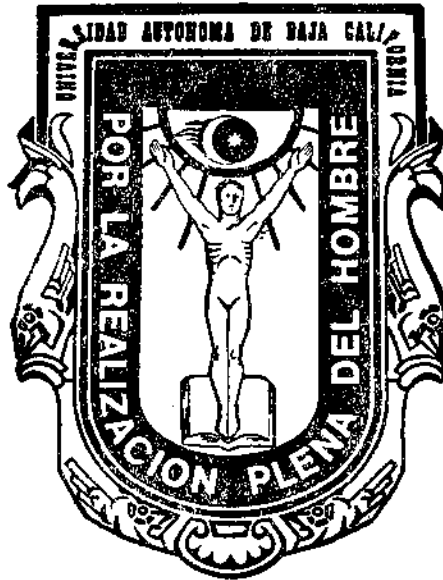


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA  
ESCUELA DE INGENIERIA**



**“Control de Calidad y Tecnicas de Colado empleadas  
Durante la Construcción con Concreto Hidráulico del centro  
de Distribución y Terminal Maritima Ensenada”**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**QUE PRESENTA:**

**Fernando Salgado Guerrero**

**ENSENADA, B. C.**

**SEPTIEMBRE DE 1997**

**COORD. DEL SISTEMA DE INFORMACION  
ACADEMICA U.A.B.C.**

ADQUIRIDO por Donación  
Fecha de Ingreso Octubre 1972

REG. _____	BIBLIOTECA  CENTRAL ENSENADA U. A. B. C.
CLASIFIC. _____	
NOTACION _____	
No. EJEMS. _____	
EJEMPLAR _____	

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA DE INGENIERIA



TEMA :

“CONTROL DE CALIDAD Y TECNICAS DE COLADO EMPLEADAS DURANTE LA CONSTRUCCION CON CONCRETO HIDRAULICO DEL CENTRO DE DISTRIBUCION Y TERMINAL MARITIMA ENSENADA”

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

FERNANDO SALGADO GUERRERO

ENSENADA B.C.



SEPTIEMBRE DE 1997.

ASUNTO: EMISION DE VOTOS APROBATORIOS  
PARA ESTE TRABAJO PROFESIONAL.

M.C. HUMBERTO CERVANTES AVILA  
SUBDIRECTOR ACADEMICO DE ESCUELA  
DE INGENIERIA ENSENADA  
P R E S E N T E

DESPUES DE HABER EFECTUADO UNA REVISION MINUCIOSA, SOBRE EL TRABAJO DE TESIS PRESENTADO POR EL **C. FERNANDO SALGADO GUERRERO**, PARA PODER PRESENTAR SU EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL, ME PERMITO COMUNICARLE QUE LE HEMOS DADO NUESTROS VOTOS APROBATORIOS, SOBRE SU TRABAJO TITULADO "CONTROL DE CALIDAD Y TECNICAS DE COLADO EMPLEADAS DURANTE LA CONSTRUCCION CON CONCRETO HIDRAULICO DEL CENTRO DE DISTRIBUCION Y TERMINAL MARITIMA ENSENADA"

ESPERANDO RECIBA DE CONFORMIDAD, QUEDAMOS DE USTED MUY ATEXTAMENTE.

  
\_\_\_\_\_  
ING. RENE EDUARDO MARTINEZ ZABATDENY  
\_\_\_\_\_  
ING. FELIPE DE JESUS RICALDE LUGO  
\_\_\_\_\_  
ING. HECTOR AYON RAMIREZ  
\_\_\_\_\_  
ING. HUMBERTO VELAZQUEZ NAVA  
\_\_\_\_\_  
ING. HERMINIO ESTRADA ALVARADO

ENSENADA, B. C. A 5 DE SEPTIEMBRE DE 1997

c.c.p.- ARCHIVO

## AGRADECIMIENTOS

Mi mas profundo agradecimiento a las autoridades de la Escuela de Ingenieria , Unidad Ensenada y al Ingeniero Rene Martinez Zabatdeny como director de tesis por el apoyo brindado durante la realizacion de la misma.

A **GRUPO APASCO** division CONCRETOS quien me dio la oportunidad y confianza de participar ya como profesionista, en la construccion del "CENTRO DE DISTRIBUCION Y TERMINAL MARITIMA ENSENADA".  
Y quien posteriormente me brindo su apoyo tecnico, didactico y de experimentacion para la realizacion de este trabajo.

## DEDICATORIA

A mis padres porque con su amor, esfuerzo y sacrificio me han ayudado a realizar esta ilusión en la vida. A ellos quienes incondicionalmente les preocupo mi educacion, les estare siempre agradecido.

A mis maestros porque transmitieron sus conocimientos con esmero y dedicacion logrando con ello hacer en mi un hombre de provecho.

A mis compañeros y amigos de quienes siempre tendre gratos recuerdos.

# CONTENIDO

- I.- Antecedentes
- II.- Introducción
- III.- Objetivo
- IV.- Concreto
  - Materiales que lo componen
  - Requerimientos y especificaciones
- V.- Materiales seleccionados
  - Cemento (Análisis Físico-Químico)
  - Arena (Análisis Físico)
  - Grava (Análisis Físico)
  - Agua (Análisis Químico)
  - Aditivos (Fichas Técnicas)
- VI.- Producción de Concreto Premezclado
  - Características específicas del concreto
  - Pilas de cimentación
  - Base del silo
  - Silo de cemento
  - Cimentación, trabes y losas
  - Transporte y manejo del concreto
  - Planta de concreto
- VII.- Vibrado del Concreto
  - Equipo para vibrado
  - Practicas de vibración interna empleadas
  - Vibración del concreto masivo
- VIII.- Curado del concreto
- IX.- Diseño de mezclas
  - Características de la mezcla
  - Diseño de mezcla para pilas de cimentación
  - Diseño de mezclas para base del silo
  - Diseño de mezcla para deslizado del silo
  - Tablas de proporcionamiento

X.- Control de calidad

- Introducción
- Normas de control de calidad NMX y ASTM
- Formatos para llevar el control de calidad
- Evaluación de datos estadísticos
- Conclusión

XI.- Bibliografía

## I.- Antecedentes

## ANTECEDENTES

En el pasado, el propietario de una obra en donde el principal material de construcción es el concreto hidraulico ha estado en buena parte seguro de la calidad, primordialmente por contar con la experiencia y habilidades combinadas del Ingeniero y del Constructor involucrados, tal sistema aplicado en forma apropiada, ha dado lugar a estructuras de concreto de calidad satisfactoria. Sin embargo la construcción moderna de concreto ha alcanzado un crecimiento tal, que el sistema utilizado en el pasado ha sido incapaz a menudo de conservar el paso.

Además la carga de trabajo de los Ingenieros ha aumentado hasta tal punto, que muchas actividades y decisiones se han transferido a individuos, cuyas habilidades y experiencias son, con frecuencia inadecuadas para tomar decisiones sobre la marcha que el Ingeniero capacitado tomaba previamente.

Para complicar aún más el problema, estan los requisitos legales que exigen evidencias documentadas de cumplimiento satisfactorio.

Por otra parte en tiempos actuales, el interes por el estudio de las propiedades del concreto han aumentado pues las especificaciones modernas tienden a estipular requisitos de propiedades particulares del concreto, en lugar de limitarse a indicar la calidad y cantidad de los materiales componenetes. Por consiguiente, el conocimiento de las propiedades del concreto hace posible la selección de una mezcla mas adecuada y mas economica. El interés por la elaboración del concreto se ha incrementado también debido al desarrollo de equipos e instrumentos que conducen a una mayor uniformidad del concreto lo cual se traduce en ventajas economicas y técnicas.

Con lo anterior se pretende expresar que el interes por llevar a cabo un buen control de calidad durante la construcción con concreto hidraulico, en epocas pasadas se vio un tanto descuidada, pero al desarrollarse nuevas tecnologias y requisitos de calidad en el concreto. También debió de modernizarse y profesionalizarse la forma de llevar a cabo el control de calidad para construir asi obras mas durables.

**Un ejemplo palpable de lo antes mencionado además de ser motivo para la elaboración de este trabajo de tesis se presenta a continuación.**

A principios de 1995 Grupo Apasco, Empresa dedicada a la fabricación de Cemento, Concreto Premezclado, Aditivos para el concreto hidráulico, y explotación de productos petreos, tomó la determinación de construir en el puerto de el Sauzal, Municipio de Ensenada, B. C. un Centro de Distribución de Cemento.

En dicha obra de tipo industrial serían utilizadas grandes cantidades de concreto hidráulico. Por lo que en consideración a lo antes expuesto se vió la necesidad de llevar un estricto control de calidad al concreto aquí utilizado.

A manera de referencia y con la finalidad de que el lector verifique la magnitud de la obra industrial se menciona dentro de otras cosas la construcción de:

- Un silo de concreto armado para almacenar cemento el cual tiene una capacidad de hasta 8000 toneladas.
- El reforzamiento y ampliación de 1 muelle ya existente.
- 56 pilas de cimentación coladas en el lugar, con profundidades hasta de 15m. y con diámetros de 0.6 a 1.2m. respectivamente.
- Un edificio de 6 niveles especializado en el envase de cemento.
- Edificio de 3 niveles especializado en carga de cemento a granel
- 200m. de trinchera a base de concreto armado.

## II.- Introducción

## **INTRODUCCION**

El control de calidad tiene por objetivo verificar que los requisitos especificados para cierto producto se cumplan dentro de tolerancias previamente establecidas.

Para estructuras de concreto es necesario controlar tanto la calidad de los materiales como la ejecución de la obra.

Por lo que a este trabajo de tesis respecta se describen los procedimientos de control de calidad del concreto en todas sus fases desde la adquisición de los materiales que lo componen hasta la colocación del concreto ya elaborado, continuando con la verificación en el laboratorio de su resistencia.

Asi también paralelamente se describen los procedimientos de transporte y colocación del concreto empleado en el proyecto al que se hace referencia y el cual se denomina **“CENTRO DE DISTRIBUCION Y TERMINAL MARITIMA ENSENADA”**

### III.- Objetivo

## OBJETIVO

El objetivo que persigue este trabajo de tesis es el de exponer detalladamente la manera en que se llevó a cabo el control de calidad del concreto hidráulico empleado en la construcción del **“CENTRO DE DISTRIBUCION Y TERMINAL MARITIMA ENSENADA”**.

Objetivo también es el de dar a conocer las distintas y especializadas técnicas de colocación de concreto que en esta obra se emplearon.

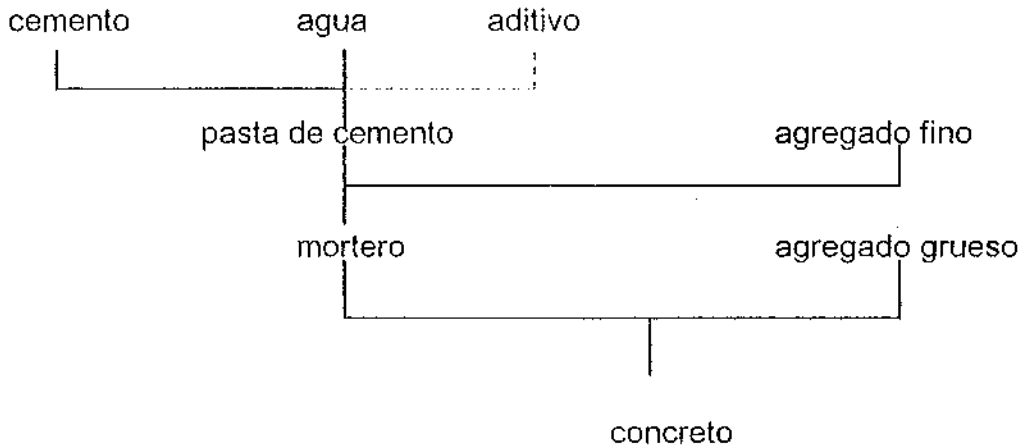
Además el presente trabajo de tesis busca ser un libro de consulta en el cual se puedan localizar diferentes aspectos fundamentales de LA TECNOLOGIA DEL CONCRETO.

#### IV.- Concreto

- Materiales que lo componen
- Requerimientos y especificaciones

# CONCRETO

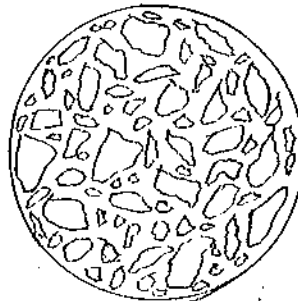
El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.



Esquema de integración del concreto.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

La representación común del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en un matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido.



Dispersión de los agregados en el concreto endurecido.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos: 1).- Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante endurecida, 2).- La calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio, y 3).- La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

En el primer aspecto debe contemplarse la selección de un cementante apropiado, el empleo de una relación agua/cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario, con todo lo cual debe resultar potencialmente asegurada la calidad de la matriz cementante.

En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.

Finalmente, la compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

De la esmerada atención a estos tres aspectos básicos, depende substancialmente la capacidad potencial del concreto, como material de construcción, para responder adecuadamente a las acciones resultantes de las condiciones en que debe prestar servicio. Pero esto, que sólo representa la previsión de emplear el material potencialmente adecuado, no basta para obtener estructuras resistentes y durables, pues requiere conjugarse con el cumplimiento de previsiones igualmente eficaces en cuanto al diseño, especificación, construcción y mantenimiento de las propias estructuras.

## **MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO**

La calidad es fuertemente influida por los métodos utilizados para una colocación, terminado y curado. Por lo tanto, el conocimiento de los componentes con los que se obtiene un concreto de calidad es necesario para producir la deseada trabajabilidad en el concreto fresco y las propiedades requeridas en el concreto ya endurecido.

En general el productor de concreto, que en este caso fue la Planta de Concreto instalada previamente para la obra, es la responsable por la calidad de todos los componentes de una mezcla de concreto. Las proporciones de cada uno de los materiales y su selección está basada en el uso más adecuado de los materiales disponibles que produzcan un concreto de trabajabilidad durabilidad y resistencia.

La calidad del concreto depende no solo de la calidad de los materiales, sino también como se mencionó anteriormente de la mano de obra y procedimientos utilizados para su manejo.

El concreto se compone básicamente de 3 materiales; cemento, agua y agregados. Algunas veces y como es éste caso en particular, se utiliza un cuarto material, denominado aditivo, éste se adiciona con el fin de lograr una variedad de propósitos tales como reducir el consumo de agua, acelerar la resistencia, incrementar la trabajabilidad del concreto, etc.

A continuación se mencionan las características ideales de cada uno de estos materiales incluyendo también las utilizadas para elaborar el concreto hidráulico en esta obra.

# CEMENTO

## Cemento Portland

Es el conglomerado hidráulico que resulta de la pulverización del clinker frío, a un grado de finura determinada, al cual se le adicionan sulfato de calcio natural, ó agua y sulfato de calcio natural. A criterio del productor pueden incorporarse además como auxiliares a la molienda o para impartir determinadas propiedades al cemento, otros materiales en proporción tal que no sean nocivos para el comportamiento posterior del producto.

## Conglomerante hidráulico

Es el material finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo ó mezclado con arena, grava u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar tanto en el aire como inmersa en el agua y formar una masa endurecida.

## Clinker

Es el material sintético granular, resultante de la cocción a una temperatura del orden de 1673k (1400 C), de materias primas de naturaleza calcárea y arcilla ferruginosa, previamente trituradas, proporcionadas, mezcladas, pulverizadas y homogeneizadas. Esencialmente el Clinker está constituido por silicatos, aluminatos y aluminoferrito cálcicos.

Generalmente cerca de 10 al 15% del volumen total de una mezcla de concreto es Cemento Portland. Este material es el que ocupa el menor volumen de todos los ingredientes. Sin embargo, es el que cuesta más y es el más importante, combinado con agua, se forma una pasta.

Esta pasta es el medio cementante que aglutina las partículas de agregados en una masa sólida. La calidad del concreto es fuertemente dependiente y está basada en la calidad de la pasta.

La resistencia y la durabilidad que son dos de los principales requerimientos del concreto endurecido dependen básicamente de las pasta de cemento.

La pasta cubre la superficie de todas las piezas de agregados, llena los vacíos entre las partículas de agregados, endureciendo en una masa sólida de concreto.

Existen varios tipos de cemento disponibles en el mercado para uso en concreto para diferentes condiciones de trabajo y requerimiento.

Para usos comunes de construcción no hay necesidad de preocuparse por el tipo de cemento, sólo cuando se tienen condiciones muy especiales es necesario definir el cemento más adecuado que satisfaga las especificaciones solicitadas.

Todos los cementos para concreto hidráulico que se producen en México son

### **Cemento Portland Tipo I:**

Cemento Portland común para uso en construcciones de concreto en general, donde no se requiere ninguna propiedad especial.

### **Cemento Portland Tipo II:**

Cemento Portland modificado para uso en construcciones expuestas a la acción moderada de los sulfatos y/o cuando se requiere reducir un poco el calor debido a la hidratación del cemento.

### **Cemento Portland Tipo III:**

Cemento Portland de alta resistencia temprana para uso cuando se requiere alta resistencia a edades iniciales.

### **Cemento Portland Tipo IV:**

Cemento Portland de bajo calor de hidratación, se utiliza cuando la cantidad y grado de generación de calor se debe mantener al mínimo. (En México no se fabrica).

### **Cemento Portland Tipo V:**

Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos, utilizado en concretos expuestos a la severa acción de los sulfatos.

### **Cemento Portland Puzolana:**

Este tipo de cemento está integrado por la mezcla íntima de Cemento Portland y Puzolana; se utiliza en obras marítimas, en cimentaciones, y en general en obras donde se requiere incrementar la durabilidad del concreto.

### **Cemento Portland Blanco:**

Este tipo de cemento se utiliza para fines, arquitectónicos, por su facilidad para lograr acabados en tonos claros.

Debido a su bajo contenido de óxido férrico se caracteriza únicamente por ser blanco y no gris.

### **Cemento de Albañilería:**

Este cemento mezclado con arena fina y agua produce un mortero plástico cohesivo para pegar tabiques, bloques de concreto y piedras tanto naturales como artificiales, también se utiliza para toda clase de aplanados.

## **“AGREGADOS PARA EL CONCRETO HIDRÁULICO”**

En las mezclas de concreto hidráulico convencional, los agregados suelen representar entre 60 y 75 por ciento aproximadamente del volumen absoluto de todos los componentes; de ahí la notable influencia que las características y propiedades de los agregados ejercen en las del correspondiente concreto.

Los agregados para concreto pueden ser de peso normal, ligero ó pesado, los tres tipos pueden ser utilizados para la producción de concreto estructural. En adición los agregados ligeros se utilizan cuando se desean propiedades de aislamiento térmico ó acústico en un concreto de baja densidad.

Las propiedades de los agregados generalmente pueden ser divididas en dos grandes grupos. El primero se refiere a las propiedades naturales que dependen del tipo de material y no cambian después de su clasificación. El otro grupo se refiere a las propiedades que son características según los métodos de explotación y/o proceso de trituración.

Para la gran mayoría de los concretos la selección de los agregados se limita a los tipos disponibles localmente.

Los agregados también deben cumplir con ciertas especificaciones; esta responsabilidad es del productor de concreto. La forma de partículas, la granulometría y el tamaño máximo del agregado tienen una gran influencia en el proporcionamiento y la economía del concreto y también evidentemente, en su calidad. Los agregados deben ser partículas limpias, resistentes y durables, libres de contaminación de materiales finos y partículas suaves y quebradizas.

En general, se utilizan 2 tamaños de agregados en la producción de concretos, estos son agregado fino o arena y agregado grueso o grava.

El agregado fino puede ser arena natural triturada o una combinación. La graduación de la arena va desde 1/4" de diámetro máximo hasta casi polvo.

El agregado grueso consiste en material triturado o grava natural de una granulometría adecuada al tamaño máximo y de acuerdo a las especificaciones de la NMX-C-III.

## AGUA PARA EL CONCRETO

El agua para el mezclado de el concreto es probablemente el menos costoso de los ingredientes del concreto, sin embargo, es uno de los más importantes.

La cantidad de agua utilizada nos determina la resistencia última del concreto. Existe una relación directa entre la cantidad de agua y la calidad del concreto producido. Al incrementar la cantidad de agua se deteriora la calidad del concreto.

Cualquier cantidad de agua adicional va a diluir la pasta de cemento, reduciendo la acción cementante de la pasta. Es necesario limitar la cantidad de agua para utilizar la mínima cantidad que permita un adecuado manejo y colocación del concreto.

El agua en el concreto tiene una función doble, primeramente convierte el cemento seco y los agregados en una masa plástica y trabajable y posteriormente reacciona químicamente para hidratarlo y endurecer la masa plástica para convertirla en un elemento de concreto duro y sólido.

Esta relación agua-cemento se expresa como la cantidad de agua en litros entre la cantidad de cemento en kg. por mezcla de concreto. En general mientras menor sea la relación, más densa y consistente es la pasta.

El agua utilizada en el concreto debe estar libre de ácidos, grasas y aceites etcétera. Así también se debe evitar el agua que contenga materia vegetal y orgánica.

## ADITIVOS PARA EL CONCRETO

Un aditivo es cualquier material que no sea agua, agregados o cemento, que se usa como ingrediente del concreto y se le agrega inmediatamente antes o durante el mezclado. Los aditivos se emplean para modificar las propiedades del concreto de tal manera que sea más adecuado para el uso que se le va a dar.

Para influir en el comportamiento y las propiedades del concreto a fin de adaptarlos a las condiciones externas, se dispone principalmente de dos recursos: 1) la selección y uso de componentes idóneos en el concreto, combinados en proporciones convenientes y 2) el empleo de equipo, procedimientos y prácticas constructivas en general, de eficacia comprobada y acordes con la obra que se construye. El uso de aditivos queda comprendido dentro del primer recurso y normalmente representa una medida opcional, para cuando las otras medidas no alcanzan a producir los efectos requeridos, en función de las condiciones externas actuales o futuras. Es decir, la práctica recomendable para el uso de los aditivos en el concreto, consistente en considerarlos como un medio complementario y no como un sustituto de otras medidas primordialmente, tales como el uso de un cemento apropiado, una mezcla de concreto bien diseñada, o prácticas constructivas satisfactorias.

Según los informes del comité AC1 212, los aditivos suelen emplearse en la elaboración de concretos, morteros o mezclas de inyección no sólo para modificar sus propiedades en los estados fresco y endurecido, sino también por economía, y por que hay casos en el que el uso de un aditivo puede ser el único medio factible para obtener el resultado requerido, citando como ejemplos la defensa contra la congelación y el deshielo, el retardo o la aceleración en el tiempo de fraguado y la obtención de muy alta resistencia.

## REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES PARA CADA MATERIAL COMPONENTE DEL CONCRETO

Las condiciones que debieron tomarse en cuenta para especificar el concreto idóneo y seleccionar los materiales que lo compondrían se determinaron por la indagación oportuna de 2 aspectos principales:

- 1).- Las características propias de las estructuras y de los equipos y procedimientos previstos para construir las
- 2).- Las condiciones de exposición y servicio del concreto, dadas por las características del medio de contacto y por los efectos previsibles resultantes del uso destinado a la estructura.

### CEMENTO

Existieron diversos aspectos en el comportamiento del concreto en estado fresco o endurecido que debieron ser modificados con el empleo de un cemento apropiado.

Las principales características y propiedades del concreto que pudieron ser influidas por los diferentes tipos y clases de cemento fueron las siguientes:

CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO
Cohesión y manejabilidad	Adquisición de resistencia mecánica
Pérdida de revenimiento	Generación de calor
Asentamiento y sangrado	Resistencia al ataque de los sulfatos
Tiempo de fraguado	

Considerando por lo tanto los factores anteriores que influyen en el comportamiento del concreto en estado plástico como en estado endurecido definimos de la siguiente manera:

#### Cohesión y manejabilidad:

La cohesión y manejabilidad de las mezclas de concreto son características que contribuyen a evitar la segregación y facilitar el manejo previo y durante su colocación en las cimbras siendo un aspecto que tomó relevancia en esta obra ya que el concreto se manipularía extraordinariamente y las condiciones de colocación serían complicadas, requiriendo el uso de bombas para concreto y el vaciado por gravedad (Tubo Tremie). Prácticamente la finura es la única característica del cemento que puede aportar beneficio a la cohesión y la manejabilidad de las mezclas de concreto, por tanto los Cementos Apasco de mayor finura como los Portland, Tipo II, Tipo III y Portland Puzolana fueron recomendables en este aspecto. Sin embargo, existieron otros factores con efectos más decisivos para evitar que las mezclas de concreto experimentaran segregación por falta de cohesión durante su manejo y colocación. Tales como la composición granumométrica, el tamaño máximo del agregado, la utilización

### **Pérdida de revenimiento:**

Este es un término que se acostumbra usar para describir la disminución de consistencia, ó aumento de rigidez que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura.

En este sentido se debió considerar lo siguiente:

- Existirían tiempos extraordinarios durante la colocación de concreto en algunos elementos, como el caso de las pilas de cimentación.
- La utilización de mezclas de consistencia más fluida tenderían a perder revenimiento en forma prematura debido a la evaporación del exceso de agua que contienen.
- El cemento a utilizar tendría que presentar buena compatibilidad con los aditivos a utilizar con el fin de evitar reacciones indeseables entre ambos.
- De lo anterior se especificó con el fabricante el requisito opcional de que el cemento no presentara falso fraguado. Para lo cual se hizo la recomendación por este de utilizar Cemento Apasco Tipo I y Tipo II.

## **Asentamiento y Sangrado:**

Es el proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir.

Estos fenómenos resultaban indeseables porque provocarían cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. Dado que existirían estructuras como pisos industriales, tapaderas de la trinchera para ductos. En la cuales la capa superior debería ser apta, para resistir los efectos de la abrasión mecánica, producto del tráfico.

Considerando que los principales factores que influyen en el asentamiento y el sangrado son de orden intrínseco, y se relacionan con exceso de fluidez en las mezclas, características deficientes de forma, textura superficial y granulometría en los agregados (particularmente falta de finos en la arena) y baja finura en el cemento.

Para prever los efectos indeseables de el asentamiento y sangrado se tomaron las siguientes medidas:

- La fluidez requerida en algunos concretos se lograría empleando un aditivo reductor de agua y superfluidizante.
- Se seleccionaron materiales pétreos con buena forma y textura superficial y con adecuada composición granulométrica; en especial con un contenido de finos en la arena que cumpla especificaciones en la materia.
- Optar por la utilización de un cemento de mayor finura como el Portland Tipo III ó Portland Puzolana.

En relación con esta última medida, se consideró el efecto opuesto en el sentido de que un aumento de la finura en el cemento tendería a incrementar el requerimiento de agua de mezclado en el concreto por lo que se excluyó esta medida y se busco prever en asentamiento y sangrado por las otras medidas anteriores.

### **Tiempo de fraguado:**

Es el proceso evolutivo en el cambio de aspecto y propiedades del concreto en el cual dan principio las reacciones químicas entre el cemento y el agua que conducen primero a la pérdida de fluidez y rigidización de la mezcla y después a su endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica.

Por lo anterior se debió tener presente el período durmiente, fraguado inicial y fraguado final que el concreto experimentaría con un determinado cemento y así posteriormente adecuarlo a los métodos constructivos y así realizar de la manera más apropiada las actividades inherentes a los colados.

Así también se determinó que las variaciones en el tiempo de fraguado para los cementos a seleccionar eran de poca significación práctica por lo que en este caso no se requería realizar una selección meticulosa.

### **Adquisición de Resistencia Mecánica:**

La velocidad de hidratación y adquisición de resistencia de los diversos tipos de cementos Portland depende básicamente de la composición química del clinker y de la finura de molienda que esté presente. En este sentido nos resultaba más recomendable el empleo del Cemento Apasco Tipo III ó Puzolánico por tener estos un desarrollo de resistencia aplicable para especificar la resistencia de proyecto a los 28 días. En este aspecto no se hicieron grandes consideraciones para llevar a cabo la selección ya que los cementos disponibles en este caso Cemento Apasco Tipo II y Tipo III presentaban todos las mismas características en cuanto a la adquisición de resistencia. Y además de tomar en cuenta que la gran mayoría del concreto a elaborar debería cumplir por especificación su resistencia a los 28 días.

### **Resistencia al Ataque de los sulfatos:**

El concreto de Cemento Portland es susceptible de sufrir daños en distinto grado al prestar servicio en contacto con diversas sustancias químicas de carácter ácido o alcalino.

Para las estructuras de concreto que de ordinario se construirían en la Terminal Marítima del Sauzal, el mayor riesgo de daño por este concepto corresponde al ataque de los sulfatos contenidos en el agua de mar, en el suelo de contacto y ha sí también pero en menor medida en el aire. Ya que se consideró que las concentraciones de sulfatos contenidas tanto en el suelo de contacto como en interperie serían capaces de producir en pocos años efectos destructivos considerables en las estructuras si estas no se protegían contra sus efectos.

Para proteger las estructuras de concreto que deberían prestar servicio en contacto con el agua o el suelo potencialmente agresivos por su alto contenido de sulfatos, y que en esta obra resultaba ser la mayoría del volumen. Se debieron considerar 3 medios básicos.

- 1.- Inhibir la reacción detrimetal de los sulfatos con el concreto, seleccionando un cemento de composición química apropiada.
- 2.- Evitar la penetración de los sulfatos en solución acuosa através del concreto, produciendo un concreto denso e impermeable.
- 3.- Impedir el contacto directo de los sulfatos con el concreto, interponiendo entre ambos una barrera de separación o cualquier otra medida que sirva para el mismo fin.

Como criterio de carácter general se consideró que el empleo de los Cementos Apasco Tipo I, Puzolánico ó Tipo II, darían protección al concreto en cuanto al ataque de los sulfatos normalmente contenidos en las zonas de exposición de los elementos estructurales; sin embargo ésta medida no contribuiría a darle protección contra la corrosión del refuerzo ni contra los fenómenos físicos que podrían degradarlo, por lo que fue necesario considerar otras medidas tales como el uso de una baja relación agua/cemento, un aumento en el espesor del recubrimiento de concreto sobre las varillas y así también como la utilización de aditivos.

## Selección del cemento

La siguiente tabla muestra las consideraciones para realizar la selección del tipo de cemento a utilizar, tomando para ello solamente los tipos de cemento que en un principio fueron ofrecidos por CEMENTOS APASCO. Para la anterior fue necesario la discusión por parte de los departamentos técnicos de la planta de concreto como la de cemento.

PROPIEDAD	CONTRIBUCION AL CONCRETO			
	TIPO DE CEMENTO			
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO I PUZOL
COHESION Y MANEJABILIDAD		•	•	•
PERDIDA DE REVENIMIENTO	•	•		
ASENTAMIENTO Y SANGRADO			•	•
TIEMPO DE FRAGUADO	•	•	•	•
ADQUISICION DE RESISTENCIA MECANICA		•	•	
GENERACION DE CALOR				•
RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS	•			•
DISPONIBILIDAD CONSTANTE	•			•
TOTAL	3	5	4	6

## AGREGADOS

Entre los estudios previos a la construcción de la Terminal Marítima de debió tomar muy en cuenta el que se refería a la búsqueda y selección de la fuente suministro de los agregados para el concreto, con la finalidad de contar con la suficiente cantidad y calidad de estos.

Como primera aproximación fue pertinente indagar la procedencia y definir las características de los agregados de uso común en esta localidad pues esto haría posible conocer su desempeño en servicio, al examinar las estructuras de concreto hidráulico construidas con ellos.

Paralelamente con esta indagación procedió hacer un reconocimiento de la zona económicamente de limitado para el suministro de los agregados a fin de estudiar la factibilidad como fuentes de suministro de los agregados requeridos.

Debido a la existencia de fuentes de suministro con capacidad para realizar esta actividad satisfactoriamente y que de dichas fuentes procedían los agregados con que se elaboraban la mayoría de los concretos premezclados, empleados en este Municipio se decidió adoptarlos en esta obra, no sin antes realizar pruebas de calidad que necesariamente se requería conocer para posteriormente diseñar las mezclas de la forma más apropiada.

Las pruebas a las que se tuvo que someter a los agregados se mencionan a continuación, resaltando la importancia de conocer el resultado de dicha prueba.

## Composición Granulométrica:

Los agregados se dividen, por el tamaño de sus partículas en agregado fino y agregado grueso. El agregado fino, o arena, abarca nominalmente partículas entre 0.075 y 4.75mm., en tanto que el intervalo nominal del agregado grueso, ó grava, comprende desde 4.75mm. hasta la dimensión de los fragmentos más grandes que contiene, cuya magnitud define el tamaño máximo del agregado en cada caso.

### **a).- Agregado fino**

La composición granulométrica de la arena se acostumbra analizar mediante su separación en siete fracciones, cribándola a través de mallas normalizadas como "serie estándar", cuyas aberturas se duplican sucesivamente a partir de la más reducida que es igual a 0.150mm., (ASTM NO.100). De esta manera para asegurar una razonable continuidad en la granulometría de la arena, las especificaciones de agregados para concreto (NOM C-III/ASTM-C-33), requieren que en cada fracción exista una proporción de partículas comprendidas dentro de ciertos límites establecidos empíricamente. Dichos límites que definen el uso granulométrico son los siguientes:

SERIE ESTÁNDAR DE MALLAS PARA ARENA			LÍMITE DE TOLERANCIA (% EN PESO)	
ABERTURA EN MM.	DESIGNACIÓN NOM C-111	DESIGNACIÓN N ASTM	% RETENIDOS ACUMULADOS	% QUE PASA ACUMULADOS
9.50	G 9.50	3/8	0	100
4.75	G 4.75	NO.4	0 A 5	95 A 100
2.36	M 2.36	NO.8	0 A 20	80 A 100
1.18	M 1.18	NO.16	15 A 50	50 A 85
0.600	M 0.600	NO.30	40 A 75	25 A 60
0.300	M 0.300	NO.50	70 A 90	10 A 30
0.150	M 0.150	NO.100	90 A 98	2 A 10

El análisis granulométrico de la arena se complementaría calculando su módulo de finura, que es igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar. De ordinario se considera que la arena presenta un módulo de finura adecuado para la fabricación de concreto convencional, si no es menor de 2.3 ni mayor de 3.10.

**b).- Agregado Grueso:**

De igual modo que en el caso de la arena, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea continuidad de tamaños en su composición granulométrica, si bien los efectos que la granulometría de la grava produce sobre la manejabilidad de las mezclas de concreto no son tan notables como los que produce la arena.

Para analizar la composición granulométrica de la grava en conjunto, se le criba por mallas cuyas aberturas se seleccionan de acuerdo con el intervalo dimensional dado por su tamaño máximo, buscando dividir este intervalo en suficientes fracciones que permitan juzgar su distribución de tamaños a fin de compararla con los límites granulométricos que le sean aplicables.

Las designaciones y aberturas de las mallas que suelen emplearse en el análisis granulométrico de la grava, se indican a continuación, considerando además que el proyecto especificaba la utilización de agregado máximo de 1".

DESIGNACIÓN DE MALLA (ASTM-II)		DESIGNACIÓN NOM.	ABERTURA NOMINAL EN MILÍMETROS
ESTÁNDAR	ALTERNATIVA		
25.0mm	1"	G 25	25.4
19.0mm	3/4	G 19	19.1
12.5mm	1/2	G 12.5	12.7
9.5mm	3/8	G 9.5	9.5
4.75mm	NO.4	G 4.75	4.75
2.36mm	NO.8	G 2.36	2.36

## Materiales Contaminantes:

Existen diversos materiales que con cierta frecuencia acompañan a los agregados, y cuya presencia es inconveniente por los efectos adversos que producen en el concreto. Entre dichos materiales contaminantes, los más comunes son los finos indeseables (limo y arcilla), la materia orgánica, el carbón y el lignito, las partículas ligeras y los terrones de arcilla y otras partículas desmenuzables.

Si bien lo deseable es disponer de agregados, completamente libres de estas materias perjudiciales, en la práctica esto no siempre es factible, por lo cual se hace necesario tolerarlas en proporciones suficientemente reducidas para que sus efectos nocivos resulten poco significativos.

Para determinar el contenido de materiales contaminantes en los agregados se realizan diferentes pruebas según sea el material y sus características por determinar.

Dado que en este aspecto lo que más nos interesaba conocer era el contenido de limo y arcilla, se optó por realizar la prueba de pérdida por lavado.

Ambos materiales resultaban indeseables en los agregados, pues nos incrementarían el requerimiento de agua de mezclado y los cambios volumétricos del concreto; pero en igualdad de proporciones se considera más perjudicial la arcilla por su carácter plástico.

La prueba normal para cuantificar el contenido de tales finos contaminantes en los agregados, consiste en determinar la proporción de material que pasa la malla de 75 micras (NOM FO.075/ASTM NO:200) mediante el lavado, en cuya determinación resultan comprendidos ambos tipos de finos y también el polvo de roca que se produce durante la trituración para producir agregados manufacturados.

Las especificaciones usuales de agregados para concreto (NOM.C-III-ASTM-C33), limitan los finos totales que pasan la malla de 75 micras, de la manera que se indica en la siguiente tabla, con las tolerancias adicionales que se permiten cuando los finos son esencialmente polvo de roca, libre de material arcilloso.

APLICACIÓN	FINOS QUE PASAN LA MALLA DE 75 MICRAS % MÁXIMO			
	ASTM C33		NOM. C-111	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
EN AGREGADOS PARA CONCRETO EN GENERAL:				
A).- FINOS DE CUALQUIER TIPO	5.0	1.0	5.0 (+)	2.0
B).- FINOS DE FRAGMENTO DE ROCA LIBRES DE ARCILLA	7.0	1.5	10.0 (+)	3.0
EN AGREGADOS PARA CONCRETO EXPUESTOS A LA ABRASIÓN.				
• FINOS DE CUALQUIER TIPO	3.0	1.0	3.0 (+)	2.0
• FINOS DE FRAGMENTOS DE ROCA LIBRES DE ARCILLA	5.0	1.5	5.0 (+)	3.0
(+) LAS ARENAS QUE REBASAN ESTOS LÍMITES DEBEN ESTAR SUJETAS A LA				

Al examinar la aptitud física de los agregados en general, fue conveniente diferenciar las características que eran inherentes a la calidad esencial de las rocas constitutivas. Entre las características físicas que contribuyeron a definir la calidad intrínseca de las gravas destacaron:

### **Densidad:**

La determinación que se emplea para evaluar el atributo de su densidad, corresponde a la denominada en EUA gravedad específica en masa, que es el cociente resultante de dividir el peso en el aire de un cierto volumen de agregados en condición saturada y superficialmente seca, entre el volumen de agua destilada que se desaloja al introducir el agregado en un picnómetro.

$$\text{Densidad} = \frac{P_{ss}}{V \text{ desalojado}}$$

La densidad específica de una roca puede ser buen índice de su porosidad, pero no necesariamente de su calidad intrínseca, pues hay rocas con densidad específica relativamente bajo que son aceptables como agregados para concreto, siempre y cuando estén sanas, y por el contrario hay rocas cuya densidad específica se considera normal y no obstante son inaceptables para ésta aplicación por hallarse alteradas.

De ahí que normalmente no se especifiquen límites de aceptación para la específica de los agregados, y que el resultado de su determinación se utilice más bien como un dato de orientación general y complementarse con los resultados de otras pruebas en los propios agregados y en el concreto elaborado con estos. Este concepto era importante conocerlo para llevar un control en cuanto a peso unitario y por lo tanto de la volumetría correcta de las mezclas.

### **Absorción:**

Es el incremento en la masa de un cuerpo sólido poroso, como resultado de la penetración de un líquido dentro de sus poros permeables. En el caso de los agregados, la absorción se determina después de un período de inmersión de 24 horas en agua y en condición de saturado y superficialmente seco, y se calcula con la siguiente expresión:

$$\% \text{ DE ABSORCIÓN } \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} \times 100$$

$P_{ss}$  = Peso del mat. saturado por sup-seco

$P_s$  = Peso del mat. seco

Este punto fue primordial determinarlo ya que nos interesaba conocer cual sería el comportamiento del concreto en cuanto a pérdida de revenimiento.

Este concepto influiría en el comportamiento del concreto en lo referente a la pérdida de revenimiento y contracciones plásticas en estado fresco y en

## BANCOS DE ARENA CONSIDERADOS

Previamente se realizaron visitas de campo y estudios a los bancos de materiales existentes en la localidad.

**Cañón La Presa:** La arena existente en este lugar presentaba excesivas cantidades de material contaminante como limos, arcillas y micas las cuales excedían los límites (ASTM-C33/NOM-C-111). También presentaba deficiencias en cuanto a granulometría, CON M.F.=2.1, pero otro punto importante y tomado en cuenta para descartar la utilización de esta arena fue la baja cantidad de material que se podía extraer de el.

**Arrollo Maneadero:** Este banco se localiza a 6 kilómetros del Poblado, sobre la carretera que lleva a la Bufadora. En este existía la posibilidad de extraer la cantidad suficiente de arena para la obra, pero presentó deficiencias en granulometría con MF del orden de 2.3 lo que nos generaría alta exigencia de agua en nuestras mezclas, además de presentar contenidos de material contaminante al límite (ASTM C33/NOM III). Así también la localización propia del banco nos arrojaría mayores costos y demoras en el suministro de la arena, por lo que se descartó también su utilización.

**Arrollo San Carlos:** Este banco de materiales se localiza a 2 kilómetros del ejido Chapultepec al sur de la ciudad. Dicho banco de explotación es el que genera la mayoría de la arena utilizada en la industria de la construcción de la entidad, por lo que se prestó la mayor atención. En este sentido al realizar los estudios previos se observó que dicha arena presentaba características muy satisfactorias para la elaboración de concreto, como lo referente a limpieza, densidad, absorción y granulometría, aunque este último concepto en un principio resultaba estar muy sobre el límite aceptable con M.F.=3.6, no fue impedimento alguno ya que la solución para obtener una arena bien graduada, fue la implementación de un sistema de cribado apropiado hasta lograr posteriormente una granulometría muy satisfactoria de 2.75.

De igual manera se verificaba que en dicho banco de arena existían proveedores del material con capacidad para satisfacer cualquier necesidad de suministro.

## BANCOS DE GRAVA

A diferencia de la arena, la cual únicamente requiere de ser extraída del arrollo y posteriormente cribada. En esta localidad Baja Californiana el material grueso es explotado y manufacturado en plantas trituradoras y cribadoras instaladas en el mismo lugar de explotación. Para esta obra en particular se tomó en consideración dos de estas plantas trituradoras las cuales se presentan a continuación:

### **Triturados Cárdenas**

Localizada en el poblado de Maneadero parte alta. En este lugar se extrae el material del arrollo el zorrillo. El material pétreo que se produce en esta planta presentaba características moderadamente aceptables para la elaboración de concreto pero por razones que a continuación se mencionan su utilización pasó a un segundo término.

- La distancia entre Planta de grava y obra repercutía en el costo del material.
- Los métodos de explotación del material pétreo podían haber presentado interrupciones en época de lluvias, deteniendo así el suministro de grava.
- Composición granulométrica deficiente.
- Contenidos no tolerables de material contaminante en la grava.

### **Productos petreos s.a.de c.v**

Planta trituradora y cribadora localizada en el cañón El Gallo. En dicha planta el material pétreo es extraído de la cantera, situada en el mismo lugar. Primeramente se verifica que dicha planta tenía la capacidad de producir y suministrar satisfactoriamente grandes volúmenes de material y posteriormente se comprobó que la grava que en dicha planta se producía era de muy buena calidad y cumplía conforme a las normas especificadas para la elaboración de concreto. Por lo que se adoptó la utilización de este material pétreo en la elaboración de concreto.

## REQUISITOS Y ESPECIFICACIONES DEL AGUA DE MEZCLADO

Los requisitos de calidad del agua de mezclado para concreto básicamente se refieren a sus características físico-químicas y a sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto.

Previamente también se tomó en consideración la calidad del agua que se utilizaría en la elaboración del agua extraída de un pozo localizado en el cañón El Gallo y suministrado por la Empresa Trosa, ya que se consideró que dicha fuente de suministro contaba con los mejores antecedentes de uso en la fabricación de concreto.

A pesar de lo anterior fue pertinente realizar el estudio físico químico del agua para conocer o pronosticar algunas características que el concreto podía experimentar a corto, mediano y largo plazo.

A continuación se presentan los valores característicos y límites máximos tolerables de sales e impurezas:

## VALORES CARACTERÍSTICOS Y LIMITES MÁXIMOS TOLERABLES DE SALES E IMPUREZAS.

IMPUREZAS	LIMITES. EN P.P.M	
	CEMENTO RICO EN CALCIO	CEMENTO SULFATO RESISTENTE
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN EN AGUAS NATURALES (LIMOS Y ARCILLA)	2000	2000
EN AGUAS RECICLADAS (FINOS DE CEMENTO Y AGREGADOS)	50000	35000
*CLORUROS COMO Cl <sup>-</sup> *PARA CONCRETO CON ACERO DE PREESFUERZO Y PIEZAS DE PUENTES	400	600
***PARA OTROS CONCRETOS REFORZADOS EN AMBIENTE HÚMEDO O EN CONTACTO CON METALES COMO EL ALUMINIO, FIERRO GALVANIZADO Y OTROS SIMILARES.	700	1000
*SULFATO COMO SO <sub>4</sub>	3000	3500
*MAGNESIO COMO Mg <sup>++</sup>	100	150
CARBONATOS COMO CO <sub>3</sub>	600	600
DIOXIDO DE CARBONO DISUELTO COMO CO <sub>2</sub>	5	3
ÁLCALIS TOTALES COMO NA <sup>+</sup>	300	450
TOTAL DE IMPUREZAS EN SOLUCIÓN	3500	4000
GRASAS O ACEITE	0	0
**MATERIA ORGÁNICA (OXIGENO CONSUMIDO EN MEDIO ÁCIDO)	150	150
VALOR DE PH	NO MENOR DE 6	NO MENOR DE 6.5

\*Las aguas que excedan los límites enlistados para cloruros, sulfatos y magnesio, podrán emplearse si se demuestra que la concentración calculada de estos compuestos en el agua total de la mezcla, incluyendo el agua de absorción de los agregados u otros orígenes no excede dichos límites.

\*\*El agua se puede usar siempre y cuando las arenas que se empleen en el concreto acusen un contenido de materia orgánica cuya coloración sea inferior a 2 de acuerdo con el método de la NMX-C-88.

\*\*\*Cuando se use cloruro de calcio (Ca Cl<sub>2</sub>) como aditivo acelerante la cantidad de éste deberá tomarse en cuenta para no exceder el límite de cloruros de esta tabla.

NOTA: Cuando se sospecha que la interacción de los componentes de los ingredientes del concreto (agua, cemento, agregados, aditivos), puede producir resultados adversos, se deben hacer los estudios y pruebas que se estimen necesarios con la debida anticipación.

## UTILIZACIÓN DE ADITIVOS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO

Por lo que respecta a esta obra, se optó por utilizar distintos tipos de aditivos, por que el nos traería beneficios en las etapas de diseño, fabricación, transportación, colocación y acabado del concreto.

Los principales efectos que se perseguían con el uso de aditivos son los que se mencionan a continuación según halla sido el estado del concreto.

### **En estado fresco:**

Aumentar la trabajabilidad sin tener que incrementar el contenido de agua, ó bien disminuir el contenido de agua con la misma trabajabilidad.

- Retrasar el tiempo de fraguado inicial.
- Adelantar el tiempo de fraguado inicial.
- Reducir la segregación en la mezcla.
- Mejorar la aptitud para el bombeo
- Reducir la rapidez en la pérdida de revenimiento

### **En Estado Endurecido:**

- Retrasar o reducir la evolución de calor durante el endurecimiento inicial.
- Acelerar la velocidad de desarrollo de la resistencia a edades tempranas.
- Incrementar la resistencia a compresión.
- Aumentar la durabilidad o la resistencia a las condiciones de exposición severas.
- Disminuir la permeabilidad del concreto a los líquidos.
- Mejorar la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo.
- Inhibir la corrosión del acero de refuerzo y otros metales inmersos.
- Mejorar la resistencia del concreto al ataque de los sulfatos.

Antes de emplear los aditivos en la producción de concreto se debieron hacer cumplir las siguientes actividades:

1. Evaluar las condiciones ambientales y de trabajo en la obra, y las acciones dañinas previsibles a que puede verse expuesta la estructura en servicio.
2. Determinar el comportamiento y las propiedades que se obtienen en el concreto sin aditivos, con los componentes y el diseño de mezcla idóneos, y confrontarlos con los requerimientos impuestos por las condiciones y acciones previamente evaluados.
3. Ensayar el aditivo específicamente seleccionado, con objeto de definir la dosificación apropiada para producir el efecto requerido, y para comprobar que no produzca efectos secundarios indeseables en el concreto.

Este último reviste particular importancia por que hay aditivos cuyo desempeño en el concreto es afectado por las características del cemento.

#### V.- Materiales seleccionados

- Cemento (Análisis Físico-Químico)
- Arena (Análisis Físico)
- Grava (Análisis Físico)
- Agua (Análisis Químico)
- Aditivos (Fichas Técnicas)

**CEMENTOS APASCO  
ANÁLISIS PROMEDIO MENSUAL**

**Cemento Portland Tipo I-Puzolanico**

Datos Químicos	Unidad de medida	Tecomán Port. Puz X Feb. 97
P.G	(%)	2.6
SiO <sub>2</sub>	(%)	25.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(%)	6.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(%)	3.5
CaO	(%)	55.5
MgO	(%)	1.7
SO <sub>3</sub>	(%)	3.4
K <sub>2</sub> O	(%)	0.62
Na <sub>2</sub> O	(%)	1.20
TOTAL	(%)	100.2
CaO <sub>L</sub>	(%)	0.90
R. INS	(%)	13.08
ALK T.	(%)	1.7
<b>D. FÍSICOS</b>		
F.INIC.	(minutos)	100
F.FINAL	(minutos)	200
F.FALSO	(%)	83.4
C.NORMAL	(%)	26.2
EXP.	(%)	0.05
<b>RESIST.</b>		
1 DÍA	(Kg./cm <sup>2</sup> )	140
3 DÍAS	(Kg./cm <sup>2</sup> )	248
7 DÍAS	(Kg./cm <sup>2</sup> )	283
28 DÍAS	(Kg./cm <sup>2</sup> )	360

**ANALISIS FISICO-QUIMICO CEMENTO TIPO I PUZOLANICO  
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD**

CONCEPTO	CLAVE	U. MEDIDA	NOM C-2	ASTM C-585
Contenido de Pozolánico	PUZ	(%)	15-40	15-40
Pérdida por Ignición	P:IG	(%)	8.0 Máx	5.0 Máx
Oxido de Magnesio	MgO	(%)	5.0 Máx	5.0 Máx
Anhidrido Sulfúrico	SO3	(%)	5.0 Máx	4.0 Máx
Tiempos de fraguado (Método de Vicat)				
Fraguado Inicial	F.INIC.	(minutos)	45 min.	45 Min.
Fraguado Final	F.FINAL	(horas)	7:00 Máx.	7:00 Máx
Resistencia a la Compresión				
03 días	3 DÍAS	(Kg/cm <sup>2</sup> )	130 MIN	126 MIN
07 días	7 DÍAS	(Kg/cm <sup>2</sup> )	200MIN	197 MIN
28 días	28 DÍAS	(Kg/cm <sup>2</sup> )	255 MIN	246 MIN
Cubos de mortero 1:275 Arena fina graduada ASTM C-778 Y NOM C-61				

## REPORTE INTERNO DE ANALISIS DE ARENA

Fecha : 21 DE JUNIO DE 1995  
 Análisis No. : 001  
 Mina : ARROLLO SAN CARLOS  
 Localidad : ENSENADA

Tipo de arena : SEDIMENTARIA  
 Clasificación Petrográfica : GRANITICA  
 Color : BLANCA  
 Planta : PC-080

$$\text{Densidad} = \frac{P_{ss}}{\text{Volumen}} = \frac{1000}{880-500} = 2.62 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Absorción} = \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} = \frac{1000 - 977}{977} \times 100 = 2.35 \%$$

**PESO VOLUMETRICO SUELTO :**  
 P.V.S. =  $P_{ns} \times \text{Factor} = 22.32 \times 70.88 = 1582 \text{ kg/m}^3$

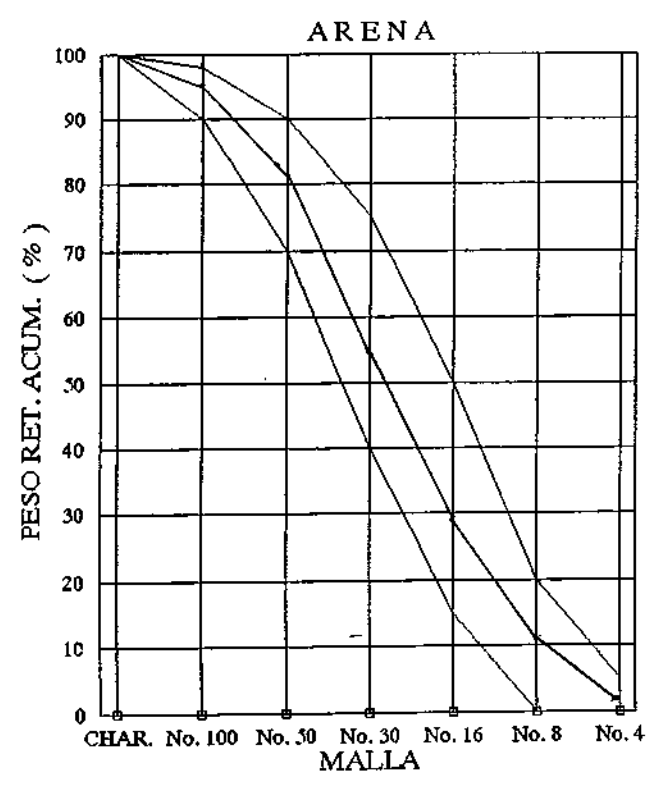
**PESO VOLUMETRICO COMPACTADO :**  
 P.V.C. =  $P_{nc} \times \text{Factor} = 24.36 \times 70.88 = 1727 \text{ kg/m}^3$

**PERDIDA POR LAVADO :**

$$P \times L = \frac{P_{s1} - P_{s2}}{P_{s1}} = \frac{1000 - 991}{1000} \times 100 = 0.9 \%$$

PROPIEDADES FISICAS		
DENSIDAD	kg/m3	2.62
ABSORCION	%	2.35
PESO VOL. SUELTO (P.V.S.)	kg/m3	1582
PESO VOL. COMPACTADO (P.V.C.)	kg/m3	1727
CONTAMINACION DE GR. EN AR.	%	1.54
PERDIDA POR LAVADO (PXL)	%	0.90
MODULO DE FINURA		2.75

Malla	Peso Ret. (gms)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa La Malla
No. 4	15.4	1.54	1.54	98.46
No. 8	85.3	8.53	10.07	89.93
No. 16	196.0	19.60	29.67	70.33
No. 30	262.7	26.27	55.94	44.06
No. 50	263.2	26.32	82.26	17.74
No. 100	136.2	13.62	95.88	4.12
No. 200	30.4	3.04	98.92	1.08
CHAROLA	10.8	1.08	100	
Total	1000	100		



MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS : NMX-C-30, C-73, C-77, C-84, C-111, C-185, C-188 y C-170.

Observaciones : El presente material presenta características muy aceptables para la elaboración de concreto hidráulico cumpliendo 100% con NOM C-III-92 y ASTM C-33 (Agregados y sus métodos de prueba)

Realizó : P. ING. FERNANDO SALGADO GUERRERO

## REPORTE INTERNO DE ANALISIS DE GRAVA

Fecha : 22 DE JUNIO DE 1995  
 Análisis No. : 001  
 Mina : PRODUCTOS PETREOS, S.A.  
 Localidad : ENSENADA  
 Planta : PC-080

Tipo de grava : TRITURADA  
 Clasificación Petrográfica : BASALTO  
 Color : GRIS  
 T.M.N. : 25 mm.

$$\text{Densidad} = \frac{P_{ss}}{\text{Volumen}} = \frac{962}{370} = 2.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Absorción} = \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} = \frac{1000 - 990}{990} \times 100 = 1.0 \%$$

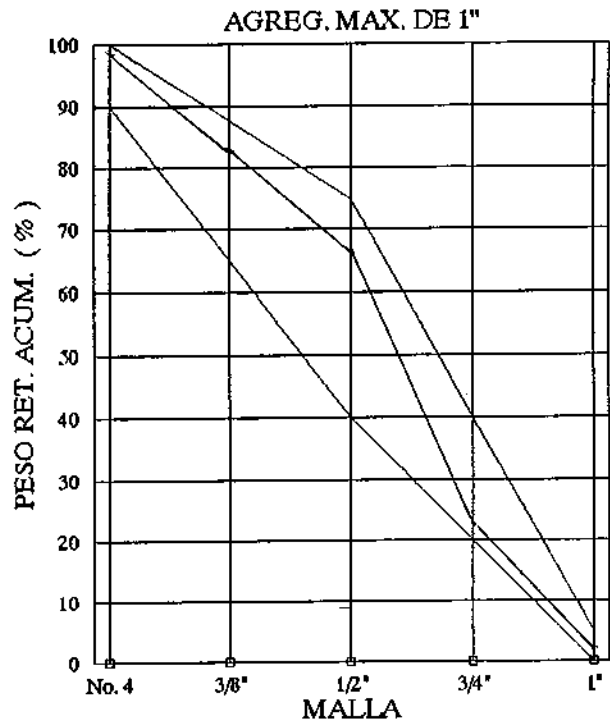
**PESO VOLUMETRICO SUELTO :**  
 $P.V.S. = P_{ns} \times \text{Factor} = 18.95 \times 70.88 = 1343 \text{ kg/m}^3$

**PESO VOLUMETRICO COMPACTADO :**  
 $P.V.C. = P_{nc} \times \text{Factor} = 21.45 \times 70.88 = 1520 \text{ kg/m}^3$

**CONTAMINACION DE ARENA :**  
 $\text{CONT.} = \frac{\text{Pasa No. 4}}{\text{Peso Total}} = \frac{68.6}{8197.6} \times 100 = 0.83 \%$

PROPIEDADES FISICAS		
DENSIDAD	kg/m <sup>3</sup>	2.60
ABSORCION	%	1.00
		1.60
PESO VOL. SUELTO (P.V.S.)	kg/m <sup>3</sup>	1343
PESO VOL. COMPACTADO (P.V.C.)	kg/m <sup>3</sup>	1520
CONTAMINACION DE AR. EN GR.	%	0.83
MODULO DE FINURA		6.74

Malla	Peso Ret. (grs)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa La Malla
1"	260.5	3.18	3.18	96.82
3/4"	1800.0	21.95	21.13	78.87
1/2"	3495.0	42.63	67.76	32.24
3/8"	1204.5	14.69	82.45	17.55
No. 4	1369.0	16.70	99.15	0.85
Charola	68.6	0.85	100	
Total	8197.6	100		



MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS : NMX-C-30, C-73, C-77, C-104, C-108 y C-170.

Observaciones : El agregado correspondiente a esta análisis, cumple cabalmente con los requerimientos básicos definidos en NMX C-III-92, ASTM C-33 (Agregados y sus métodos de prueba). Siendo acreditado para su utilización en la producción de concreto premezclado.

Realizó : P. ING. FERNANDO SALGADO GUERRERO

# ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

## RESULTADO DE LABORATORIO

PARÁMETRO	RESULTADO	LIMITES MÁXIMO TOLERABLES	
		LIMITES EN ppm	
		Cemento Rico en Calcio	Cemento sulfato resistencia
pH	7.72	No menos de 6	No menos de 6
Sulfatos (mg/L)	217.0	3000	3500
Materia Orgánica (Kmno4 en mg/L)	5.37	150	150
Alcalinidad (expre. como CaCO3, mg/L)	325.2	300	450
Carbonatos (expre. como CaCO3, mg/L)	0.0	600	600
Magnesio (mg/L)	0.64	100	150
Cloruros	382.72	400	600
Grasas y Aceites (mg/L)	2.05	0	0
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	3.6	2000	2000
Sólidos Disueltos (mg/L)	1394.4	3500	4000
Dióxido de Carbono (mg/L)	12.3	5	3

# FICHAS TÉCNICAS

# EUCOMEX RA 200

## FLUIDIZANTE REDUCTOR DE AGUA

### Un Producto Euclid

#### DESCRIPCIÓN

Aditivos plasticante y reductor de agua para concreto. Su uso mejora las mezclas de concreto, haciéndolas más plásticas y fluidas.

#### DATOS FÍSICOS

- Solución líquida a base de lignosulfatos modificados.
- Color café oscuro
- Gravedad específica 1.21
- pH 7.0 - 8.5.

#### APLICACIONES

El Eucomex RA 200 se utiliza principalmente en concretos que requieren alta trabajabilidad: bombeo a grandes distancias horizontales y verticales, estructuras estrechas y/o densamente armadas. Se utiliza como reductor de agua o como fluidizante.

A) Como reductor de agua: adicionándose al agua de mezcla de 6 a 9 ml/kg de cemento se obtienen reducciones de hasta 10% del agua de mezclado.

#### DOSIFICACIÓN

Temperatura ambiente al mezclar el concreto oC	Dosificación mL/kg cemento
menor de 10	0
10-15	menor de 5
15-30	5-7
mayor de 30	7-9

La dosificación exacta deberá determinarse con los materiales y en las condiciones del lugar de la obra.

B) Cuando se emplee como fluidizante, agregar a pie de obra de 3 a 5 mL por cada kg de cemento dosificación en planta

del Eucomex Ra 200. La dosis requerida variará de acuerdo al revenimiento deseado y a la temperatura ambiente.

Ejemplo en condiciones normales:

Eucomex Ra 200	6 mL/kg
Revenimiento	5 cm
Rev. después de 45 min.	10 cm
Eucomex RA 200	5 mL/kg
Revenimiento final	18-20 cm

C) El Eucomex Ra 200 es compatible con otros aditivos de Eucomex, sin embargo, cada aditivo debe añadirse por separado.

#### PROPIEDADES

- Reduce la cantidad de agua de la mezcla hasta un 10%.
- Aumenta la resistencia a la compresión a 28 días alrededor del 20%.
- Mejora la trabajabilidad y facilita el acabado.
- Facilita el bombeo del concreto
- Reduce la segregación y el sangrado.
- Reduce la permeabilidad.
- Aumenta la durabilidad

### PRECAUCIONES

El empleo de Eucomex RA 200 en dosificaciones mayores a las recomendadas puede ocasionar retardo en el fraguado del concreto que no afecta la resistencia fina.

La elaboración de concreto o mortero fluido con Eucomex RA 200 exige una buena distribución granulométrica y un contenido de finos suficiente para lograr mezclas cohesivas con buena trabajabilidad.

El concreto con Eucomex RA 200 requiere de la misma práctica y supervisión en la colocación, acabado y curado que la indicada por las prácticas recomendadas por el ACI (American Concrete Institute) para concreto.

La permanencia del efecto de fluidez se mantiene de 30 a 45 minutos. Se recomienda iniciar el curado del concreto tan pronto como desaparezca el agua de exudación del concreto o mortero, cuya

detección es fácil por el cambio de aspecto de la superficie del concreto de brillante a mate. La membrana de curado debe ser de buena calidad y su aplicación debe ser oportuna sobre la superficie del concreto con un buen acabado ya concluido.

La vida útil de este producto es de 1 año.

Para mejor utilización de este producto dirijase al Depto. Técnico de Eucomex.

### DISPONIBILIDAD Y ALMACENAMIENTO

- Granel

- Tambores de 200 L

- Se recomienda mantener el aditivo siempre tapado en los tanques y tambos que Eucomex provee.

### MEDIDAS DE SEGURIDAD

Usar guantes de hule y gafas de seguridad durante su manipulación.

Para mayor información sobre este producto dirijase a su representante Eucomex en la Región o al Departamento de Calidad de Eucomex.

### ADVERTENCIA

Los aditivos para concreto son fabricados conforme a especificaciones y de acuerdo a los Procedimientos de Operación Normal del Sistema de Calidad de Eucomex. La información proporcionada es correcta de acuerdo a los principios de tecnología de concreto, experiencia de Eucomex y resultados de laboratorio. Eucomex no es responsable por efectos nocivos de sus productos debidos a variaciones en el método de empleo, condiciones en que sean utilizados, usos diferentes a los recomendados que afecten la salud, propiedad o cualquier patente de otros. En caso de duda o para usos especializados consulte con Eucomex, S.A. de C.V.

### OFICINAS GENERALES

Vía José López Portillo #69

Col. San Francisco Chilpan

Tultitlán, Edo. de México

C.P. 54940

Teléfono 91 5 724-0418

Fax 91 5 724-0269

# EUCON 37

## REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO

### Un producto Euclid

#### DESCRIPCIÓN

Aditivo reductor de agua de alto rango que cumple los requerimientos de la norma ASTM-C-494 para el tipo F.

Puede ser añadido al concreto en el sitio de la obra o en la planta pre-mezcladora para máxima facilidad de uso.

No han sido usados cloruros en su formulación, consecuentemente, es recomendable para concreto pretensado. También es muy compatible con agentes inclusores de aire, agentes impermeabilizantes, cloruro de calcio y muchos otros aditivos; sin embargo cada material debe ser añadido al concreto separadamente.

#### DONDE USARSE

El Eucon 37 se añade al concreto con revenimientos entre 5 y 10 cm., para incrementar la fluidez de una mezcla a ser usada en secciones altamente reforzadas y en concretos premezclados en general. También se usa en concreto de bajo revenimiento para lograr bajas relaciones agua-cemento con extra trabajabilidad y subsecuentes altas resistencias. Contacte a Eucomex para instrucciones especiales en el uso de Eucon 37 en concretos contenidos cloruro de calcio o aditivos reductores de agua convencionales.

#### VENTAJAS

- El Eucon 37 produce bajas relaciones agua-cemento y consecuentemente altas resistencias.
- El Eucon 37 produce concreto fluido con resistencias mejores que las normales.
- El Eucon 37 ayuda en la colocación del concreto y reduce costos de mano de obra.
- Cuando se usa en trabajos de prefabricados con cemento tipo I, produce las altas resistencias tempranas de un cemento tipo III.

#### DATOS TÉCNICOS

##### Datos de pruebas de laboratorio

- Reducción de agua.....20 a 30%
- Cambio de longitud.....la mezcla de prueba Eucon 37 tiene menos contracción que la mezcla testigo.

#### Tiempo de Fraguado

Eucon 37 no tiene efecto significativo sobre las características de fraguado del concreto entre los 10 y 32 C. sobre los 32 C se recomienda el uso del Eucon 537. Cuando se usa un acelerante, la pérdida de revenimiento se incrementa.

#### RELACIÓN DE PERDIDA DE REVENIMIENTO.

El concreto tratado con Eucon 37 retiene sus características plásticas por 30 a 45 minutos dependiendo de los revenimientos iniciales y finales y las relaciones de dosificación. Generalmente el Eucon 37 se añade en el sitio de la obra, aunque puede ser dosificado en la planta pre-mezcladora. En el segundo caso el Eucon 37 puede ser dosificado dentro de un camión revolvedora de concreto pre-mezclado y transportado al sitio de la obra sin agitación, donde el concreto es entonces remezclado.

#### PERDIDA DEL REVENIMIENTO TÍPICA (CM)

Inicial	Después de 30 min.
21	18
24	20

#### INSTRUCCIONES DE USO

##### Concreto de Alta Resistencia

Para producir concreto de alta resistencia el Eucon 37 se usa a relaciones de 8 a 15 mL/kg de cemento. Esto hará una mezcla de relación agua-cemento baja fácil de colocar a revenimiento menores de 15 cm.

##### Concreto fluido

Generalmente se añaden de 6 a 8 mL de Eucon 37, a concretos convencionales de 8 cm de revenimiento para lograr una excelente fluidez. Con estas dosificaciones las mezclas permanecen cohesivas en la condición de alta fluidez. La tabla siguiente muestra las cantidades recomendables para ser añadidas al concreto y lograr una excelente fluidez.

Revenimiento Inicial (cm)	Dosificación (mL)
10	5-6
8	6-8
6	8-9
5	9-10
4	10-12

Cuando se diseñen mezclas con Eucon 37 se deben seguir las recomendaciones del ACI 211.1 y ACI 211.2 para establecer un punto de partida. Después de esto, la relación de grava-arena debe ser ajustada de 10% a 15% para compensar la reducción de agua esperada y mantener la homogeneidad de la fluidez de la mezcla. Para concreto fluido, cargar todos los materiales del concreto dentro de la revolvedora y mezclar cinco (5) minutos o 70 revoluciones a un revenimiento de 8 a 10 cm. Mezclar 3 min. adicionales por metro cúbico después de añadir el Eucon 37 y entonces descargar inmediatamente.

Para concreto de alta resistencia, añadir el Eucon 37 con aproximadamente 70% del agua de mezclado y mezclar por cinco (5) minutos o 70 revoluciones. Añadir el agua adicional cuidadosamente para obtener el revenimiento requerido y mezclar por dos (2) minutos adicionales.

#### PREFABRICADOS

Las cimbras para paredes o secciones angostas deben ser a prueba de agua, fuertes y tener buena resistencia. Durante el "periodo de fluidez", cuando el concreto está en un revenimiento de 18 a 23 cm, el concreto ejercerá una mayor presión en la base de la cimbra que el concreto convencional.

#### PRECAUCIONES

El empleo del Eucon 37 en dosificaciones mayores a las recomendaciones puede ocasionar retardo en el fraguado del concreto que no afecta la resistencia final.

La elaboración de concreto o mortero fluido con el Eucon 37 exige una buena distribución granulométrica y un contenido de finos suficientes para lograr mezclas cohesivas con buena trabajabilidad.

El uso de concreto fluido demanda especial supervisión en el sellado de las cimbras para evitar pérdida de pasta.

El concreto con Eucon 37 requiere de la misma práctica y supervisión en la colocación, acabado y curado que la indicada por el ACI (American Concrete Institute) para concreto.

La permanencia del efecto de fluidez se mantiene de 30 a 45 minutos. Se recomienda iniciar el curado del concreto tan pronto como desaparezca el agua de exudación del concreto o mortero, cuya detección es fácil por el cambio de aspecto de la superficie del concreto de brillante a mate. La membrana de curado debe ser de buena calidad y su aplicación debe ser oportuna sobre la superficie del concreto con un buen acabado ya concluido.

La vida útil de este producto es de 1 año.

#### DISPONIBILIDAD Y ALMACENAMIENTO

- Tambores de 200L
- Envases de 19 L
- Envases de 4 L
- Se recomienda mantener el aditivo siempre tapado y en el envase que Eucomex provee.

#### MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Usar guantes de hule y gafas de seguridad durante su manipulación.

Para mayor información sobre este producto dirigirse a su Representante Eucomex en la Región o al Departamento de Calidad de Eucomex.

#### OFICINAS GENERALES

Vía José López Portillo #69  
Col. San Francisco Chilpan  
Tultitlán, Edo. de México  
C.P. 54940  
Teléfono 91 5 724-0418  
Fax 91 5 724-0269

## ADVERTENCIA

Los aditivos para concreto son fabricados conforme a especificaciones y de acuerdo a los Procedimientos de Operación Normal del Sistema de Calidad de Eucomex. La información proporcionada es correcta de acuerdo a los principios de tecnología de concreto, experiencia de Eucomex y resultados de laboratorio. Eucomex no es responsable por efectos nocivos de sus productos debidos a variaciones en el método de empleo, condiciones en que sean utilizados, usos diferentes a los recomendados que afecten la salud, propiedad o cualquier patente de otros. En caso de duda o para usos especializados consulte con Eucomex, S.A. de C.V.

# EUCOMEX IMPERGRAL-100

## IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL

Un producto Euclid

### DESCRIPCIÓN

Impermeabilizante integral en polvo que se añade a la mezcla de concreto para disminuir la permeabilidad del concreto endurecido.

### DATOS FÍSICOS

- Aditivo en polvo color gris cuyo agente activo es un estearato.
- Material higroscópico.
- Densidad suelta a granel 1.0 kg/L.

### APLICACIONES

El aditivo Eucomex Impergral 100 se utiliza para reducir la permeabilidad en todo tipo de concreto expuesto al agua, principalmente en cimentaciones, tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, sistemas de alcantarillado, canales, losas, etc.

### DOSIFICACIÓN

Agregar a la mezcla de 10 a 20g. por kg. de cemento de acuerdo a las necesidades y aplicación específica del concreto..

### PROPIEDADES

- Reduce la permeabilidad del concreto.
- Mejora la trabajabilidad y facilita el acabado.
- Reduce ligeramente el agua de la mezcla, incrementando la resistencia final del concreto.
- Reduce la capilaridad del concreto evitando la eflorescencia.
- Aumenta la durabilidad del concreto.

### PRECAUCIONES

El empleo de Eucomex Impergral 100 en dosificaciones mayores a las recomendadas puede ocasionar retardos prolongados del fraguado del concreto que no afectan la resistencia final.

La elaboración del concreto o mortero con Eucomex Impergral 100 exige una buena distribución granulométrica y un contenido de finos suficiente para lograr mezclas cohesivas con buena trabajabilidad.

El concreto con Eucomex impergral 100 requiere de la misma práctica y supervisión, en la

colocación, acabado y curado que la indica por las prácticas recomendadas por el ACI (American Concrete Institute) para concreto.

#### DISPONIBILIDAD Y ALMACENAMIENTO

Se recomienda iniciar el curado del concreto tan pronto como desaparezca el agua de exudación del concreto o mortero, cuya detección es fácil por el cambio de aspecto de la superficie del concreto de brillante o mate. La membrana de curado debe ser de buena calidad y su aplicación debe ser oportuna sobre la superficie con un buen acabado ya concluido.

- Sacos de 25 kg.
- Almacenar en bodega y sobre tarimas.
- Protegerlo de la humedad con lonas o películas de polietileno para tarimas.

#### MEDIDAS DE SEGURIDAD

La vida útil de este producto es de 1 año.

Para mejor utilización de este producto diríjase al Departamento Técnico de Eucomex.

- Utilizar el inventario de producto de acuerdo al concepto primeras entradas-primeras salidas.
- Usar guantes de hule, gafas de seguridad y mascarilla para polvo durante su manipulación.
- Utilizar una crema barrera o glicerina para proteger la piel expuesta.

### ADVERTENCIA

Los aditivos para concreto son fabricados conforme a especificaciones y de acuerdo a los Procedimientos de Operación Normal del Sistema de Calidad de Eucomex. La información proporcionada es correcta de acuerdo a los principios de tecnología de concreto, experiencia de Eucomex y resultados de laboratorio. Eucomex no es responsable por efectos nocivos de sus productos debidos a variaciones en el método de empleo, condiciones en que sean utilizados, usos diferentes a los recomendados que afecten la salud, propiedad o cualquier patente de otros. En caso de duda o para usos especializados consulte con Eucomex, S.A. de C.V.

#### **OFICINAS GENERALES**

Vía José López Portillo #69  
Col. San Francisco Chilpan  
Tultitlán, Edo. de México  
C.P. 54940  
Teléfono 91 5 724-0418  
Fax 91 5 724-0269

# EUCON M.S.A.

## POLVO DE MICROSILICA DENSIFICADA

### Un producto Euclid

#### DESCRIPCIÓN

El Eucon M.S.A. es un aditivo para concreto a base de polvo de microsilica, listo para usarse. Este producto reacciona químicamente con el hidróxido de calcio hidratado, el cual aumenta la resistencia y durabilidad. La microsilica super fina llena los espacios entre las partículas de cemento, creando un concreto muy denso y menos permeable.

#### APLICACIONES

El Eucon M.S.A. está recomendado para usarse en donde se necesite alta resistencia del concreto. La mayor resistencia permite nuevos diseños estructurales por la reducción en el tamaño de columnas y costos de producción, transportación y montaje. Debido a su reducida permeabilidad, el uso del concreto conteniendo Eucon M.S.A. es conveniente para recubrimientos de puentes y estructuras de estacionamientos, en medio ambiente marino y en donde la corrosión de acero embebido en el concreto, debido al ingreso de agua o sales, es un problema potencial.

#### CARACTERÍSTICAS/BENEFICIOS

- Alta resistencia final a la compresión y a la flexión, para una mayor capacidad estructural.
- Alto desarrollo de resistencias tempranas, para un más rápido reinicio de actividades.
- Baja permeabilidad para una mayor resistencia a la penetración de agua y sal.
- Mayor resistencia física a la abrasión para una mayor expectativa de vida.

#### DATOS TÉCNICOS

	Gravedad
especifica.....	2.2
Densidad a granel.....	aprox. 481
	Kg/m3
	Contenido de
microsilice.....	100%
SiO2 amonio.....	92-98%
Apariencia.....	polvo gris

#### INSTRUCTIVO DE USO

Debido a la finura de las partículas del Eucon M.S.A., el aditivo necesita ser vigorosamente mezclado y disperso, en y alrededor de los granos de cemento. La dispersión apropiada se lleva a cabo por la adición primero de la microsilica en el proceso de mezclado.

Una secuencia típica pudiera ser:

1. Eucon M.S.A.
2. 75% de grava + arena + 75% de agua
3. Aditivos Incluser de aire A.E.A. 92 y Reductor de Agua Eucomex RA-200 (si son utilizados)
4. Cemento
5. Reductor de Agua de Alto Rango Eucon 37
6. 25% de grava y 25% de agua.

#### Dosis

Generalmente la Eucon M.S.A. se utiliza de 7-10% en base a la masa (Peso) del cemento. Contacte a su Representante de Eucomex cuando relacione más altas, hasta 15% en base a la masa (peso) del cemento, sean necesarias.

#### Curado y Acabado

Algunas notas generales sobre el curado y acabado de concreto conteniendo Eucon M.S.A.

- El concreto conteniendo Eucon M.S.A. exhibirá un exudado mucho menor que el concreto convencional; a alta dosificación el exudado es prácticamente eliminado. Debido a esta carencia de exudado, el concreto conteniendo Eucon M.S.A. será más susceptible a agrietamientos por retracción plástica y secado de la superficie que el concreto ordinario.
- Los agrietamientos por retracción plástica ocurren debido a la rápida pérdida de humedad de la superficie del concreto. El menor volumen de agua de exudación no permite reemplazar el agua que se evapora de la superficie haciendo al concreto más susceptible al agrietamiento por retracción plástica.
- El agrietamiento por retracción plástica es más propenso a ocurrir cuando se da cualquier combinación de: baja humedad, viento, alta temperatura del aire o alta temperatura del concreto. Cuando estas condiciones existen, se debe usar un retardante de evaporación tal como el EUCOBAR. Nótese que el agrietamiento por retracción plástica sobre concreto conteniendo Eucon M.S.A. ocurrirá a velocidades de evaporación menores que con el concreto normal.
- Otros métodos diferentes al del EUCOBAR pueden ser empleados para ayudar a eliminar la posible aparición de agrietamientos por retracción plástica. Estos incluyen, la instalación de barreras de viento, esparido de niebla entre operaciones de terminado, la cobertura de concreto con yutes húmedos y la reducción de la temperatura del concreto con hielo o agregados enfriados. También el concreto puede ser colocado tarde durante el día para evitar la luz directa del sol y alta temperatura.

- Si ocurren agrietamientos por retracción plástica, es posible darle un nuevo acabado al concreto plástico para cerrarlo efectivamente, preferiblemente usando herramientas de magnesio o de acero. Para prevenir la recurrencia de los agrietamientos, el concreto debe ser pronto y completamente cubierto y la humedad mantenida.
- Si se utiliza una alta dosis de Eucon M.S.A. en la mezcla de concreto y las condiciones para el agrietamiento por contracción son favorables, el concreto puede ser muy difícil de acabar. En situaciones como éstas, es recomendable el uso de un paso de enrasado, allanado y acabado con escoba o texturado de la superficie, seguido inmediatamente por el procedimiento de curado.
- El curado apropiado del concreto conteniendo Eucon M.S.A. es absolutamente crítico, a fin de lograr las altas resistencias y durabilidad diseñadas. El curado apropiado requiere el mantenimiento de las condiciones y humedad y temperatura adecuadas en el concreto.
- Todo el curado del concreto conteniendo Eucon M.S.A. debe comenzar inmediatamente después de que el procedimiento de acabado sea finalizado. Métodos de curado aceptable son: el uso de membranas de curado con alto contenido de sólidos, yutes húmedos o polietileno.

#### LINEAMIENTOS GENERALES

- La demanda de agua será incrementada. La mayoría de las mezclas requerirán el uso de un Reductor de Agua de Alto Rango tanto para trabajabilidad, como para mantener un contenido de agua bajo y una baja relación agua/cemento.
- Diseños de mezclas y mezclas de prueba pueden ser necesarios para cada planta debido a las variaciones en el cemento y los agregados.
- La vida útil de este producto es de 1 año.

#### DISPONIBILIDAD Y ALMACENAMIENTO

- Sacos de 22.7 kg.
- Se recomienda mantener el aditivo siempre tapado y en el envase que Eucomex provee.

#### MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Usar guantes de hule y gafas de seguridad durante su manipulación.

Para mayor información sobre este producto diríjase a su Representante Eucomex en la Región o al Departamento de Calidad de Eucomex.

## ADVERTENCIA

Los aditivos para concreto son fabricados conforme a especificaciones y de acuerdo a los Procedimientos de Operación Normal del Sistema de Calidad de Eucomex. La información proporcionada es correcta de acuerdo a los principios de tecnología de concreto, experiencia de Eucomex y resultados de laboratorio. Eucomex no es responsable por efectos nocivos de sus productos debidos a variaciones en el método de empleo, condiciones en que sean utilizados, usos diferentes a los recomendados que afecten la salud, propiedad o cualquier patente de otros. En caso de duda o para usos especializados consulte con Eucomex, S.A. de C.V.

#### **OFICINAS GENERALES**

Vía José López Portillo #69  
Col. San Francisco Chilpan  
Tultitlán, Edo. de México  
C.P. 54940  
Teléfono 91 5 724-0418  
Fax 91 5 724-0269

## VI.- Producción de Concreto Premezclado

- Características específicas del concreto
- Pilas de cimentación
- Base del silo
- Silo de cemento
- Cimentación, trabes y losas
- Transporte y manejo del concreto
- Planta de concreto

Habiendo seleccionado ya todos los materiales que se habrían de utilizar en la producción de concreto hidráulico se daba inicio a todo lo concerniente a esta etapa, los aspectos que a continuación se mencionan, y en el orden empleado, fueron los pasos a seguir para óptima edificación con concreto hidráulico.

### **Reconocimiento del proyecto:**

El Proyecto Industrial que estaba por iniciarse tendría como principal objetivo la recepción vía Marítima de Cemento, y posteriormente el almacenamiento y distribución de este en sacos y a granel.

Construyendo para ello un Centro de Distribución compuesto principalmente de un silo de hasta 8 mil toneladas de capacidad e instalaciones especializadas y apropiadas para empaque y carga a granel del producto.

El cemento cuya procedencia es el Puerto de Manzanillo se descargaría en el Puerto del Sauzal y por medio de tubería sería transportado al silo de almacenamiento. Por lo que para la realización de lo anterior se realizarían también obras importantes, como el reforzamiento y ampliación del muelle ya existente, así como la construcción de las instalaciones apropiadas para conducir el cemento.

## CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO.

Las estructuras que intervendrían en la construcción del **“Centro de Distribución y Terminal Marítima Ensenada”** comprendían diversos tipos de concreto, que obviamente obedecían a una serie de factores, entre los que destacan, el tipo de estructura, el volumen de concreto para la misma, el método constructivo, así como el sistema y ritmo de colocación del concreto hidráulico.

Los factores anteriores debieron tomarse en cuenta con la finalidad de conocer el comportamiento que el concreto a emplear tendría durante su etapa de colocación en estado fresco, y las condiciones de servicio a que estaría expuesto en estado endurecido.

A continuación se hace mención de las consideraciones que en cada estructura debieron hacerse para garantizar la utilización de la mezcla de concreto hidráulico adecuada. Tomando en cuenta solamente las que a un criterio propio resultaban ser más importantes y por tanto exigían una mayor atención en el diseño de la mezcla.

Habiendo seleccionado ya todos los materiales que se habrían de utilizar en la producción de concreto hidráulico, se daba inicio a todo lo concerniente esta etapa, los aspectos que a continuación se mencionan y en el orden empleado fueron los pasos a seguir para lograr una mejor planeación en la realización de colados.

## PILAS DE CIMENTACION

Estos elementos formarían parte de la cimentación del silo, edificio de envase y almacén de paletizado.

### **Volúmenes de concreto a emplear**

En total se deberían construir 36 pilas con diámetro de 1.2m. y profundidades que variaban de 15m. a 19m. según fuera la localización de el estrato resistente. Así también otras 23 pilas serían coladas pero estas con diámetros de 0.6m. y profundidades de hasta 15m. Generándose con lo anterior un volumen aproximado de 900m<sup>3</sup>.

### **Método constructivo**

Las pilas de cimentación serían coladas, siguiendo con el procedimiento constructivo que a continuación se describe.

1. Primeramente y con la utilización de la maquinaria y equipo especial se realizaría la perforación.
2. Durante la perforación también se llevaría a cabo el ademado necesario para contener las paredes de la perforación, utilizando en este caso tubería de metal recuperable.
3. Teniendo la perforación terminada y ademada se introduciría el acero de refuerzo, quedando así todo listo para realizar el colado.
4. A continuación se realizaría el llenado con concreto de toda la perforación ademada, utilizando para ello un tubo tremie.

### **Técnica de colado utilizada. TUBO -TREMIE**

La colocación del concreto por el método de Tubo -Tremie es comúnmente utilizada para pilas de cimentación.

Por este método el concreto se deposita bajo la superficie del concreto fresco colocado anteriormente. La colocación suele ser de alimentación por gravedad, desde arriba de la superficie, por un tubo vertical conectado a una tolva de forma de embudo en la parte superior.

El diámetro del Tubo-Tremie es normalmente de 25cm, hasta 30cm., en tramos de 3 metros, una tolva de forma de embudo se une en la parte superior del tubo y de igual forma se unen los tramos de tubería que lo forman. En estas uniones se emplea siempre un empaque para evitar fugas.

La colocación iniciaría introduciendo el Tubo-Tremie en la perforación, utilizando para ello una grúa.

Posteriormente el concreto que sería transportado en un camión revoladora se descargaría en la tolva superior del Tubo-Tremie. Pero con anterioridad a la descarga del concreto, se debería introducir una pelota de hule en el tubo, esto con la finalidad de crear un sello adecuado. Este sello sirve como pistón bajo el peso del concreto e impide que se segregue al desplazar el concreto y al expulsar el agua freática contenida en la perforación.

Consecuentemente se hacia pertinente tomar algunas otras consideraciones durante el colado como las que a continuación se mencionan.

- La colocación debería empezar lentamente para reducir al mínimo el lavado del concreto anteriormente vaciado.
- Se evitaría cualquier movimiento innecesario del tubo para reducir la formación de bolsas de grava y nata.
- El flujo del concreto sería siempre continuo.
- Durante la colocación el tubo debería ser levantado lentamente desde 15cm. hasta 60cm. a la vez.
- Cuando se viera interrumpido el colado para la extracción de además o el acortamiento del Tubo-Tremie se tendría cuidado de mantener el fondo de este sumergido en el concreto.

Así sucesivamente se lleva a cabo la realización de este tipo de colados hasta lograr llegar en la perforación al nivel deseado.

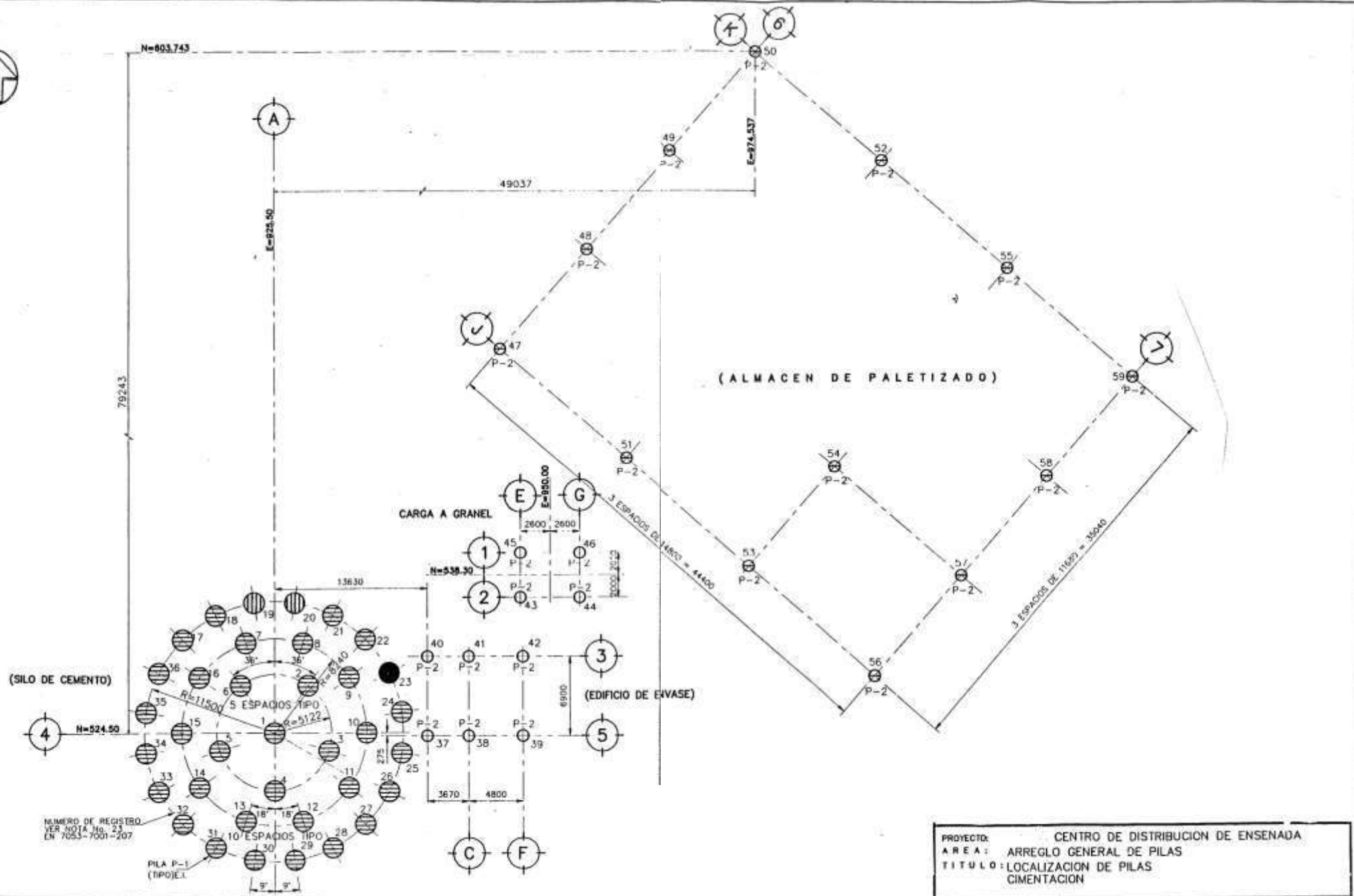
Como se mencionó anteriormente el concreto se va depositando bajo la superficie de otro concreto fresco por lo tanto al hacer ascender de la parte inferior de la perforación el agua freatica y el lodo y otros residuos, resulta lógico deducir que la primera porción de concreto vaciada y la primera en ascender hacia la superficie estará contaminada por lo que esta porción del colado sería removida hasta lograr que fluya el concreto sano.

### **Practicas posteriores al colado de pilas**

Después de realizar el colado de una pila de cimentación es conveniente dar el terminado al nivel deseado, para esto se desalojará el concreto excedente en la parte superior de la pila, aprovechando que este se encuentre aun en estado fresco.

### **Comentarios posteriores al colado de pilas**

En general durante la realización de este tipo de colados no se presentaron inconvenientes, todo se desarrolló conforme se había considerado, salvo cuando se veía interrumpido el colado por que se hacían las maniobras para retirar ademes ó para acortar el Tubo-Tremie. En este caso en que se interrumpa la colocación de concreto y se hacia esperar la unidad revolovedora, fue necesario redosificar aditivo fluidizante de alto rango para producir en el concreto la propiedad de ser fluido por más tiempo.



NUMERO DE REGISTRO  
VER NOTA No. 23  
EN 7053-7001-207

PILA P-1  
(TIPO) E.T.

## **BASE DEL SILO**

La base del silo formaría parte también de la cimentación de este, localizándose sobre la parte superior de las pilas y distribuyendo en estas el peso del silo.

### **Volúmenes de concreto a emplear**

En la realización de este colado serían colocados aproximadamente 1000m<sup>3</sup>, ya que esta estructura tenía 13m. de radio por 2m. de altura.

### **Tiempo aproximado de colado**

25 horas continuas

### **Método constructivo.**

Como se comentó anteriormente esta estructura se construiría sobre las pilas de cimentación, estas a su vez tendrían que tener todas, el mismo nivel, para sobre ellas apoyar el acero de refuerzo.

Previamente se tendría que estabilizar el terreno natural mediante compactación para posteriormente colocar una capa de 5cm. como plantilla usando concreto pobre.

Por consiguiente se realizarían las labores de armado y cimbrado de todo este elemento circular. Este cimbrado consistía básicamente en la construcción de un muro de madera al rededor de un perímetro circular con una altura de 2m. y el cual tendría la capacidad de absorber la presión ejercida por el concreto. De esta forma quedaría todo listo para llevar a cabo la colocación del concreto.

### **Técnica de colado empleada**

Para la realización de este colado sería necesario la utilización de concreto bombeable, ya que con el uso de bombas de concreto se tendría mayor control en la distribución adecuada de este.

Para lo anterior cabe hacer las siguientes consideraciones generales.

El concreto bombeado se puede definir como concreto transportado mediante presión a través de tubos rígidos o mangueras flexibles apropiadas.

Este procedimiento se puede emplear en casi todas las construcciones de concreto, pero es especialmente útil donde el espacio o el acceso para el equipo de construcción son limitados. Las bombas de concreto generalmente están montadas en camiones.

Para el bombeo del concreto en esta obra se utilizaron bombas de pistón. Este tipo de bombas se componen de una tolva equipada con paletas remezcladoras para recibir el concreto y un pistón de opera en un cilindro y que jala concreto de la tolva en su carrera de retroceso y lo empuja desde el cilindro al tubo o a la manguera en la carrera de ida.

El colado de estos aproximadamente 1000m<sup>3</sup>. se debería llevar a cabo en forma continua, sin experimentar este ninguna interrupción. Por lo que de antemano se debería planear la ejecución del mismo tomando muy en cuenta los siguientes aspectos.

- Las prácticas de colocación y vibrado serian las utilizables en un concreto masivo.
- La capacidad de la planta tomando en cuanto a la experiencia del operador era de 40m<sup>3</sup>. por hora, por lo que la ejecución de este colado se llevaría en un lapso mayor de 25-horas.
- Antes de iniciado este colado se tendría que haber realizado el suministro de toda la gran cantidad de materiales con la que se elaboraría el concreto.
- Para evitar al máximo cualquier inconveniente que nos provocara alguna demora durante la producción del concreto, y por lo tanto interruptores en el colado.
- Las condiciones climáticas tendrían que ser apropiadas para evitar interferencia con la calidad del concreto.



## PROTOCOLO PARA EL COLADO DE LA BASE CIMENTACIÓN DEL SILO

Volumen aproximado= 1,000m<sup>3</sup>

Concreto f'c=250Kg/cm<sup>2</sup>.

Revenimiento= 12±2cm (bombeable)

- En el colado se utilizarán dos bombas de concreto hidráulico de 28 metros de alcance.
- Durante el inicio del colado se pretenderá cubrir la losa de cimentación de el elevador de cangilonés (ver punto A) el llenado de esta fosa será hasta el nivel +1.975 (ver fig.II).
- Posteriormente el tiro se pasará la parte norte de la cimentación (ver punto B). A partir de este punto el vaciado será continuo y en el área de elevador se continuará refrescando los muros, para evitar una posible junta fría.
- El concreto se depositará en forma perimetral formando capas que no sobrepasen los 60cm. continuando en todo momento con las prácticas de vibrado.

**Para la realización de este colado se utilizará además de las bombas de concreto.**

1 bomba de apoyo

1 retroexcavadora, también de apoyo

8 vibradores eléctricos de 3.30m. y cabezal de 2" y 2 1/2" de diámetro y 4 más de refuerzo.

2 vibradores neumáticos para concreto masivo con cabezal de 13cm.

Así también se colocarán 10 lámparas reflectoras de 1500w. repartidas en el perímetro de la cimentación del silo, así como una más en cada tiro de la descarga de concreto y otra en el lugar de pruebas de campo.

El personal requerido será:

8 vibradores (oficiales)

8 vibradores (ayudantes)

8 paleros (ayudantes)

1 receptor de concreto (ayudante)

6 acabados (albañiles)

2 instalaciones (electricistas)

4 cuadrillas de carpinteros

2 cuadrillas de fierros

2 cuadrillas de topógrafos

1 almacenista

1 chofer

1 operador de retroexcavadora

1 tomador de tiempo

## **Personal para la producción de concreto**

1 especialista de aditivos  
3 encargados de control de calidad.  
2 muestreadores  
5 choferes de camión revoladora  
2 operadores bomba  
2 operadores, cargador frontal  
2 pesadores dosificadores  
1 jefe de planta  
2 ayudantes para aditivos

## **Personal para el transporte y distribución del concreto premezclado**

5 camiones revoladoras  
2 bombas de concreto

## DESLIZADO DEL SILO

El deslizado del silo vendría a ser tal vez la parte más importante dentro del desarrollo de esta obra industrial. Por lo tanto no se debería en ningún momento desatender todos los aspectos que influirían directa e indirectamente en el óptimo desempeño de los sistemas constructivos que intervendrían.

### **Volúmenes de concreto**

En la construcción de este deslizado se utilizarían al rededor de 950m<sup>3</sup>. distribuidos en 2 etapas. Los cuales deberían ser colocados en forma constante, sin permitir en ningún momento la formación de juntas frías. Únicamente se tendría considerada la junta de construcción provocada en el cambio de la 1ra. a la 2da. etapa del deslizado.

### **Método constructivo**

El deslizado del silo es la construcción prácticamente del muro perimetral, encargado de contener el cemento que en un futuro ahí se almacenaría.

Para la construcción de el muro del silo se emplearía cimbra deslizante, método mediante el cual se construyen otro tipo de elementos.

### **Cimbra deslizante**

La construcción con cimbra deslizante es similar a un proceso de extrusión, y consiste en que el sistema de cimbrado se levanta a velocidad controlada.

El concreto en estado plástico colocado en la parte superior, llega a ser estable físicamente en el momento en que el cimbrado la deja por debajo.

Entre muchas estructuras típicas construidas con cimbra deslizante están los silos, chimeneas, pilas de puentes, tanques de agua, revestimiento de pozos.

### **Dinámica del cimbrado**

A medida que se vacía el concreto, el cimbrado se va izando lentamente a velocidad previamente determinada, con base en la velocidad de fraguado del concreto.

Este tipo de cimbras tienen por lo general aproximadamente 1.2m. de altura y las velocidades de deslizamiento están por lo general entre 15 y 40 cm. por hora. Puede darse a la cimbra sección ligeramente trapezoidal para facilitar que el concreto se separe de ellas tan pronto como el fraguado ocurra en la forma debida. Un adelgazamiento de 5mm. por metro de altura de la cimbra es normal. El ancho de la cimbra a media altura aproximadamente, deberá ser igual el espesor deseado para el muro. Es preciso que la cimbra se mantenga nivelada a medida que se desplaza hacia arriba, o de lo contrario se pudieran presentar ralladuras, arrastre del concreto, o adherencias entre la cimbra y el concreto.

Los tapones para huecos de ventanas, puertas etc., se forman fijando marcos de poliestireno, cartón, concreto prefabricado o madera, de tal manera que permanezcan en su sitio a medida que la formaleta pasa por ellos, naturalmente estos deberán estar unidos al acero de refuerzo.

### **Acero de refuerzo**

Es esencial que los detalles del acero de refuerzo sean sencillos, por las restricciones de tiempo que se tienen para el vaciado e inspección durante el proceso constructivo. En construcción con cimbra deslizante es de especial importancia que todo el refuerzo se coloque cuidadosamente en la forma que muestran los planos. Las varillas verticales se colocan normalmente por medio de plantillas, más ó menos un metro por encima de las formaletas que se mueven con ellas o mediante varillas espaciadoras que se amarran a la parte

superior de la formaleta. Los traslapes verticales han de estar escalonados. Las varillas horizontales se colocan a medida que progresa el trabajo en una capa a la vez. No es aconsejable colocar un gran número de varillas horizontales por adelantado ya que el control de su espaciamiento se hace difícil debido a que el acero horizontal desaparece continuamente en el concreto a medida que sube la cimbra. Las varillas horizontales tienen que estar amarradas o puestas firmemente en su sitio.

Para facilitar la colocación e inspección del refuerzo horizontal, es necesario hacer marcas con punzón o con crayolas sobre varillas verticales o idearse otros tipos de controles de espaciamiento.

### **Técnica de colado**

Para la colocación del concreto en la cimbra deslizante se utilizaría bomba de concreto con 28 metros de alcance y posteriormente cuando la altura del deslizado superara dicho alcance el concreto sería transportado por medio de tolvas, las cuales a su vez serían jaladas utilizando malacates de acero.

Definido el equipo con el cual sería transportado el concreto se describe a continuación la forma en que se realizaría la colocación.

Por lo general el concreto se coloca en la parte superior de la cimbra deslizante en capas de poca profundidad aproximadamente entre 15 y 23cm. Hay que mantener la cimbra tan llena como sea posible para determinar que el concreto tenga tiempo suficiente de alcanzar su estabilización antes de quedar expuesto.

Normalmente solo se vibra la capa superior del concreto, cuidando que el vibrador penetre en la capa inferior el tiempo necesario. Cuando el deslizamiento se hace a velocidades usuales, las vibraciones excesivas o más profundas pueden retardar las propiedades esenciales de endurecimiento del concreto, e inclusive lo que es más grave, causar escurrimiento por debajo de la cimbra.

El tiempo de fraguado del concreto que se está vaciando deberá controlarse frecuentemente, y en caso necesario, ajustarse en forma inmediata.

El asentamiento dará cierta medida de la uniformidad de la mezcla, pero ésta tiene que ser obvia para el inspector experimentado, simplemente por su apariencia visual. Los asentamientos mayores indicarán un aumento en el tiempo de fraguado del concreto y los menores una disminución.

Cuando se trabaja con cimbra deslizante es difícil cumplir las tolerancias establecidas para el trabajo producido en forma convencional, si no se especifican otros valores generalmente, se consideran aceptables tolerancias verticales de 1.7mm. por metro de altura y una tolerancia en los niveles de los huecos y elementos insertados de 13mm.

### **Acabado y curado del muro**

Es común tener una segunda plataforma que se desliza junto con la cimbra, para efectuar el acabado y curado. Los defectos en el concreto fresco que acaba de dejar la cimbra pueden corregirse rápidamente, por lo general, inmediatamente después de terminar el proceso se aplicará un compuesto de curado.

### **PROTOCOLO DE COLADO EN DESLIZADO**

Volumen de concreto= 900m<sup>3</sup>.

Resistencia f'c=300Kg/cm<sup>2</sup>.

Revenimiento= 12 ± 2cm.

Volumen 1ra. etapa= 195m<sup>3</sup>.

Volumen 2da. etapa= 697m<sup>3</sup>.

#### **Tiempo de colado**

Nivel 1ra. etapa 4.40 al 9.50

1ra. etapa= 24 horas

Nivel 2da. etapa 9.50 al 40.93

2da. etapa= 7 días

Velocidad promedio deslizado 20cm/hr.

Necesidad del concreto por hora 1ra. etapa 7.52m<sup>3</sup>.

Necesidad del concreto por hora 2da. etapa 4.32m<sup>3</sup>.

## **IZAJE 1RA. ETAPA**

El concreto será depositado dentro de la cimbra deslizante hasta llenar el molde. La bomba distribuirá éste realizando movimientos circulares en todo el perímetro de silo de la misma forma las prácticas de vibrado se desarrollarán se tendrá especial cuidado en el control de revenimiento así como de

temperatura del concreto y medio ambiente para evitar y reducir al mínimo posibles problemas con el fraguado del concreto.

Esta primera etapa se desarrollará hasta el nivel 9.50m.

## **IZAJE 2DA. ETAPA**

El Izaje para esta 2da. etapa se llevará acabo con bomba pluma hasta otorgar su alcance y posteriormente se utilizarán 2 malacates eléctricos con capacidad de 3 toneladas, completando con pluma estructural giratoria, colocada en la plataforma superior de trabajo.

Estos malacates estarán ubicados de la siguiente manera.

Malacate #1 hacia el oriente a 20m. del muro del silo y el malacate #2 ubicado en la parte norte a 17m del muro del silo, el Izaje del concreto se llevara a cabo de la siguiente manera: se recibe el concreto de la camión mezclador directamente a la bacha, y este se izara por medio del malacate a la plataforma superior de trabajo se recibe en la plataforma y se vacía en una de reciba.

La colocación del concreto en esta 2da. etapa es similar a la primera, ya que se contará con la misma cuadrilla de colocación y distribución, formados por 4 vibradoristas, 2 carretilleros, 2 paleros. además del personal de limpieza, con la diferencia que se tendrán 2 puntos de reciba del concreto, los cuales están formados por 2 malacates colocados en la cara oriente y norte respectivamente, el concreto se izará por medio de botes de volteo, los cuales se recibirán en la plataforma superior en tolvas colocadas especialmente para ello, dicho concreto se distribuirá por medio de carretillas las cuales transitarán por la parte exterior del silo.

### **Acabado y curado del muro**

La parte interior del muro, tanto el acabado como el curado del mismo se llevará a cabo en la parte inferior de la cimbra deslizante en la cual se contará con una galería inferior sobre esta galería estará el personal que hará el detallado del muro, así como el curado del mismo, el curado se realizará por medio de una membrana tipo emulsión aplicada con rodillos sobre toda la superficie del muro deslizado.

COLECTOR DE POLVOS  
CAP.: 24000 M<sup>3</sup>/HR  
[VIV-CP]

VER ENSAMBLE DE  
COLECTOR DE POLVOS  
A SAO EN PLANO  
No. 7053-7012-203

N.T.C. + 41.480  
A CENTRO DEL SIC

4

TUBO 12" Ø  
C.C. 20 A.C.

3

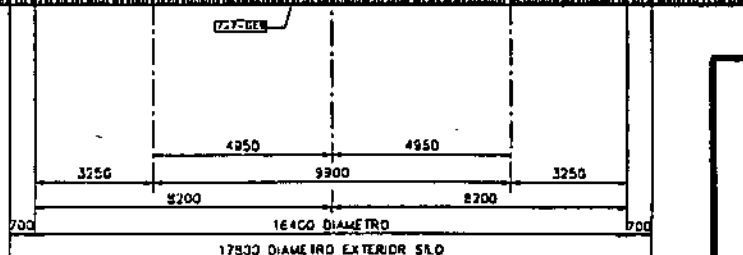
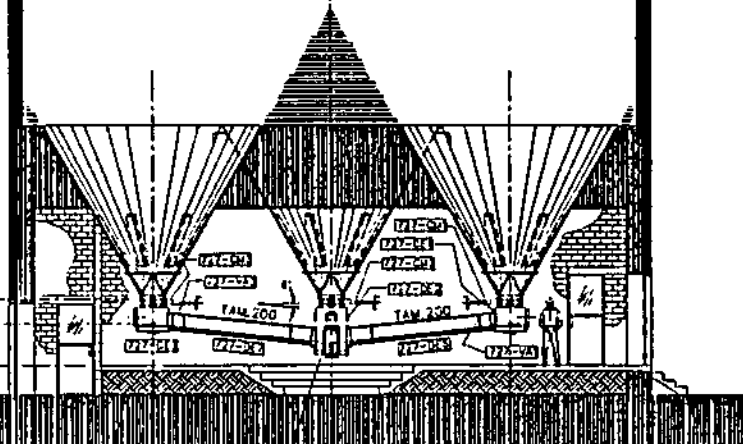
N.T.C. + 11.800

N.V. + 7.020  
N.V. + 8.527

N.T.C. + 3.200

N.T.C. + 4.400

N.V. + 3.500



SILO  
DE  
CEMENTO

N.T.C. + 41.400  
A CENTRO CU 500

4

N.T.C. + 11.800

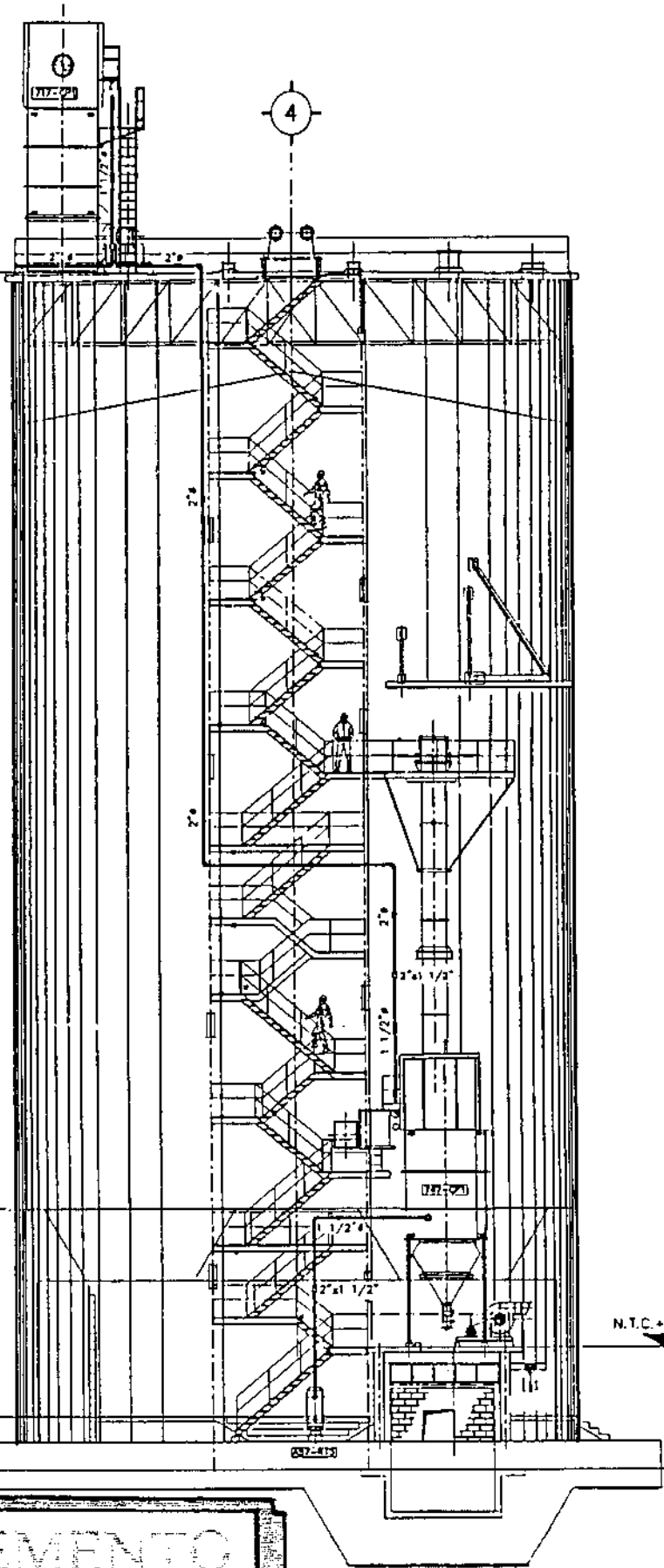
N.T.C. + 5.200

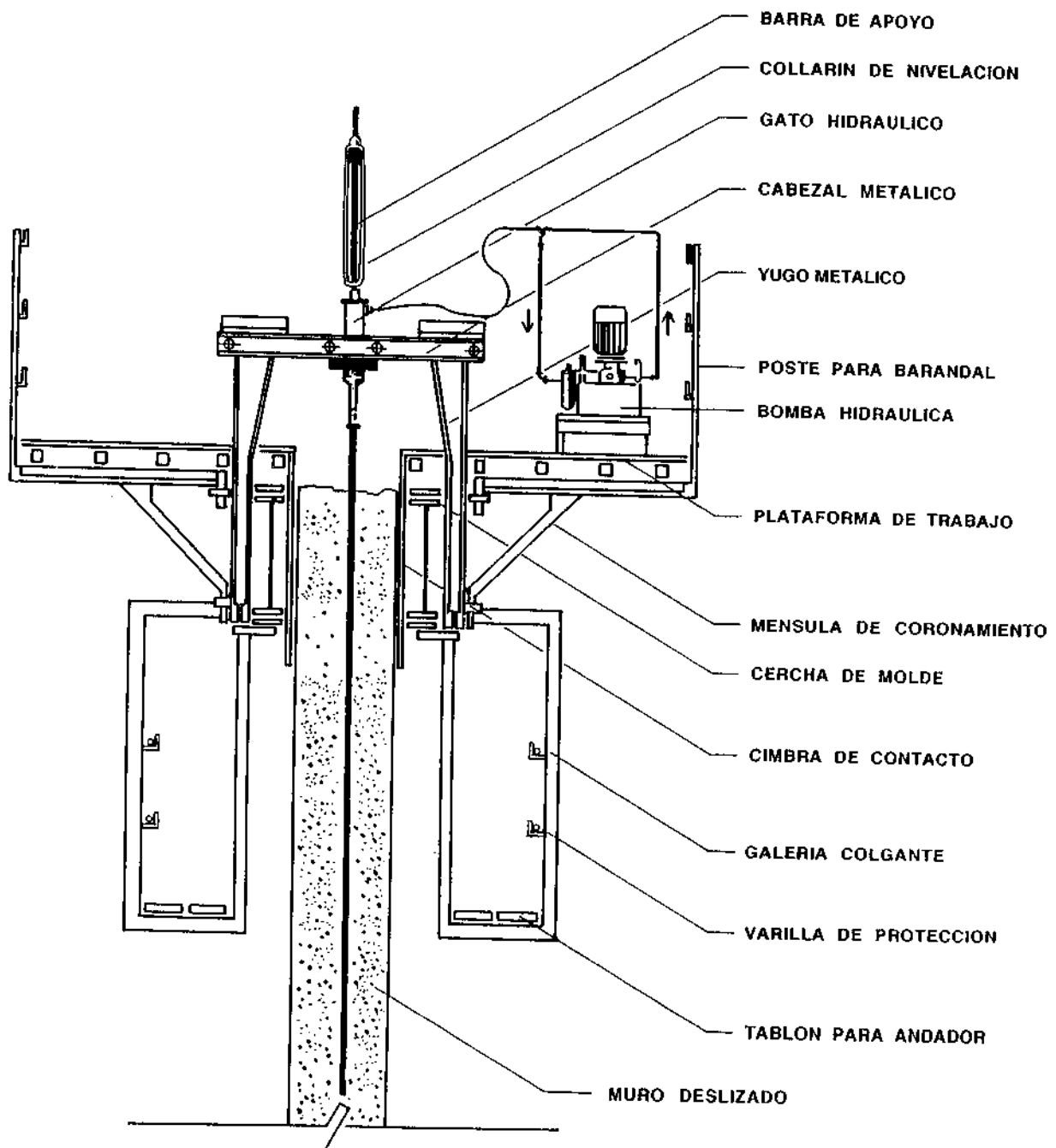
N.T.C. + 4.400

M.V. - 3.500

N.T.C. + 7.350

# SILO DE CEMENTO





**CORTE ESQUEMATICO DE  
CIMBRA DESLIZANTE**

## **CIMENTACIONES, TRABES Y LOSAS**

Para la construcción de los edificios de envase y carga a granel del cemento, se realizaría el colado de elementos como cimentaciones, través, columnas y losas, los cuales formarían directamente parte de la edificación.

### **Volúmenes de concreto a emplear**

El concreto que se utilizaría para la construcción de los edificios así como otras estructuras que compondrían a estos alcanzaría la cantidad de 400m<sup>3</sup>.

### **Técnica de colado utilizada**

La colocación del concreto en este tipo de elemento se realizaría utilizando para ello camiones revolvedora en el caso de que la altura de estos no supere los 1.5m. de altura, siendo las cimentaciones y los pisos los elementos colados de esta manera. Para el caso de trabes, columnas y losas se utilizaría bombas de concreto de hasta 28 metros de alcance.

## **PISOS INDUSTRIALES**

El piso para el área de almacenamiento y paletizado de los sacos de cemento se construiría utilizando concreto hidráulico, este prestaría servicio como piso industrial por lo que se debería hacer las consideraciones pertinentes en cuanto al método constructivo, tipo de concreto y acabado de superficies.

### **Volúmenes de concreto a emplear**

Los pisos industriales conformarían un total aproximado de 250m<sup>3</sup>. y estarían distribuidos en un área de 1600m<sup>2</sup>., empleando un espesor de 15cm.

### **Métodos constructivos**

Para la construcción de estos pisos industriales serían empleadas cimbras maestras, las cuales serían colocadas a la elevación apropiada, sobre todo alrededor del área que se colocaría.

En estos pisos industriales se esperaba tráfico vehicular industrial con rodada neumática donde existiría además la posibilidad de estar sujetos a cargas de impacto. Por lo anterior se hizo pertinente tomar siempre en consideraciones los siguientes puntos.

- Subrasante de buena calidad
- Sistema de juntas bien establecido
- Transferencia de carga en juntas
- Superficies resistentes a la abrasión
- Curado de la superficie expuesta
- Técnica de colado empleada.

## **REFORZAMIENTO DEL MUELLE, LOSAS PRECOLADAS Y CABEZALES**

Por lo que respecta al reforzamiento y ampliación del muelle, el proyecto consideró la construcción de una losa de concreto armado sobre la ya existente, debido a que en un futuro este puerto prestaría servicio en condiciones más drásticas.

Dando con la nueva losa mayor altura y capacidad así también este muelle sería ampliado hacia el mar empleando para ello losas precoladas, las cuales estaría apoyadas sobre cabezales que a su vez se apoyarían en pilotes.

### **Volúmenes de concreto a emplear**

En esta etapa de la construcción del centro de distribución y terminal marítima de El Sauzal, se manejarían aproximadamente 1000m<sup>3</sup>. de concreto hidráulico distribuido cuantitativamente de la siguiente forma.

- 600m<sup>3</sup>. de losa
- 300m<sup>3</sup>. de losas precoladas y cabezales

### **Método constructivo**

Como se dijo anteriormente se debería construir una losa de 60cm. de espesor sobre la ya existente, esta losa tendría que ser anclada a su vez con el acero de los pilotes que soportan a la ya existente inmediatamente después de realizar el armada de dicha losa, se realizaría el cimbrado para posteriormente proceder a colar.

Las losas procesadas se construirían en los terrenos aledaños y cuando el concreto lograría la suficiente resistencia podría ser removidos. Para su construcción se utilizaría cimbra de madera formando con ellos cajones o moldes de 6m<sup>3</sup>. de capacidad, estos no contarían con fondo ni con tapadera. La idea de esto es colocar en la parte inferior del cajón pedazos de plástico el cual evite en su totalidad la adherencia del concreto colado con la base existente y facilitar así las posteriores maniobras para transportar las losas precoladas a su lugar designado.

### **Métodos de colado a emplear**

Para la distribución y transporte del concreto, se emplearían camiones revolovedora en el caso de losas precoladas, distribuyendo y colocando el concreto directamente del camión a los cajones. En cuanto al colado de la losa sobre el muelle y los cabezales sobre los pilotes se utilizaría el concreto bombeado realizándose los colados en varias etapas.

## TRANSPORTE Y MANEJO DEL CONCRETO

Aunque no exista una forma perfecta para transportar y manejar el concreto, una planeación anticipada puede ayudar en la elección del método más adecuado, evitando así la ocurrencia en problemas. La planeación deberá tener en consideraciones tres eventos que, en caso que sucedan durante el manejo y la colocación, podrían afectar seriamente la calidad del trabajo terminado.

1.- Retrasos.- El objetivo que se persigue al planear cualquier calendario de trabajo, es producir el trabajo con la mayor rapidez contando con la mejor fuerza laboral y con el equipo adecuado para realizarlo. Las máquinas para transportar y para manejar el concreto se han ido modernizando continuamente. Se logrará una productividad máxima si se planea el trabajo para aprovechar al máximo al personal y al equipo y si se elige el equipo de manera que se reduzca el tiempo de retraso durante la colocación del concreto.

2.- Endurecimiento temprano y secado.- El concreto comienza a endurecer en el momento en que se mezclan el cemento con el agua, pero el grado de endurecimiento que ocurre durante los primeros 30 minutos normalmente no presenta problemas; por lo general, el concreto que se haya mantenido en agitación se puede colocar y compactar dentro de la primera hora y media posterior al mezclado. La planeación deberá eliminar o minimizar cualquier variable que permita que el concreto endurezca hasta el grado en que no se pueda lograr una completa consolidación y se dificulte efectuar el acabado.

3.- Segregación.- La segregación es la tendencia que presenta el agregado grueso a separarse del mortero cemento-arena. Esto tiene como consecuencia que parte de la mezcla tenga una cantidad demasiado pequeña de agregado grueso y que el resto tenga agregado grueso en cantidades excesivas. Probablemente la primera parte se contraerá más y se agrietará y tendrá una baja resistencia a la abrasión. La segunda será demasiado áspera para lograr una consolidación y causa frecuente de apanalamientos. Los métodos y equipos que lleguen a usarse para transportar y manejar concreto no deberá ser causa de segregación.

## **EQUIPO PARA TRANSPORTE Y MANEJO DEL CONCRETO**

En los últimos 50 años han habido pocos cambios importantes, si acaso, en los principios para transportar el concreto. Lo que ha cambiado es la tecnología que ha llevado al desarrollo de una mejor maquinaria para ejecutar el trabajo con mayor eficiencia.

El equipo y maquinaria que se utilizaría en esta obra industrial es el que a continuación se describe:

### **Camiones Revolvedora**

Estos son empleados para transportar concreto hidráulico empleado en una gran variedad de elementos y estructuras. Las distancias de acarreo y los métodos constructivos deberán permitir la descarga del concreto dentro de la primera hora y media, aunque éste límite se podrá ignorar bajo algunas circunstancias.

Estos camiones cuentan con capacidad de transportar hasta 8m<sup>3</sup>. de concreto pero por razones de seguridad su carga máxima transportada siempre se procura que sean de 7m<sup>3</sup>.

Dichos camiones cuentan con un tambor metálico que en su interior tiene aspas en forma helicoidal, estas aspas sirven para realizar el mezclado, así también éste tambor tiene la particularidad de girar en 2 sentidos dependiendo el sentido en que gire el tambor, éste realizará ya sea el mezclado del concreto ó de otra manera se realizará la descarga de la mezcla.

### **Tolvas (Bachas)**

Las tolvas aquí utilizadas, son canastas de acero con compuerta de descarga en la parte inferior.

Para realizar el transporte, éstas tolvas se utilizarían para realizar el transporte del concreto durante el deslizado a niveles mayores, donde no fuera posible ya transportarlo por bombeo, generalmente son utilizadas también en lugares de difícil acceso. Para su utilización en esta obra se requeriría hacer uso de carretes mecánicos los cuales jalarían con malacates de acero y poleas, las tolvas tienen capacidad para transportar 200 lts. de concreto.

### **Tubo Tremie**

La tubería Tremie es generalmente utilizada en el colado de ataguías, sellado de cajones, secciones estructurales tales como pilas de puentes, muros en diques secos, pilas de cimentación, así como en secciones prefabricadas de túneles. El tubo tremie se utilizaría en esta obra para el colado de pilas de cimentación y su utilización se describe a detalle en esta misma sección pero en lo referente a colado de pilas de cimentación

## Bomba de concreto

La bomba de concreto consiste en una tolva de recepción, dos cilindros para bombeo y una válvula por medio de la cual se controla el flujo de concreto dentro de los cilindros. Uno de los cilindros recibe el concreto de la tolva alimentadora y el otro descarga en la tubería para proporcionar un fluido relativamente constante a través de la trayectoria hacia el área de colocación. Los pistones y la válvula se controlan hidráulicamente por el mismo motor diesel de el camión en que está montada.

La bomba aquí empleada tiene las siguientes características:

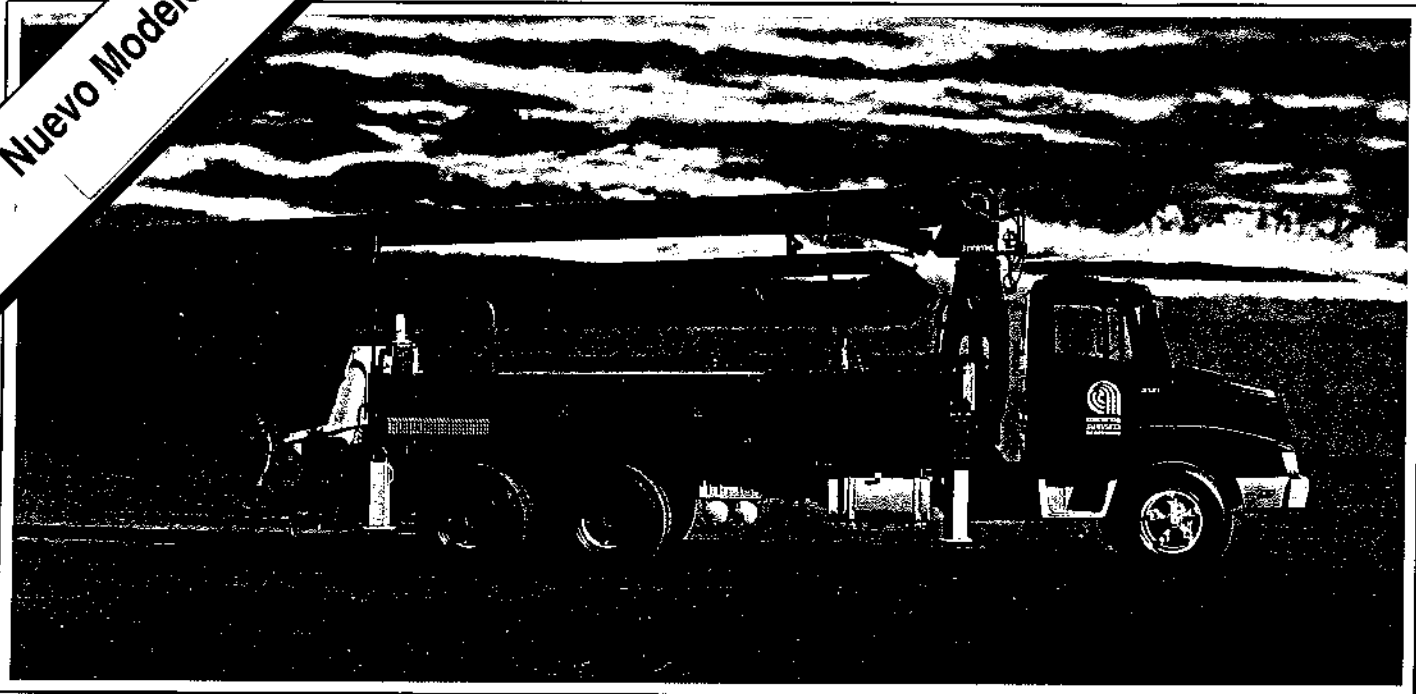
### Bomba para Concreto

Rendimiento del Concreto (m <sup>3</sup> /h)	130
Alcance horizontal de bombeo (m)	427
Alcance vertical de bombeo (m)	70
Tamaño máximo de agregado (mm)	65
Revenimiento mínimo del concreto (cm)	0

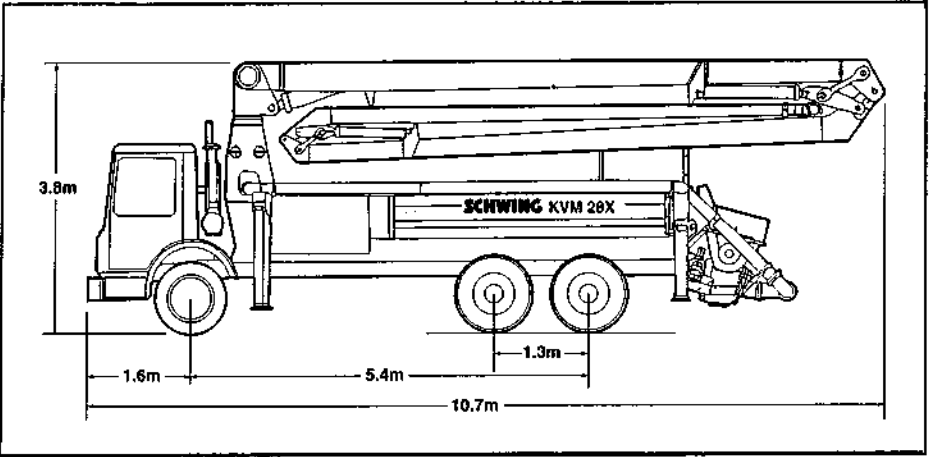
### Plumas de Distribución

Diámetro de la tubería (cm)	12.5
Alcance máximo en posición vertical (m)	28
Alcance máximo en posición horizontal (m)	24
Desde la columna de giro (m)	
Número de Secciones	4
Longitud de la sección primera	8.9
Longitud de la sección segunda	8.0
Longitud de la sección tercera	7.4
Radio de giro (grados)	400
Longitud de la manguera final (m)	3.8

**Nuevo Modelo**



**Bomba de Concreto**



## **PLANTA DE CONCRETO ACI 304**

Por considerar que esta obra industrial exigiría alta calidad, disponibilidad total y producción de volúmenes masivos de concreto hidráulico así como por otras razones de carácter mercantil. Se instaló al pie de obra una planta de concreto premezclado.

### **Objetivo**

Un objetivo importante en la producción del concreto es el obtener la uniformidad y homogeneidad indicadas por propiedades físicas, tales como peso volumétrico, revenimiento y resistencia en dosificaciones individuales y sucesivas de las mismas proporciones del mezclado.

Durante las operaciones de medición, los agregados se deberán manejar de tal manera que mantengan la granulometría deseada, pesando todos los materiales a la tolerancia requerida para mantener homogéneas las reproducciones de la mezcla de concreto seleccionada. Otro objetivo importante para el éxito del mezclado es la apropiada secuencia y combinación de los ingredientes.

## **TIPO DE PLANTA**

Los factores que afectan la selección del sistema apropiado de dosificación son:

- 1) Tamaño de la obra
- 2) Volumen/hora requerido
- 3) Normas de rendimiento que se requieren en la dosificación

La capacidad productiva de una planta se determina por una combinación de detalles tales como; sistemas de manejo de materiales, tamaño del silo, experiencia del operador, tamaño de la tolva dosificadora y tamaño y número de mezcladoras en la planta.

La planta que se utilizaría en esta obra realizaría la dosificación por peso y de manera semiautomática.

### **Dosificación semiautomática por peso**

En este tipo de planta, las compuertas de las tolvas de los agregados con las cuales se cargan las tolvas básculas son operadas manualmente mediante botones o interruptores de presión. Las compuertas se cierran automáticamente cuando el peso estipulado del material se cumple. El sistema cuenta con interruptores que impiden que la carga y descarga de la dosificadora ocurra simultáneamente, en otras palabras, cuando la tolva pesadora se carga no se puede descargar y cuando se descarga, no puede cargarse.

## **REQUISITOS PARA EL EQUIPO DE DOSIFICACIÓN**

Antes que la planta de concreto realizara la producción de este, se tendría que hacer cumplir ciertos requisitos, dichos requisitos se contemplaron y se describen a continuación.

### **Depositos y tolvas**

Las plantas dosificadoras deben estar provistas de depósitos con compartimientos separados, adecuados para el agregado fino y para cada uno de los tamaños de agregado grueso utilizado.

Cada compartimiento del depósito debe ser diseñado y operado en tal forma que la descarga o la tolva báscula sea sin obstáculos, eficiente con un mínimo de segregación.

Debe contarse con instrumentos de control que pueden interrumpir la descarga del material en el momento que la tolva báscula contenga la cantidad deseada. Esta tolva no debe permitir acumulación de residuos y de materiales que puedan modificar la tara.

### **Báscula**

Deben tener una precisión tal, que al calibrarse con carga estática la tolerancia sea de  $\pm 0.4\%$  de su capacidad total.

Para la verificación y calibración de las básculas se requiere de taras normalizadas, deben mantenerse limpios todos los puntos de apoyo, abrazaderas y partes de trabajo similares de la báscula.

### **Medidores de agua**

Los aparatos para la medición del agua añadida deben ser capaces de proporcionar la cantidad requerida a la revoltura, con una tolerancia de  $\pm 1\%$  deben estar arregladas de tal forma que las mediciones no sean afectadas por variaciones de presión en la tubería de abastecimientos del agua y los tanques deberán contar con medios para determinar rápidamente y con exactitud la cantidad de agua en el tanque.

### **Medidores de aditivo**

El equipo de medición del aditivo debe proporcionar a la revoltura la cantidad requerida con una tolerancia de  $\pm 3\%$ .

## **Mezclado**

Se deberá mezclar el concreto perfectamente hasta lograr una textura uniforme y que toda la superficie de los agregados esté totalmente cubierta por la pasta de cemento. Se deberá supervisar periódicamente la mezcladora para verificar que el interior del tambor esté limpio y que las espas estén en buenas condiciones.

Durante la carga de los camiones se deberá vaciar el orden del 10% del agua de mezclado en el tambor antes de agregar los materiales secos. Tanto el agua como los diversos materiales secos se deberán alimentar simultáneamente para que fluyan al interior del tambor.

Alrededor del 10% del agua del mezclado se deberá separar para agregarse posteriormente, una vez que todos los materiales se encuentren de la mezcladora.

El tiempo necesario para el mezclado varia de acuerdo al tipo y tamaño de la mezcladora. La experiencia ha demostrado que generalmente es necesario un mínimo de un minuto de mezclado para mezclarlos hasta de 1m<sup>3</sup>. de capacidad, aumentando 15 segundos por cada metro cubico o fracción de capacidad adicional. Cuando se usa una revolvedora montada en camión, ya sea para el mezclado total o para completar el mezclado parcial, cada colado de concreto se deberá mezclar durante no menos de 70 revolvedoras ni más de 100 revoluciones de la olla o de las espas a la velocidad de rotación especificada por el fabricante de la mezcladora como la velocidad más adecuada de mezclado.

<b>INFORME DE CALIBRACION</b>
-------------------------------

EMPRESA: CONCRETOS APASCO, S.A. DE C.V.  
EQUIPO: BASCULA ELECTRONICA  
MARCA: CARDINAL CAPACIDAD: 3,000 KILOGRAMOS

APLICACION: BASCULA TOLVA DE CEMENTO  
TIPO: ELECTRONICA

UBICACION: PUERTO DE EL SAUZAL

<b>PRUEBA DE EXACTITUD</b>
----------------------------

AJUSTE A CERO: CORRECTO DIVISION/INCREMENTO: 2 KILOGRAMOS

LECTURA	VALOR NOMINAL	VALOR DE LECTURA	CORRECCION	LECTURA FINAL:
1	20.00	20.00	0.00	20.00
2	40.00	40.00	0.00	40.00
3	60.00	60.00	0.00	60.00
4	80.00	80.00	0.00	80.00
5	100.00	100.00	0.00	100.00
6	120.00	120.00	0.00	120.00
7	180.00	180.00	0.00	180.00
8	240.00	240.00	0.00	240.00
9	300.00	300.00	0.00	300.00
10	360.00	360.00	0.00	360.00
11	420.00	420.00	0.00	420.00
12	500.00	500.00	0.00	500.00

RESULTADO FINAL: SATISFACTORIO  
CONDICIONES GENERALES: BUENAS

## INFORME DE CALIBRACION

EMPRESA: CONCRETOS APASCO, S.A. DE C.V.  
EQUIPO: BASCULA ELECTRONICA  
MARCA: CARDINAL CAPACIDAD: 10,000 KILOGRAMOS

APLICACION: BASCULA TOLVA DE AGREGADOS  
TIPO: ELECTRONICA

UBICACION: PUERTO DE EL SAUZAL

PRUEBA DE EXACTITUD				
AJUSTE A CERO: CORRECTO DIVISION/INCREMENTO: 5 KILOGRAMOS				
LECTURA	VALOR NOMINAL	VALOR DE LECTURA	CORRECCION	LECTURA FINAL:
1	100.00	100.00	0.00	100.00
2	200.00	200.00	0.00	200.00
3	300.00	300.00	0.00	300.00
4	400.00	400.00	0.00	400.00
5	500.00	500.00	0.00	500.00
6	600.00	600.00	0.00	600.00
7	700.00	700.00	0.00	700.00
8	800.00	800.00	0.00	800.00
9	900.00	900.00	0.00	900.00
10	1000.00	1000.00	0.00	1000.00

RESULTADO FINAL: SATISFACTORIO  
CONDICIONES GENERALES: BUENAS

**INFORME DE CALIBRACION**

EMPRESA: CONCRETOS APASCO, S.A. DE C.V.  
EQUIPO: BASCULA ELECTRONICA  
MARCA: CARDINAL CAPACIDAD: 10,000 KILOGRAMOS

APLICACION: BASCULA TANQUE DE AGUA  
TIPO: ELECTRONICA

UBICACION: PUERTO DE EL SAUZAL

**PRUEBA DE EXACTITUD**

AJUSTE A CERO: CORRECTO DIVISION/INCREMENTO: 1 KILOGRAMO

LECTURA	VALOR NOMINAL	VALOR DE LECTURA	CORRECCION	LECTURA FINAL:
1	20.00	20.00	0.00	20.00
2	40.00	40.00	0.00	40.00
3	60.00	60.00	0.00	60.00
4	80.00	80.00	0.00	80.00
5	100.00	100.00	0.00	100.00
6	120.00	120.00	0.00	120.00
7	160.00	160.00	0.00	160.00
8	180.00	180.00	0.00	180.00
9	200.00	200.00	0.00	200.00
10	220.00	220.00	0.00	220.00

RESULTADO FINAL: SATISFACTORIO  
CONDICIONES GENERALES: BUENAS

## VII.- Vibrado del Concreto

- Equipo para vibrador
- Prácticas de vibración interna empleadas
- Vibración del concreto masivo

## **Vibrado del Concreto ACI 309**

Se designa así a la actividad consistente en someter el concreto fresco recién colocado, a la acción de fuerzas capaces de deformarlo con el doble propósito de que se adapte a la forma del espacio confinado por las cimbras y expulse el aire atrapado en su seno de manera que resulte un material que sea lo más compacto posible. En esta etapa, las acciones a que debe someterse el concreto fresco son relativamente predicibles, ya que normalmente los equipos que se utilizan para su compactación actúan por medio de fuerzas vibratorias. De tal manera, lo que debe procurarse es conciliar la resistencia que el concreto opone a ser moldeado y la capacidad del equipo vibratorio para vencer esta resistencia.

### **Equipo para Vibrado**

Los vibradores de concreto pueden dividirse en dos clases principales: Internos y Externos. Los Vibradores Externos pueden clasificarse a su vez en vibradores para cimbra, vibradores de superficie y mesas vibratorias como en esta obra industrial se utilizaría únicamente vibración interna, únicamente se hace referencia a esta clase. Vibradores Internos, llamados con frecuencia vibradores de inmersión cuentan con una cabeza vibradora, la cual se sumerge en el concreto y actúa en forma directa sobre él. En la mayoría de los casos los vibradores internos dependen del efecto enfriador del concreto que los circunda para evitar el sobrecalentamiento.

Todos los vibradores internos que se utilizan en la actualidad son de tipo rotatorio. Los impulsos vibratorios emanan de la cabeza del vibrador en ángulo recto.

Este tipo de vibradores es probablemente el más ampliamente usado. El excéntrico generalmente está controlado por medio de un motor eléctrico o neumático o por medio de un motor portátil de combustión interna.

Por lo que a esta obra respecta se utilizarían vibradores internos accionados por electricidad, aire y combustible. Los diámetros de los cabezales varían de 5 a 15 cm.

## Selección del Equipo para Vibración

La selección del vibrador se realizaría empleando las recomendaciones ACI 309 para vibradores de inmersión.

Grupo	Diámetro de la cabeza cm	Valores aproximados de		Aplicación
		Radio de acción cm	Velocidad de colado del concreto m <sup>3</sup> /hrm por vibrador	
1	2-4	8-15	0.8-4	Concreto plástico y fluido en elementos muy delgados o sitios estrechos. Puede emplearse para complementar vibradores más grandes, en especial en presforzados, en los que los cables y ductos causan congestión en la cimbras. También se emplean para fabricar muestras para pruebas de laboratorio.
2	3-6	13-25	2.3-8	Concreto plástico en números delgados, columnas, vigas, pilotes prefabricados, losas delgadas y a lo largo de juntas de construcción. Puede emplearse para completar vibradores más grandes en sitios estrechos.
3	5-9	18-36	4.6-15	Concreto plástico rígido (revenimiento menor de 7.5cm) en construcción general, como muros, columnas, vigas, pilotes presforzados y losas pesadas. Vibrado auxiliar adyacente a la cimbra de concreto masivo y pavimentos. Puede ser de montaje múltiple para proporcionar vibrado interno a todo lo ancho de las losas de pavimentos.
4	8-15	30-51	11-31	Concreto masivo y estructural con revenimiento hasta de 5cm. depositado en cantidades hasta de 3m <sup>3</sup> en cimbras relativamente abiertas de construcción sólida (centrales de energía, pilas para puentes y cimentaciones). También auxiliar en la construcción de presas cerca e las cimbras y alrededor de los elementos empotrados y el acero de refuerzo.
5	13-18	40-61	19-38	Concreto masivo en presas de gravedad, pilas grandes, muros masivos, etc. Se requieren dos o más vibradores que operen simultáneamente para colocar y compactar cantidades de concreto de 3m <sup>3</sup> o más depositadas de una sola vez en la cimbra.

## PRACTICAS DE VIBRACIÓN INTERNA EMPLEADAS

Las prácticas de vibrado vendrían a ser también las sugeridas por ACI 309. Estas se describen de la siguiente manera.

El concreto se debe depositar en capas compatibles con el trabajo que se ejecute. En grandes capas y secciones pesadas, la profundidad máxima de la capa debe ser de un máximo de 50cm. La profundidad de las capas generalmente no debe exceder los 50cm. Las capas deben estar lo más niveladas posible, para que el vibrador no necesite mover el concreto hacia los lados, ya que esto puede causar segregación.

Después que se haya nivelado la superficie, el vibrador debe insertarse verticalmente con un espaciamiento uniforme sobre toda el área de colocación. La distancia entre las inserciones debe ser de aproximadamente 1½ veces el radio de acción, ó debe ser de tal modo que el área que se vea afectada por el vibrador se traslape algunos centímetros al área adyacente recién vibrada.

En el caso de losas, el vibrador debe inclinarse horizontalmente todo lo que se necesario a fin de que esté totalmente metido en el concreto, un método alterno que se ha usado con gran éxito es el siguiente. El vibrador debe penetrar rápidamente hasta el fondo de la capa, al menos 15cm. dentro de la capa precedente. El vibrador debe ser manejado con un movimiento hacia arriba y hacia abajo, generalmente de 5 a 15 segundos, a fin de unir entre si ambas capas. El movimiento hacia abajo debe ser rápido a fin de aplicar una fuerza al concreto, la cual, a su vez incrementará la presión interna en la mezcla fresca recién colocada.

El tiempo de vibrado en un punto se puede ajustar observando el movimiento de la superficie y la textura del concreto, por la apariencia de la pasta de cemento, donde el concreto está en contacto con la cimbra cercana o con las partes ahogadas, al acercarse el sonido del vibrador a un tono constante y por la sensación del vibrador en las manos del operador.

La adherencia del nuevo concreto que ya esté endurecido y que se haya limpiado debidamente hasta exponer el agregado, se logra con solo vibrar perfectamente el concreto fresco cerca de la superficie de la junta.

Los vibradores internos no deben tocar la cimbra ya que es muy probable que marque la superficie de las cimbras. Esto se traducirá en un defecto en la superficie del concreto. Si el acero de refuerzo está bien firme en su lugar, de tal forma que no pueda ser desplazado, no hay ninguna objeción cuando el vibrador haga contacto con él.

Cuando el colado consta de varias capas, cada capa debe colarse cuando la capa precedente esté aún en estado fluido, a fin de evitar juntas frías.

## **VIBRACIÓN DE CONCRETO MASIVO**

Por lo que respecta a la base del silo en donde se pretendería colar aproximadamente 1000m<sup>3</sup>. y siendo este un colado considerado, ya como masivo, se describe en esta parte las correspondientes recomendaciones:

El concreto masivo se define como cualquier volumen de concreto con dimensiones lo suficientemente grandes como para requerir que se tomen medidas a fin de manejar la generación de calor de hidratación del cemento y los cambios volumétricos y así minimizar o evitar la formación de grietas.

### **EQUIPO DE VIBRACIÓN**

Generalmente se deberá utilizar vibradores neumáticos. La entrada de aire debe ser la suficiente para permitir una consolidación adecuada. En áreas densamente reforzadas se pueden necesitar vibradores con diámetros pequeños a fin de penetrar entre las varillas y lograr una consolidación adecuada.

### **PRÁCTICAS DE VIBRACIÓN**

Las capas se deben construir mediante capas múltiples de 30 a 50cm. dependiendo del tamaño de los agregados, tales capas se pueden consolidar bien si hay cierta penetración del vibrador en las capas inferiores.

Para una consolidación efectiva del concreto masivo, el personal que maneje los vibradores debe trabajar en equipo y como una unidad, en vez de trabajar en forma separada y al azar.

El vibrador debe insertarse en forma casi vertical en las partes más altas de los depósitos de concreto con espacios uniformes. Luego las sucesivas colocaciones deben vibrarse en forma sistemática permitiendo que el vibrador penetre en toda la profundidad de la capa anterior pero manteniéndose alejado de los extremos delanteros. Las inmersiones deben espaciarse y prolongarse durante lapsos de tiempo suficientemente largos para que no quede duda de que la compactación esta completa, no solo en la superficie, sino en todo el espesor de la capa y aún debajo de ella.

## VIII.- Curado del concreto

El curado consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorias en el concreto durante un periodo definido inmediatamente después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas.

Los objetivos del curado son por consiguiente:

- 1.- Prevenir la pérdida de humedad del concreto
- 2.- Mantener una temperatura favorable en el concreto durante un periodo definido.

Con un curado adecuado, el concreto se volverá más fuerte, impermeable y resistente a los esfuerzos, a la abrasión, congelación y deshielo.

Al mezclar Cemento Portland con agua, se lleva a cabo la reacción química denominada hidratación. El grado hasta el cual esta reacción se llegue a completar influirá como se dio anteriormente en la resistencia, la durabilidad y en la densidad del concreto.

### **Metodos y materiales de curado**

El concreto puede mantenerse húmedo (y en ciertos casos a temperatura favorable) con el uso de tres métodos de curado:

- 1.- Métodos que mantengan la presencia de agua de mezclado en el concreto durante el periodo inicial de endurecimiento. Entre estos se incluye al estancamiento o inmersión, al rociado y a las cubiertas húmedas saturadas. Estos métodos proporcionan un cierto enfriamiento a través de la evaporación, lo cual es benéfico en climas cálidos.
- 2.- Métodos que evitan la pérdida del agua de mezclado del concreto sellando la superficie.

Esto se puede lograr cubriendo al concreto con hojas de plástico o aplicando compuestos de curado que formen membranas.

- 3.- Métodos que aceleren la ganancia de resistencia suministrando calor y humedad adicional al concreto. Esto se logra normalmente con vapor directo, serpentines de calentamiento, o cimbras calentadas eléctricamente.

El método o la combinación de métodos elegida dependerá de factores tales como la disponibilidad de los materiales de curado, el volumen y forma del concreto, la apariencia estética y la economía.

Por lo que respecta a esta obra el curado de los elementos de concreto se realizaría empleando los primeros 2 métodos anteriores.

## IX.- Diseño de mezclas

- Características de la mezcla
- Diseño de mezcla para pilas de cimentación
- Diseño de mezcla para base del silo
- Diseño de mezcla para deslizado del silo
- Tablas de proporcionamiento

El objetivo de diseñar las mezclas de concreto adecuadas, consistiría en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se disponía, para producir así concretos que satisfagan los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso.

Por lo tanto para garantizar un buen diseño de mezcla habría que considerar en ella las siguientes propiedades.

- 1.- En concreto fresco, trabajabilidad aceptable
- 2.- En el concreto endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme.
- 3.- Economía.

## **ELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA**

Previamente al diseño de las mezclas habría que conocer las características en base a:

- El uso que se pretendiera dar al concreto
- Las condiciones de exposición
- El tamaño y forma de los miembros
- Los métodos de transporte y colocación
- Las propiedades físicas del concreto.

## **Proporcionamiento**

Los métodos de proporcionamiento han evolucionado desde el arbitrario método volumétrico ( 1:2:3-cemento, arena, grava), de principios del siglo, hasta los métodos actuales de peso y de volumen absoluto, siendo este último el más exacto, debido a que involucra el uso de los valores de la densidad de todos los ingredientes para calcular el volumen absoluto que cada ingrediente ocupara en la unidad de volumen de concreto. Así también las mezclas de concreto se pueden proporcionar a partir de experiencias de campo (datos estadísticos), o de mezclas de prueba del concreto.

Por lo que a esta obra respecta el método de proporcionamiento a seguir sería el de volúmenes absolutos, considerando también que debido a la nula existencia de registros estadísticos se deberían diseñar los proporcionamientos a partir de mezclas de prueba. Apoyándose necesariamente en recomendaciones adoptadas del ACI 211.1 y ACI 318 además de utilizar referencias de mezclas de prueba con materiales de similar calidad.

Así a continuación se presenta la forma en que se diseñaron las mezclas y se resaltan las consideraciones necesarias para llevar a cabo los diseños.

## Durabilidad

El hecho de que las mezclas sean diseñadas por durabilidad, se refiere principalmente a que se tomara en consideracion la capacidad del concreto para resistir el deterioro originado por la exposicion al medio ambiente o del servicio que reciba. Por lo tanto resulta muy importante la función que la pasta de cemento realizara en el concreto y calidad con que dicha pasta sea elaborada. Esta calidad de la pasta está controlada por la relación agua/cemento.

De acuerdo al ACI 201 "Durability of Concrete In Service", se recomiendan los siguientes valores máximos para relaciones agua-cemento para diferentes condiciones de exposición.

Condición de exposición	Relación agua-cemento máxima (en peso) para concreto de peso normal
Concreto que se pretenda sea impermeable:	
- Concreto expuesto a agua dulce	0.50
- Concreto expuesto a agua sulfatada o a agua de mar.	0.45
Concreto expuesto a congelación y deshielo en condición húmeda.	0.45
En presencia de productos químicos descongelante	0.45
Concreto expuesto al ataque de sulfatos:	
- Insignificante	+ 0.50
- Moderada	0.50
- Severa	0.45
- Muy severa	0.40
Como protección contra la corrosión del concreto reforzado expuesto a sales descongelante, aguas, sulfatadas, agua de mar, o rocío proveniente de estas fuentes	0.40

Nota: Si se utiliza cemento resistente a los sulfatos (Tipo II, Tipo V o puzolanico), la relación agua cemento admisible puede aumentarse en 0.05.

## **Permeabilidad**

La permeabilidad de un material se define por la facilidad con que puede ser penetrado por un fluido, ya sea líquido o gaseoso, bajo determinadas condiciones

de aplicación. En el caso del concreto interesa principalmente su permeabilidad al agua y al aire, dado que son los fluidos con los que de ordinario tiene contacto. La permeabilidad al agua es obviamente un asunto de gran interés en las estructuras por su construcción al riesgo de corrosión del acero de refuerzo y al deterioro prematuro del concreto en general.

Considerando la importante injerencia que se atribuye a la permeabilidad del concreto en la durabilidad de las estructuras, resulta preciso identificar los principales factores que influyen en dicha permeabilidad para tomarlos en cuenta en la selección de los componentes y el diseño de las mezclas de concreto y en la construcción de las estructuras, no solo con el fin de darles la impermeabilidad necesaria sino también hacerlas más durables.

Para garantizar mezclas impermeables y por tanto brindar protección contra la corrosión y ataque de sulfatos se tendrían que tomar en cuenta 3 formas de lograrlo.

- 1.- Utilizando relaciones agua-cemento bajas
- 2.- Utilizando aditivos densificadores del concreto o aditivos repelentes a la humedad.
- 3.- Proteger con recubrimientos las superficies de los elementos y aislar de la humedad.

## Relación Agua- Cemento

La relación agua-cemento es sencillamente el peso del agua, dividido entre el peso del cemento. La relación agua-cemento que se elija para el diseño de la mezcla, debe ser el menor valor requerido para cubrir las consideraciones de exposición de diseño.

Cuando la durabilidad no sea el factor que rija en el diseño la relación agua-cemento deberá elejirse con base en la resistencia a compresión del concreto.

La tabla1 puede usarse para escoger una relación agua-cemento, con respecto a la resistencia promedio requerida para mezclas de prueba, cuando no se disponga de ninguna otra información.

TABLA.1- Correspondencia típica entre la relación agua-cemento y la resistencia a compresión del concreto.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS KG/CM2.	RELACIÓN AGUA-CEMENTO EN PESO
	CONCRETO DE PESO NORMAL
420	0.41
350	0.48
300	0.55
280	0.57
210	0.68
180	0.82

## Revenimiento y cantidades de agua de mezclado

El concreto debe ser fabricado para tener siempre una trabajabilidad, consistencia y plasticidad adecuadas a las condiciones de trabajo. La trabajabilidad es una medida de lo fácil o lo difícil que resulta colocar, consolidar y darle acabado al concreto. La consistencia es la facultad del concreto fresco para fluir. La plasticidad determina la facilidad de moldear al concreto. Si se usa más agregado en una mezcla de concreto o si se agrega menos agua, la mezcla se vuelve mas rígida (menos plástica y menos trabajable) y difícil de moldear. No se pueden considerar plásticas a las mezclas muy secas o muy desmoronables ni a las muy aguadas o fluidas.

TABLA.2- Requisitos aproximados para el contenido de agua de mezclado deseado para distintos revenimientos y tamaño máximos de agregado.

REVENIMIENTO EN CM.	AGUA, KG POR METRO CUBICO DE CONCRETO, PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADO INDICADO							
	9.5mm (3/8)"	12.7m m (1/2)"	19.0m m (3/4)"	25.4m m (1)"	38.1m m (1 1/2)"	50.8m m (2)"	76.2m m (3)"	152.4mm (6)"
2.5 A 5	208	199	187	178	163	154	130	113
7.5 A 10	228	217	202	193	178	169	145	125
15 A 18	243	228	214	202	187	178	160	145

## PILAS DE CIMENTACION

Se requiere un concreto para la construcción de pilas de cimentación, coladas en el lugar. Para la colocación de dicho concreto se utilizará tubería tremie.

Especificaciones:

$f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días

Grado de calidad = B

TMA= 25 mm

Revenimiento: 18 cm se requiere la suficiente trabajabilidad para lograr que este concreto fluya con facilidad y sin problema por la tubería tremie.

Cemento: Tipo I Puzolánico

Aditivos: Se podrán utilizar los necesario para lograr los requerimientos de la mezcla

Bases de diseño: Las pilas de cimentación son miembros de 0.20 m<sup>2</sup> a 1.2 m<sup>2</sup> de sección, con recubrimiento mínimo de 75 mm a 140 mm respectivamente, la separación mínima entre barras es de 150 mm.

El concreto deberá ser impermeable diseñado además por durabilidad para contrarrestar el ataque de sulfatos contenidos en el suelo de contacto y existentes en el agua freática de origen marino. Además de que el concreto deberá brindar la protección necesaria contra la corrosión del acero de refuerzo.

Primeramente se presentan los materiales que intervendrán en el diseño de la mezcla.

MATERIAL	IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD T/M3	ABSORCIÓN	MODULO DE FINURA	HUMEDAD %
CEMENTO	TIPO I PUZOLANICO	2.92	0	0	0
ARENA	ARROLLO SAN CARLOS	2.62	2.30	2.75	4.0
GRAVA	PRODUCTOS PÉTREOS	2.60	1.00	6.74	0.5
ADITIVOS	EUCON 37	1.00	0	0	0
	IMPERGRAL	1.00	0	0	0
	RA 200	1.00	0	0	0
AGUA	POZO EL GALLO	1.00	0	0	0

A partir de esta información la tarea consiste en elaborar el proporcionamiento de una mezcla de prueba que cubra las especificaciones anteriores y que sea apropiada para las condiciones de exposición.

#### **Relación Agua-Cemento:**

Como el diseño de la mezcla se realizará por durabilidad se hace uso de la tabla 1 para determinar la correspondencia, que en este caso resulta ser de 0.45.

#### **Tamaño máximo de agregado:**

Partiendo de la información especificada, el agregado de tamaño máximo de 25 mm (1") resulta ser adecuado puesto que es menor que  $\frac{3}{4}$  de la distancia libre entre barras de refuerzo.

#### **Revenimiento:**

Un revenimiento de 18 cm resulta ser el más recomendable en este caso en particular, por su consistencia tan fluida, ya que de esta forma se logrará que el concreto fluya por gravedad a través del tubo tremie.

### Aditivos:

Con la finalidad de fabricar un concreto altamente impermeable, resistente y durable se utilizarán los aditivos siguientes, haciendo su dosificación de acuerdo a recomendación del fabricante.

Aditivo	Propiedad	Dosificación	
		%	C.C
Impergral	Impermeabilizante integral	1.0	10
Ra 200	Reductor de agua y Fluidizante	0.5	5.0
Eucon 37	Reductor de agua y Fluidizante de alto rango	1.0	10.0

Con la dosificación anterior se puede lograr una disminución en el requerimiento de agua del 15%.

Nota: La dosificación del aditivo se hace tomando como base el contenido de cemento en la mezcla.

### Contenido de agua:

Haciendo uso de la tabla 3 se recomienda utilizar 193 litros de agua por metro cúbico sin embargo con la utilización de los aditivos en las proporciones anteriores este valor se ve disminuido de la siguiente manera en un 15%.

$$C.A. = 193 - [(193) (0.15)]$$

$$C.A. = 164 \text{ litros}$$

### Contenido de Cemento:

El contenido de cemento está basado en los valores de la relación agua-cemento máxima y en el del contenido de agua. Por lo tanto, 165 kg de agua divididos entre una relación agua-cemento de 0.45 generan el contenido de cemento.

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{164 \text{ kg}}{0.45}$$

$$C. \text{ Cemento} = 365 \text{ kg}$$

### Contenido de grava y arena:

Partiendo de la siguiente información se realiza la obtención de las cantidades de grava y arena.

MATERIAL	CONSUMO		PROPORCIÓN UNITARIA
	kg/M3	Lt/M3	
CEMENTO	365.00	124	1.000
IMPERGRAL	3.65	3.65	0.010
RA 200	1.83	1.83	0.005
EUCON 37	3.65	3.65	0.010
AGUA	164.00	164	0.450
TOTAL	538	297	

### Relación Grava-Arena:

Considerando que los materiales gozan de muy buena composición granulométrica se propone la siguiente relación grava-arena en peso.

Arena.....49%

Grava.....51%

$$\text{Relación Grava-Arena} = \frac{51}{49} = 1.04$$

La anterior relación grava-arena se propone tomando como referencia el ACI C-221.

### Volumen de grava y arena (Lt/m3)

Para la obtención de este dato se realiza la diferencia del volumen por metro cúbico (1000 lts.), menos el volumen, ocupado por la pasta de cemento.

Vag= Volumen total.- volumen de la pasta de cemento.

$$Vag= 1000 - 297$$

$$Vag= 703 \text{ lts}$$

Partiendo del valor anterior se procede a definir el correspondiente volumen para arena y grava con las siguientes expresiones:

$$\frac{Vg}{Va} = \frac{(Pg)}{(Pa)} \frac{(da)}{(dg)}$$

Donde:

$\frac{Vg}{Va}$  = Relación grava-arena en volumen

$\frac{(Pg)}{(Pa)}$  = Relación grava-arena en peso

$\frac{(da)}{(dg)}$  = Relación densidad

Así pues sustituyendo valores obtendremos:

$$\frac{Vg}{Va} = (1.04) \frac{(2.62)}{(2.60)}$$

$$Vg / Va = (1.04) (2.62/2.60)$$

**Volumen de arena**

$$Va = \frac{Vag}{1 + \frac{Vg}{Va}} = \frac{703}{1+1.05}$$

$$\underline{Va = 343 \text{ lts.}}$$

**Volumen de grava**

$$Vg = 703 \text{ lts.} - 343 \text{ lts.}$$

$$\underline{Vg = 360 \text{ lts.}}$$

## TRANSFORMACIÓN DE VOLUMEN DE MATERIAL (GRAVA Y ARENA) A PESO

Haciendo uso de las densidades y de los volúmenes obtenidos se procede a obtener el peso de cada material.

Densidad de la arena= 2.62 ton/m<sup>3</sup> = 2.62 kg/lt.

Densidad de la grava= 2.60 ton/m<sup>3</sup> = 2.60 kg/lt.

Peso de arena

Pa= (2.62) (343)

Pa= 899 kg

Peso de grava

Pg= (2.60) (360)

Pg= 936 Kg

La mezcla tiene entonces las siguientes proporciones para un metro cúbico de concreto antes de realizar la mezcla de prueba.

MATERIAL	CONS UMO	
	kg/m <sup>3</sup>	Lt/m <sup>3</sup>
CEMENTO	365.00	124.00
IMPERGRAL	3.65	3.65
RA 200	1.83	1.83
EUCON 37	3.65	3.65
AGUA	164.00	164.00
ARENA	899.00	343.00
GRAVA	936.00	360.00
TOTAL	2373.00	1000.00

### Corrección por influencia de humedad y absorción.

Se tiene que hacer correcciones para compensar el contenido de agua, debido a la humedad existente en los agregados. En la práctica, los agregados contendrían una cantidad mensurable de humedad. Los pesos de los agregados secos en la mezcla deberán ser aumentados para compensar la cantidad de agua que es absorbida y contenida en la superficie de cada partícula.

Con los contenidos de humedad de los agregados previamente indicados, las proporciones de agregado para la mezcla de prueba cambian de la siguiente manera:

Así también como el agua absorbida no forma parte del agua de mezclado y deberá quedar excluida del ajuste por humedad.

MATERIAL	PESO SSS KG	HUMEDAD		ABSORCIÓN		CANTIDADES CORREGIDAS KGS.
		%	PESO	%	PESO	
CEMENTO	365.00					365.00
IMPERGA L	3.65					3.65
RA 200	1.83					1.83
EUCON 37	3.65		(+)		(-)	3.65
ARENA	899.00	4.0	36.0	2.3	21.0	914.00
GRAVA	936.00	0.5	4.7	1.0	9.4	931.00
AGUA	164	(-)	40.7	(+)	30.4	154
SUMA	2373.00			SUMA		2373.00

### PESOS PARA LA MEZCLA DE PRUEBA

Concluyendo con la corrección por humedad y absorción se presentan los pesos estimados para una mezcla de prueba.

MATERIAL	PESO KG
AGUA	154.00
CEMENTO	365.00
GRAVA	931.00
ARENA	914.00
IMPERGRAL	3.65
RA 200	1.83
EUCON 37	3.65
TOTAL	2373

### Corrección por influencia de humedad y absorción.

Se tiene que hacer correcciones para compensar el contenido de agua, debido a la humedad existente en los agregados. En la práctica, los agregados contendrían una cantidad mensurable de humedad. Los pesos de los agregados secos en la mezcla deberán ser aumentados para compensar la cantidad de agua que es absorbida y contenida en la superficie de cada partícula.

Con los contenidos de humedad de los agregados previamente indicados, las proporciones de agregado para la mezcla de prueba cambian de la siguiente manera:

Así también como el agua absorbida no forma parte del agua de mezclado y deberá quedar excluida del ajuste por humedad.

MATERIAL	PESO SSS KG	HUMEDAD		ABSORCIÓN		CANTIDADES CORREGIDAS KGS.
		%	PESO	%	PESO	
CEMENTO	365.00					365.00
IMPERGA L	3.65					3.65
RA 200	1.83					1.83
EUCON 37	3.65		(+)		(-)	3.65
ARENA	899.00	4.0	36.0	2.3	21.0	914.00
GRAVA	936.00	0.5	4.7	1.0	9.4	931.00
AGUA	164	(-)	40.7	(+)	30.4	154
SUMA	2373.00				SUMA	2373.00

### PESOS PARA LA MEZCLA DE PRUEBA

Concluyendo con la corrección por humedad y absorción se presentan los pesos estimados para una mezcla de prueba.

MATERIAL	PESO KG
AGUA	154.00
CEMENTO	365.00
GRAVA	931.00
ARENA	914.00
IMPERGRAL	3.65
RA 200	1.83
EUCON 37	3.65
TOTAL	2373

## Mezcla de prueba de laboratorio

En esta etapa, se deben revisar los pesos estimados de las mezclas por medio de mezclas de prueba o por mezclas de campo de tamaño normal. Es necesario mezclar una cantidad suficiente de concreto para realizar adecuadamente las pruebas de revenimiento, tiempo de fraguado inicial, compresión y rendimiento volumétrico. Para una mezcla de prueba de laboratorio es conveniente, en este caso, reducir los pesos para producir 60 litros de concreto ó 0.060 m<sup>3</sup>.

agua	$154 \times 0.060 = 9.24$ kg
cemento	$365 \times 0.060 = 21.90$ kg
grava	$931 \times 0.060 = 55.86$ kg
arena	$914 \times 0.060 = 54.84$ kg
impergral	$3.65 \times 0.060 = 0.22$ kg
Ra 200	$1.83 \times 0.060 = 0.11$ kg
Eucon 37	$3.65 \times 0.060 = 0.22$ kg
total	142.40 kg

Al realizar el mezclado de los materiales en la mezcla de prueba se experimento las siguientes características:

**Revenimiento:** 20 cm el cual cumple con ASTM C-143 y NOM C-156

**Aspecto:** Gravoso \_\_\_\_\_  
Pastoso \_\_\_ x \_\_\_  
Balanceado \_\_\_\_\_

**Cohesión:** Mucha \_\_\_ x \_\_\_  
Media \_\_\_\_\_  
Poca \_\_\_\_\_

**Trabajabilidad:** Fluida

**Acabado:** Fácil

**Sangrado:** Ligero

**Peso volumétrico obtenido en laboratorio:** 2366 kg/m<sup>3</sup>

## Ajuste volumétrico de la mezcla

Durante el mezclado, una cierta cantidad del agua estimada puede no ser empleada, o se puede llegar a usar una cantidad adicional de agua para lograr el revenimiento requerido.

En este caso en particular, se observó que las cantidades de material representaban en conjunto las características deseables al concreto, en estado fresco. Concluyendo de esta forma que la mezcla de diseño ha satisfecho los requerimientos principales.

Por otro lado resulta necesario reajustarse de la siguiente manera la mezcla de diseño para cumplir por volumetría de la forma más óptima.

**Peso volumétrico  
obtenido de la  
mezcla de prueba**       $P_v = 2366 \text{ kg/m}^3$

**Peso total por m<sup>3</sup> de  
concreto**       $P = 2373 \text{ kg/m}^3$

**Volumen aparente**       $R = \frac{2373 \times 1000}{2366}$

$$R = 1003 \text{ Lts}$$

**Contenido de aire**       $= \frac{\text{vol.ap.} - \text{vol.ab.}}{\text{vol.ap.}}$

$$\% = \frac{1003 - 1000}{1003}$$

$$\underline{\% = .3\%}$$

## Ajuste Volumétrico de la mezcla

El ajuste se realiza restando un .3% al peso de los materiales en la mezcla de diseño.

MATERIAL	CANTIDADES EN PESO KG	DENSIDAD KG/LT.	VOL. ABSOLUTO	CONSUMOS REALES	PROPORCIÓN UNITARIA
AGUA	164.00	1.00	164.00	163.50	.0.45
CEMENTO	365.00	2.95	123.73	364.00	1.00
GRAVA	936.00	2.60	360.00	934.00	2.57
ARENA	899.00	2.62	343.13	896.00	2.46
IMPREGNAR	3.65	1.00	3.65	3.64	0.01
R.A. 200	1.83	1.00	1.83	1.82	0.005
EUCON 37	3.65	1.00	3.65	3.64	0.01
SUMA	2373	(P) SUMA	1000	2366	

## Peso de la mezcla de diseño ajustada por metro cúbico

Material	kg
Cemento	364.00
Grava	934.00
Arena	896.00
Agua	163.50
Impergral	3.64
Ra 200	1.82
Eucon 37	<u>3.64</u>
Suma	2366.00

## Resistencia a compresión

Los cilindros de prueba a edades de 3, 7 y 28 días, tuvieron los resultados siguientes, esperándose con toda seguridad ver superada la resistencia especificada a los 28 días.

EDAD DÍAS	F'c KG/CM2	DESARROLLO DE RESISTENCIA %
3	240	80
7	290	97
28	345	115

## **Conclusiones y comentarios**

Luego de haber terminado la revisión de estas proporciones por medio de una mezcla de prueba, se encontró que las cantidades resultaron adecuadas para cumplir con las especificaciones.

Debido a las variaciones en contenido de humedad, tasas de absorción, y densidades de los agregados, el peso unitario determinado según los cálculos por volumen no siempre puede ser igual al peso volumétrico determinado conforme a la norma ASTM C-138.

Ocasionalmente la proporción de agregado fino o grueso, se mantiene constante, ajustando los pesos de la mezcla para conservar la trabajabilidad.

## DESLIZADO DEL SILO

Se requiere un concreto para la construcción de un silo almacenador de cemento. En la distribución de el concreto se utilizaron bombas de concreto, siendo este concreto depositado posteriormente en la cimbra deslizante. Además este colado se llevará a cabo en forma constante y sin interrupción durante el tiempo que dure el deslizado del muro (aproximadamente 7 días).

### Especificaciones

F´C: 300 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días

T.M.A.: 25 mm

Revenimiento: 12 cm

Grado de calidad :B

Fraguado: Es de importancia primordial ya que repercutiría directamente en el desarrollo del deslizado. Se requiere que el concreto desalojado en la parte inferior de la cimbra deslizante experimente una resistencia a la penetración entre 3.5 y 14 kg/cm<sup>2</sup> medida de acuerdo con la norma ASTM C-403

Cemento: Tipo I Puzolanico

Aditivos: Se podrá utilizar los aditivos necesarios para lograr los requerimientos en la mezcla. Evitando el uso de cualquiera que pudiera provocar un retardo en el fraguado.

El acero de refuerzo contenido tendrá una separación mínima de 150 mm teniendo además un recubrimiento mínimo de 100 mm.

Este concreto deberá ser impermeable y diseñado además por durabilidad para brindar protección al acero de refuerzo, contra la corrosión.

## Materiales componentes de mezcla de prueba para el deslizado del silo.

MATERIAL	IDENTIFICACION	DENSIDAD T/M3	ABSORCIÓN %	M.F.	HUMEDAD %
CEMENTO	TIPO I PUZOLANICO	2.95			
ARENA	ARROLLO SAN CARLOS	2.62	2.30	2.75	4.0
GRAVA	PROD. PÉTREOS	2.60	1.00	6.74	0.50
ADITIVOS	EUCON 37	1.00			
	EUCON M.S.A.	2.20			
AGUA	POZO EL GALLO	1.00			

Relación Agua-Cemento: Verificando las condiciones de exposición y de servicio, dado que el diseño se realiza por durabilidad la relación agua-cemento es 0.45.

Tamaño máximo del agregado: El agregado de tamaño máximo resulta ser adecuado puesto que es menor que  $\frac{3}{4}$  de la distancia libre entre las barras de refuerzo y no es superior a  $\frac{1}{5}$  de la separación menor entre los lados de la cimbra. Cumpliendo por lo tanto con ASTM C-330.

Revenimiento: En este tipo de colados es recomendable utilizar el menor revenimiento posible, siempre y cuando este cuente con la suficiente plasticidad para ser colocados en la cimbra. Por lo anterior y dado que no se presentarán problemas con la bombeabilidad de este, un revenimiento de 12 cm es muy satisfactorio.

Aditivos: Para el diseño de la mezcla se emplearan los siguientes aditivos que al actuar en sinergia, estos formarán un concreto denso y con muy reducida permeabilidad.

ADITIVO	PROPIEDAD	DOSIFICACIÓN	
		%	C.C.
EUCON 37	REDUCTOR DE AGUA Y FLUIDIZANTE DE ALTO RANGO	1.25	12.5
EUCON M.S.A.	POLVO DE MICROSILICA DENSIFICADA	5.6	25.2

Nota: La dosificación del aditivo se realiza tomando como base el contenido de cemento en la mezcla.

- El utilizar Eucon 37 en esta proporción puede reducir el consumo de agua hasta en un 20%.
- La microsíllica por efecto de su finura exige un consumo extra de agua (aproximadamente 5%).

## DISEÑO DE MEZCLA PARA EL DESLIZADO DEL SILO

El diseño de esta mezcla de concreto se realiza utilizando el método de volúmenes absolutos descrito anteriormente, obteniéndose así la siguiente proporción.

MATERIAL	CONSUMO	
	KG/M3	L/M3
CEMENTO	380.0	129.0
AGUA	170.0	170.0
MICROSILIC A	20.0	9.0
EUCON	4.5	4.5
TOTAL	575	313

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA EN PESO		
ARENA 100%	43%	$\frac{P_g}{P_a} = 1.33$
GRAVA 100%	57%	

CONTENIDO DE ARENA Y GRAVA (L/M3)
$V_{ag} = 1000 - 313 = 687$
$\frac{V_g}{V_a} = \frac{P_g}{P_a} \times \frac{d_a}{d_g} = 1.34$
$V_a = \frac{V_{ag}}{1 + V_g} = \frac{687}{2.34} = 294$
$V_g = V_{ag} - V_a = 687 - 294 = 393$

### MATERIALES COMPONENTES DE LA MEZCLA DE PRUEBA

MATERIAL	CONSUMO		PROPORC. UNITARIO
	KG/M3	L/M3	
CEMENTO	380.0	129.0	1.0000
AGUA	170.0	170.0	0.45
MICROSILICA	20.0	9.0	0.053
EUCON 37	4.5	4.5	0.012
ARENA	770.3	294	2.030
GRAVA	1022.0	393	2.700
TOTAL	2367.0	1000	

## CORRECCIÓN POR INFLUENCIA DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN

MATERIAL	PESO S.S.S.	HUMEDAD		ABSORCIÓN		CANTIDAD CORREGIDAS KG
		%	PESO	%	PESO	
CEMENTO	380.0					380.00
MICROSILICA	20.0					20.00
EUCON 37	4.5	(+)	(-)			4.50
ARENA	770.30	4.0	31.0	2.3	17.7	783.20
GRAVA	1022.00	0.5	5.1	1.0	10.2	1016.90
AGUA	170.00	(-)	36.1	(+)	27.9	162.00
SUMA	2367				SUMA	2367

## CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

ASPECTO GRAVOSO: PASTOSO: BALANCEADO: <u>  X  </u>	COHESIÓN MUCHA: <u>  X  </u> MEDIA: POCA:	TRABAJABILIDAD: <u>BUENA</u> ACABADO: <u>FÁCIL</u> SANGRADO: <u>EXENTO</u>
---	--	--

Peso volumétrico 2355 kg/m<sup>3</sup>

Revenimiento= 12 cm

## AJUSTE VOLUMÉTRICO DE LA MEZCLA

Peso Volumétrico  
(obtenido de la mezcla de prueba)  $P_v = 2355 \text{ kg/m}^3$

Peso total por  
m<sup>3</sup> de concreto  $P = 2367 \text{ kg/m}^3$

Volumen aparente  $R = \frac{2367 \times 1000}{2355}$

$R = 1005 \text{ lts.}$

Contenido de aire  $\% = \frac{\text{Vol.ap.} - \text{Vol.ab.}}{\text{Vol.ap.}}$

$\% = \frac{1005 - 1000}{1005} = 0.5\%$

Materiales	Cantidades en peso kg	Densidad kg/l	Vol. absoluto litros	Consumos reales kg/m <sup>3</sup>	Prop. unitaria
Cemento	380.00	2.95	129.00	378.10	1.00
Microsilica	20.00	2.20	9.10	20.00	0.05
Eucon 37	4.50	1.00	4.50	4.50	0.01
Arena	770.30	2.62	294.00	766.00	2.03
Grava	1022.00	2.60	393.00	1017.00	2.70
Agua	170.00	1.00	170.00	169.00	0.45
Suma	2367	(P) Suma	1000	2355.0	-

## PESO DE LA MEZCLA DE DISEÑO AJUSTADA POR METRO CUBICO

Material	kg
Cemento	378.0
Microsilica	20.0
Eucon 37	4.5
Arena	766.0
Grava	1017.0
Agua	<u>169.0</u>
Suma	2355.0

## RESISTENCIA A COMPRESIÓN

EDAD DÍAS	F'c KG/CM2	DESARROLLO DE RESISTENCIA %
3	270	90
7	330	110
28	430	143

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

La sinergia microsilica con un reductor de agua de alto rango también permite obtener un concreto de alta densidad con muy baja permeabilidad lo cual permite una mayor protección del acero de refuerzo.

Esta baja permeabilidad se logra con la baja relación agua-cemento del reductor de agua aunado al efecto cementante y de relleno de la microsilica.

El concreto de baja permeabilidad se especifica en partes del país en donde existen las mayores posibilidades de corrosión. En México, principalmente en ambientes marino y en plantas industriales con ambientes agresivos.

## BASE DEL SILO

Se requiere un concreto para la construcción de la base del silo. Para la colocación de este concreto se emplearan bombas de concreto. Así también la colocación de este concreto representa la distribución continua de aproximadamente 1000m<sup>3</sup> por lo que se habrán de tomar las consideraciones respectivas de un colado masivo.

### Especificaciones

F'c: 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días

T.M.A.: 25 mm

Revenimiento: 12 cm

Cemento: Tipo I Puzolanico

Aditivos: Se podría utilizar los necesarios para lograr los requerimientos de la mezcla.

En este elemento la separación mínima entre barras de refuerzo es de 150 mm teniendo además que cumplir con un recubrimiento mínimo de 250 mm.

El concreto deberá ser impermeable y diseñado además por durabilidad para protegerlo contra el ataque de sulfatos contenidos en el suelo de contacto, así también deberá brindar protección al acero de refuerzo contra la corrosión.

### Materiales componentes de mezcla de prueba para base del silo.

MATERIAL	IDENTIFICACION	DENSIDAD T/M3	ABSORCIÓN %	M.F.	HUMEDAD %
CEMENTO	TIPO I PUZOLANICO	2.95			
ARENA	ARROLLO SAN CARLOS	2.62	2.30	2.75	4.0
GRAVA	PROD. PÉTREOS	2.60	1.00	6.74	0.50
ADITIVOS	RA 200	1			
	IMPERGRAL	1			
AGUA	POZO EL GALLO	1			

### Aditivos

Con la finalidad de obtener un concreto impermeable y con bajo calor de hidratación se utilizan los siguientes aditivos:

Aditivo	Propiedad	Dosificación	
		%	C.C.
Ra 200	Reductor de agua y Fluidizante	0.6	6.0
Impergral	Impermeabilizante Integral	1.0	10.0

Nota: La dosificación del aditivo se realiza tomando como base el contenido de cemento en la mezcla.

- Al utilizar el Ra 200 se produce una disminución en la exigencia de agua, viéndose disminuir el requerimiento de cemento, por lo tanto el calor de hidratación se ve disminuido grandemente.
- Ambos aditivos proporcionan al concreto una fluidez extra por lo que se ve disminuido el consumo de agua y por tanto el de cemento.

## DISEÑO DE MEZCLA PARA LA BASE DEL SILO

El diseño de esta mezcla de concreto se realiza utilizando el método de volúmenes absolutos descrito anteriormente, obteniéndose así la siguiente proporción.

MATERIAL	CONSUMO	
	KG/M3	L/M3
CEMENTO	380.0	129.0
AGUA	180.0	180.0
IMPERGRAL	4.0	4.0
RA 200	2.8	2.8
TOTAL	566	316

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA EN PESO		
ARENA 100%	Pa=40%	Pg=1.51 Pa
GRAVA 100%	Pg=60%	

CONTENIDO DE ARENA Y GRAVA (L/M3)
$V_{ag} = 1000 - 316 = 684$ $\frac{V_g}{V_a} = \frac{P_g}{P_a} \times \frac{d_a}{d_g} = 1.51$ $V_a = \frac{V_{ag}}{1 + V_g} = \frac{684}{2.51} = 273$ $V_g = V_{ag} - V_a = 684 - 273 = 411$

### MATERIALES COMPONENTES DE LA MEZCLA DE PRUEBA

MATERIAL	CONSUMO		PROPORC. UNITARIO
	KG/M3	L/M3	
CEMENTO	380.0	129.0	1.0000
AGUA	180.0	180.0	0.470
IMPERGRAL	4.0	4.0	0.010
RA 200	2.8	2.8	0.007
ARENA	715.3	273.0	1.880
GRAVA	1069.0	411.0	2.813
TOTAL	2351.0	1000	

## CORRECCIÓN POR INFLUENCIA DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN

MATERIAL	PESO S.S.S.	HUMEDAD		ABSORCIÓN		CANTIDAD CORREGIDAS KG
		%	PESO	%	PESO	
CEMENTO	380.0					380.00
IMPERGRAL	4.0					4.00
RA 200	2.8	(+)	(-)			2.8
ARENA	715.30	4.0	28.0	2.3	16.45	727.20
GRAVA	1069.0	0.5	5.1	1.0	10.69	1063.4
AGUA	180.00	(-)	33.7	(+)	27.14	173.4
SUMA	2367				SUMA	2351.0

## CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

ASPECTO  
 GRAVOSO:  
 PASTOSO:  
 BALANCEADO:

COHESIÓN  
 MUCHA:   
 MEDIA:  
 POCA:

TRABAJABILIDAD: BUENA  
 ACABADO: FÁCIL  
 SANGRADO: MÍNIMO

Peso volumétrico 2344 kg/m<sup>3</sup>

Revenimiento= 13 cm

## AJUSTE VOLUMÉTRICO DE LA MEZCLA

Peso volumétrico  
(obtenido de la mezcla de pruebas)  $P_v = 2344 \text{ kg/m}^3$

Peso total por  
m<sup>3</sup> de concreto  $P = 2351 \text{ kg/m}^3$

Volumen aparente  $R = \frac{2351}{2344}$

$R = 1003 \text{ lts.}$

Contenido de aire  $\% = \frac{\text{Vol. ap.} - \text{Vol. ab.}}{\text{Vol. ap.}}$

$\% = \frac{1003 - 1000}{1003} = 0.3\%$

Materiales	Cantidades en peso kg	Densidad kg/l	Vol. absoluto litros	Consumos reales kg/m <sup>3</sup>	Prop. unitaria
Cemento	380.00	2.95	129.00	379.0	1.000
Impergral	4.0	1.00	4.0	4.0	0.010
Ra 200	2.8	1.00	2.8	2.8	0.007
Arena	715.00	2.62	273.0	713.0	1.900
Grava	1069.0	2.60	411.0	1066.0	2.813
Agua	180.0	1.00	180.0	179.0	0.470
Suma	2351	(P) Suma	1000	2344.0	

### Peso de la mezcla de diseño ajustada por metro cúbico

Material	kg
Cemento	379.0
Impergral	4.0
Ra 200	2.8
Arena	713.0
Grava	1066.0
Agua	<u>179.0</u>
Suma	2344.0

### Resistencia promedio a compresión

EDAD DÍAS	F´C KG/CM2	DESARROLLO DE RESISTENCIA %
3	270	108
7	290	116
28	340	136

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

El concreto masivo, como su nombre lo indica, está destinado a formar grandes masas, como es el caso de la base del silo, en donde se realizará el colado monolítico de aproximadamente 1000 metros cúbicos.

Debe mencionarse aquí que durante la colocación del concreto masivo, es de primordial cuidado llevar a cabo el control de temperaturas para evitar el fisuramiento del mismo, ya que durante el proceso de hidratación se incrementa la temperatura de la masa que sumada a la temperatura de colocación, podría producir gradientes mayores a  $26^{\circ}\text{C}$ , entre la superficie expuesta y el interior de la masa; situación que produce un estado de esfuerzos de tensión, que genera la propensión o la formación de fisuras y grietas en el concreto.

## DISEÑOS DE MEZCLAS UTILIZADAS EN ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DIVERSOS

Aditivo empleado: Ra 200

### F'C= 100 kg/CM2

REVENIMIENTO CM	MATERIALES (kg)				
	CEMENTO	AGUA	ADITIVO	GRAVA	ARENA
10	191	224	1.0	873	1007
14	206	242	1.0	741	1087
18	217	251	1.0	730	1065

### F'C= 150 kg/CM2

REVENIMIENTO CM	MATERIALES (kg)				
	CEMENTO	AGUA	ADITIVO	GRAVA	ARENA
10	232	215	1.2	934	938
14	251	233	1.3	800	1017
18	263	242	1.3	786	996

### F'C= 200 kg/CM2

REVENIMIENTO CM	MATERIALES (kg)				
	CEMENTO	AGUA	ADITIVO	GRAVA	ARENA
10	270	213	1.4	969	878
14	292	231	1.5	834	955
18	307	240	1.5	819	933

### F'C= 250 kg/CM2

REVENIMIENTO CM	MATERIALES (kg)				
	CEMENTO	AGUA	ADITIVO	GRAVA	ARENA
10	320	213	1.6	980	816
14	346	231	1.7	846	890
18	367	240	1.8	829	868

### F'C= 300 kg/CM2

REVENIMIENTO CM	MATERIALES (kg)				
	CEMENTO	AGUA	ADITIVO	GRAVA	ARENA
10	378	214	1.9	980	762
14	408	232	2.1	847	831
18	428	241	2.1	829	808

## X.- Control de calidad

- Introducción
- Normas de control de calidad NMX y ASTM
- Formatos para llevar el control de calidad
- Evaluación de datos estadísticos
- Conclusión

## CONTROL DE CALIDAD

Este aspecto fue primordial en todo lo referente a la producción y utilización del concreto hidráulico, ya que al tener un buen control de calidad se tendría asegurada gran parte de una exitosa realización de la obra en todas sus etapas. Por lo tanto en la Planta de Concreto se instaló un Laboratorio de pruebas de los materiales con que sería elaborado el concreto así como para el concreto mismo.

Dicho Laboratorio de pruebas debería cumplir con algunos requisitos fundamentales, y con los cuales se garantizaría un buen funcionamiento de este. Requisitos que a continuación se mencionan:

### 1. Laboratorio con instalaciones apropiadas

De forma independiente fue construida en un área de 15m<sup>2</sup>. lo que sería el área asignada para el Departamento Técnico y Control de Calidad del concreto premezclado. Dicha área se dividió a su vez en dos secciones. La primera se componía de un cuarto de curado con pileta para curar hasta 200 especímenes y la segunda se utilizaría como cuarto de pruebas y labores de gabinete.

### 2. Personal Capacitado

La persona encargada de llevar a cabo el control de calidad, debería contar con la preparación adecuada para asegurar así que las pruebas y supervisión al concreto se llevarían a cabo de la forma más correcta.

### 3. Equipo especializado para realizar pruebas

De antemano el Laboratorio fue equipado con los elementos más necesarios para la realización de las pruebas. El equipo al que se refiere el requisito anterior se enlista a continuación así como la prueba que sería posible realizar con el.

- Prensa con capacidad de 120 toneladas, para realizar los ensayos de compresión en el concreto.
- Cono truncado de 30cm. de altura para revenimiento.
- Picnómetro para densidades de agregados.
- Mallas para granulometrías de gravas y arenas.
- Estufa para el secado de muestras.
- Platos metálicos para el cabeceo de especímenes.
- Moldes para la elaboración de especímenes cilíndricos de concreto hidráulico.
- Báscula con capacidad de 100Kg.
- Báscula con capacidad de 4.5Kg.
- Probeta para densidades.
- Cubeta metálica con capacidad de 14 litros para obtención de peso volumétrico y rendimiento volumétrico del concreto.
- Charolas y cucharones, carretilla, para muestreo de agregados y concreto.
- Nivel de mano

- Jarra para el fundido de azufre
- Azufre al 98% para el cabeceo de especímenes.

#### **4. Dispositivo de Seguridad**

En lo referente a este concepto fue necesario la utilización del equipo de seguridad que a continuación se menciona.

- Casco
- Mascarilla para gases tóxicos.
- Mascarilla para polvos
- Guantes de hule
- Guantes de piel
- Goggles
- Faja
- Impermeable para lluvia.

## INFORME DE VERIFICACION

NORMA : NMX-CH-27

Fecha: Julio 28, 1995.

Compañía: CONCRETOS APASCO, S. A. de C. V. Planta PC-80.

Domicilio: EL SAUZAL, ENSENADA, B. C. N.

Maquina: "FORNEY" Modelo: FT - 250F - 01.

Serie: No. 93002. Indicador: Manómetro FORNEY Capacidad: 120 ton.

HA - 0450.

LECTURA CELDA DE CARGA		LECTURA PROMEDIO DE LA MAQUINA	ERROR
kN	kg	kg	%
98.066	10 000	10 000	0
196.133	20 000	20 000	0
294.199	30 000	29 966	- 0.11
392.266	40 000	39 866	- 0.33
490.332	50 000	49 866	- 0.27
588.399	60 000	59 800	- 0.33
686.465	70 000	69 766	- 0.33
784.532	80 000	79 666	- 0.42
882.598	90 000	89 666	- 0.37
- - -	- - -	- - -	- -

OBSERVACIONES: Las verificaciones se efectuaron utilizando Celda de Carga Eléctrica de 100 toneladas de capacidad, con Certificado de Calibración N° CNM-CC-720-131/95, del Centro Nacional de Metrología.

ATENTAMENTE

# NORMAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO UTILIZADAS

## AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM).

ASTM C 31-90	MAKING AND CURING CONCRETE TEST SPECIMENS IN THE FIELD
ASTM C 33-90	CONCRETE AGGREGATES
ASTM C 39-86	COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
ASTM C 94-90	READY-MIXED CONCRETE
ASTM C 39-86	SUMP OF HYDRAULIC CEMENT CONCRETE
ASTM C 150-89	PORTLAND CEMENT
ASTM C 172-82	SAMPLING FRESHLY MIXED CONCRETE

## AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)

ACI-318-89	BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE
------------	--

## NORMAS MEXICANAS (NMX)

NMX-C-1	ESPECIFICACIONES PARA CEMENTO PORTLAND
NMX-C-59	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. CEMENTALES HIDRAULICOS. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO.
NMX-C-131	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO.
NMX-C-133	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. CEMENTO HIDRAULICO COADYUVANTE DE MOLIENDA EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DE CEMENTOS HIDRAULICOS.

# AGREGADOS PARA CONCRETO NMX-C-III-1992

## INTRODUCCIÓN

Esta Norma Mexicana es adecuada para asegurar materiales satisfactorios para la mayoría de los concretos. Pero se reconoce que en ciertos trabajos o en ciertas regiones del País, puede ser más o menos restrictiva que lo necesario.

El proyectista debe asegurarse que los agregados que se especifiquen con respecto a las propiedades físicas y químicas, granulometría o ambas, estén disponibles en la región de trabajo.

En la medida que estas especificaciones se cumplan al producir concreto, van a obtenerse productos de mejor calidad, ahorrar en el consumo de cemento, concretos con mejor trabajabilidad, así como otras características deseables.

## OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones recomendables para los agregados naturales y procesados, fino y grueso, para usarse en la fabricación del concreto de masa normal.

NMX-C-231	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. CRIBAS PARA LA CLASIFICACIÓN DE MATERIALES GRANULARES.- ESPECIFICACIONES.
NMX-C-30	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. AGREGADOS, MUESTREO.
NMX-C-73	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. MASA VOLUMÉTRICA. MÉTODO DE PRUEBA
NMX-C-77	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. AGREGADOS PARA CONCRETO. ANÁLISIS GRANULOMETRICOS. MÉTODO DE PRUEBA
NMXC-84	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. PARTÍCULAS MAS FINAS QUE LA CRIBA 0.075 (NUM.200) POR MEDIO DE LAVADO. MÉTODO DE PRUEBA
NMX-C-165	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. AGREGADOS. MASA ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO FINO.
NMX-C-170	AGREGADOS. REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADOS, OBTENIDAS EN EL CAMPO AL TAMAÑO REQUERIDO PARA LAS PRUEBAS.

## **ESPECIFICACIONES PARA CONCRETO HIDRAULICO. NMX-C-155-1987**

Objetivo:

Esta Norma establece los requisitos que debe cumplir el concreto hidráulico dosificado en masa utilizado en la construcción.

NMX-C-83	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. CONCRETO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.
NMX-C-109	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. CONCRETO. CABECEO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.
NMX-C-155	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. CONCRETO. FRESCO-DETERMINACION DEL REVENIMIENTO.
NMX-160	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. CONCRETO. ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.
NMX-C-161	MUESTREO DE CONCRETO FRESCO
NMX-C-162	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO Y CALCULO DE RENDIMIENTO
NMX-C-255	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. ADITIVOS QUÍMICOS QUE REDUCEN LA CANTIDAD DE AGUA Y/O MODIFICAN EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO.
ACI-309	COMPACTACIÓN DEL CONCRETO.

## **ESPECIFICACIONES DEL AGUA PARA CONCRETO NMX-C-122-1982**

Objetivo:

Esta Norma Mexicana establece los requisitos para las aguas que se pretenden emplear en la elaboración y curado de concreto hidráulico.

NMX-C-277 AGUA PARA CONCRETO. MUESTREO

NMX-C-283 AGUA PARA CONCRETO. ANÁLISIS

## **NMX-C-45-1983 ADITIVOS PARA CONCRETO**

NMX-C-81 ADITIVOS PARA CONCRETO. CURADO. COMPUESTOS, LÍQUIDOS QUE FORMAN MEMBRANA.

NMX-C-255 ADITIVOS QUE REDUCEN LA CANTIDAD DE AGUA Y/O

## PRUEBAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL CONCRETO

Las pruebas principales que se realizarían para evaluar la calidad del concreto tanto en estado fresco como endurecido son las que a continuación se mencionan:

### **Estado fresco:**

- Muestreo
- Revenimiento
- Elaboracion de especimenes de prueba
- Rendimiento volumetrico

### **Estado endurecido:**

- Curado en laboratorio de especimenes
- Cabeceo de especimenes
- Resistencia a compresion

Estas pruebas se realizarían ajustándose estrictamente a los procedimientos establecidos en los métodos de prueba respectivos y regidos por las normas ASTM y NMX (antes NOM).

# MUESTREO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

## NMX-C-161      ASTM C-172

### Objetivo y Campo de Aplicación

Esta Norma Mexicana establece el método para obtener muestras representativas de concreto fresco, tal como se entrega en el sitio de la obra y con los cuales se realizan las pruebas para determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad convenidos.

### Aparatos y Equipo

Recipiente.- Se deberá utilizar un recipiente adecuado, con una capacidad mínima de 15 litros (cubeta, charola o carretilla). Debe ser impermeable, limpio y no absorbente.

### Procedimiento

Los procedimientos usados incluyen todas las operaciones que ayuden a obtener muestras representativas de la naturaleza y condiciones del concreto muestreado.

### Muestreo de la olla de camión mezclador

La muestra se toma en tres o más intervalos, interceptando todo el flujo de la descarga, teniendo la precaución de no tomarla antes del 15% ni después del 85% de la misma.

### Cantidad de la muestra

La muestra debe ser una cantidad suficiente para la realización de todas, cada una de las pruebas.

### Remezclado de la muestra

La muestra debe transportarse sin pérdida de material del lugar donde se efectúan las pruebas y debe remezclarse para asegurar su uniformidad.

## **Tiempo**

El intervalo entre la obtención de la primera y última porción de una muestra debe ser tan corto como sea posible, y nunca más de 15 minutos. La muestra debe protegerse en ese intervalo de los rayos solares, el viento y otros factores que causen rápida evaporación o contaminación de la muestra.

# DETERMINACIÓN DEL REVENIMIENTO

## NMX-C-156                      ASTM C-143

### Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para determinar la consistencia del concreto fresco mediante el revenimiento. Esta prueba no es aplicable en concretos con tamaño máximo nominal del agregado mayor de 55 mm.

### Equipo

Se compondrá de un molde de metal o cualquier otro material no absorbente, no susceptible de ser atacado por la pasta de cemento. El molde debe ser rígido y tener la forma de un cono truncado de 20 cm. de diámetro en la base inferior, 10cm. en la parte superior y 30 cm. de altura, con una tolerancia de  $\pm 3$ mm en cada una de estas dimensiones.

La base y la parte superior deben ser paralelas entre sí y deben formar un ángulo recto con el eje longitudinal del cono.

Debe estar provisto de dos estribos para apoyar los pies y de dos asas para levantarlos. La superficie interior del molde debe ser lisa, libre de protuberancias o remaches, el cuerpo del cono no debe tener abolladuras y puede estar fabricado con junta o costura.

### Varilla para la compactación

Es una barra de acero de sección circular recta, lisa, de 16mm. (5/8 inc. aproximadamente) de diámetro y aproximadamente 600mm. de longitud, con uno o los dos extremos en forma semiesférica del mismo diámetro de la varilla.

### Equipo Auxiliar

Pala, cucharón, guantes de hule, cinta métrica.

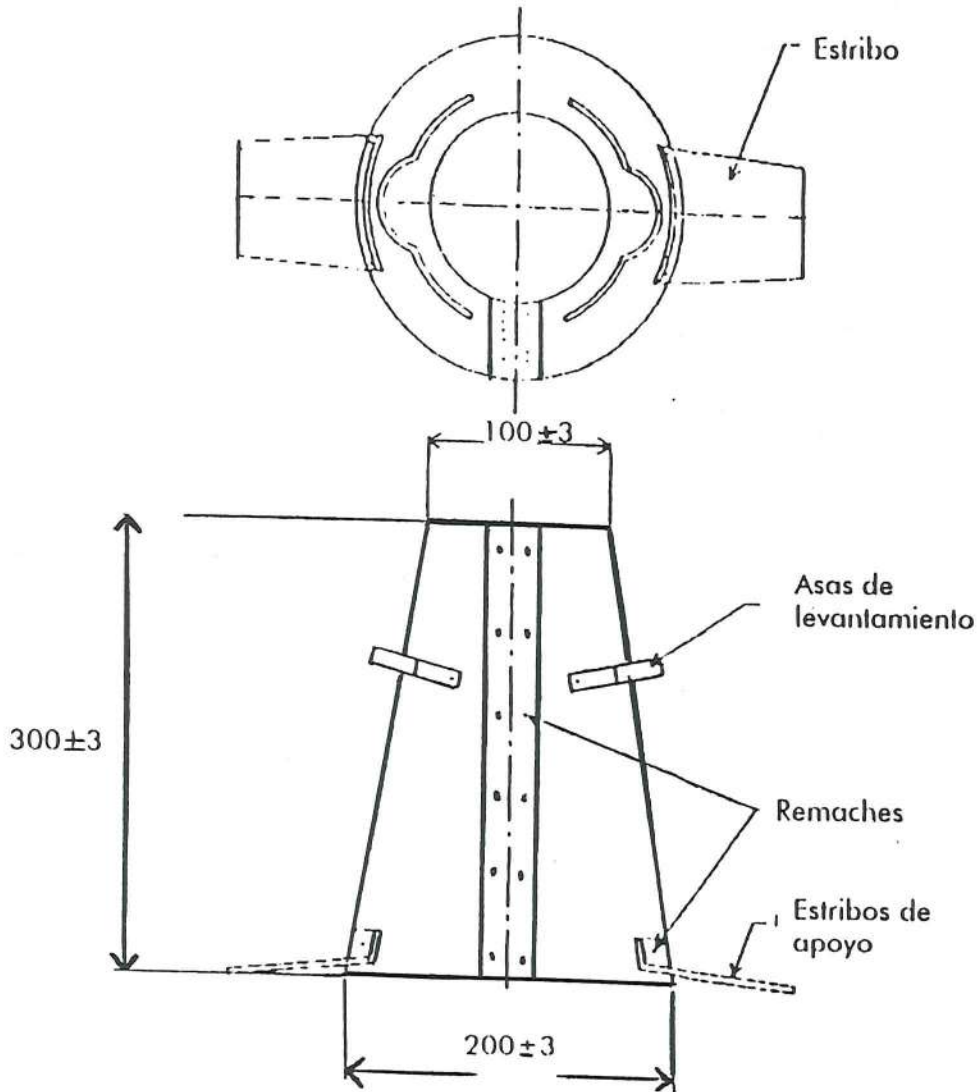
## Procedimiento

Después de haber obtenido la muestra, se remezcla el concreto con una pala o cucharón lo necesario para garantizar uniformidad en la mezcla y se procede a hacer la prueba inmediatamente.

Se humedece el modelo, se coloca sobre una superficie horizontal, plana rígida, húmeda y no absorbente. El operador lo debe mantener firme en su lugar durante la operación de llenado, apoyando los pies en los estribos que tiene para ello el molde. A continuación se llena el molde con tres capas aproximadamente de igual volumen. La primera capa corresponde a una altura aproximadamente de 7 cm, la segunda capa debe llegar a una altura de aproximadamente 15 cm., y la tercera al extremo del molde. Se compacta cada capa con 25 penetraciones de la varilla introduciendo por el extremo redondeado, distribuidos uniformemente sobre la sección de cada capa, por lo que es necesario inclinar la varilla ligeramente en la zona perimetral, aproximadamente la mitad de las penetraciones se hacen cerca del perímetro, después, con la varilla vertical se avanza en espiral hacia el centro.

Se compacta la segunda capa y la superior a través de todo su espesor, de manera que la varilla penetre en la capa anterior aproximadamente 2 cm, para el llenado de la última capa se coloca un ligero excedente de concreto por encima del borde superior del molde, antes de empezar la compactación. Si a consecuencia de la compactación, el concreto se asienta a un nivel inferior del borde superior del molde, antes de empezar la compactación. Si a consecuencia de la compactación, el concreto se asienta a un nivel inferior del borde superior del molde, a la décima y/o vigésima penetración, se agrega concreto en exceso para mantener su nivel por encima del borde del molde, todo el tiempo. Después de terminar la compactación de la última capa, se enrasa el concreto mediante un movimiento de rodamiento de la varilla. Se limpia la superficie exterior de la base de asiento, e inmediatamente se levanta el molde con cuidado en dirección vertical.

# CONO PARA PRUEBA DEL REVENIMIENTO



Nota: Las dimensiones se refieren a las medidas interiores

La operación para levantar completamente el molde los 30 cm. de su altura, debe hacerse en  $5 s \pm 2s$ , alzándolo verticalmente sin movimiento lateral o torsional. La operación completa desde el comienzo del llenado hasta que se levante el molde, debe hacerse sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2.5 min. Se mide inmediatamente el revenimiento, determinado el asentamiento del concreto a partir del nivel original de la base superior del molde, midiendo esta diferencia de alturas en el centro desplazado de la superficie superior del espécimen. si alguna porción del concreto se desliza o cae hacia un lado, se desecha la prueba y se efectúa otra con una nueva porción de la misma muestra.

Si dos pruebas consecutivas hechas de la misma muestra presentan fallas al caer parte del concreto a un lado, probablemente el concreto carece de la necesaria plasticidad y cohesividad, en este caso no es aplicable la prueba del revenimiento.

### **Precisión**

El revenimiento debe medirse con una aproximación de 1 cm. En esta prueba se obtienen valores confiables de revenimiento en el intervalo de 2cm a 20cm.

### **Informe de la prueba**

El informe debe incluir los siguientes datos:

- a) Revenimiento obtenido en centímetros
- b) Revenimiento de proyecto
- c) Tamaño máximo del agregado
- d) Identificación de concreto.

# ELABORACIÓN EN OBRA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

## NMX C-160                      ASTM C-31

### OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece los procedimientos para elaborar en obra, especímenes de concreto para las pruebas de resistencia a la compresión.

### APARATOS Y EQUIPO

#### **Moldes**

Los moldes y los accesorios para elaborar los especímenes de concreto deben ser de acero, fierro fundido, u otro material no absorbente y no reactivo con el concreto de cemento Portland u otros cementantes hidráulicos, deben conservar su forma y dimensiones bajo condiciones severas de uso, y ser impermeables, lo cual puede juzgarse por su habilidad para retener totalmente el agua que se vierte en ellos. En caso contrario debe usarse un material sellador adecuado, tal como una grasa pesada, arcilla moldeada, o parafina microcristalina para prevenir filtraciones a través de las juntas. Debe contarse con dispositivos para sujetar firmemente las placas de base a los moldes, éstos deben revestirse interiormente, antes de usarse, con un aceite mineral o un material adecuado no reactivo con los ingredientes del concreto.

#### **Moldes cilíndricos**

Los moldes deben ser verticales de lámina gruesa, o de un material no absorbente, rígido. Los planos de las orillas deben formar un ángulo recto con el eje longitudinal, la diferencia de diámetros medidos en cualquier sentido no debe ser mayor de 1.5mm y la altura no debe variar en más de 6 mm.

La base de los moldes metálicos debe ser una placa lisa del mismo material; en moldes de otro material, la base puede ser metálico o integralmente moldeada del mismo material. Las bases deben contar con dispositivos de sujeción al molde para que formen un ángulo recto con el eje cilindro.

## **Varilla para la compactación**

La varilla debe ser lisa, de sección circular, de acero, recta, de  $16.0 \pm 1.5$  mm de diámetro y  $60 \pm 3$  cm de longitud, cuando menos con uno de los extremos semiesféricos, del mismo diámetro.

## **Herramienta auxiliar**

Deben tenerse a mano herramientas auxiliares, tales como palas, cucharas de albañil, llanas de madera o metálicas, enrasador, reglas y escantillones.

## **Recipiente para remezclado de la muestra**

Éste puede ser una charola de lámina gruesa de metal o una carretilla limpia, no absorbente, de capacidad suficiente para permitir un mezclado fácil de la muestra total con una cuchara o pala.

## **Elaboración de especímenes**

Los especímenes para determinar la resistencia a la compresión deben ser cilindros de concreto, colados en posición vertical, con longitud igual a dos veces el diámetro. El espécimen debe ser un cilindro de  $15 \times 30$  cm. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso es mayor de 50 mm, el diámetro del cilindro debe ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado; cuando esto último no sea posible, es necesario cribar el concreto y eliminar el material mayor a 50 mm. A menos que se requiera por las especificaciones de proyecto, no deben hacerse en el campo cilindros menores de  $15 \times 30$  cm, el peralte en la posición de ensaye.

Cuando el tamaño máximo del agregado grueso exceda de 50 mm, la menor dimensión de la sección transversal de la viga debe ser por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. A menos que se requiera por las especificaciones del proyecto, no deben hacerse vigas en el campo con un ancho o peralte de 15 cm.

## **Moldeo**

### **Lugar para el moldeo**

Los especímenes deben moldearse inmediatamente después de obtenida y remezclada la muestra, sobre una superficie horizontal rígida, nivelada, libre de vibraciones y otras perturbaciones, en el lugar donde se almacenan a cubierto durante el primer día y deben evitarse golpes, inclinaciones del espécimen o alteraciones de su superficie

### **Vaciado del concreto**

El concreto debe vaciarse con un cucharón en los moldes. Cada porción de concreto obtenida de la charola de mezclado debe ser representativa de la revoltura; es necesario remezclar el concreto en la charola con una pala o cuchara para prevenir la segregación durante el moldeo de los especímenes; debe moverse el cucharón alrededor del borde superior del molde a medida que el concreto vaya descargándose con el fin de asegurar una distribución homogéneas del mismo y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Posteriormente debe distribuirse el concreto usando la varilla de compactación antes de iniciar la misma. Durante el colado de la capa final, el operario debe añadir una cantidad de concreto tal que sobrepase el cupo del molde y lo llene totalmente después de la compactación.

## **Compactación**

### **Método de compactación**

La elaboración de especímenes adecuados requiere de métodos de compactación apropiados. Los métodos de compactación son varillado y vibrado interno o externo. La selección del método de compactación debe basarse en el revenimiento, a menos que el método se establezca en las especificaciones bajo las cuales se cumple el contrato. Debe varillarse el concreto que tenga un revenimiento mayor de 8 cm. Los revenimientos de 3 a 8 pueden varillarse o vibrarse. Deben vibrarse los concretos con revenimiento menores de 3cm.

## **Varillado**

Se coloca el concreto dentro del molde en el número de capas que se especifique, de aproximadamente igual volumen cada una. Se varilla cada capa con el extremo redondeado, efectuando el número de penetraciones especificado. Se varilla la capa inferior en todo su espesor, se distribuyen las penetraciones uniformemente en toda la sección transversal del molde, permitiendo que la varilla penetre aproximadamente 10 mm dentro de la capa inmediata inferior, cuando el espesor de esa capa sea menor de 10 cm, y aproximadamente de 20 mm, cuando el espesor de la capa sea 10 cm o más. Si la varilla produce oquedades, se golpean ligeramente las paredes del molde para eliminarlas.

## **Acabado**

Después de la compactación con cualquiera de los métodos anteriores, a menos que el enrasado se haya efectuado durante la vibración descrita, se enrasa la superficie del concreto y se termina de acuerdo con el método empleado. Si no se especifica el tipo de acabado, se termina la superficie con un enrasador de madera o de metal. Se efectúa el acabado con el mínimo de pasadas necesarias para producir una superficie plana y uniforme, que esté a nivel con las orillas del molde y que no tenga depresiones o promontorios de más de 3 mm.

**DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO Y CALCULO DEL  
RENDIMIENTO  
NMX C-162      ASTM C-138**

**Objetivo y campo de aplicación:**

Esta norma establece el procedimiento para la determinación del peso unitario y calculo del rendimiento del concreto fresco; no es aplicable a los concretos secos o de bajo revenimiento.

**Aparatos y Equipo:**

**Balanza o báscula**

La balanza debe tener una precisión de 0.1% de la carga de prueba, dentro del rango de uso. El rango de uso comprende desde la masa del recipiente vacío hasta la masa del mismo, más su contenido de concreto.

**Varilla de compactación**

La varilla debe ser de sección circular, de acero, recta, lisa, de 16mm de diámetro y 600 mm de longitud, con uno de los extremos hemisférico.

**Vibrador interno**

Puede ser de flecha rígida o flexible, accionada preferentemente por un motor eléctrico. La frecuencia de operación debe ser de 7000 vibraciones por minuto o mayor. El diámetro exterior del cabezal debe ser de cuando menos 20 mm y no mayor de 40 mm y su longitud mínima igual a 600 mm (cabezal y flecha).

## Recipiente o unidad de medición

Se debe emplear un recipiente cilíndrico de metal no atacable por la pasta de cemento, estanco y suficientemente rígido para conservar su forma y volumen calibrado bajo uso rudo. Debe ser maquinado en forma tal que conserve medidas precisas en su parte interior y de preferencia provisto de dos manijas. El borde superior debe ser plano con una tolerancia de  $\pm 0.5$  mm. El borde superior del recipiente se considera plano al no poder insertar un calibrador de 0.5 mm entre el borde y una placa de vidrio de por lo menos 6 mm de espesor, colocada encima de dicho borde. La capacidad calibrada del recipiente puede tener una tolerancia de +5% respecto a la capacidad nominal.

Los recipientes maquinados pueden tener redondeada la intersección del fondo con las paredes, con un radio que no exceda de 10 mm. Se deben emplear recipientes de forma cilíndrica, pero el diámetro del fondo puede ser un 10% menor que el diámetro de la parte superior.

CAPACIDAD Y DIMENSIÓN DEL RECIPIENTE			CAPACIDAD MÍNIMA DEL RECIPIENTE	
Capacidad del recipiente (litros)	Diámetro interior (mm)	Altura interior (mm)	Tamaño máximo nominal del agregado grueso (mm)	Capacidad del recipiente (litros)
5	170 $\pm$ 2	220 $\pm$ 2	25	5
10	205 $\pm$ 2	305 $\pm$ 2	38	10
14	245 $\pm$ 2	317 $\pm$ 2	50	14
28	347 $\pm$ 2	298 $\pm$ 2	75	28

## Placa enrasadora

Debe ser una placa rectangular, plana, de cuando menos 6 mm de espesor si es de metal, o de 12 mm si es de vidrio de material acrílico, con una longitud y un ancho de cuando menos 50 mm mayor que el diámetro del recipiente con el cual se use. Los cantos de la placa deben ser rectos y lisos, con una tolerancia de  $\pm 1.5$  mm.

## **Equipo de calibración**

Debe ser una pieza de vidrio de cuando menos 6 mm de espesor y 50 mm mayor que el diámetro del recipiente que va a ser calibrado. Al calibrar el recipiente, se coloca en el borde superior grasa de bomba o de chasis (grasa gruesa), para evitar fugas de agua.

## **Calibración del recipiente**

El recipiente debe ser verificado cuando menos una vez al año, o cada vez que se tenga duda sobre su precisión. Se calibra el recipiente y se determina el factor para convertir la masa en kilogramos, a masa en kilogramos por metro cúbico contenida en el recipiente. Se debe seguir el procedimiento indicado a continuación: se llena el recipiente con agua a temperatura y se cubre con una placa de vidrio, eliminando las burbujas y el exceso de agua. Se determina la masa neta del agua en el recipiente, con una precisión de 0.1%. Se mide la temperatura del agua y se determina la masa volumétrica de la misma según su temperatura, de acuerdo con la tabla 1. Para los fines prácticos puede considerarse la densidad del agua igual a 1. Se calcula el factor del recipiente dividiendo la masa volumétrica del agua, entre la masa de la muestra requerida para llenarlo.

## **Preparación de la muestra**

La muestra se obtiene de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-161. Una vez obtenida la muestra se coloca en el recipiente y se compacta. En los recipientes de capacidad menor de 10 litros se compacta la muestra con varilla para evitar pérdida excesiva de aire incluido. En recipientes de 10 litros de capacidad o mayores, el método de consolidación puede ser por varillado o por vibración interna; lo anterior se selecciona con base en el revenimiento de la mezcla a menos que se establezca el procedimiento de las especificaciones particulares de la obra.

Se debe varillar el concreto que tenga revenimiento mayor de 70 mm; se pueden varillar o vibrar los concretos con revenimiento de 50 a 70 mm. Se deben vibrar los concretos con revenimientos menores de 50 mm.

TABLA I		
Temperatura y masa volumétrica del agua		
Temperatura		Masa volumétrica
k	( c )	(kg/m <sup>3</sup> )
288	15.0	999.10
291	18.0	998.68
294	21.0	997.95
296	23.0	997.50
297	24.0	997.30
300	27.0	996.52
302	29.0	995.97

## Procedimiento

### **Varillado**

Se coloca el concreto en tres capas aproximadamente de igual volumen. Cada capa se compacta con 25 penetraciones de la varilla si el volumen es de 14 litros o menos, y con 50 penetraciones si es de 28 litros. La varilla debe penetrar en la capa inferior en todo su espesor, pero sin golpear al fondo del recipiente. Se distribuye aproximadamente 20 mm en la capa inmediata inferior. Después de compactar cada capa se deben dar golpes ligeros a los lados del recipiente, hasta que no aparezcan huecos grandes de aire en la superficie, cerrando con la varilla de compactación los huecos dejados. Se agrega la última capa evitando el rebosamiento.

### **Vibración interna**

Se llena el recipiente y se vibra el concreto en dos capas aproximadamente iguales. Se inserta el vástago del vibrador en tres puntos diferentes de capa evitando tocar los lados del recipiente. Durante la compactación de la capa inferior, no se debe apoyar o tocar con el vibrador el fondo. En la compactación de la capa superior, el vibrador debe penetrar en la capa anterior 20 mm aproximadamente. Se debe tener cuidado de extraer lentamente el vástago, de tal manera de no dejar bolsas de aire en el espécimen. El tiempo requerido de vibración depende de la trabajabilidad de la mezcla y de la eficiencia del vibrador. En general, el vibrador es suficiente tan pronto como la superficie del concreto se vuelve relativamente lisa y el agregado grueso tiende a desaparecer. Se continúa la vibración el tiempo necesario hasta alcanzar una compactación apropiada del concreto. La sobrevibración es causa de segregación y de pérdida de una apreciable cantidad de aire incluido.

Se debe mantener una duración uniforme de vibrado para una misma clase de concreto, un mismo tipo de vibrador y un mismo recipiente.

Terminada la compactación, el recipiente no debe contener exceso o falta de concreto. El contenido óptimo es aquél en el que el concreto sobresale unos 3 mm sobre el borde superior del recipiente. Se puede agregar una pequeña porción de concreto para completar la cantidad óptima al terminar la compactación; se debe remover la cantidad excedente con una cuchara, inmediatamente después de terminar la compactación y antes de que se enrase.

### **Enrase**

Al terminar la compactación se debe enrasar la superficie del concreto con la placa enrasadora hasta dejar la superficie pulida y justo a nivel con el borde del recipiente. Se enrasa mejor haciendo presión con el enrasador sobre la superficie del concreto, cubriendo unos dos tercios de ella y retirándolo con un movimiento de sierra para terminar la superficie cubierta originalmente. Se coloca nuevamente el enrasador sobre la superficie del concreto, cubriendo los dos tercios enrasados y se enrasa con movimiento de sierra y presionando verticalmente hasta cubrir el total de la superficie. Varias pasadas finales inclinando el enrasador producen un terminado pulido de la superficie del concreto.

### **Limpieza y determinación de la masa**

Después de enrasar se limpia todo el exceso de concreto adherido en el exterior del recipiente y se determina la masa del concreto con la precisión indicada.

## CÁLCULOS

### **Masa unitaria**

Se calcula la masa neta del concreto en kilogramos, restando la masa del recipiente de la masa bruta. Se calcula la masa por metro cúbico "MU" multiplicando la masa del concreto por el factor del recipiente

### **Rendimiento**

Se calcula el rendimiento "R" (volumen real de concreto obtenido por revoltura) dividiendo la masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura "MI", entre la masa unitaria "MU" determinada. La masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura es la suma de las masas del cemento, del agregado fino, del agregado grueso en las condiciones en que se usan, del agua de mezclado agregada a la revoltura y de cualquier otro material, sólido o líquido.

### **Rendimiento**

Es la relación entre el volumen real de concreto obtenido y el volumen de diseño teórico de una revoltura, calculado como sigue:

$$Rr = \frac{R}{Vt}$$

En donde:

Rr= Rendimiento relativo

R = Volumen real de concreto obtenido por revoltura (rendimiento), en m<sup>3</sup>.

Vt= Volumen de concreto teórico que produce una revoltura, m<sup>3</sup>.

Un valor Rr mayor de 1.00 indica que se está produciendo un exceso de concreto y un valor menor indica que se produce un volumen menor que el de diseño de la revoltura.

## **CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE PRUEBA**

### **NMX C-160                      ASTM C-31**

Los especímenes para evaluar la resistencia del concreto suministrado, que se preparan con muestra del concreto entregado en obra, se deberán curar (16 a 27°) durante 24 horas en el sitio de la obra. Posteriormente se transportarán al laboratorio, se extraerán de los moldes y se almacenarán en condiciones controladas de laboratorio a una temperatura de  $23 \pm 2^\circ \text{C}$  y una humedad relativa de mínimo 95%. Cuando los especímenes se transportan al laboratorio se deberán empacar perfectamente y manejarlos con mucho cuidado para mantenerlos húmedos y evitar que se dañen.

Las condiciones de temperatura y humedad a las que estuvieron expuestos los especímenes de prueba en sus primeros días en el sitio de la obra y en el laboratorio tienen un efecto muy importante sobre la resistencia a todas las edades. El incumplimiento de las recomendaciones para el curado en el sitio de la obra dará lugar a una reducción de la resistencia y no debe permitirse. Por ejemplo, los cilindros que se dejan desprotegidos en la obra durante el fin de semana pueden fácilmente perder del 10 al 25% de su resistencia potencial.

Los especímenes recién preparados no deberán sacudirse con las vibraciones de camiones en circulación, etc., o cambiándolo de lugar en las primeras 24 horas. La información contenida en la tabla 2 muestra que los cilindros que no se protegen en el sitio de la obra tendrán una mayor resistencia. Los resultados indicados en la tabla están expresados en porcentaje de la resistencia a la compresión de parejas de especímenes curados conforme al procedimiento estándar.

El almacenamiento sin protección a bajas temperaturas ( $4^\circ\text{C}$ ) tiene un efecto muy importante sobre la resistencia a 7 días y su efecto es menor en la resistencia a 28 días. Los especímenes que se almacenan tres días a  $3^\circ\text{C}$  tendrán una resistencia a la compresión a 7 días del 80% de la que corresponde a especímenes con curado estándar, mientras que los que se curan durante 7 días alcanzarán únicamente 50% de la resistencia de las muestras estándar. Esto se debe a que el concreto desarrolla su resistencia lentamente a bajas temperaturas. Los especímenes almacenados entre 3 y 7 días a  $3^\circ\text{C}$  y que luego son trasladados al laboratorio para curarse en húmedo en forma estándar.

El almacenamiento sin protección en el sitio de la obra con temperaturas altas tiene un efecto sobre la resistencia a 7 días, pero su influencia aumenta en la resistencia a 28 días. Esto se debe a que los especímenes se secan más rápidamente a temperaturas más altas. Los especímenes no protegidos que se almacenan durante un día a 37°C alcanzan el 90%; los que se almacenan 3 días tienen el 80%, mientras que los almacenados durante 7 días sólo llegan al 75% de la resistencia a la compresión a 28 días de las parejas de especímenes que se curaron continuamente en forma estándar. De estos resultados se puede demostrar claramente la necesidad de contar con temperatura y condiciones de humedad adecuadas para curar los especímenes en el sitio de la obra.

# **CABECEO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

## **NMX C-109                      ASTM C-617**

### **OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta Norma Mexicana establece los procedimientos para cabecear cilindros de concreto con mortero de azufre de alta resistencia.

#### **Cabeceo**

Es la preparación de las bases de los especímenes de concreto, para su prueba, con los materiales mencionados anteriormente.

### **APARATOS Y EQUIPO**

#### **Dispositivos**

Para el cabeceo con mortero de azufre se emplean platos metálicos, cuyo diámetro debe ser por lo menos 5.0mm mayor que el del espécimen por cabeceo y su superficie de asiento no debe apartarse de un plano en más de 0.05 mm en 150 mm.

La superficie de los platos debe estar libre de estrías, ranuras o depresiones mayores de 0.25 mm de profundidad en 32 mm<sup>2</sup> de su área. El espesor mínimo de la placa debe ser por lo menos 13 mm. En ningún caso la depresión debe reducir el espesor mínimo mencionado.

#### **Dispositivos de alineamientos**

Deben emplearse dispositivos de alineamiento, tales como barras guía o niveles de "ojo de buey", en unión con las placas de cabeceo, para asegurar que ni una sola capa se aparte de la perpendicular al eje del espécimen cilíndrico en más de 0.5 grados (aproximadamente 3 mm en 300 mm).

El mismo requisito es aplicable a la relación entre el eje del dispositivo de alineamiento y la superficie de la placa de cabeceo cuando se empleen las barras guía.

Más aún, la localización de cada barra respecto de su placa debe ser tal, que ninguna capa esté fuera del centro de un espécimen por más de 2mm.

## **Recipiente para fundir el azufre**

Existen dos tipos de recipientes para el fundido del azufre:

Recipientes equipados con dispositivos que controlen automáticamente la temperatura y recipientes sometidos a calor externo.

En ambos casos los recipientes deben ser fabricados o forrados de algún material que no sea reactivo con el azufre fundido. Para realizar la operación de fundido se debe contar con una campana de extracción de gases.

## **Mortero de azufre**

Los morteros de azufre comerciales o preparados en el laboratorio deben endurecerse en 2 horas. El mortero de azufre debe verificarse, y debe cumplir con los siguientes requisitos:

Resistencia mínima de la compresión a la edad de 2 horas: 34.32 Mpa (350 Kg/cm<sup>2</sup>).

## **PROCEDIMIENTO DE CABECEO**

Las superficies cabeceadas de los especímenes para compresión deben ser planas, dentro de una tolerancia de 0.05 mm, a través de cualquier diámetro. Durante los procedimientos de cabeceo, la planicidad de las capas debe verificarse tres veces por día: al principio, a la mitad y al final de la jornada. Los planos de las bases cabeceadas de cada 10 especímenes deben ser verificados por medio de una regla rígida de bordes rectos y calibradores de laminillas para espesores, tomando un mínimo de tres lecturas en diámetros diferentes para asegurar que las superficies de las capas no se aparten de un plano en más de 0.05 mm.

## **Cabeceo con mortero de azufre**

Se prepara el mortero de azufre para su empleo, calentándolo a  $413 \pm 10^\circ\text{K}$  ( $140 \pm 10^\circ\text{C}$ ). Se recomienda colocar en los recipientes la cantidad de azufre necesaria para los especímenes por cabecear en esa etapa y antes de volverse a llenar se elimina el material sobrante.

La mezcla de azufre nuevo debe estar seca en el momento que se coloca en el recipiente, ya que la humedad puede producir espuma. Por la misma razón, la mezcla de azufre fundido debe mantenerse alejada de cualquier humedad. El plato o los dispositivos para el cabeceo deben ser calentados ligeramente antes de ser empleados para disminuir la velocidad del endurecimiento y permitir la formación de capas delgadas. Inmediatamente antes de vaciar cada capa, se aceita ligeramente el plato de cabeceo y se agita el mortero de azufre fundido. Las bases de los especímenes curados en forma húmeda deben estar suficientemente secas en el momento del cabeceo, para evitar que dentro de las capas se formen burbujas de vapor o bolsas de espuma de diámetro mayor de 6 mm.

Para asegurar que la capa se ha adherido a la superficie del espécimen, la base de éste no debe ser aceitada antes de la aplicación de la capa.

El emplear varias veces el mismo material debe ser restringido a un máximo de 10 veces para disminuir al mínimo la pérdida de la resistencia y de la fluidez ocasionada por la contaminación del mortero con aceite o con desperdicio de distintas clases y pérdida de azufre a través de la volatilización.

Los especímenes curados por vía húmeda deben ser mantenidos en condiciones húmedas durante el tiempo transcurrido entre el terminado del cabeceo y el momento de la prueba, regresándolos al almacenamiento húmedo o protegiéndolo con una manta o material similar húmedos para evitar la evaporación.

# CONCRETO-DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NMXC-83      ASTM C-39

## OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece el método de prueba para la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros moldeados de concreto.

## APARATOS Y EQUIPO

### **Máquina de prueba**

La máquina de prueba puede ser de cualquier tipo, con capacidad suficiente y que pueda funcionar a la velocidad de aplicación de la carga especificada, sin producir impactos ni pérdidas de carga.

Si la máquina de prueba tiene solamente una velocidad de carga que cumpla con lo indicado, debe estar provista de algún dispositivo complementario que pueda ser operado mecánica o manualmente para ajustar la carga a una velocidad adecuada para su calibración.

El espacio para los especímenes de prueba puede ser lo suficientemente grande para darles cabida, en una posición cómoda, a éstos y al dispositivo de calibración.

La máquina de prueba debe estar equipada con dos bloques de acero con una cara endurecida para la aplicación de la carga. Uno de los bloques debe tener asiento esférico y apoyarse en la parte superior del espécimen y la otra placa debe ser un bloque rígido en donde descansa el espécimen. Con excepción de los círculos concéntricos descritos más adelante, las superficies de apoyo no deben diferir de un plano en más de 0.025 mm en una longitud de 150 mm; para placas menores de 150 mm la tolerancia en planicidad es de 0.025 mm; es recomendable que las placas tengan la mitad de estas tolerancias.

Cuando el diámetro de la superficie de carga de la placa de asiento esférico excede al diámetro del espécimen en 13 mm o más, para facilitar el centrado adecuado se deben grabar círculos concéntricos que no tengan más de 0.8 mm de profundidad, ni más de 1.2 mm de ancho.

El apoyo inferior puede ser la platina, si ésta es fácilmente desmontable y susceptible de maquiñarse.

### DIÁMETROS PARA PLACA SUPERIOR DE CARGA

Diámetro de los especímenes de prueba (mm)	Diámetro máximo de la placa (mm)
50	100
75	125
100	165
150	250
200	280

Si se carga de una máquina para ensaye a compresión se registra en una carátula, ésta debe estar provista de una escala graduada que pueda leerse por lo menos con una aproximación de 2.5% de la carga aplicada; es recomendable mantener la uniformidad de la graduación en la escala de toda la carátula.

Debe estar provista de una línea de referencia en cero y una graduación que inicie en forma progresiva, cuando menos en el 10% de su capacidad; la aguja indicadora debe tener la longitud suficiente para coincidir con las marcas de graduación, el ancho de su extremo no debe ser mayor que el claro libre entre 2 graduaciones menores. Cada carátula debe estar equipada con una aguja de arrastre de la misma longitud que la aguja indicadora y un mecanismo para ajustar a la referencia en cero en caso de desviación.

La separación mínima entre dos graduaciones no debe ser menor a 1 mm para realizar una lectura adecuada. Las máquinas con sistema digital deben estar equipadas con un dispositivo que registre la carga máxima aplicada.

## **Verificación**

La verificación de la precisión de las máquinas de prueba debe realizarse de acuerdo a la NMX-CH-27 bajo las condiciones siguientes:

El error permitido en la máquina de ensaye para la realización de pruebas a compresión de concreto, debe ser como máximo de  $\pm 3\%$  de la carga aplicada. La máquina debe calibrarse inicialmente antes de ser puesta en operación y posteriormente en forma interna cada 2,000 cilindros, lo cual podrá ampliarse hasta 12,000, si no se detectan desviaciones. Estas máquinas deben calibrarse por un laboratorio autorizado por la Dirección General de Normas cada año, como máximo, si el número de especímenes ensayados es menor de 40,000. Si fuese mayor de 40,000, la calibración debe efectuarse por lo menos cada 40,000 ensayes. Además, debe realizarse esta operación inmediatamente después de que se efectúen reparaciones o ajustes en los mecanismos de medición y cada vez que se cambie de sitio o que por alguna razón se dude de la exactitud de los resultados, sin importar cuándo se efectuó la última verificación.

## **CONDICIÓN DE HUMEDAD**

### **Especímenes húmedos**

El ensaye a la compresión de los especímenes curados en húmedo debe efectuarse tan pronto como sea posible después de retirarlos de la piletta o del cuarto húmedo y una vez que el material de cabeceo hay adquirido la resistencia requerida; durante el tiempo transcurrido entre el retiro del almacenamiento húmedo y el ensaye, los especímenes deben conservarse húmedos por cualquier método.

## **REPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES**

### **Dimensiones**

El diámetro y la altura del espécimen de prueba debe determinarse con una aproximación de 1 mm, promediando las medidas de 2 diámetros perpendiculares entre sí a una altura media del espécimen y 2 alturas opuestas. Cuando la altura promedio del espécimen es menor de 1.8 veces el diámetro, el resultado de la resistencia debe corregirse por esbeltez de acuerdo a la siguiente tabla y cuando la relación de altura a diámetro es mayor de 2.1 el espécimen debe recortarse.

## FACTORES DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

Relación de Altura/Diámetro del espécimen	Factor de corrección a la resistencia
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

### **Cabeceo**

Antes del ensaye, los extremos de los especímenes o caras de aplicación de carga no deben apartarse de la perpendicular al eje en más de  $0.5^\circ$ , aproximadamente 3 mm en 300 mm, y no se permiten irregularidades respecto de un plano que exceda de 0.05 mm, en caso contrario deben ser cabeceadas de acuerdo a lo indicado en la NMX C-109.

## **PROCEDIMIENTO DE ENSAYE**

### **Colocación del espécimen**

Se limpian las superficies de las placas superior e inferior a las cabezas del espécimen de prueba; se coloca este último sobre la placa inferior alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga con asiento esférico, mientras la placa superior se baja hacia el espécimen asegurándose que se tenga un contacto suave y uniforme.

### **Velocidad de aplicación de la carga**

Se debe aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua, sin producir ni impacto, ni pérdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 137 a 343 kPas/s (84 a 210 kgf/cm<sup>2</sup>/min). Se permite una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada, siempre y cuando durante la segunda mitad se mantenga la velocidad especificada; puedan utilizarse máquinas operadoras manualmente o motorizadas que permitan cumplir con lo anterior, teniendo en cuenta que no deban hacerse ajustes en los controles de las máquinas de prueba operadas a motor, ni tratar de aumentar o disminuir la velocidad de aplicación de carga en los manuales, cerca de la zona de falla.

Se aplica carga hasta alcanzar la máxima, registrándose. Cuando sea necesario podrá llevarse hasta la falla, anotando tipo de falla y apariencia del concreto, en este caso.

Es recomendable colocar en la máquina, dispositivos de seguridad para evitar daños a los operadores durante la falla del espécimen.

Los especímenes para aceptación o rechazo de concreto deben ensayarse a la edad de 14 días en el caso de concreto de resistencia rápida, o 28 días en caso de resistencia normal, con las tolerancias que a continuación se indican.

Edad de prueba	Tolerancia permisible
14	$\pm 12h$
28	$\pm 24h$

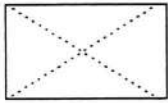
De preferencia se recomienda ensayar con la tolerancia de la mayor edad en cada caso.

Para aquellos especímenes en los cuales no se tenga una edad de prueba de las prescritas en la tabla anterior, se ensayarán con las tolerancias que se fijen de común acuerdo por los interesados.

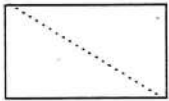
## CÁLCULOS

Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal determinando con el diámetro medido.

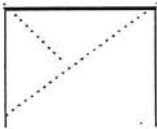
## DIAGRAMA DE FALLAS DE CILINDROS SOMETIDOS A COMPRESIÓN



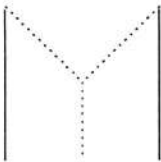
1.- Se observa cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado.



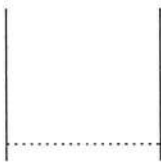
2.- Se observa comúnmente cuando las caras de aplicación de carga se encuentran en el límite de tolerancia especificada o excediendo a ésta.



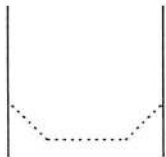
3.- Se observa en especímenes que presentan una superficie de carga convexa y/o por deficiencia del material de cabeceo; también por concavidad del plato de cabeceo o convexidad en una de las placas de carga.



4.- Se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga cóncava y/o por deficiencias del material de cabeceo o también por concavidad en una de las placas de carga.



5.- Se observa cuando se producen concentraciones de esfuerzo en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de carga por deficiencia del material de cabeceo o rugosidades en el plato de cabeceo o placas de carga.



6.- Se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa y/o por deficiencias del material de cabeceo o del plato del cabeceador.



7.- Se observa cuando las caras de aplicación de carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias del paralelismo establecido o por ligeras desviaciones en el centrado del espécimen para la aplicación de carga.

El resultado de la prueba se expresa con una aproximación de 100 kPa (1kgf/cm<sup>2</sup>).

### **INFORME DE LA PRUEBA**

El registro de los resultados debe incluir los datos siguientes:

- a) Clave de identificación del espécimen
- b) Edad nominal del espécimen
- c) Diámetro y altura en centímetros, con aproximación a milímetros
- d) Área de la sección transversal, en centímetros cuadrados con aproximación del décimo
- e) Masa de espécimen en kilogramos
- f) Carga máxima en N (kgf)
- g) Resistencia a la compresión, calculada con aproximadamente de 100 kPa (1 kgf/cm<sup>2</sup>)
- h) Descripción de la falla
- l) Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas

**FORMATOS UTILIZADOS PARA  
LLEVAR EL CONTROL DE CALIDAD  
DEL CONCRETO**

## REPORTE INTERNO DE ANALISIS DE ARENA

Fecha : \_\_\_\_\_  
 Análisis No. : \_\_\_\_\_  
 Mina : \_\_\_\_\_  
 Localidad : \_\_\_\_\_

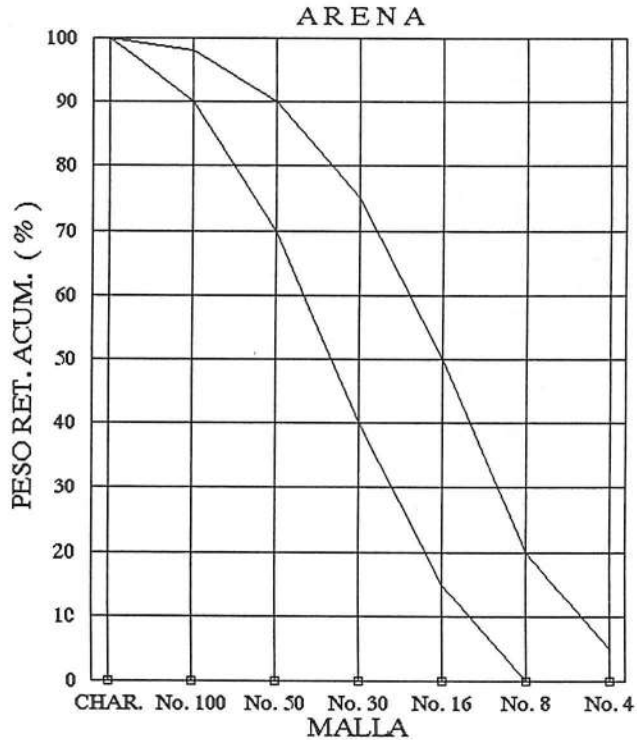
Tipo de arena : \_\_\_\_\_  
 Clasificación Petrográfica : \_\_\_\_\_  
 Color : \_\_\_\_\_  
 Planta : \_\_\_\_\_

$\text{Densidad} = \frac{P_{sss}}{\text{Volumen}} = \text{_____} = \text{_____} \text{ gr/cm}^3$
$\text{Absorción} = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} \times 100 = \text{_____} \%$

<b>PESO VOLUMETRICO SUELTO :</b> $P.V.S. = P_{ns} \times \text{Factor} = \text{_____} \times \text{_____} = \text{_____} \text{ kg/m}^3$
<b>PESO VOLUMETRICO COMPACTADO :</b> $P.V.C. = P_{nc} \times \text{Factor} = \text{_____} \times \text{_____} = \text{_____} \text{ kg/m}^3$
<b>PERDIDA POR LAVADO :</b> $P \times L = \frac{P_{s1} - P_{s2}}{P_{s1}} \times 100 = \text{_____} \%$

PROPIEDADES FISICAS	
DENSIDAD	kg/m <sup>3</sup>
ABSORCION	%
PESO VOL. SUELTO (P.V.S.)	kg/m <sup>3</sup>
PESO VOL. COMPACTADO (P.V.C.)	kg/m <sup>3</sup>
CONTAMINACION DE GR. EN AR.	%
PERDIDA POR LAVADO ( P X L )	%
MODULO DE FINURA	

Malla	Peso Ret. (grs)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa La Malla
No. 4				
No. 8				
No. 16				
No. 30				
No. 50				
No. 100				
No. 200				
CHAROLA				
Total				



METODOS DE PRUEBA EMPLEADOS : NMX-C-30, C-73, C-77, C-84, C-111, C-165, C-166 y C-170.

Observaciones : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Realizó : \_\_\_\_\_

## REPORTE INTERNO DE ANALISIS DE GRAVA

Fecha : \_\_\_\_\_  
 Análisis No. : \_\_\_\_\_  
 Mina : \_\_\_\_\_  
 Localidad : \_\_\_\_\_  
 Planta : \_\_\_\_\_

Tipo de grava : \_\_\_\_\_  
 Clasificación Petrográfica : \_\_\_\_\_  
 Color : \_\_\_\_\_  
 T.M.N. : \_\_\_\_\_

P<sub>ss</sub>

Densidad =  $\frac{\text{P}_{ss}}{\text{Volumen}}$  = \_\_\_\_\_ = kg/m<sup>3</sup>

P<sub>ss</sub> - P<sub>s</sub> -

Absorción =  $\frac{\text{P}_{ss} - \text{P}_s}{\text{P}_s}$  x 100 = \_\_\_\_\_ %

**PESO VOLUMETRICO SUELTO :**

P.V.S. = P<sub>ns</sub> x Factor = \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ = kg/m<sup>3</sup>

**PESO VOLUMETRICO COMPACTADO :**

P.V.C. = P<sub>nc</sub> x Factor = \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ = kg/m<sup>3</sup>

**CONTAMINACION DE ARENA :**

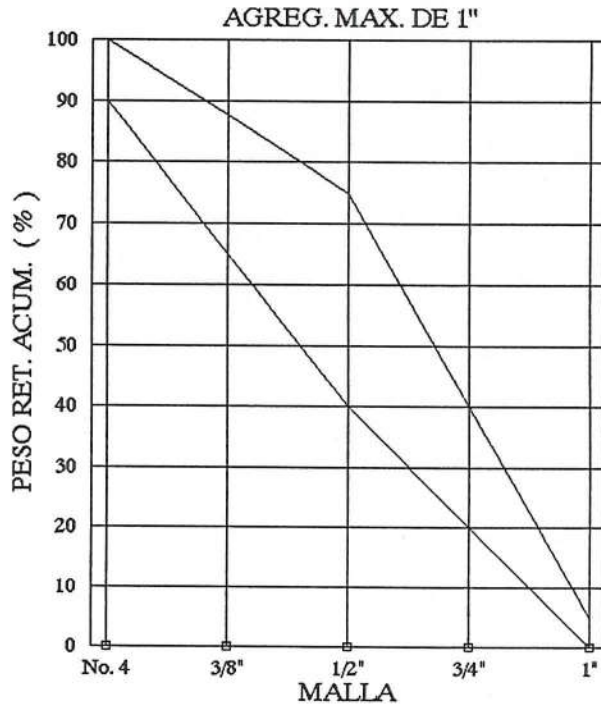
Pasa No. 4

CONT. = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ = %

(AR/GR) Peso Total

PROPIEDADES FISICAS	
DENSIDAD	kg/m <sup>3</sup>
ABSORCION	%
PESO VOL. SUELTO (P.V.S.)	kg/m <sup>3</sup>
PESO VOL. COMPACTADO (P.V.C.)	kg/m <sup>3</sup>
CONTAMINACION DE AR. EN GR.	%
MODULO DE FINURA	

Malla	Peso Ret. (grs)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa La Malla
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No. 4				
Charola				
Total				



METODOS DE PRUEBA EMPLEADOS : NMX - C-30, C-73, C-77, C-164, C-168 y C-170.

Observaciones :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Realizó : \_\_\_\_\_

LABORATORIO

REPORTE INTERNO DE MUESTREO EN OBRA

CLIENTE: \_\_\_\_\_  
OBRA: \_\_\_\_\_  
CONCRETO: \_\_\_\_\_ No.REMISION: \_\_\_\_\_  
ELEMENTO \_\_\_\_\_ REV. BT.: \_\_\_\_\_  
No. MUESTRA: \_\_\_\_\_ HR. SALIDA: \_\_\_\_\_  
CARRO o. \_\_\_\_\_ HR.MUESTRA \_\_\_\_\_  
No.M3.: \_\_\_\_\_ VOL. EN UNIDAD.: \_\_\_\_\_

No. MOLDE				
EDAD (DIAS)				

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS: NMX-C-136 C-160 Y C-161

MUESTREADOR: \_\_\_\_\_

(NOMBRE Y FIRMA)

LABORATORIO

REPORTE INTERNO DE MUESTREO EN OBRA

CLIENTE: \_\_\_\_\_  
OBRA: \_\_\_\_\_  
CONCRETO: \_\_\_\_\_ No.REMISION: \_\_\_\_\_  
ELEMENTO \_\_\_\_\_ REV. BT.: \_\_\_\_\_  
No.MUESTRA: \_\_\_\_\_ HR. SALIDA: \_\_\_\_\_  
CARRO o. \_\_\_\_\_ HR.MUESTRA \_\_\_\_\_  
No.M3.: \_\_\_\_\_ VOL. EN UNIDAD.: \_\_\_\_\_

No. MOLDE				
EDAD (DIAS)				

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS: NMX-C-136 C-160 Y C-161

MUESTREADOR: \_\_\_\_\_

(NOMBRE Y FIRMA)

LABORATORIO

REPORTE INTERNO DE MUESTREO EN OBRA

CLIENTE: \_\_\_\_\_  
OBRA: \_\_\_\_\_  
CONCRETO: \_\_\_\_\_ No.REMISION: \_\_\_\_\_  
ELEMENTO \_\_\_\_\_ REV. BT.: \_\_\_\_\_  
No.MUETRA: \_\_\_\_\_ HR.SALIDA: \_\_\_\_\_  
CARRO o. \_\_\_\_\_ HR.MUESTRA \_\_\_\_\_  
No.M3.: \_\_\_\_\_ VOL. EN UNIDAD.: \_\_\_\_\_

No. MOLDE				
EDAD (DÍAS)				

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS: NMX-C-136 C-160 Y C-161

MUESTREADOR: \_\_\_\_\_

(NOMBRE Y FIRMA)



## IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMENES

NO. DE MUESTRA:	_____
FECHA:	_____
F´C:	_____
OBRA:	_____
NO. DE REMISION:	_____

NO. DE MUESTRA:	_____
FECHA:	_____
F´C:	_____
OBRA:	_____
NO. DE REMISION:	_____

NO. DE MUESTRA:	_____
FECHA:	_____
F´C:	_____
OBRA:	_____
NO. DE REMISION:	_____

NO. DE MUESTRA:	_____
FECHA:	_____
F´C:	_____
OBRA:	_____
NO. DE REMISION:	_____

NO. DE MUESTRA:	_____
FECHA:	_____
F´C:	_____
OBRA:	_____
NO. DE REMISION:	_____

# RENDIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO POR REVOLTURA NMX-C-162-1985

DATOS GENERALES			
f'c=_____ (kg/cm <sup>2</sup> )	(N)	T.M.A.=_____ (mm)	REV. _____ (cm)    REV.OBT. _____
		(cm)	
REMISION: _____		VOL. _____ (m <sup>3</sup> )	
PLANTA: _____		FECHA: _____	
MUESTRA NO. _____	UNIDAD No. _____	OBRA: _____	

## PESO DE LOS MATERIALES DOSIFICADOS

MATERIAL		TOTALES
CEMENTO		
GRAVA		
GRA-ARE		
AGUA		
TOTAL		

PROPORCIONAMIENTO BASE POR M <sup>3</sup> .	
CEMENTO _____ (Kg/m <sup>3</sup> )	1) FACTOR DE LA OLLA (F) _____
GRAVA _____ (Kg/M <sup>3</sup> )	2) PESO DEL RECIPIENTE (TARA) _____ ( kg)
ARENA _____ (Kg/M <sup>3</sup> )	3) PESO DEL RECIPIENTE CON CONCRETO _____ ( kg)
AGUA _____ (Kg/M <sup>3</sup> )	4) PESO NETO DEL CONCRETO (3-2) _____ ( kg)
PESO VOL. TEOR _____ (Kg/M <sup>3</sup> )	5) PESO UNITARIO (PU) DEL CONCRETO FRESCO (4X1) _____ ( kg/m <sup>3</sup> )

PESO TOTAL POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO:	$\frac{\text{PESO TOTAL DE LOS MATERIALES}}{\text{No. DE METROS CUBICOS}} = \text{_____} = \text{_____} \text{ (Kg/m}^3\text{)}$
RENDIMIENTO=	$\frac{\text{PESO TOTAL POR m}^3 \text{ DE CONCRETO}}{\text{PESO UNITARIO (PU)}} = \text{_____} \times 1000 = \text{_____} \text{ (Lt)}$
(VOL. REAL POR m <sup>3</sup> )	

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

## **CONTROL DE CALIDAD**

El control de calidad de los concretos elaborados para la construcción de la Terminal Marítima y centro de distribución de cemento, se inicia desde la obtención y adquisición de los materiales que se emplean para la fabricación de dicho concreto, se continua con la elaboración, colocación y compactación del concreto fabricado y concluye con la obtención de las resistencias que cumplan con lo especificado para la construcción de esta obra industrial.

Como se comentó anteriormente el control de calidad tiene por objeto verificar que los requisitos especificados para cierto concreto se cumplan dentro de tolerancias previamente establecidas.

Con la adquisición de muestras del concreto producido son obtenidas posteriormente mediante ensaye en el laboratorio, la resistencia a compresión, ésta deberá cumplir con lo especificado durante el diseño de la mezcla. Con los resultados obtenidos en el laboratorio se elaboran registros y cartas de control.

### **Cartas de control**

Las cartas de control son las herramientas estadísticas primordiales utilizadas para evaluar los resultados de los ensayos del concreto. Consisten generalmente en una recta central colocada en el promedio especificado, en una recta superior en el límite superior de aceptación y en una recta inferior en el límite inferior de aceptación.

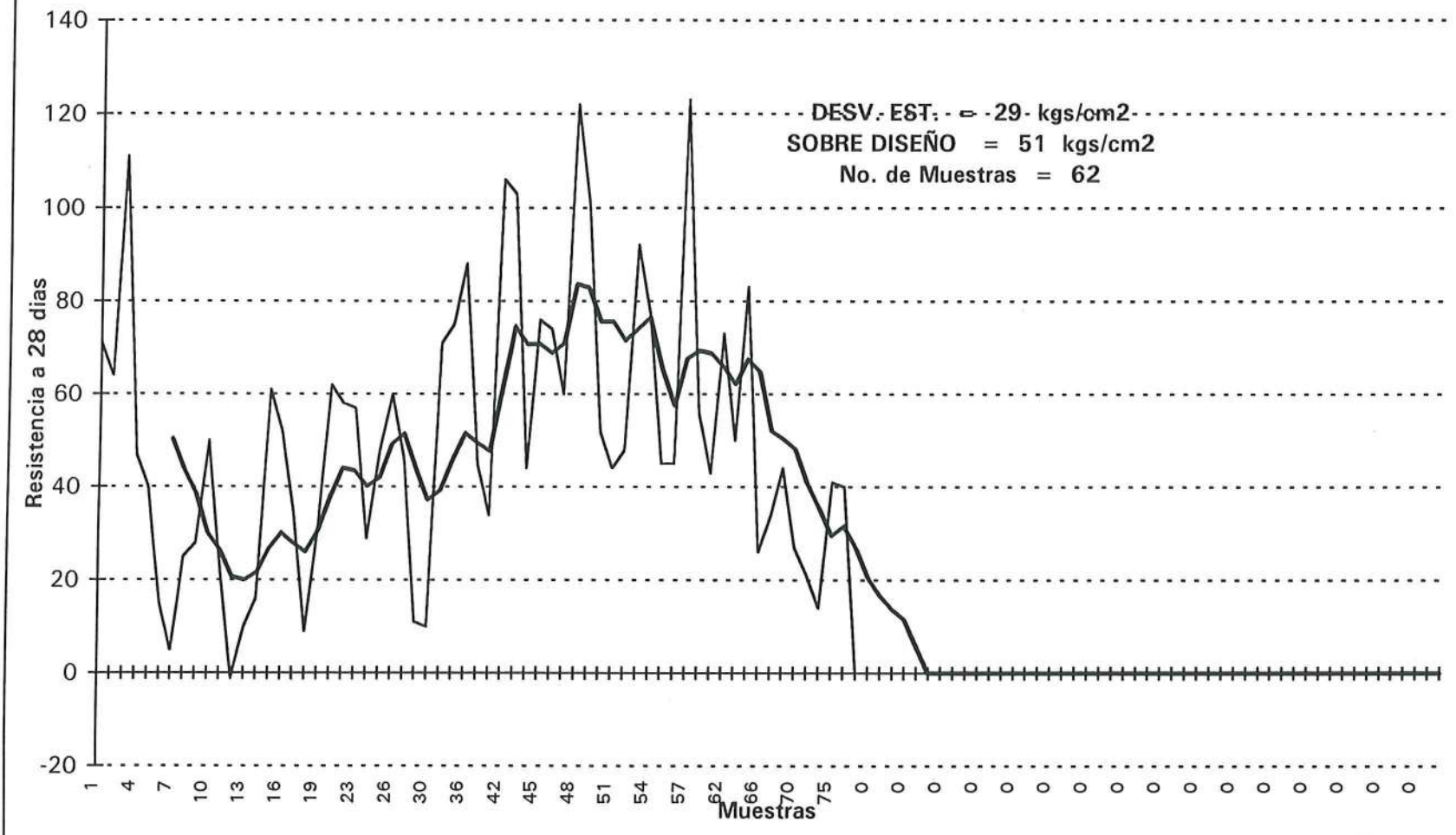
Generalmente los procedimientos para utilizar graficas de control de procesos reales requieren que cuando un valor de resultados de un ensayo cae sobre o por fuera de cualquier recta de aceptación, el productor debe examinar su operación para determinar que ha causado esta variación e intentar corregirla.

Esta clase de grafica de control de rectas horizontales se usa para indicar tanto los resultados de ensayos simples como los promedios acumulados de un número especificado de resultados de ensayos consecutivos.

Fecha	No. Muestra	f'c Kg/cm2	Tipo	T.M.A. T.M.A.	Rev. Rev.	Rev. Obt. Rev. Obt.	NOMBRE CLIENTE	Resistencia a Compresion (kg/cm2)		
								3 días	7 días	EDAD
		300			18					
29-Jul-95	1	300	N	25	18	20	PILA NO. 50	250	310	371
31-Jul-95	2	300	N	25	18	19	PILA NO. 52	239	294	364
5-Ago-95	3	300	N	25	18	19	PILA NO. 33	260	336	411
5-Ago-95	4	300	N	25	18	18	PILA NO.33	240	291	347
15-Ago-95	5	300	N	25	18	20	PILA NO. 22	249	285	340
15-Ago-95	6	300	N	25	18	20	PILA NO. 22	226	262	315
15-Ago-95	7	300	N	25	18	20	PILA NO. 17	215	254	305
16-Ago-95	8	300	N	25	18	19	PILA NO. 34	235	281	325
16-Ago-95	9	300	N	25	18	19	PILA NO. 34	227	275	328
17-Ago-95	10	300	N	25	18	20	PILA NO. 32	254	293	350
18-Ago-95	11	300	N	25	18	18	PILA NO. 36	224	270	323
19-Ago-95	12	300	N	25	18	19	PILA NO.30	201	244	299
21-Ago-95	13	300	N	25	18	19	PILA NO. 47	226	270	310
22-Ago-95	14	300	N	25	18	20	PILA NO. 49	209	257	316
23-Ago-95	15	300	N	25	18	20	PILA NO.51	272	301	361
23-Ago-95	16	300	N	25	18	20	PILA NO.53	244	287	352
24-Ago-95	17	300	N	25	18	20	PILA NO. 54	264	281	335
24-Ago-95	18	300	N	25	18	19	PILA NO.57	246	270	309
25-Ago-95	19	300	N	25	18	18	PILA NO.58	249	284	331
26-Ago-95	20	300	N	25	18	19	PILA NO. 55	279	304	362
28-Ago-95	21	300	N	25	18	17	PILA NO.56	284	298	358
28-Ago-95	23	300	N	25	18	19	PILA NO.59	274	292	357
29-Ago-95	24	300	N	25	18	19	PILA NO. 35	269	297	329
30-Ago-95	25	300	N	25	18	19	PILA NO. 31	282	287	348
31-Ago-95	26	300	N	25	18	21	PILA NO. 18	290	310	360
1-Sep-95	27	300	N	25	18	19	PILA NO. 14	259	302	346
1-Sep-95	28	300	N	25	18	19	PILA NO. 21	226	267	311
2-Sep-95	30	300	N	25	18	17	PILA NO. 16	241	282	310
5-Sep-95	33	300	N	25	18	18	PILA NO. 29	281	301	371
6-Sep-95	34	300	N	25	18	20	PILA NO. 19	282	284	375
7-Sep-95	36	300	N	25	18	19	PILA NO. 13	289	306	388
7-Sep-95	37	300	N	25	18	20	PILA NO. 15	264	275	345
13-Sep-95	40	300	N	25	18	20	PILA NO. 5	267	300	334
13-Sep-95	42	300	N	25	18	19	PILA NO. 44	269	337	406
14-Sep-95	43	300	N	25	18	19	PILA NO. 45	327	356	403
15-Sep-95	44	300	N	25	18	19	PILA NO.46	263	304	344
15-Sep-95	45	300	N	25	18	20	PILA NO. 20	242	312	376
16-Sep-95	46	300	N	25	18	19	PILA NO.43	281	306	374
18-Sep-95	47	300	N	25	18	19	PILA NO.43	255	273	360

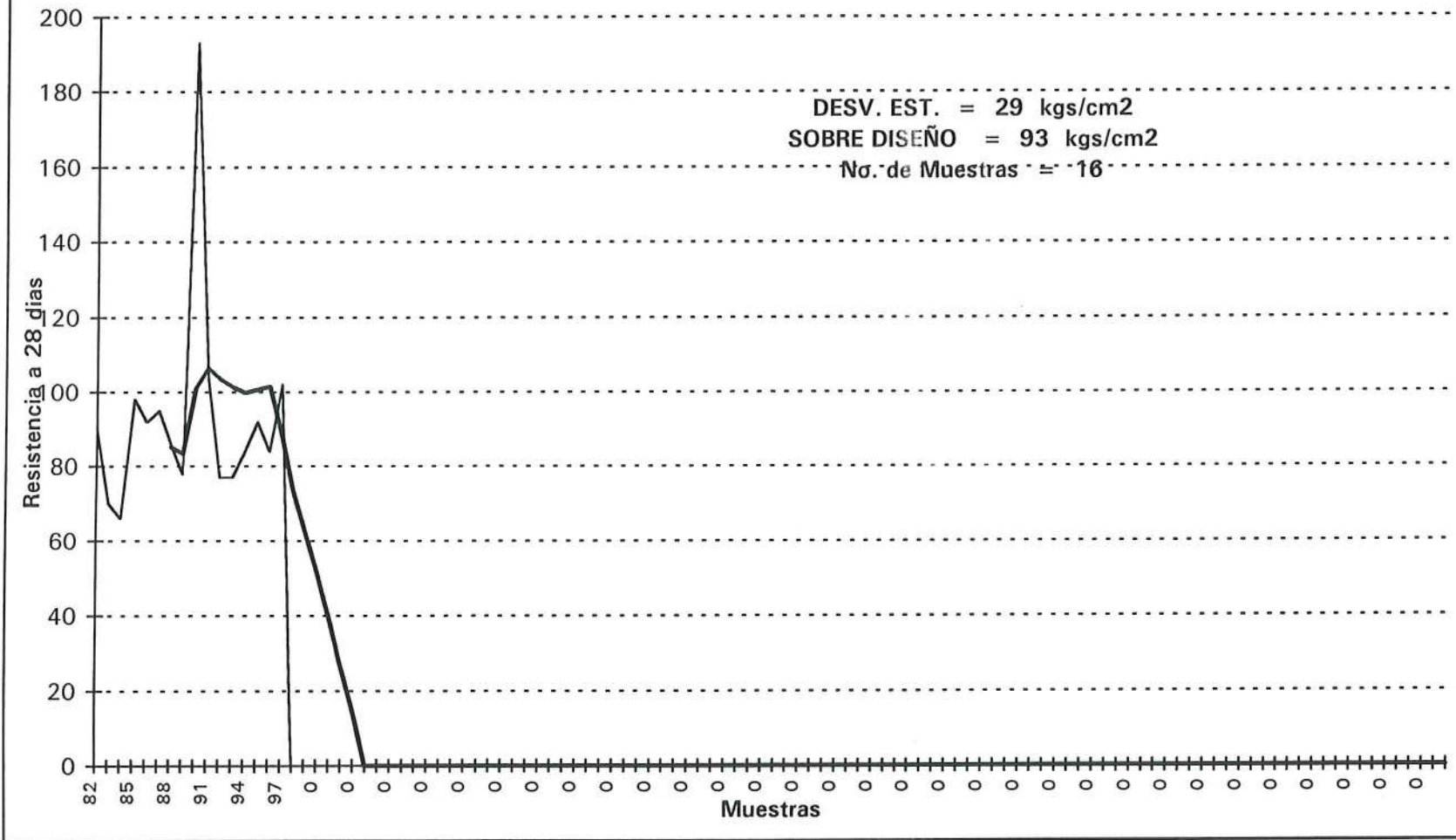


### GRAFICA DE CONTROL PC - 80 ENSENADA 30018



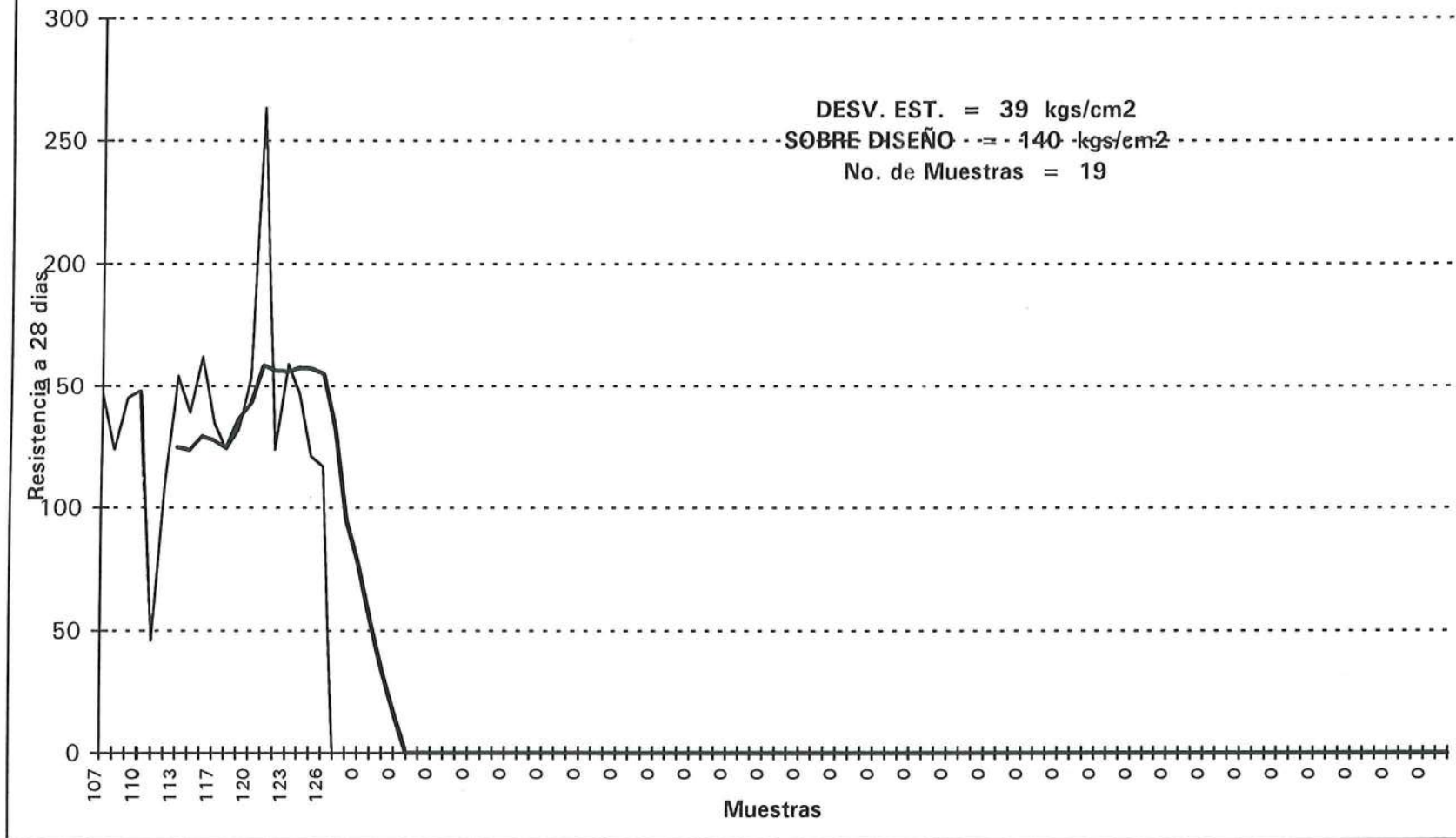
Fecha	No. Muestra	f'c Kg/cm2	Tipo	T.M.A. T.M.A.	Rev. Rev.	Rev. Obt. Rev. Obt.	NOMBRE CLIENTE	Resistencia a Compresion (kg/cm2)		
								3 dias	7 dias	EDAD
		250			12B		LOSA DE SILO			
7-Nov-95	82	250	N	25	12B	14	LOSA DE SILO	300	315	340
8-NOV.-95	83	250	N	25	12B	13	LOSA DE SILO	220	285	320
8-Nov-95	84	250	N	25	12B	14	LOSA DE SILO	280	300	316
9-Nov-95	85	250	N	25	12B	15	LOSA DE SILO	318	337	348
9-Nov-95	86	250	N	25	12B	13	LOSA DE SILO	297	315	342
9-Nov-95	87	250	N	25	12B	14	LOSA DE SILO	281	294	345
9-Nov-95	88	250	N	25	12B	12	LOSA DE SILO	267	278	336
9-Nov-95	89	250	N	25	12B	13	LOSA DE SILO	272	283	328
9-Nov-95	90	250	N	25	12B	13	LOSA DE SILO	372	393	443
10-Nov-95	91	250	N	25	12B	13	LOSA DE SILO	288	290	354
<del>10-Nov-95</del>	<del>92</del>	<del>250</del>	<del>N</del>	<del>25</del>	<del>12B</del>	<del>13</del>	<del>LOSA DE SILO</del>	<del>272</del>	<del>291</del>	<del>327</del>
10-Nov-95	93	250	N	25	12B	14	LOSA DE SILO	266	287	327
10-Nov-95	94	250	N	25	12B	14	LOSA DE SILO	274	280	334
10-Nov-95	95	250	N	25	12B	13	LOSA DE SILO	278	286	342
10-Nov-95	96	250	N	25	12B	12	LOSA DE SILO	273	294	334
10-Nov-95	97	250	N	25	12B	12	LOSA DE SILO	263	286	352

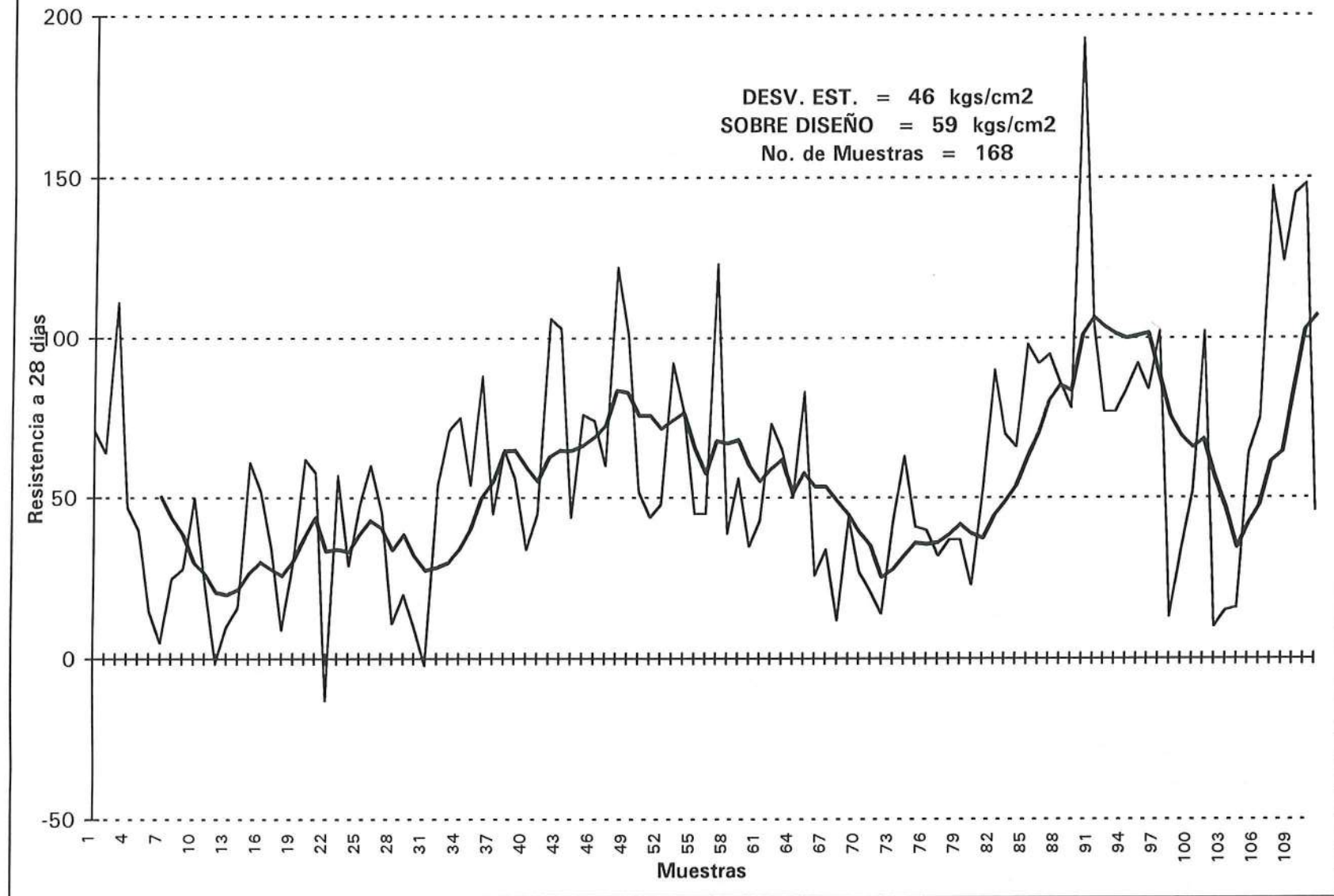
### GRAFICA DE CONTROL PC - 80 ENSENADA 25012B



Fecha	No. Muestra	f'c Kg/cm2	Tipo	T.M.A. T.M.A.	Rev. Rev.	Rev. Obt. Rev. Obt.	NOMBRE CLIENTE	Resistencia a Compresion (kg/cm2)		
								3 dias	7 dias	EDAD
		300			12B		DESLIZADO			
8-Dic-95	107	300	N	25	12B	12	DESLIZADO	248	330	447
8-Dic-95	108	300	N	25	12B	11	DESLIZADO	242	323	424
8-Dic-95	109	300	N	25	12B	12	DESLIZADO	228	319	445
8-Dic-95	110	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	216	324	448
8-Dic-95	111	300	N	25	12B	11	DESLIZADO	185	254	346
13-Dic-95	112	300	N	25	12B	12	DESLIZADO	248	335	410
14-Dic-95	113	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	283	349	454
15-Dic-95	115	300	N	25	12B	12	DESLIZADO	253	304	439
15-Dic-95	116	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	247	313	462
16-Dic-95	117	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	322	364	435
16-Dic-97	118	300	N	25	12B	12	DESLIZADO	271	327	424
17-Dic-95	119	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	272	327	432
17-Dic-95	120	300	N	25	12B	12	DESLIZADO	268	336	454
17-Dic-95	121	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	411	466	563
18-Dic-95	122	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	272	319	424
18-Dic-95	123	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	275	350	459
19-Dic-95	124	300	N	25	12B	13	DESLIZADO	258	340	447
19-Dic-95	125	300	N	25	12B	11	DESLIZADO	234	304	421
20-Dic-95	126	300	N	25	12B	12	DESLIZADO	295	303	417

### GRAFICA DE CONTROL PC - 80 ENSENADA 30012B



**GRAFICA DE CONTROL PC - 80 ENSENADA  
GLOBAL**

## CONCLUSIÓN

En los registros y cartas de control se observa claramente como los resultados de resistencia a compresión especificados son superados grandemente, esto se debe principalmente al efecto que ejerce el hecho de que las mezclas registradas, en su mayoría, fueron diseñadas por durabilidad.

Observándose además que el concreto empleado en esta obra industrial presenta el grado de calidad "B" especificado en un principio. Ya que para el cumplimiento de esta especificación se acepta que no mas del 10% de número de pruebas de resistencia a compresión, tenga valores inferiores a la resistencia especificada.

Por el efecto de durabilidad se experimenta también desviaciones estándar y sobre diseños que no resultan ser conservadores, se antoja también expresar a primera vista que el concreto presentaba excesiva resistencia a la compresión y por lo tanto habría que realizar optimizaciones en los contenidos de cemento en las mezclas.

No aprobándose el hecho de realizar cualquier tipo de optimización en las mezclas diseñadas, siendo la limitante principal el hecho de hacer cumplir una relación agua-cemento de diseño. Esto para el caso de las mezclas especiales que son las diseñadas por de esta forma.

## XI.- Bibliografía

## BIBLIOGRAFÍA

- **Compactación del Concreto**  
ACI-309 R-87  
American Concrete Institute  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- **Aspectos fundamentales del Concreto reforzado**  
Oscar M. González Cuevas  
Francisco Robles F. V.  
Ed. Limusa 1977
- **Práctica recomendable para la dosificación, mezclado, transporte y colocación del concreto ACI-304**  
American Concrete Institute  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- **Práctica Estándar para el curado del concreto ACI-308**  
American Concrete Institute  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- **Construcción de losas y pisos de concreto ACI-302**  
American Concrete Institute  
IMCYC
- **Fabricación de Concreto y Acabados**  
Portland Cement Association  
Ed.Limusa
- **Manual del Concreto**  
Ed. Concretos Apasco

- **Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318-89) y comentarios (ACI 318R-89)**  
ACI  
IMCYC
- **Tolerancia Estándar para materiales y construcciones de concreto (ACI 117-90) y comentarios (ACI 117R-90)**  
ACI  
CNIC (Camara Nacional de la Industria de la Construcción)
- **Colado del Concreto en clima caluroso ACI 305**  
ACI  
CNIC
- **Manual de Tecnología del Concreto**  
Sec. 1, 2, 3  
Comisión Federal de Electricidad  
Instituto de Ingeniería UNAM  
Ed. Limusa
- **Manual de Inspección del Concreto**  
Publicación SP-2  
Informe del comité ACI-311  
Ed. Bogotá
- **Diseño y control de mezclas de concreto**  
Disign and control of concrete mixtures 13th edition Portland Cement Association.  
ACI  
IMCYC
- **Código de las construcciones de concreto reforzado ACI 318-89 (revisado 1992) y comentarios.**  
Fundación de la Industria de la Construcción.  
American Concrete Institute

- **Tecnología del Concreto Tomo I, II, III**  
A.M. Neville  
Editorial Limusa
- **Especificaciones para el Concreto Estructural en Edificios. ACI 301-89**  
American Concrete Institute  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- **Normas Básicas ASTM para el control de Calidad del Concreto**  
American Society for testing and materials.