



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PREDICCIÓN DE LA RESISTENCIA A
COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO EN
FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS
EN ENSAYES A PROBETAS DE DIMENSIÓN
ESTANDAR Y LA OBTENCIÓN DE SU
MÓDULO DE ELASTICIDAD.**

**T E S I S P R O F E S I O N A L
Q U E P A R A O B T E N E R E L
G R A D O D E M A E S T R O E N
I N G E N I E R Í A (C O N S T R U C C I Ó N)**

P R E S E N T A

HERRERA SOSA EDUARDO SADOT.



**DIRECTOR DE TESIS
ING. JUAN LUIS COTTIER
CAVIEDES**

México, D.F. Junio del 2010



JURADO ASIGNADO:

Presidente: Ing. Mendoza Sánchez Ernesto Rene

Secretario: M. I. Díaz Díaz Salvador

Vocal: Ing. Cottier Caviedes Juan Luis

1er. Suplente: M. I. Mendoza Rosas Marco Tulio

2do. Suplente: Dr. Meza Puesto Jesús Hugo

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

MÉXICO D.F.

TUTOR DE TESIS:

Ing. Juan Luis Cottier Caviedes

FIRMA



Agradecimientos

A mis Abuelitos Conchita y Sadot por la educación que me legaron.

A mi Madre que con el ejemplo me enseñó perseverar y ser constante.

A mis Hermanos Tony y Nínive a los que quiero tanto.

A mi Tía Rayito que siempre ha estado ahí para ayudarme en todo.

A mis Tías María Luisa, Georgina y Oliva porque me han apoyado siempre.

A mi Nana Nicolasa por cuidarme y procurarme en todo momento.

Los quiero mucho.

Agradezco a mi asesor el Ing. Cottier por permitirme realizar esta Tesis y a mi Tutor de Maestría Dr. Hugo Meza por su apoyo.

Agradezco especialmente al M.I. Jesús Antonio Flores Bustamante, Jefe del área de construcción de la UAM-Azc por las facilidades a mi otorgadas para la realización de las pruebas de laboratorio sin las cuales no hubiera sido posible realizar esta investigación.

Agradezco sinceramente el apoyo otorgado por el **CONACYT** durante todo el tiempo en que realicé mis estudios de posgrado.

Agradezco enormemente a la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de enriquecer mis conocimientos y de vivir una grata experiencia dentro de la máxima casa de estudios.

Eduardo Sadot Herrera Sosa.
Ing. Civil.
Junio de 2010.



CAPITULO I MARCO TEÓRICO.

Objetivos del proyecto.

Obtener las expresiones matemáticas que permitan predecir la resistencia mecánica a compresión axial, a partir de la resistencia obtenida a 7 días de edad del concreto hidráulico de resistencia normal, fabricado con cemento hidráulico Portland tipo **CPC-30R**, **CPP-30R** y **CPO-40R**, por ser los más comercializados en el Distrito Federal y área metropolitana.

Determinar la evolución de la resistencia a compresión simple a través del tiempo, en concretos fabricados con los cementos arriba citados y para tres relaciones agua-cemento representativas.

Realizar ensayos con especímenes de concreto fabricados con estos cementos y relaciones A/C de 0.4, 0.5 y 0.6 pero con agregado grueso de diversos pesos volumétricos (Caliza, Andesita y Basalto) para determinar el modulo de elasticidad estático y compararlos con las ecuaciones que marcan el ACI y las Normas Técnicas Complementarias.

Antecedentes del proyecto.

Una propiedad que frecuentemente se toma como medida del endurecimiento y cómo índice de las propiedades mecánicas del concreto, es su resistencia a compresión.

El conocer la resistencia de las muestras de concreto a los 28 días de que fue fabricado, representa un problema serio para el fabricante, ya que si las



mismas resultan bajas y éste forma parte de una estructura, el costo económico de resarcir la deficiencia resulta elevado.

En la actualidad existen expresiones matemáticas que predicen la resistencia del concreto a partir de los resultados obtenidos del ensaye a 7 días de las probetas; sin embargo, están basadas en concreto elaborado con cemento tipo I, el cual ya no se fabrica y por lo tanto es obsoleto. Actualmente se fabrican y emplean otros tipos de cemento definidos por la norma **NMX-C-414-ONNCCE-2004**, razón por la cual es necesario actualizar la información que se tiene para definir un comportamiento mas preciso del concreto.

Las predicciones de resistencia del concreto en función de la relación agua-cemento, se basan en resultados de resistencia a compresión a 28 días, en especímenes estándar. El espécimen considerado como estándar para concretos con tamaños máximos de grava hasta 51 mm es el cilindro de 15 cm (6") de diámetro y 30 cm (12") de altura.

Por otra parte, los concretos utilizados estructuralmente, ya sean clase 1 o clase 2, deben cumplir con los requisitos del modulo de elasticidad especificados en la Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Elementos de Concreto que solo especifica, que en la fabricación de estos, se empleará cualquier tipo de cemento que sea congruente con la finalidad y características de la estructura, que cumpla con los requisitos especificados en la norma **NMXC-414-ONNCCE** vigente.

La elaboración de la presente tesis permitirá actualizar la forma de predecir la resistencia en los laboratorios de control de calidad del concreto, contando así con información más precisa, real y actual para la ejecución de los trabajos de supervisión y control de calidad en las obras.



Marco Teórico.

A partir del año 1999, en México la clasificación de los tipos de cemento está proporcionada por la norma **NMX-C-414-ONNCCE-1999**, la cual ha sido actualizada en varias ocasiones pero sin perder su esencia, hasta la obtención de la **NMX-C-414-ONNCCE-2004**.

Esta norma forma parte de la nueva legislación Mexicana que deja dentro de un carácter voluntario la normalización de los procesos, quedando estos como responsabilidad directa de los organismos nacionales de normalización privados.

Se ha hecho un gran énfasis en que dicha norma debe ser accesible, en cuanto a sus especificaciones, para todo usuario sin importar si este es un especialista o no para lograr que su uso sea cotidiano para la utilización y comercialización del cemento.

Otro aspecto relevante de esta legislación es que las normas están basadas en requisitos de comportamiento por lo que no detalla los métodos ni las formulaciones para lograr la resistencia ni el comportamiento que se desea, aspecto que se deja al fabricante de cemento el cual debe asegurar estas características bajo su dosificación.

En esta norma se establece la resistencia que se debe desarrollar en un rango de mínimo y máximo además de requisitos especiales de resistencia a los sulfatos, durabilidad, calor de hidratación además de especificar una baja reactividad alcali-agregado

Ya que en la actualidad existen expresiones matemáticas que predicen la resistencia del concreto a partir de los resultados obtenidos del ensaye a 7 días de



las probetas pero que están basadas en concreto elaborado con cemento tipo I, el cual ya no se fabrica y por lo tanto es obsoleto, y ya que en el medio de la construcción actual se fabrican y emplean otros tipos de cemento definidos por la norma **NMX-C-414-ONNCCE-2004**, estas expresiones carecen de validez por lo que deben ser actualizadas.

Un punto importante, dentro del control de la calidad, es el modulo de elasticidad, que según lo dispuesto en la Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Elementos de Concreto, en la fabricación de estos, se empleará cualquier tipo de cemento que sea congruente con la finalidad y características de la estructura, que cumpla con los requisitos especificados en la norma NMXC-414-ONNCCE ya sean concretos Clase 1 ó Clase 2.

El presente trabajo pretende que mediante pruebas de laboratorio y ensayos a compresión axial a especímenes de concreto, se obtenga el modulo de elasticidad y las gráficas que representen la evolución de la resistencia del concreto elaborado con diferentes tipos de cemento con relaciones agua- cemento varias, así como las graficas de donde se obtendrán las ecuaciones que relacionen la resistencia obtenida en los especímenes ensayados a 7 días y los ensayados a 28 días de cada una de las combinaciones fabricadas.

Hipótesis de trabajo:

De acuerdo a investigaciones anteriores, en las que se ha observado que la resistencia de los concretos, elaborados con los cementos CPO CPP y CPC que define la norma, es menor a la reportada en las curvas de Abrams, se trabajará sobre la hipótesis de que los concretos que se ensayarán presentarán una resistencia menor a la esperada en el diseño de la mezcla pero sin que esto



implique que estén fuera de la tolerancia de las normas de diseño y construcción, en especial las NTC del Distrito Federal.

“El carácter Voluntario de las NMX, así como su base en requisitos de comportamiento y no en métodos de formulación, derivan en que los concretos fabricados con los cementos definidos en la NMX-C-414, presentan resistencias menores a las estimadas al diseñar mezclas de concreto con cementos que cumplen con las designaciones que aparecen en la norma ASTM-C-150”

En cuanto al modulo de elasticidad, ya que este depende de la resistencia y del peso volumétrico del concreto, su comportamiento no será alterado por este factor pero si en cuanto a los cambios de forma bajo cargas, debido a que al tener una resistencia menor, sus enlaces permitirán deformaciones antes de la falla mayores a las esperadas en el diseño de la mezcla.

“Al presentar resistencias menores a las esperadas, el Módulo de elasticidad de estos concretos será menor a las previstas en las NTC, ya que permitirán deformaciones mayores antes de fallar por resistencia a la compresión.”



CAPITULO II CONCRETO.

Introducción.

Concreto.

El concreto es uno de los materiales más usados en el proceso de construcción, por lo que su diseño y especificaciones resultan de vital importancia durante la vida útil de la mayoría de las obras civiles en la que es utilizado.

El concreto es la mezcla de agregados finos y gruesos con una pasta cementante compuesta de cemento Portland y agua que al fraguar forman una masa monolítica semejante a la roca, pues la pasta endurece debido a la reacción química que resulta entre estos dos materiales (agua y cemento Portland) que generan productos de hidratación o hidratos, resultando así una masa dura y firme que aglutina a todo el conjunto, formando un solo cuerpo.

Los agregados finos son arenas naturales o manufacturadas con tamaños máximos de hasta 10mm; los agregados gruesos son rocas o gravas que son retenidas en malla No. 16 y con tamaños máximos de hasta 152mm. Estos agregados constituyen entre el 60 y 75% del volumen total de la mezcla, por lo tanto pueden limitar las propiedades del concreto e influir en su desempeño. Sin embargo, estas propiedades dependen mayormente de la calidad de la pasta formada por el agua y el cemento así como de la afinidad que tengan con los agregados y su capacidad de trabajar en conjunto.



Propiedades del concreto.

Una de las mayores propiedades por las que es utilizado el concreto en la construcción es que, recién mezclado, es plástico, semifluido y puede adquirir prácticamente cualquier forma a nuestra voluntad por medio de moldes. Durante su estado fresco, los agregados se encuentran en suspensión dentro de la mezcla, lo que impide el desmoronamiento de este, además, puede fluir como un líquido viscoso en el que hay muy poco o ningún contacto entre los agregados, característica que prevalece aun en el concreto ya endurecido.

Una medida de la consistencia del concreto es el revenimiento que representa el grado de trabajabilidad de la mezcla en estado fresco. En la construcción de elementos de concreto se requiere de mezclas trabajables pero no muy fluidas. Un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia rígida o poco trabajable (Fig. 1), lo que dificulta su colocación.



Fig. 1. Concreto con bajo revenimiento.



Inmediatamente después del mezclado de los materiales, la reacción química que se genera propicia el paulatino endurecimiento del concreto, lo que incrementa su resistencia con la edad (Fig. 2), siempre y cuando se presente una humedad y temperatura favorable para la hidratación del cemento. Como la reacción presente en la mezcla aunado a las condiciones ambientales generan la pérdida de humedad, la resistencia se ve afectada, por lo que es preferible aplicar el curado húmedo de manera continua desde que el concreto sale de la mezcladora hasta que termina colocado y compactado.

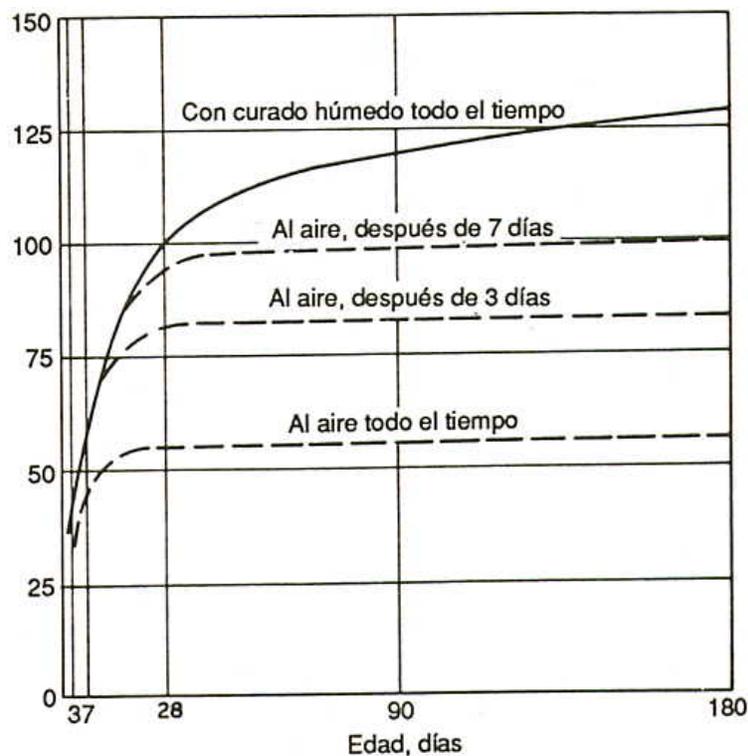


Fig. 2. Resistencia a compresión, referida en por ciento respecto a la del concreto a 28 días con curado húmedo

FUENTE "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



Una propiedad física fundamental y tal vez la más importante del concreto en estado endurecido, es su resistencia a la compresión. Este índice es utilizado en el cálculo, diseño y elaboración de las mezclas que se emplearán para fabricar elementos que formarán parte de las estructuras.

Además puede ser utilizada para estimar la resistencia a otros esfuerzos como la flexión, torsión y cortante, ya que estos guardan una correlación establecida empíricamente para el análisis estructural y que depende directamente de la calidad y características de los componentes del concreto, así como de las condiciones ambientales durante su tiempo de vida.

La resistencia a compresión del concreto se refiere a la carga máxima que puede soportar por unidad de área, determinada mediante pruebas a especímenes de concreto de 15cm de diámetro por 30cm de altura a una edad de 28 días, y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado. Sin embargo, en algunos países, se realizan pruebas en especímenes de diferentes formas y dimensiones.

Dentro de los principales factores que determinan la resistencia esta la edad del concreto, la relación agua-cemento de la mezcla, el grado de compactación de los agregados en el concreto, la porosidad y el contenido de aire atrapado al momento de fabricar el concreto. Otras variables que intervienen en el cálculo de la resistencia son la relación agregado-cemento, la calidad del agregado como lo son: su gradación o granulometría, textura superficial, forma, resistencia, rigidez y el tamaño nominal, aun así, cuando el tamaño máximo del agregado grueso es menor o igual a 40 mm, estos factores adquieren una importancia secundaria ya que es difícil cuantificar su influencia directa, lo que nos lleva a tomar como parámetro de medida simplemente la relación que guardan el agua contra el cemento.



En el libro de Diseño y elaboración de mezclas de concreto de Kosmatka (Referencia 1) se muestra la siguiente gráfica (Fig.3), la cual muestra valores de resistencia a compresión para una serie de relaciones agua cemento a diferentes edades obtenidos a partir de pruebas a cilindros de concreto de 15 x 30 cm en las cuales se aprecia el efecto de aumento de resistencia con la edad y la disminución de esta con el aumento de las relaciones agua cemento.

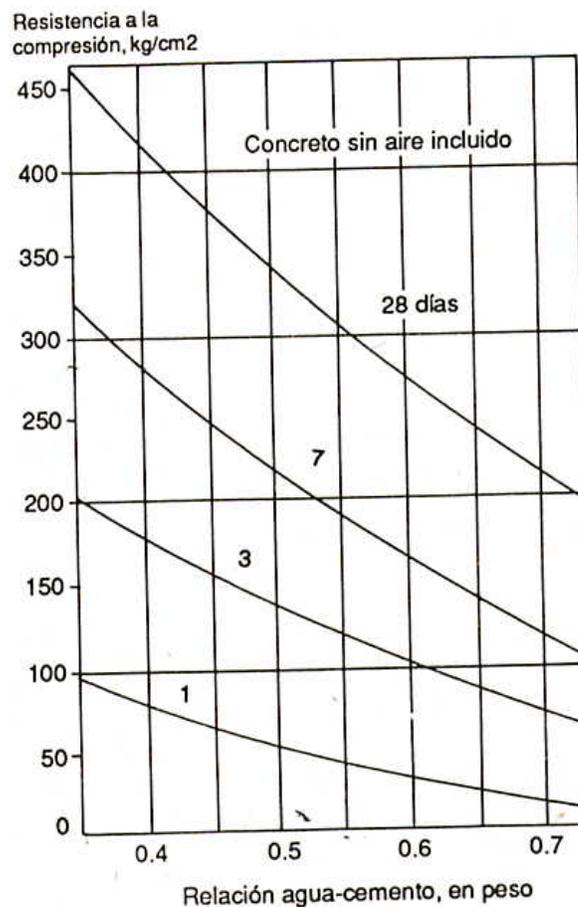


Fig. 3. Relación Edad- Resistencia típica del concreto basada en ensayos a compresión de cilindros de 15 x 30 cm., empleando cemento Portland tipo 1 y curado Húmedo a 21° C.

FUENTE "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



En el libro de Tecnología de concreto de Neville (referencia 2) se muestra la siguiente figura en la que se manifiesta el incremento del grado de la hidratación con la edad para cementos Portland tipo 1, y en la cual se hace énfasis en que la resistencia depende de la relación efectiva agua/cemento, la cual se calcula con base al agua total empleada en la mezcla menos el agua absorbida por los agregados para llegar al estado saturado superficie seca, lo que nos da por resultado el agua útil.

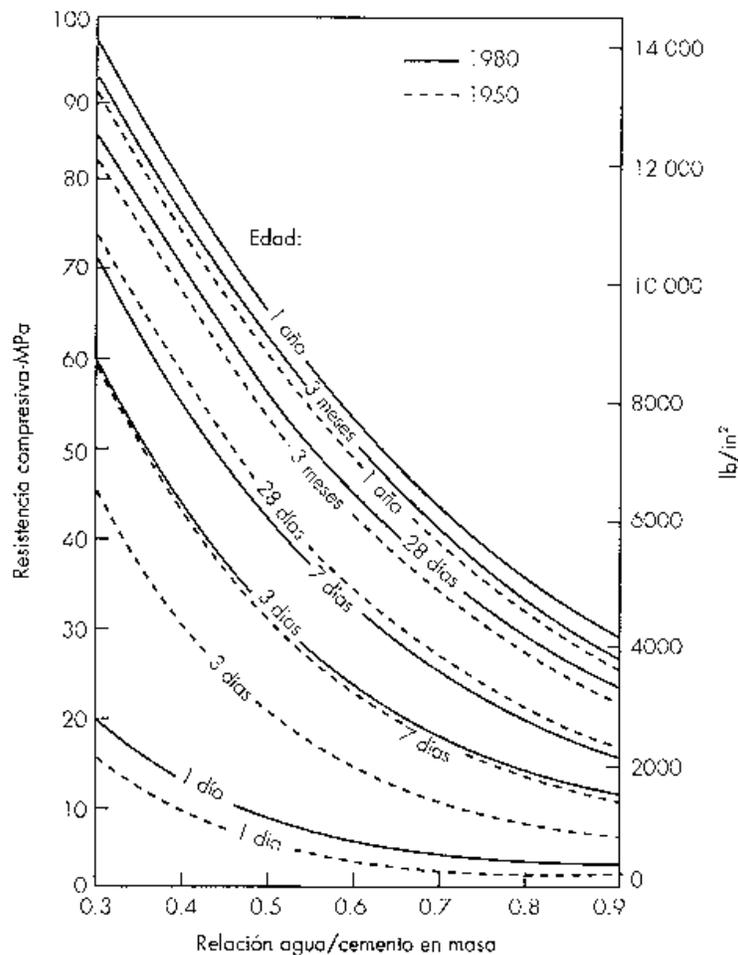


Fig. 4. Influencia de la edad en la resistencia a compresión del concreto hecho con cemento Portland ordinario tipo 1 para diferentes relaciones Agua/cemento.

FUENTE "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



En el manual de Tecnología de concreto elaborado por la comisión Federal de Electricidad (referencia 3) se presenta la siguiente figura, en la que se muestra la predicción de la resistencia mecánica del concreto elaborado con diversos tipos de cementos Portland contra la edad.

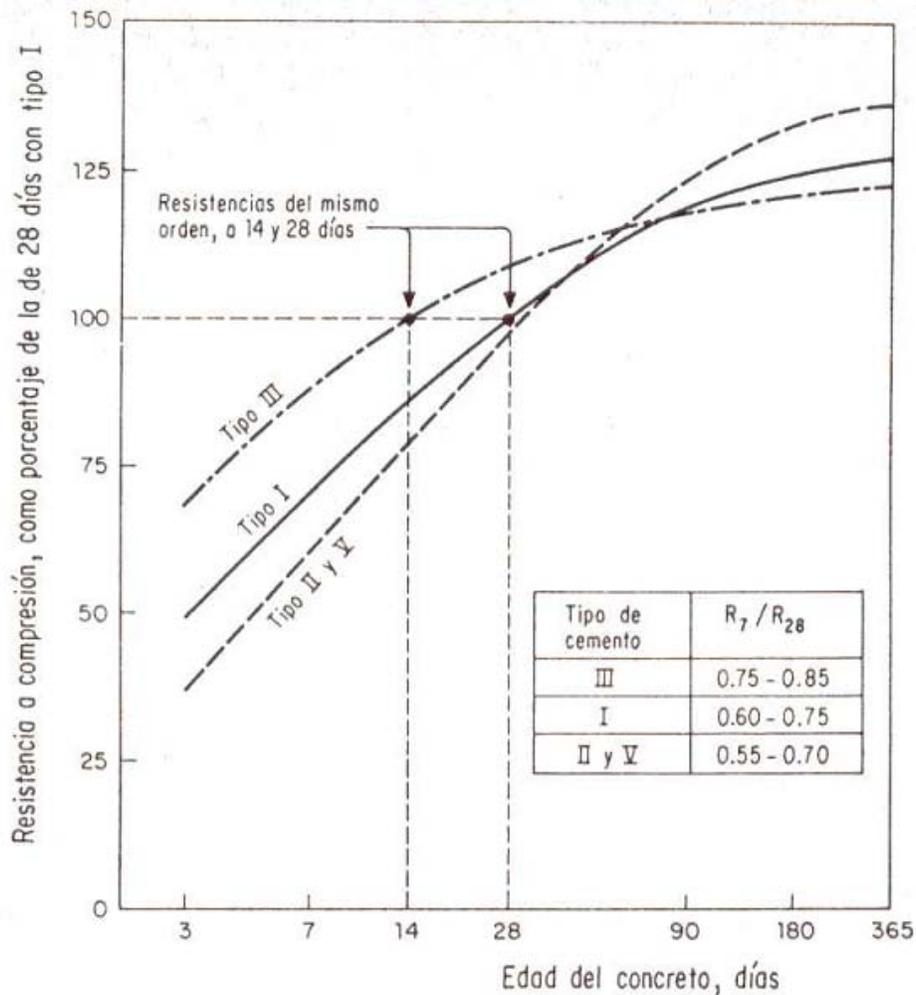


Fig. 5. Tendencia predecible en la evolución de resistencia mecánica del concreto con diversos tipos de cemento Portland.

"MANUAL DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO" Tomo IFERRER, M. M., CFE-UNAM, Editorial Limusa, México, 1994.



Es de precisar que las gráficas presentadas anteriormente se refieren a la predicción de la resistencia a compresión para concretos fabricados con cementos del Tipo I, y solo la ultima hace referencia también a concretos fabricados con cemento del Tipo II, Tipo III y Tipo V, excluyendo el cemento Tipo IV ya que este no se fabricaba en el país (referencia 3).

Actualmente, la clasificación de los cementos mencionados a cambiado bajo el régimen de la norma **NMX C-414-ONNCCE-2004** (referencia 4), la cual estipula los nuevos tipos de cementos (Tabla 1) fabricados y empleados en el país para la industria de la construcción.

RECOMENDACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LOS CEMENTOS:	
NMX-C-414-ONNCCE-1999 (Vigente)	NMX-C-001 (CANCELADA) NORMA ASTM C-150
CPO 30, CPO 30R, CPC 30 y CPC 30R	TIPO I
Cualquier cemento que cumpla con la característica especial BCH y/o RS	TIPO II
CPO 40, CPO 40R y CPC 40 R	TIPO III
Cualquier cemento que cumpla con la característica especial BCH	TIPO IV
Cualquier cemento que cumpla con la característica especial RS	TIPO V
CPO ó CPC que cumpla con la característica especial B	BLANCO
Cualquier cemento que cumpla con la característica especial BRA	ESPECIAL, BAJO ALCALI TODOS LOS TIPOS
NMX-C-414-ONNCCE-1999 (VIGENTE) *	NMX-C-002 (CANCELADA) CEMENTO PUZOLÁNICO ASTM C-595
CPP 30, CPP 30R, CPC 30 y CPC 30R	TIPO PUZ 1
CPP 20 y CPC 20	TIPO PUZ 2
NMX-C-414-ONNCCE-1999 (VIGENTE) *	NMX-C-175 (CANCELADA) ESCORIA ALTO HORNO ASTM C-595
A partir de CPEG 30	Cemento con Escoria

* Estos cementos pueden tener las características especiales RS, BRA y BCH.

Tabla 1. Recomendaciones para la selección de los cementos.

Ficha Técnica de la Norma **NMX C-414-ONNCCE-2004**.



El Cemento.

El cemento Portland es obtenido de la mezcla de materiales calcáreos como piedra caliza y yeso, y una base con materiales asociados al sílice, a el alúmina y al óxido de hierro; fue inventado por Joseph Aspadin en 1824 en Inglaterra. El nombre de Portland se debe a que su aspecto se asemeja al de las rocas encontradas en la isla de este nombre, ubicada en el condado de Dorset.

El proceso por el que es manufacturado consiste en la trituración de todas las materias primas, estas se dosifican y se muelen hasta obtener polvos muy finos los cuales se mezclan hasta su completa homogeneización y se queman en un gran horno rotatorio constituido por un inmenso cilindro llamado Kilm dispuesto Horizontalmente con una ligera inclinación, que rueda lentamente. Este proceso se lleva a cabo a una temperatura de aproximadamente 1400°C ó 2550°F ; esta temperatura permite que el material se incruste y que se funda pero no en su totalidad, en este estado se producen las reacciones químicas necesarias para provocar que el material se subdivida y aglutine en fragmentos no mayores a 6 cm., estos fragmentos se vuelven de forma regular por efecto de la rotación del horno logrando así la obtención de escoria también llamada clinker Portland.

Una vez que se enfría la escoria o clinker, se muele conjuntamente con una pequeña proporción de yeso, el producto resultante de este proceso es un polvo fino de color gris que se conoce como cemento Portland y que es el cemento comercial utilizado en todo el mundo. Es necesario mencionar que durante la molienda, el clinker puede ser combinado con escorias o materiales puzolánicos o



bien con materiales sulfo-calcio-aluminosos para la obtención de cementos puzolánicos o de cementos expansivos respectivamente.

Características del cemento.

Propiedades químicas del cemento.

Los principales componentes químicos del cemento Portland son cuatro presentados en la siguiente tabla.

Nombre del componente	Composición óxidada	Abreviatura
Silicato de tricalcio	3CaO-SiO ₂	C ₃ S
Silicato de bicalcio	2CaO-SiO ₂	C ₂ S
Aluminio de tricalcio	3CaO-Al ₂ O ₃	C ₃ A
Aluminoferrato	4CaO-Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Tabla 2 Principales componentes del cemento Portland.

"TECNOLOGÍA DEL CONCRETO" NEVILLE, A. M. BROOKS, J. J. Editorial Trillas, México, 1998.

Los silicatos tricalcicos y silicatos bicalcicos son los causantes de la resistencia de la pasta del cemento ya que al hidratarse forman silicatos hidratados de calcio (S-H-C) además de constituir aproximadamente el 75% del peso del cemento¹. El C₃S aporta la resistencia a corto plazo mientras que el C₂S aporta la resistencia a mediano y a largo plazo complementándose así uno al otro para dar la resistencia mecánica necesaria al concreto así como otras propiedades.

El aluminato tricalcico C₃A es un ingrediente poco deseable en el cemento ya que es talvez el compuesto con mayor rapidez de hidratación pero con menor contribución a la resistencia, excepto en las primeras etapa, ya que propicia una mayor velocidad en el fraguado pero su presencia hace al concreto susceptible al

¹ "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



ataque de los sulfatos debido a la formación de sulfoaluminatos que genera resquebrajamientos. Aun así es necesario para propiciar la mezcla de sílice y cal durante la fabricación del clinker.

El aluminoferrato ó aluminoferrito tetracálcico no contribuye también para la resistencia del concreto pero se hace necesario para lograr la formación de sulfoferrita de calcio al reaccionar con el yeso, su presencia es útil como fundente durante la calcinación del clinker y favorece a la hidratación de los demás componentes.

Otros componentes importantes presentes en la composición química del clinker son los álcalis, que son los óxidos de sodio (Na_2O) y los óxidos de potasio (K_2O) cuyo contenido debe ser limitado y controlado para evitar reacciones dañinas al cemento ya que al reaccionar con algunos agregados causa la desintegración del concreto.

Además de estos álcalis, existe la presencia de otros compuestos que representan un porcentaje mucho menor en la composición química del cemento como lo son: el óxido de magnesio (MgO), el óxido de manganeso (Mn_2O_3), el óxido de dipotasio (K_2O), el dióxido de titanio (TiO_2) y el óxido de sodio (Na_2O)

Óxido	Contenido, porcentaje
CaO	60 - 67
SiO ₂	17 - 25
Al ₂ O ₃	3 - 8
Fe ₂ O ₃	0.5 - 6.0
MgO	0.1 - 4.0
Alcalinos	0.2 - 1.3
SO ₃	1 - 3

Tabla 3. Límites aproximados de la composición del cemento.

"TECNOLOGÍA DEL CONCRETO" NEVILLE, A. M. BROOKS, J. J. Editorial Trillas, México, 1998.



Ya que estas especificaciones son solo aproximadas, y como ya se mencionó anteriormente, las características del cemento son determinadas por el porcentaje en el que se presenten cada uno de sus compuestos, es necesario determinar estas cantidades, Por medio de técnicas de difracción de los rayos X se pueden determinar la composición química de cada uno de los diferentes tipos de cemento y es posible determinar la cantidad de dichos componentes.

Propiedades físicas del cemento.

Las propiedades físicas permiten evaluar el comportamiento del cemento en una pasta endurecida, estas están definidas por las diferentes concentraciones de sus componentes químicos. Las características que con mayor regularidad han sido estudiadas son: la consistencia, la finura, el tiempo de fraguado, la sanidad, el falso fraguado, la pérdida por ignición, el peso específico, la resistencia a la compresión y el calor de hidratación.

Consistencia: se define como el grado de fluidez de la pasta de cemento recién mezclado o en estado fresco. Se determina mediante la prueba de la aguja de Vicat y se rige por la norma **NMX-C-059-ONNCCE** la que establece los métodos para determinar la consistencia y regular el contenido de agua en la pasta.

Finura: hace referencia a la masa de material retenida en la malla numero 325 y esta definida por unidad de área entre unidad de masa (m^2/kg). También se puede determinar por medio del turbidímetro de Wagner.



Tiempo de fraguado: sirve para determinar si la pasta de cemento fragua dentro de los límites de tiempo establecidos por la norma **NMX-C-059-ONNCCE** (prueba de Vicat).

Sanidad: define la capacidad que tiene una pasta de cemento de adquirir y mantener la forma y el volumen del recipiente o molde que lo contuvo antes del fraguado.

Falso fraguado: es el endurecimiento de la pasta debido a la pérdida de plasticidad inmediatamente después de haber sido mezclada, sin que esto implique que haya alcanzado una total solidificación o su dureza total.

Perdida por ignición: permite cuantificar el grado de prehidratación así como el grado de carbonatación causados por el almacenamiento prolongado o deficiencias en el transporte y descarga del cemento. Se determina midiendo la pérdida de peso de una muestra de cemento al ser calentada a una temperatura de entre 900 y 1000°C.

Peso específico: este varía en un intervalo de 2.9 a 3.15 kg/dm³ ¹ dependiendo del tipo de cemento, este procedimiento está reglamentado por la norma **NMX-C-164-ONNCCE-2002**.

Resistencia a la compresión: se determina mediante el ensaye de especímenes cúbicos de mortero agua-cemento de 5 cm de arista ensayados a las edades de 1, 3, 7 y 28 días; y depende de la composición química y módulo de

¹ "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



finura del cemento. Se realiza mediante la prueba establecida en la norma **NMX-061** y debe ser indicada en el empaque por los fabricantes.

Calor de hidratación: es el que se genera cuando se da la reacción química entre el cemento y el agua. Depende de la relación agua/cemento. Se calcula de acuerdo a la norma **NMX-C-151**

Tipos de cemento.

Existen diferentes tipos de cementos según su composición química, esta se determina seleccionando y dosificando las materias primas con las que este será fabricado, ya que de estas dependerán la características del producto; esto se hace con el fin de poder adaptar al concreto a diferentes situaciones según se requiera, es por ello que se fabrican cementos de distintas características que aseguren su durabilidad en usos específicos.

Aun así no se ha podido definir una composición química del cemento para generar concretos que afronten completamente el problema de la durabilidad ya que las características físicas y mecánicas del concreto depende además de otros factores, aunque este factor sea determinante.

En la siguiente tabla se muestran las características de los tipos de cementos definidos por la **ASTM C 150** que da la clasificación estadounidense de los cementos.



Composición química, compuestos y finura de algunos cementos típicos.

Tipo de cemento Portland	Composición química, %						Pérdida por ignición, %	Residuo insoluble, %	Composición potencial de los compuestos, %*				Finura Blaine m ² /kg
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	
Tipo I	20.9	5.2	2.3	64.4	2.8	2.9	1.0	0.2	55	19	10	7	370
Tipo II	21.7	4.7	3.6	63.6	2.9	2.4	0.8	0.4	51	24	6	11	370
Tipo III	21.3	5.1	2.3	64.9	3.0	3.1	0.8	0.2	56	19	10	7	540
Tipo IV	24.3	4.3	4.1	62.3	1.8	1.9	0.9	0.2	28	49	4	12	380
Tipo V	25.0	3.4	2.8	64.4	1.9	1.6	0.9	0.2	38	43	4	9	380
Blanco	24.5	5.9	0.6	65.0	1.1	1.8	0.9	0.2	33	46	14	2	490

* La "Composición potencial de compuestos" se refiere a la composición de compuestos máxima permisible por los cálculos de la norma ASTM C 150 utilizando la composición química del cemento. La composición real de compuestos puede ser menor debido a reacciones químicas incompletas o alteradas.
Referencia 2-18.

Tabla 4. Composición química y finura de cementos tipo I, II, III, IV, V y Blanco.

FUENTE "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.

Clasificación de Cementos

- Cemento Tipo I: Normal
- Cemento Tipo II: Modificado
- Cemento Tipo III: De resistencia Rápida
- Cemento Tipo IV: Bajo Calor de Hidratación
- Cemento Tipo V: Alta Resistencia a los Sulfatos
- Cemento Blanco

(Nota: existen más tipos de cemento que pueden ser consultados en la norma ASTM C-150)

Cemento Tipo I: Es el cemento más común usado en la construcción con un alto calor de hidratación, tiene una baja resistencia a los sulfatos. Es utilizado en una gran gama de obras como los son: Edificios, Pisos, Puentes, Pavimentos, pilotes, banquetas, tanques, elementos prefabricados y elementos preesforzados, ataguías, etc.

Cemento Tipo II: Posee una maduración lenta, presenta una alta resistencia al ataque de los sulfatos se usa principalmente en Obras Hidráulicas, muros de retención y cortinas de presas.



Cemento Tipo III: Este cemento tiene una mayor maduración que la del cemento Tipo II, genera un calor de hidratación muy alto por lo que no se recomienda para obras que requieran concreto masivo en su estructura, ya que al no poder disipar este calor desde el núcleo, se generan esfuerzos de tensión que propician fallas; solo se utiliza para fabricar elementos que se requieren descimbrar a los pocos días de haber sido colados.

Cemento Tipo IV: este cemento madura muy lentamente y produce muy bajo calor de hidratación, se usa en la construcción de las cortinas de presas, se debe recordar que este tipo de cemento nunca se fabrico en México.

Cemento Tipo V: es muy resistente a los sulfatos y tiene una maduración mas lentamente que la del Tipo II y más rápida que la del tipo IV es usado principalmente en obras marinas, alcantarillas, cimentaciones que son afectadas por el nivel de aguas friáticas, canales de transporte y túneles.

Cemento Blanco: Posee las mismas características que el cemento tipo I, pero por su coloración blanca es mayormente usado de forma arquitectónica en acabados, fachadas, en el pegado de azulejos, mosaicos y algunos prefabricados ornamentales.

A partir del año 1999, en México la clasificación de los tipos de cemento está proporcionada por la norma **NMX-C-414-ONNCCE-1999**, la cual ha sido actualizada en varias ocasiones pero sin perder su esencia, hasta la obtención de la **NMX-C-414-ONNCCE-2004**.



Esta norma forma parte de la nueva legislación Mexicana que deja dentro de un carácter voluntario la normalización de los procesos, quedando estos como responsabilidad directa de los organismos nacionales de normalización privados.

Se ha hecho un gran énfasis en que dicha norma debe ser accesible, en cuanto a sus especificaciones, para todo usuario sin importar si este es un especialista o no para lograr que su uso sea cotidiano para la utilización y comercialización del cemento.

Otro aspecto relevante de esta legislación es que las normas están basadas en requisitos de comportamiento por lo que no detalla los métodos ni las formulaciones para lograr la resistencia ni el comportamiento que se desea, aspecto que se deja al fabricante de cemento el cual debe asegurar estas características bajo su dosificación.

En esta norma se establece la resistencia que se debe desarrollar en un rango de mínimo y máximo además de requisitos especiales de resistencia a los sulfatos, durabilidad, calor de hidratación además de especificar una baja reactividad alcali-agregado

Para los efectos de esta norma se establecen, entre otras, las siguientes definiciones:

Características especiales de los cementos: estas se refieren a la resistencia a los sulfatos, la baja reactividad alcali-agregado, bajo calor de hidratación y el color blanco. Se establece también que los cementos deben tener una designación adicional según sus características.



Cementos resistentes a los sulfatos: son aquellos que cumplen con el requisito de expansión limitada de acuerdo con el método de prueba establecido.

Cementos de baja reactividad alcali-agregado: son aquellos que cumplen con el requisito de expansión limitada en la reacción alcali-agregado de acuerdo con el método de prueba establecido.

Cementos de bajo calor de hidratación: son aquellos que desarrollen un calor de hidratación igual o inferior al especificado en esta norma.

Cementos blancos: son aquellos cuyo índice de blancura sea igual o superior al valor que establece esta norma

Cemento hidráulico: es un material inorgánico finamente pulverizado que al agregarle agua ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso bajo el agua, una vez endurecida conserva su resistencia y estabilidad.

Cemento de escoria granulada de alto horno: es un conglomerante hidráulico que resulta de la molienda del clinker Portland y de escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio.

Cemento Portland ordinario: es producto de la molienda de clinker Portland y sulfato de calcio o yeso.

Cemento Portland compuesto: resulta de la molienda conjunta del clinker Portland con sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza.



Cemento Portland con escoria granulada de alto horno: resulta de la molienda conjunta del clinker Portland, escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio o yeso.

Cemento Portland con humo de sílice: resulta de la molienda conjunta del clinker Portland, humo de sílice y sulfato de calcio o yeso.

Cemento Portland Puzolánico: resulta de la molienda conjunta del clinker Portland, escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio o yeso.

Clinker Portland: producto artificial obtenido de la sinterización de mezclas finas, homogéneas y adecuadamente dosificadas a partir de materias primas que contienen cal (CaO), sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3), óxido férrico (Fe_2O_3) y pequeñas cantidades de otros compuestos, estos son calcinados y sinterizados a la temperatura y durante el tiempo necesario y sometidos al enfriamiento adecuado, con el fin de que obtengan la composición química y la constitución mineralógica requerida.

Escoria granulada de alto horno: es el subproducto no metálico constituido esencialmente por silicatos y aluminosilicatos calcicos que se obtienen por el enfriamiento brusco con agua o vapor y aire, del residuo que se produce simultáneamente con la fusión de minerales de hierro en el alto horno.

Humo de sílice: es un material puzolánico muy fino, compuesto principalmente de sílice amorfa, que es un subproducto de la fabricación de silicio o aleaciones de ferro-silicio con arco eléctrico.



Puzolanas: las puzolanas son sustancias naturales artificiales y/o subproductos industriales, silíceas o silicoaluminosas, o una combinación de ambas, las cuales no endurecen por si mismas cuando se mezclan con agua pero finamente molidos reaccionan en presencia de agua a la temperatura ambiente con el óxido de calcio y forma compuestos con propiedades cementantes.

Sulfato de calcio (yeso): se utiliza para regular el tiempo de fraguado, puede presentarse en diferentes estados: anhidrita (CaSO_4), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ó hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$)

Dentro de esta norma se encuentra la nueva clasificación de los cementos para la industria de la construcción en México:

Tipo	Denominación
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno

Tabla 5. Tipos de cementos (Clasificación).

Adaptación NMX-C-414-ONNCCE-2004.

También pueden presentarse una o más características especiales como se muestra en la siguiente tabla:

Nomenclatura	Características especiales de los cementos
RS	Resistente a los Sulfatos
BRA	Baja Reactividad Alcali agregado
BCH	Bajo Calor de Hidratación
B	Bianco

Tabla 6. Cementos con características especiales.

Adaptación NMX-C-414-ONNCCE-2004.



Además se proporciona el porcentaje en que deben estar presentes los componentes que clasifica en: clinker, principales y minoritarios, dando recomendaciones para el manejo de la tabla.

Tipo	Denominación	Componentes					minoritarios ⁽²⁾
		Clinker	Principales				
		portland + Yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos ⁽³⁾	Humo de sílice	Caliza	
CPO	Cemento Portland Ordinario	95 - 100	-	-	-	-	0 - 5
CPP	Cemento Portland Puzolánico	50 - 94	-	6 - 50	-	-	0 - 5
CPE G	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno	40 - 94	6 - 80	-	-	-	0 - 5
CPC	Cemento Portland Compuesto ⁽⁴⁾	50 - 94	6 - 35	6 - 35	1 - 10	6 - 35	0 - 5
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice	90 - 99	-	-	1 - 10	-	0 - 5
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno	20 - 39	61 - 80	-	-	-	0 - 5

Notas.-

- (1) Los valores de la tabla representan el % en masa
- (2) Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales, a menos que estén incluidos ya como tales en el cemento.
- (3) Los materiales puzolánicos incluyen: puzolanas naturales, artificiales y/o cenizas volantes.
- (4) El cemento portland compuesto debe llevar como mínimo dos componentes principales, excepto cuando se adicione caliza, ya que ésta puede ser en forma individual en conjunto con clinker + yeso.

Tabla 7. Composición de los cementos.

Adaptación NMX-C-414-ONNCCE-2004.

Especificaciones físicas.

Otra clasificación que se les da a los cementos dentro de la norma es debido a su resistencia mecánica, específicamente por su resistencia a la compresión como se muestra en la siguiente tabla:



Clase resistente	Resistencia a compresión (N/mm ²)			Tiempo de fraguado (min)		Estabilidad de Volumen en autoclave (%)	
	3 días	28 días		Inicial	Final	Expansión	Contracción
	mínimo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	máximo	máximo
20	- (*)	20	40	45	600	0,80	0,20
30	- (*)	30	50	45	600	0,80	0,20
30 R	20	30	50	45	600	0,80	0,20
40	- (*)	40	-	45	600	0,80	0,20
40 R	30	40	-	45	600	0,80	0,20

* Resistencia a compresión a los 3 días determinada conforme a la norma NMX-C-061. Para indicar que un tipo de cemento debe cumplir con cierta resistencia inicial se le agrega la letra R después de la clase.

Tabla 8. Especificaciones mecánicas y físicas.

Adaptación NMX-C-414-ONNCCE-2004.

Todos los tipos de cemento resistentes deben cumplir con los límites establecidos de estabilidad volumétrica y de tiempo de fraguado.

Especificaciones químicas.

En cuanto a las características químicas solo hace mención a que la cantidad máxima de trióxido de azufre (SO₃) para los cementos hidráulicos será la que no cause expansiones mayores a 0.020% a los 14 días de inmersión en agua de acuerdo con el método de prueba estándar para la expansión de barras de mortero de cemento Portland descrito en la norma **NMX-C-185**.

Especificaciones especiales.

Los cementos con características especiales deben de cumplir con los límites de: porcentaje máximo de expansión por ataque de sulfatos, porcentaje máximo de expansión por la reacción álcali-agregado, el calor de hidratación y la blancura que especifica la norma.



Nomenclatura	Característica especial	Expansión por ataque de sulfatos (máx %)		Expansión por la reacción álcali agregado (máx %)		Calor de hidratación (máx) kJ/kg (kcal/kg)		Blancura (min. %)
		6 meses	1 Año	14 días	56 días	7 días	28 días	
RS	Resistente a los sulfatos	0,05	0,10					
BRA	Baja reactividad álcali agregado			0,020	0,060			
BCH	Bajo calor de hidratación					250 (60)	290 (70)	
B	Blanco							70

Tabla 9. Especificaciones de los cementos con características diferentes.

Adaptación NMX-C-414-ONNCCE-2004.

Por último hace mención de que esta norma no tiene concordancia con otras normas internacionales, al menos no en el momento de su redacción.

Agregados Pétreos

Rocas

Las rocas están definidas por su estructura o aspecto exterior y por su contextura o modo de orden de los cristales que los componen. Las rocas se clasifican en: rocas ígneas, sedimentarias y en rocas metamórficas.

Las rocas ígneas se clasifican en rocas plutónicas, que se forman a gran profundidad de la corteza terrestre y en rocas volcánicas, que se forman por el material que se enfría después de ser expulsado en las erupciones volcánicas. Las rocas plutónicas contienen feldespatos (50%), cuarzo (30 a 40%) y mica (10 a 20%) y se pueden considerar como buenos agregados para concreto. Las rocas volcánicas tienen un aspecto vítreo y son muy usadas en la construcción como las riolitas, traquitas, andesitas y el basalto. La escoria volcánica que forma a las



puzolanas se utiliza en construcción debido a que es un material aislante y muy ligero.

Las rocas sedimentarias se forman por la erosión de las rocas ígneas y metamórficas. Se dividen en rocas sílicas, que son de origen por la desintegración de rocas que son transportadas en los cauces de los ríos y las corrientes del viento, que después son depositadas en el fondo de los lagos o sobre el suelo. Como las areniscas; Rocas carbonatadas, como las calizas que son las más empleadas en la industria de la construcción y las dolomitas que están formadas por carbonato de calcio y magnesio; rocas carbonatadas, como la arcilla, las margas, los esquistos, y la bauxita.

Las rocas metamórficas que se forman por la transformación de las rocas ígneas y sedimentarias bajo la acción de la temperatura y presión. Como las cuarcitas y el mármol; las pizarras, las filitas y los gneis.

Áridos

Los áridos son arenas o gravillas procedentes de rocas naturales o artificiales. Los áridos se clasifican en áridos rodados, áridos de machaqueo áridos especiales, áridos artificiales.

Los áridos rodados se forman debido al desgaste o trituración de las rocas sedimentarias y se dividen en áridos de río, que se forman por el desgaste de granitos, areniscas y gneis; áridos de cantera, que proceden de depósitos geológicos o de bancos de aluviones, como las arenas eólicas de Nemours o de Fontainebleau que son ricos en cuarzo; Los áridos de dunas, que se forman por material erosionado por el viento y casi no se utilizan en la industria de la



construcción; Los áridos de mar, que son lavados para ser utilizados en la construcción con hormigón, después de haber sido lavados; y los áridos de glaciares, que se forman por la acumulación de piedras erosionadas por glaciares, como las morrenas que presentan una muy variada granulometría.

Los áridos de machaqueo son rocas compactas, duras, resistentes al hielo y casi no pueden ser alteradas. Se obtienen con el machaqueo de granitos, traquitas, pórfidos, gneis, garbos, cuarzo, basalto y caliza. Estas arenas proporcionan gran resistencia a igual relación agua cemento en las mezclas de concreto, proporcionan una mejor adherencia pero son muy poco trabajables.

Los áridos artificiales más comúnmente usados en la construcción son escorias de alto horno con expansión baja, escorias de hulla, las cenizas aglomeradas, restos de tejas y ladrillos, arcillas y esquistos expandidos como la perlita y la vermiculita. , las virutas y las fibras.

Los áridos especiales son áridos pesados como la baritina, la magnetita y la limonita, que se utilizan para hacer al concreto más resistente a las radiaciones.

Agregados para el concreto.

Los materiales agregados, gruesos y finos, constituyen el 60% a 75% del volumen total de la mezcla de concreto y constituyen del 75% al 85% del peso de la mezcla del concreto. Los agregados pueden ser naturales o triturados. La grava y la arena natural se excavan o se dragan de alguna mina o cantera. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno puede ser empleada como agregado si se



deja enfriar y tritura posteriormente. Todos los agregados deben lavarse para ser graduados posteriormente en la mina o planta.

Los agregados deben cumplir con determinados requisitos para que su empleo sea permitido en la fabricación de concreto. Las partículas deben ser durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos, arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia con la pasta de cemento. Los agregados no deben contener partículas descrebajables, esquistos, materiales muy suaves y muy porosos, no deben contener horsteno. En ocasiones es necesario llevar a cabo una inspección visual de los agregados y llevar un registro de las características de los agregados empleados en la fabricación de una mezcla de concreto.

Los agregados con esquistos, escoria, pizarra y arcilla se utilizan para producir concreto ligero estructural. La piedra pómez, la perlita, vermiculita y la diatomita se utilizan en la producción de concretos aislantes. La barita, la limonita, la magnetita, la limenita, la hematita, el hierro, se utilizan para fabricar concreto para blindaje antirradiación.

Características de los agregados.

Las características de los agregados son la granulometría, forma y textura de las partículas, peso volumétrico y vacíos, resistencia a la congelación y deshielos, humedecimiento y secado, resistencia al desgaste y al derrapamiento, Resistencia a la compresión, contracción, resistencia a los ácidos y a otras sustancias corrosivas, resistencia al fuego y reactividad álcali-agregado.



Granulometría.

Es la distribución de los tamaños de las partículas del agregado ya sea grueso y fino. La granulometría se determina mediante el cálculo del porcentaje del material retenido en cada uno de los siete tamices para el agregado y trece tamices para agregado grueso. Esta característica se emplea para determinar el volumen de vacíos entre ellas. Un buen concreto debe tener la mínima cantidad de vacíos porque la cantidad de agua y cemento que formarán parte de la mezcla de concreto, ocuparán los vacíos entre las partículas de los agregados. Las condiciones¹ que establece el ASTM (American Standard for Test Materials) para tener una buena granulometría en el agregado fino son:

1. Que el agregado fino no contenga más del 45% retenido entre dos mallas consecutivas.
2. El módulo de finura no debe ser no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en mas de 0.2 del valor dado por la fuente de abastecimiento.

El módulo de finura es un índice de la finura del agregado grueso. Mientras menor sea el módulo de finura, más fino será el agregado. Este valor permite estimar la relación agregado fino- agregado grueso en las mezclas.

El tamaño máximo de los agregados gruesos tiene efecto en el costo de la fabricación de una mezcla de concreto. Entre más pequeño sea el agregado grueso, se necesitara más agua y cemento para cubrir la superficie de las partículas. El tamaño máximo del agregado es el menor tamaño de la malla por el

¹ “DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO” KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



cual todo el material debe pasar. La malla del tamaño nominal puede tener un retenido del 5% al 15% del material.

El tamaño máximo del agregado que puede ser empleado depende de la forma y tamaño del elemento de concreto y de la cantidad y distribución del acero de refuerzo. El tamaño máximo del agregado grueso no debe pasar de:

1. Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro del concreto.
2. Tres cuartos del espaciamiento libre entre las barras de refuerzo.
3. Un tercio del peralte de las losas.

Forma y textura de la partícula.

Las partículas elongadas angulares y de textura rugosa necesitan más agua que los agregados compactos, redondeados y lisos. Las partículas que son angulares necesitan un mayor contenido de cemento para mantener la misma relación agua-cemento. Los vacíos entre las partículas de los agregados varían según la textura, tamaño y forma de los agregados y aumentarán en agregados muy angulares. A medida que aumentan los vacíos entre las partículas, aumenta la demanda de agua y cemento o mortero que llenará los vacíos. De ser posible, el número de las partículas planas y elongadas se debe evitar o reducir en un 15% de la masa total de agregado.

Masa volumétrica y vacíos.

La masa volumétrica, masa unitaria o densidad de masa, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario



especificado. Este volumen hace referencia al volumen que ocupan los agregados y los vacíos de los agregados. El valor de la masa volumétrica varía entre 1200 y 1760kg/m³. El contenido de vacíos varía entre 30 y 45% para el agregado grueso y 40 a 50% para el agregado fino.¹

Masa específica.

La masa específica o densidad relativa es la relación entre la masa del agregado respecto a la masa de un volumen absoluto igual de agua desplazada por inmersión. Este valor varía entre 2.4 y 2.9,¹ aunque algunos materiales porosos o intemperizados pueden presentar valores bajos. En el diseño de mezclas se puede considerar la masa específica seca o la masa específica saturada superficialmente seca,

Absorción y humedad superficial.

Los poros de un agregado pueden contener agua o estar completamente secos. Las condiciones de humedad son: Seco, Seco al aire o parcialmente húmedo, saturado y superficialmente seco y sobresaturado o mojado. La cantidad de agua se debe ajustar a la condición de humedad de los agregados para satisfacer la demanda de agua en la fabricación de la mezcla y mantener así la relación agua cemento y la trabajabilidad del concreto. La absorción del agregado grueso varía entre 0.2 a 4.0% y la del agregado fino entre 0.2 y 2%. La humedad del agregado fino drenado es de 3 a 8% y la del grueso entre 1 y 6%.¹

¹“DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO” KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



Abundamiento del agregado fino.

Es el aumento del volumen total del agregado fino húmedo respecto al mismo peso seco. El abundamiento varía según el grado de humedad y la granulometría del material.

Resistencia a la congelación y al deshielo.

La resistencia a la congelación y el deshielo depende de la porosidad del agregado, absorción, permeabilidad y de la estructura del poro.

Humedecimiento y secado

Los procesos de humedecimiento y secado por los cambios bruscos de la temperatura afectan la durabilidad del agregado porque se producen contracciones y expansiones que producen agrietamiento.

Resistencia al desgaste y al agrietamiento.

Esta propiedad se utiliza como índice de la calidad del agregado. Una resistencia baja al desgaste en los agregados puede incrementar la cantidad de material fino y en consecuencia aumentar la demanda de agua en la mezcla.

Resistencia y contracción.

Esta propiedad depende de la compresibilidad, módulo de elasticidad y la humedad de los agregados. Los agregados que tienen un alto índice de absorción



tienen un nivel de contracción muy elevado al secarse. Los agregados con cuarzo y feldspatos y las calizas como las dolomitas y los granitos tienen contracción baja. La arenisca, el esquisto, pizarra, hornblenda y grauvaca tienen una capacidad de contracción elevada.

Resistencia a los ácidos y otras sustancias corrosivas.

El grado de desintegración del concreto debido al ataque de las soluciones ácidas depende del tipo y concentración del ácido. El ácido ataca a toda la superficie del concreto cuando está formado por agregados calcáreos. La lluvia ácida puede dañar la superficie del concreto si el valor del pH (punto de hidrógeno) varía entre 4 y 4.5%.¹ Las relaciones agua-cemento bajas, la permeabilidad baja y el bajo contenido de cemento pueden aumentar la resistencia a los ácidos o a la corrosión del concreto.

Resistencia al fuego

Las propiedades térmicas de los agregados dependen de su constitución mineralógica. Los agregados ligeros manufacturados y algunos agregados ligeros naturales tienen una mayor resistencia al fuego debido a su estabilidad con las altas temperaturas y a sus características aislantes. Un concreto que contenga agregado grueso calcáreo tendrá un mejor desempeño ante el fuego que un concreto que tenga cuarzo o sílice como el granito o la cuarcita.

¹ “DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO” KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



Reactividad álcali-agregado.

Los agregados químicamente estables reaccionan con el concreto sin dañarlo. Dentro de las sustancias perjudiciales están las impurezas orgánicas, el limo, la arcilla, esquistos, óxido de hierro, carbón mineral, lignito.

Manejo de los agregados.

Se deben seguir las siguientes normas:

1. La segregación en el almacenaje debe ser mínima.
2. Se debe evitar la contaminación del agregado usando mamparas o divisiones.
3. Los montones de material deben estar formados en capas delgadas de espesor uniforme.
4. Los agregados que han sido lavados deben amontonarse con suficiente anticipación para que drenen y recuperen una humedad uniforme
5. Se debe evitar que el viento levante material fino cuando el material es descargado en camiones



Clasificación del Concreto

De acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, este puede ser clasificado, de acuerdo a su peso volumétrico fresco como:

Concreto Clase 1, con peso volumétrico en estado fresco superior a 22 kN/m^3 (2.2 t/m^3) y

Concreto Clase 2, con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre 19 y 22 kN/m^3 (1.9 y 2.2 t/m^3).

El concreto clase 1 se fabricará con agregados gruesos con peso específico superior a 2.6 (caliza, basalto, etc.) y el concreto clase 2 con agregados gruesos con peso específico superior a 2.3, como andesita. Para ambos se podrá emplear arena andesítica u otra de mejores características.

Determinación de la resistencia del concreto a compresión.

La determinación de la resistencia del concreto a compresión se realiza de acuerdo con la norma **NMX-083-ONNCCE-2002** que establece los métodos de prueba para la determinación de la resistencia de cilindros de concreto moldeados ó en corazones de concreto.

Esta prueba se desarrolla ensayando los cilindros a compresión en una maquina de compresión ó en una máquina universal la cual debe tener la capacidad suficiente y que además pueda funcionar a la velocidad de ensaye que especifica la norma sin producir impactos ni perdidas de carga.



La maquina de ensayo debe contar con un dispositivo para realizar la lectura ya sea una carátula graduada con aproximación del 2.5% de la carga aplicada o por un sistema digital que registre la carga máxima aplicada³.

Los especímenes ensayados deben guardar una relación de altura/base (relación de esbeltez) igual ó menor a 2 ya que la norma no contempla relaciones mayores debido a que estos presentarían problemas de pandeo durante la prueba y fallarían por flexocompresión; también establece que la relación esbeltez de 2 se toma como el 100% de la resistencia a compresión del espécimen, teniendo en cuenta que una relación menor nos reportaría cargas mayores, es necesario aplicar un factor de corrección a la resistencia resultante. Este factor es menor a la unidad y se conoce como factor de corrección de esbeltez.

Relación 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

Tabla 10. Factores de corrección por esbeltez.

FUENTE "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.

Influencia del tamaño del espécimen en la resistencia

La resistencia medida de un espécimen disminuye al aumentar su tamaño, sin embargo, los efectos del tamaño son menores mientras mayor sea la

³ NMX-C-083-ONNCCE-2002.



homogeneidad del concreto. Además, el efecto del tamaño desaparece prácticamente cuando las dimensiones del espécimen rebasan cierto tamaño: Por cada diez veces que se incrementa sucesivamente el tamaño del espécimen, este pierde progresivamente una cantidad menor de resistencia.

El efecto de la resistencia desaparece al sobrepasar ciertas medidas, por lo que el aumento adicional de tamaño de un elemento no ocasiona una reducción de la resistencia. De acuerdo con la gráfica siguiente, mostrada en el libro de Tecnología del Concreto de Neville, la curva se vuelve paralela al eje del diámetro del espécimen un valor de 4.57cm^2 . Es decir, todos los cilindros con diámetros mayores tienen la misma resistencia.

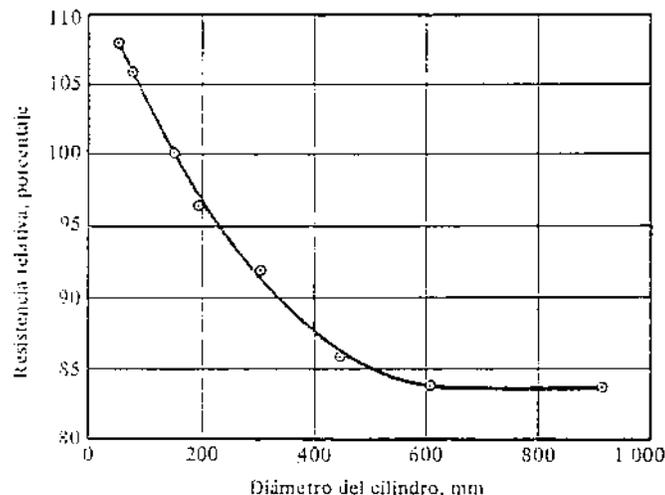


Fig. 6. Resistencia a la compresión de cilindros de diferente tamaño.

FUENTE "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.

Los efectos obtenidos al medir la resistencia de especímenes de concreto de diferente tamaño son importantes, porque estos efectos se han atribuido a diversas causas: el efecto de pared, la relación del tamaño del espécimen con el

² "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



tamaño máximo del agregado, los esfuerzos internos causados por diferencias de temperatura y humedad entre la superficie y el interior del espécimen, el esfuerzo tangencial en la superficie de contacto entre la platina de la máquina de prueba y el espécimen debido a la fricción o flexión de la platina, y la diferencia en la efectividad del curado.

En el libro de Tecnología del Concreto, Neville muestra una gráfica obtenida por Gonnerman, que muestra como los especímenes de tamaño y forma diferentes ganan resistencia a la misma velocidad sin importar el tipo de curado.

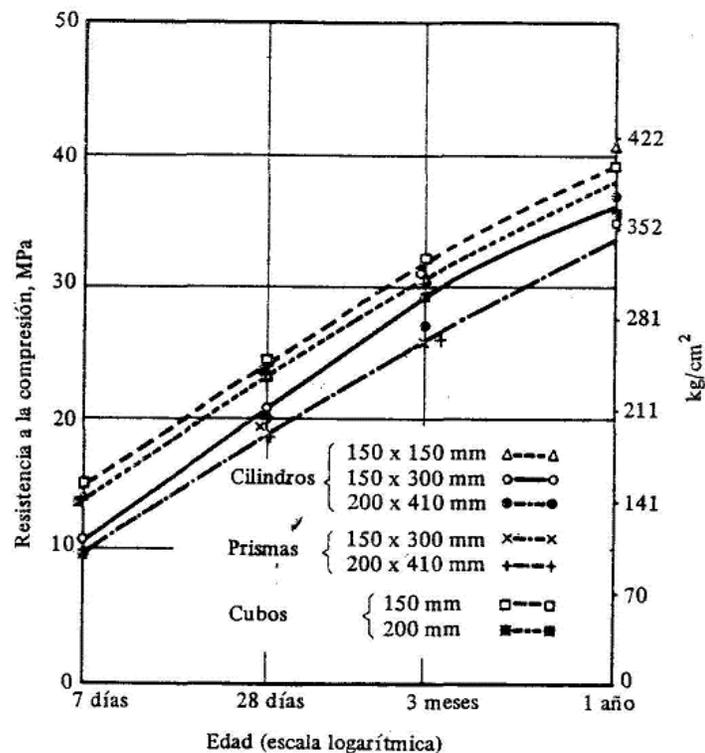


Fig. 7. Efecto de la edad sobre la resistencia a la compresión de especímenes de diferentes formas y tamaños .

FUENTE "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



Dentro del rango de tamaños de especímenes probados, el efecto sobre la resistencia no es grande pero sí se debe considerar en trabajos que requieren de mucha precisión o en proyectos de investigación. Neville indica que en el comportamiento de los prismas de concreto es similar al de los cilindros² y que la variación de la resistencia disminuye conforme aumenta el tamaño del espécimen.

El empleo de especímenes de menor tamaño tiene algunas ventajas como una mayor facilidad de manipulación, menor probabilidad de sufrir daños accidentales, se puede utilizar una máquina de prueba de menor capacidad y se emplea menos concreto, lo cual en el laboratorio significa menos espacio para almacenamiento y curado, así como una menor cantidad de agregado a procesar.

Sin embargo, debido a la mayor dispersión que existe en los resultados que se obtienen con muestras más pequeñas, tienen que emplearse en mayor número para que proporcionen una mejor precisión.

Relación entre el tamaño del espécimen y el tamaño del agregado.

Un espécimen de prueba tiene que ser apreciablemente mayor que el tamaño máximo del agregado en el concreto. La norma BS 1881 parte 3: 1970 prescribe que la dimensión de un espécimen de concreto no debe ser menor si se emplean agregados de 2.5cm, es decir una relación de 4. La norma **ASTM C 192-76** limita a 3 la relación entre el diámetro del cilindro y el tamaño máximo del agregado. La U. S. Bureau of Reclamation limita a 4 esta relación. Por lo tanto se considera satisfactoria una relación entre 3 y 4.

² "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" KOSMATKA, Steven IMCYC, México, 1992.



Efecto de pared en especímenes de concreto

La limitación entre el tamaño de los especímenes surge del efecto pared: la pared influye en el empaque del concreto, puesto que la cantidad de mortero necesaria para llenar el espacio entre las partículas del agregado grueso es mayor que la necesaria en el interior de la masa y se excede del mortero disponible en una mezcla bien proporcionada. Para compensar esta diferencia de material fino, se añade más mortero del resto de la mezcla.

Cuando el tamaño del agregado excede del valor permisible para el molde empleado, se suele recurrir al tamizado del agregado de tamaño mayor. Esta operación se llama tamizado húmedo. Este tamizado debe realizarse con rapidez para evitar el secado y el material tamizado debe mezclarse a mano aunque se podría considerar que la relación agua-cemento del concreto del tamizado no se alterará, el contenido de cemento así como el contenido de agua aumentan y generalmente se observa un incremento de la resistencia. En el concreto con aire incluido, el tamizado puede generar cierta pérdida de aire lo cual causa un incremento en la resistencia.



PREDICCIÓN DE LA RESISTENCIA

En la actualidad existen expresiones matemáticas que predicen la resistencia del concreto a partir de los resultados obtenidos del ensaye a 7 días de las probetas; sin embargo, están basadas en concreto elaborado con cemento tipo I, el cual ya no se fabrica y por lo tanto es obsoleto. Actualmente se fabrican y emplean otros tipos de cemento definidos por la norma **NMX-C-414-ONNCCE-2004**, razón por la cual es necesario actualizar la información que se tiene para definir un comportamiento más preciso del concreto.

Las predicciones de resistencia del concreto en función de la relación agua-cemento, se basan en resultados de resistencia a compresión a 28 días, en especímenes estándar. El espécimen considerado como estándar para concretos con tamaños máximos de grava hasta 51 mm es el cilindro de 15 cm (6") de diámetro y 30 cm (12") de altura.

Ejemplo de esto es la ecuación definida por el Dr. León Fernández en su manual "APUNTES DE CONSTRUCCIÓN I", Tomo I, editado por la UAM Azcapotzalco donde presenta lo resultados de diversos ensayes a cilindros fabricados con material de origen andesítico utilizados comúnmente dentro de la construcción en el distrito federal, dichos especímenes fueron fabricados con Cemento Tipo I. en dicho Tomo expresa lo siguiente al respecto:

“El conocer la resistencia de las muestras de concreto hasta los 28 días de que fue fabricado cuando el concreto que representan ya está formando parte de una estructura, representa un problema serio para el fabricante, si las resistencias

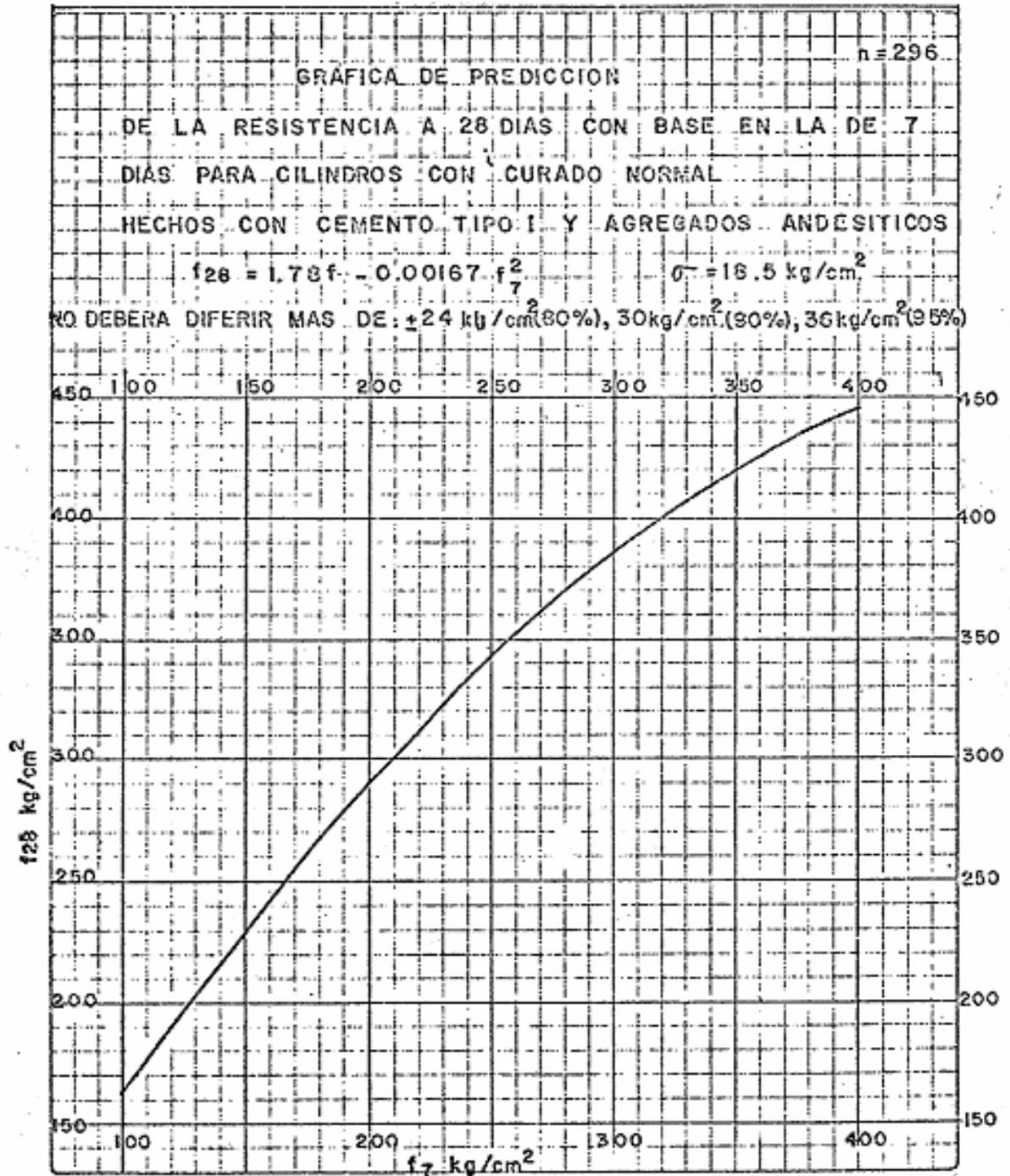


salen bajas, el concreto producido durante un mes no llenará las especificaciones, para eso se acostumbra ensayar una pareja de cilindros a los 7 días.

También valiéndose de la estadística se puede encontrar un modelo matemático que ligue, a la resistencia a los 7 días con la de 28 días, mediante este modelo puede anticipar la resistencia que tendrá su concreto o mejor aún puede calcular la resistencia mínima que deben tener sus cilindros a los 7 días para que cumplan con lo especificado a los 28 y mediante la resistencia a los 7 días controlar su producción..... “

“Para el fabricante del concreto aun 7 días se le hace mucho tiempo, algunos han intentado ensayar la pareja a 3 días pero los resultados de la predicción han resultado demasiado inciertos.

También se ha intentado madurar rápidamente una pareja de cilindros mediante el mantenerlos en agua hirviendo algunas horas .lo que no ha resultado práctico. Si se tiene en cuenta de que algunos fabricantes tendrían que ensayar de 50 a 100 cilindros se comprenderá lo costoso del equipo necesario y la cantidad de personal especializado”.



Fórmula para la predicción de la resistencia del concreto endurecido en base a los datos obtenidos en ensayos a 7 días. Dr. León Fernández.



Determinación del Modulo de Elasticidad del concreto

El módulo de elasticidad de un material es una propiedad fundamental que debe ser conocida para poder realizar el adecuado modelado de su comportamiento y así lograr su correcta utilización en diversas aplicaciones estructurales.

El concreto ha sido y sigue siendo uno de los materiales más importantes para la ingeniería civil, es utilizado en la construcción y en la rehabilitación de edificios, carreteras y puentes, de ahí que exista la necesidad de predecir con precisión sus propiedades tales como el módulo de elasticidad, la contracción, la fluencia, la permeabilidad y la durabilidad.

De estas propiedades, una de las más importantes es el módulo de elasticidad, ya que nos da una explicación del comportamiento del material en las estructuras y de las deformaciones que esta sufrirá durante su vida útil o durante eventualidades (cargas accidentales, sismo, viento, etc.). El módulo elástico es utilizado por los estructuristas para estimar y evaluar la rigidez y la resistencia a flexión de los elementos de la estructura. Predecir el módulo de elasticidad es importante también en concreto armado y pretensado para la contracción y la evaluación de la fluencia, así como el control del agrietamiento, especialmente a una edad temprana.

El término deformación elástica es un poco ambiguo, puesto que la curva esfuerzo-deformación para el concreto no es una línea recta aun a niveles normales de esfuerzo (Figura 8), ni son enteramente recuperables las deformaciones. Pero, eliminando las deformaciones plásticas de esta



consideración, la porción inferior de la curva esfuerzo-deformación instantánea, que es relativamente recta, puede llamarse convencionalmente elástica. Entonces es posible obtener valores para el módulo de elasticidad del concreto. El módulo varía con diversos factores, notablemente con la resistencia del concreto, la edad del mismo, las propiedades de los agregados y el cemento, y la definición del módulo de elasticidad en sí, si es el módulo tangente, inicial o secante. Aún más, el módulo puede variar con la velocidad de la aplicación de la carga y con el tipo de muestra o probeta, ya sea un cilindro o una viga. Por consiguiente, es casi imposible predecir con exactitud el valor del módulo para un concreto dado.

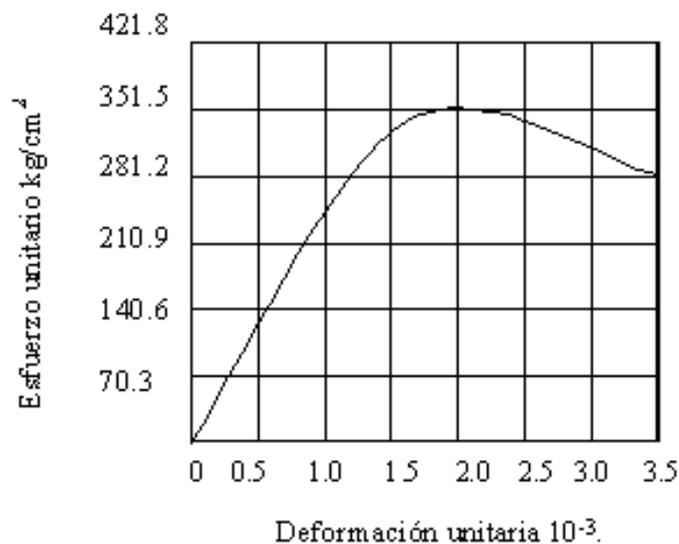


Figura 8. Curva típica esfuerzo-deformación para concreto de 350 kg/cm^2 .

Del solo estudio de las curvas de esfuerzo-deformación resulta obvio que el concepto convencional de módulo de elasticidad no tiene sentido en el concreto. Por lo tanto, es necesario recurrir a definiciones arbitrarias, basadas en consideraciones empíricas. Así, se puede definir el módulo tangente inicial o



tangente a un punto determinado de la curva esfuerzo-deformación y el módulo secante entre dos puntos de la misma.

El módulo secante se usa en ensayos de laboratorio para definir la deformabilidad de un concreto dado. La ASTM recomienda la pendiente de la línea que une los puntos de la curva correspondiente a una deformación unitaria de 0.00005 y al 40% de la carga máxima.

Idealmente, el módulo de elasticidad se mide directamente en muestras de concreto ensayados a compresión mediante el registro de la curva carga-deformación, pero desde un punto de vista experimental, esto no siempre es fácil.

En comparación con la determinación de resistencia a la compresión f_c realizada en especímenes de concreto, el procedimiento de prueba para definir el módulo de elasticidad de concreto es mucho más complicado y lleva mucho tiempo. Para evitar la demanda de recursos y el tiempo empleado para de las mediciones directas del módulo de elasticidad E_c , ingenieros e investigadores han tratado de encontrar algunos atajos que les permitan predecir el módulo de elasticidad del concreto usando un enfoque teórico o empírico. En este último caso, que es el más ampliamente utilizado, el módulo de elasticidad se expresa generalmente en función de la resistencia a la compresión.

Es así que diferentes códigos y reglamentos de construcción a nivel mundial proponen diversas fórmulas para la determinar el modulo de elasticidad utilizando alguna correlación con la resistencia f_c de las muestras de concreto por ejemplo:



En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del D.F., el Módulo de elasticidad para concretos clase 1, el módulo de elasticidad, E_c , se supondrá igual a:

$$E_c = 4\,400 \sqrt{f' c}, \text{ en MPa (14\,000 } \sqrt{f' c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

para concretos con agregado grueso calizo, y

$$E_c = 3\,500 \sqrt{f' c}, \text{ en MPa (11\,000 } \sqrt{f' c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

para concretos con agregado grueso basáltico.

Para concretos clase 2 se supondrán igual a

$$E_c = 2\,500 \sqrt{f' c}, \text{ en MPa (8\,000 } \sqrt{f' c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

aplicable únicamente a concretos fabricados

con agregados típicos de la Ciudad de México.

En los Estados Unidos de Norte América y en Turquía se utilizan las expresiones:

ACI 318-95 [1]

$$E_c = 4.73(f_c)^{1/2}$$

TS-500 [2]

$$E_c = 3.25(f_c)^{1/2} + 14$$

[1] American Concrete Institute

[2] Turkish Standardization Institute,

en el que las relaciones f_c y E_c se expresa en MPa y GPa, respectivamente.



En Canadá y Nueva Zelanda las expresiones utilizadas son:

$$E_c = (3320 \sqrt{f'_c} + 6900) \left(\frac{\rho}{2300} \right)$$

donde:

f'_c : Resistencia a la compresión en MPa

ρ : Densidad del concreto en Kg/m³

$$E_c = (10578.4 \sqrt{f'_c} + 70050) \left(\frac{\rho}{2300} \right)$$

donde:

f'_c : Resistencia a la compresión en Kg/cm²

ρ : Densidad del concreto en Kg/m³

en los cuales cabe destacar que se introduce además la variable del Peso Volumétrico del Concreto para el cálculo del Modulo de Elasticidad.

Esta variable también ha sido utilizada por el ACI quien presenta la siguiente fórmula³:

$$E_c = w^{1.5} 4000 \sqrt{f'_c}$$

donde:

f'_c : Resistencia a la compresión en Kg/cm²

w : Peso Volumétrico del concreto en T/m³

³ "ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO" GONZALES, ROBLES UAM-AZC Edi. Limusa, 4ª Ed.



Por otro lado el reglamento ACI 318 recomienda la siguiente expresión⁴, en unidades del sistema inglés, que es aplicable concretos con pesos unitarios entre 90 y 155 lb/pie³ ó entre 1.5 y 2.5 Ton/m³:

$$E_c = 33 w_c^{1.5} \sqrt{f' c} \quad (\text{Sistema Ingles})$$

donde:

- f'c : Resistencia a la compresión en lb/in²
w : Peso Volumétrico del concreto en lb/pie³

$$E_c = 0.1363 w_c^{1.5} \sqrt{f' c} \quad (\text{Sistema métrico})$$

donde:

- f'c : Resistencia a la compresión en Kg/cm²
w : Peso Volumétrico del concreto en Kg/m³

Es de notarse que esto no ha sido así para los reglamentos de construcción ni las Normas Técnicas Complementarias utilizadas en México que no consideran la variable del peso volumétrico como tal, solo es tomado como un rango para la Clase de Concreto (Clase 1 ó Clase 2)

Con el desarrollo del concreto de alta resistencia (HSC, High Straight Concrete) se iniciaron una serie de intentos para ver si la relación existente podría ser utilizada para predecir el módulo de elasticidad en este tipo de material, por ejemplo, Estados Unidos, Europa y los comités de Noruega en concreto de alta resistencia propusieron las siguientes relaciones:

⁴ "MANUAL DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO" Tomos III FERRER, M. M., CFE-UNAM, Edit. Limusa, México, 1994.



ACI 363 [3]

$$E_c = 3.32(f_c)^{1/2} + 6.9$$

CEB90 [4]

$$E_c = 10(f_c + 8)^{1/3}$$

NS 3473 [5]

$$E_c = 9.5(f_c)^{0.3}$$

[1] American Concrete Institute,

[2] CEB Comité Euro International Du Béton- International Federation for Structural Concrete

[3] Norwegian Council for Building Standardization,

en el que las relaciones f_c y E_c se expresa en MPa y GPa, respectivamente.

El reglamento del Distrito Federal especifica ecuaciones para estimar el módulo de elasticidad de Concretos con resistencias a la compresión mayores a 400 kg/cm^2 :

$$E_c = 8\,500 \sqrt{f' c} + 110,000 \text{ en kg/cm}^2 \text{ (2700 } \sqrt{f' c} + 11,000 \text{ , en MPa)}$$

para concretos con agregado grueso calizo, y

$$E_c = 8\,500 \sqrt{f' c} + 50,000 \text{ en kg/cm}^2 \text{ (2700 } \sqrt{f' c} + 5,000 \text{ , en MPa)}$$

para concretos con agregado grueso basáltico.

Debido a las características que diferencian al concreto normal del concreto de alta resistencia, en el procedimiento tradicional para el diseño de las estructuras hechas con estos materiales, la determinación de las propiedades elásticas del concreto se ha vuelto muy importante desde el punto de vista del



diseño, ya que se requiere determinar las deformaciones de los diferentes elementos estructurales.

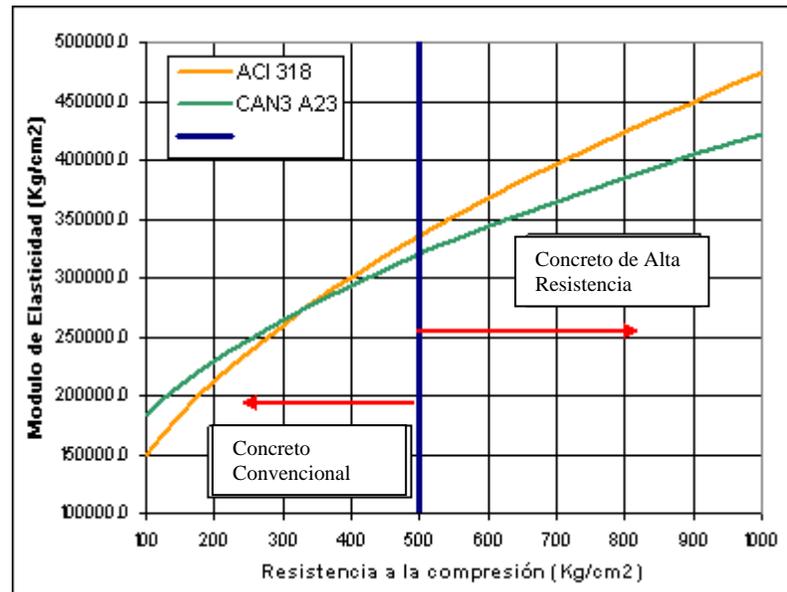


Fig. 9. Comparación entre los módulos de elasticidad calculados con la expresión de la norma ACI 318 y los de la norma CAN 3-A23.



CAPITULO III DESARROLLO.

Granulometría y Pesos Volumétricos.

Se realizó la determinación de la granulometría y de los pesos volumétricos de los agregados gruesos (grava) y de los agregados finos (arena) con el procedimiento descrito según la norma **NMX C-077**:

Se realizó la determinación de los pesos volumétricos suelto y compacto para los agregados gruesos (grava) y de los agregados finos (arena) con el procedimiento descrito según las normas **NMX C-073** y **NMX C-077**.

Se realizó la determinación de la humedad de los agregados gruesos (grava) y de los agregados finos (arena) con el procedimiento descrito según la norma **NMX C-073**.



Grava de Andesita



Arena de Andesita



Grava de Basalto



Grava de Caliza

Material y equipo.

- 2 Cubetas.
- 2 Palas
- 2 Cucharones grandes
- 1 Cuarteador para arena (incluye tres charolas y cuchara)
- 2 Cepillos de cerdas suaves
- 1 Juego de ollas para peso volumétrico
- 1 Vernier
- 1 Balanza digital
- 2 charolas de 40x40cm
- 2 Sartenes
- 2 Espátulas de lámina
- 1 Vidrio.
- 2 Varillas compactadoras.
- 1 Barra enrasadora
- 1 Juego de cribas para arena
- 1 Juego de cribas para grava



- 1 Cepillo de cerdas de cobre
- 2 Mecheros grandes
- 1 Parrilla eléctrica.
- 1 Trozo de Polín
- 1 Escoba.
- 2 costales
- 1 Franela.
- 1 par de guantes

Procedimiento

Muestreo y Cuarteo.

1. Se realizó el muestreo de la grava y la arena como se indica en la norma **NMX C-030** tomando pequeñas muestras del material de diferentes partes del montículo con ayuda de una cuchara o pala hasta llenar una cubeta para cada material.
2. Se realizó el cuarteo de la arena y de la grava como lo indica la norma **NMX C-170**. Para la arena se empleó el cuarteador mecánico y para la grava el cuarteo manual. El cuarteo se realizó hasta tener una muestra reducida de aproximadamente 2 Kg. para la grava y 1 Kg. para la arena, estos pesos se definieron bajo el criterio indicado por el guión de laboratorio de Ing. León Fernández Orozco, con el fin de realizar pruebas más cómodas sin que se perdiera la representatividad de los resultados.
3. Las muestras reducidas se emplearon para el análisis granulométrico.



4. Del material sobrante del cuarteo se determina el peso volumétrico suelto y compacto

Granulometría

1. Se pesó la muestra reducida (Ph)
2. Se calentó la muestra reducida hasta que estar seca, esto se comprobó al pasar un vidrio sobre el material hasta que este no se empañara, en ese momento el material está en estado seco.
3. Se peso la muestra seca (Ps)
4. Para la granulometría de la arena se ordenaron las cribas de forma descendente como sigue: No. 4, 8, 16, 30, 50, 100, charola.
5. Para la granulometría de la grava se ordenaron las cribas de forma descendente como sigue: 3, 2, $\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, 4, charola.
6. Se vació el material con cuidado en el interior de las cribas y se colocó la tapa.
7. Las cribas se colocaron en la máquina cribadora y se agitaron durante 5 minutos.
8. Pasado ese tiempo, se retiraron las cribas y se realizó un cribado manual removiendo el material con la mano hasta que no pase material a través de las mallas.



9. Se pesó todo el material retenido en cada una de las cribas procurando no perder material.
10. Se sumaron todos los pesos retenidos y se calcularon los retenidos parciales y los retenidos acumulados para trazar las gráficas granulométricas de la grava y de la arena.
11. Con los resultados se determinó el módulo de finura de la arena y el tamaño nominal de la grava.

Peso Volumétrico Compacto (PVC)

1. Se homogeneizó el material sobrante del cuarteo.
2. Se calculó el volumen (V_r) en metros cúbicos y el peso (W_r) del recipiente en kilogramos.
3. Se vació el material en el recipiente, con una altura de caída de 5cm hasta llenar un tercio del volumen del recipiente.
4. Se compactó el material con una varilla de compactación dando 25 golpes con la punta redonda de la varilla, abarcando toda la superficie del material y procurando no golpear el fondo del recipiente.
5. Se continuó vaciando el material hasta llenar otro tercio del volumen del recipiente y se compactó de la misma forma, procurando penetrar el tercio anterior de material.



6. Se continuó vaciando el material hasta llenar el recipiente y se compactó nuevamente, procurando penetrar la capa anterior de material.
7. Se terminó de llenar el recipiente y se enrazó.
8. Después de limpiar la superficie exterior del recipiente, se tomó el peso del recipiente lleno del material (W).
9. Este procedimiento se realizó dos veces más y se calculó el promedio de los tres pesos, (Wp), se restó el peso del recipiente (Wr) para obtener el peso del material compacto (Wm).
10. El peso volumétrico (PVC_m) sin corregir se determinó con el cociente de Wm entre Vr.
11. Se realizó una corrección por humedad para obtener el Peso Volumétrico Compacto corregido con la siguiente fórmula:

$$PVC_c = \frac{PVC_M}{1 + H}$$

Peso Volumétrico Suelto (PVS)

1. Se homogeneizó el material sobrante del cuarteo.
2. Se calculó el volumen (Vr) en metros cúbicos y peso (Wr) del recipiente en kilogramos.



3. Se vació el material con una altura de caída de 5cm, en el recipiente hasta llenarlo, sin compactar.
4. Se enrazó, se limpió la superficie exterior del recipiente y se peso (W).
5. Este procedimiento se realizó dos veces más y se calculo el promedio (Wp).
6. El peso del material suelto (Wm) se obtuvo de la diferencia de Wp menos Wr.
7. El Peso volumétrico suelto sin corregir PVS_m se calculó dividiendo Wm entre Vr.
8. Se hizo una corrección por humedad con la siguiente fórmula:

$$PVS_c = \frac{PVS_M}{1 + H}$$

Humedad (H)

1. La humedad, tanto para la grava como para la arena, se calculó con la expresión matemática siguiente.

$$H = \frac{Ph - Ps}{Ps}$$



2. Se expreso la humedad en porcentaje multiplicando H por 100.

Pesos específicos y Absorción

Se realizó la determinación los pesos específicos saturado superficie seca, el peso específico seco y el índice de absorción de la grava y la arena de acuerdo a las normas **NMX C-164 y NMX C-165**.

Material y equipo

- 1 Cubeta de 19L
- 1 Cubeta pequeña
- 2 charolas de 40 x 40cm
- 1 charola de 40 x 60cm
- 2 cucharones grandes
- 1 pala
- 1 Escoba
- 2 Mecheros grandes
- 2 cribas del no.4
- 1 Parrilla eléctrica
- 2 franelas
- 1 Balanza electrónica.
- 2 Sartenes.
- 1 cono de bronce con pisón
- 1 picnómetro de sifón
- 1 frasco de chapman
- 1 embudo grande
- 1 Cuchara sopera



- 1 Cepillo de cerdas suaves
- 1 Vidrio rectangular.
- 2 espátulas de lámina.
- 1 Pizeta.
- 2 probetas de 1L
- 1 par de guantes

Procedimiento

Peso específico saturado superficie seca de la grava

Un día antes de la realización de la prueba.

1. Se realizó el muestreo de material según la norma **NMX C-030**.
2. Se realizó el cuarteo del material como lo indica la norma **NMX C-170** hasta tener una muestra reducida de 5 Kg. a 6 Kg. estos pesos se definieron bajo el criterio indicado por el guión de laboratorio de Ing. León Fernández Orozco, con el fin de realizar pruebas más cómodas sin que se perdiera la representatividad de los resultados.
3. El material se vació en una charola de 40 x 40cm y se secó.
4. Después el material se cribó con la malla no. 4, el material que quedo retenido se depositó en una cubeta pequeña y se descartó el material que pasó a través de la malla.



5. Se vació agua en la cubeta hasta que cubrió todo el material y se dejó reposar por 24 hrs.

El día de la prueba.

6. Se sacó el material en porciones pequeñas y se colocó sobre una tela absorbente.
7. El material se secó superficialmente con la tela hasta eliminar el agua superficial de las piezas de grava.
8. Se pesó una muestra de aproximadamente 1.2 Kg. a 1.5 Kg. de material (Psss).
9. Se aforo el picnómetro de sifón, se introdujo el material y se calculó el volumen de material midiendo el volumen de agua desalojado por el sifón en una probeta graduada (V).
10. El peso específico saturado superficialmente seco (Psss) se determinó dividiendo Psss entre V.

Absorción de la grava.

1. El material sobrante de la prueba anterior (de 3.5 a 4 Kg.), se secó superficialmente con una franela.
2. Se pesó una muestra de 1.5 Kg. aproximadamente (Psss) y se secó.



3. El material seco se pesó (P_s).
4. La absorción (A) se calculó con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s}$$

Peso específico seco de la grava.

El peso específico seco (P_{es}) se calculó con la siguiente expresión:

$$P_{es} = \frac{P_{esss}}{1 + A}$$

Peso específico saturado superficie seca de la arena.

Un día antes de la realización de la prueba.

1. Se realizó el muestreo de material según la norma **NMX C-030**.
2. Se realizó el cuarteo del material como lo indica la norma **NMX C-170** hasta tener una muestra reducida de 6 Kg. a 8 Kg.
3. El material se vació en una charola de 40 x 40cm y se secó.



4. Después el material se depositó en una cubeta pequeña y se vació agua en la ella hasta que cubrió todo el material y se dejó reposar por 24 hrs.

El día de la prueba.

5. Se saco una porción de aproximadamente 3 Kg. de material (sin pesar), se escurrió el agua y se colocó en una charola de 40 x 40 cm.
6. El material se calentó, removiéndolo constantemente, hasta el momento en que los granos más finos depositados en el fondo de la charola comenzaron a cambiar de color.
7. La charola se retiró y se dejó enfriar el material.
8. Se tomó un puñado de material y se apretó con la mano, al abrir la mano e inclinarla un poco, se observo si ruedan grumos pequeños y pocos granos quedan en la mano, de ser así se considera que la muestra puede estar ya en estado saturado superficie seca y se realizó la prueba del cono para asegurar esta aseveración; en caso contrario se siguió calentando el material.
9. Para realizar la prueba del cono, se limpió una superficie plana y lisa, y se colocó el cono de Abrams sobre esa superficie, con la abertura más pequeña hacia arriba.
10. El material se vació en el interior del cono hasta llenarlo, se sobrepuso el pisón en la superficie del material para que el este se compactase por el peso propio del pisón. Se aplicaron 25 colocaciones del pisón deteniéndose



cada vez que la superficie del material bajó 2 mm o más. En este caso, se detuvo el proceso de compactación, se llenó nuevamente el cono y se continuó con la compactación hasta completar las 25 colocaciones.

11. Una vez terminada la compactación, se terminó de llenar el cono, se enrazó y se limpió la superficie alrededor del cono.
12. Después, con sumo cuidado se levantó el cono verticalmente tratando de no tocar el material con la pared del cono, este procedimiento se realizó hasta obtener el estado deseado en el cual el material, al desmoldarse, se desmoronó parcialmente por sí solo o apoyando el dedo índice sobre la parte superior del material en un ángulo de 45° .
13. Una vez que el material quedó en estado saturado superficialmente seco, se pesó una muestra de 500gr (Psss).
14. Se llenó el frasco de Chapman hasta la marca de 200ml (V_o) y se introdujo el material cuidando el no tirar material fuera del frasco y procurando que no quedasen granos adheridos en la pared del mismo.
15. La boquilla del frasco se sostuvo con una mano y la base se hizo girar con la otra mano hasta eliminar las burbujas de aire atrapado en su interior.
16. Se dejó reposar el contenido del frasco y se midió el volumen indicado (V_f). El volumen del material en estado saturado superficialmente seco (V) se obtuvo de la diferencia de $V_f - V_o$.
17. El Peso específico saturado superficialmente seco (Psss) de la arena se calculó al dividir Psss entre V .



Absorción de la arena.

1. De la muestra de arena en estado saturado superficialmente seco, se peso una muestra de 750gr a 1kg (P_{sss}).
2. La muestra se secó y se pesó (P_s).
3. La absorción de la arena se calculo con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s}$$

Peso específico seco de la arena

El peso específico seco (P_{es}) se calculó con la expresión siguiente:

$$P_{es} = \frac{P_{esss}}{1 + A}$$

Diseño y fabricación de concreto

Se realizó el diseño de concreto con base en los resultados obtenidos de las prueba a los agregados y utilizando el método que marca el **ACI 211**.



TABLA I

Revenimiento cm.	Valores medios de Agua, Kg/m ³ para obtener el revenimiento deseado en función del tamaño nominal del agregado grueso en mm.						
	10mm	13mm	20mm	25mm	40mm	50mm	76mm
3	202	195	186	176	163	151	126
5	214	205	195	184	171	159	135
10	231	218	207	194	182	170	149
15	241	227	215	201	189	177	158
18	246	230	218	204	192	180	162

TABLA II

CEMENTO TIPO I	
Relación A/C (agua - cemento en peso)	Resistencia, a la compresión a 28 días Kg/cm ²
0.35	480
0.38	450
0.41	420
0.43	400
0.48	350
0.54	300
0.57	280
0.62	245
0.68	205
0.72	185
0.76	165
0.82	140

TABLA III

Aire atrapado, en % del volumen del concreto	
Tamaño Nominal del agregado grueso mm	VALORES MEDIOS
10	3
13	2.5
20	2
25	1.5
40	1
50	0.5
75	0.3

TABLA IV

Volumen de agregado grueso (grava) por volumen unitario de concreto.				
Tamaño máximo nominal del agregado, mm	Volumen de agregado grueso* compactado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10 (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
13 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
20(3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25(1")	0.71	0.69	0.67	0.65
40(1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50(2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75(3")	0.82	0.80	0.78	0.76

*Los volúmenes se basan en agregados en condiciones de varillado en seco, como se describe en la Norma ASTM C 29. Estos volúmenes se han seleccionado a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado de trabajabilidad adecuado a la construcción reforzada común.



Se realizó la fabricación de cilindros de concreto de 15 x 30 cm según lo marca la norma **NMX-C-160-ONNCCE-2004**



Material y equipo.

- 10 Moldes cilíndricos
- Desmoldante
- Estopa
- 2 Pinzas de mecánico
- 2 Pinzas de presión
- 2 Llave de tubo para tuercas de mariposa
- 2 Espátulas con mango
- 1 Mazo de goma
- 1 báscula digital
- 1 balanza mecánica.



- 1 mezcladora de concreto tipo trompo
- 2 costales
- 1 olla para aire ocluido con su manguera
- 1 cuchara de albañil
- 2 Palas
- 4 Cubetas de 19L
- 2 sartenes
- 2 Cucharones grandes.
- 2 Espátulas de lámina
- 2 vidrios rectangulares
- 1 escoba
- 1 cono de revenimiento.
- 1 barra enrazadora
- 2 Varillas compactadoras
- 1 Mazo de goma.
- 1 charola de 60x90cm
- 2 Probetas de 1L
- 1 Par de guantes
- 1 Pizeta
- 1 Flexómetro
- 1 Pinzas de presión
- 1 pinzas de mecánico.
- 1 llave de tubo para tuercas de mariposa
- 1 Carretilla
- 1 vernier de 12 in



Procedimiento.

Mezcla de prueba:

Un día antes de realizar la prueba.

1. Se determinó la mezcla a realizar en cuanto a tipo de cemento a emplear y relación agua/cemento, así como el revenimiento esperado, se calculó la dosificación base con los resultados obtenidos de las pruebas a los agregados.
2. Se calculó el volumen de mezcla a fabricar para colar los cilindros a ensayar a distintas edades.
3. Se realizó el muestreo de la grava y de la arena empleando el procedimiento descrito anteriormente para las pruebas a los agregados.
4. Se llenaron costales de grava y de arena suficiente para la fabricación de las mezclas de concreto y se almacenaron.

El día de la prueba.

1. Se determinó la humedad de la grava y de la arena, empleando los materiales almacenados en los costales.
2. Se pesaron las cantidades de grava y arena a emplear en la mezcla y se vaciaron en costales o cubetas cubiertos con trapos húmedos para evitar la pérdida de humedad.



3. Toda la herramienta fue humedecida con agua antes de fabricar el concreto.
4. El agua se midió por peso con la ayuda de las probetas y la balanza, y se vació en cubetas según la dosificación.
5. El cemento se tomó de los bultos destinados para el proyecto dentro del laboratorio, eligiendo el tipo según el plan de trabajo.
6. Se sacó el trompo del almacén y se vació un poco de agua en su interior. Se encendió la máquina para que el agua lubricase su interior. No se usó del agua destinada para la mezcla.
7. Una vez hecho esto, se procedió a apagar la máquina y se vació el agua en una cubeta la cual se utilizó para humedecer la herramienta empleada.
8. Después, se encendió la máquina y se vació el agua de la dosificación, reservando de 2 a 3 litros.
9. Se vació la grava y después la arena dentro del trompo aún en marcha procurando su correcto mezclado.
10. Por último, se vació el cemento procurando no perder material para no afectar la relación agua/cemento.
11. Se mezclaron los materiales de 3 a 5 minutos o hasta que la mezcla fue homogénea.



12. Pasado ese tiempo, se colocó el cono de revenimiento previamente humedecido en una charola de 60 x 90 cm limpia y previamente humedecida, con la abertura más grande hacia abajo. Se colocaron los pies sobre las lengüetas y la misma persona que sujetó el cono procedió a llenarlo.
13. Se llenó una tercera parte del cono con el concreto recién mezclado y se compactó dando 25 golpes repartidos en espiral en toda la superficie. Se llenó la siguiente tercera parte del cono y se compactó el material. Se llenó el cono y se compactó. Por último, se enrazó el cono.
14. Se sujetó el cono con las manos y se retiraron los pies de las lengüetas.
15. El cono se levantó verticalmente hasta que se retiró completamente de la mezcla. Este paso duró aproximadamente 5 segundos.
16. El cono metálico se colocó a un lado del cono formado con concreto, con la abertura más grande hacia arriba. Sobre esta abertura se colocó la varilla de compactación y se midió la distancia vertical de la parte inferior de la varilla al centro de la parte más plana del cono.
17. Se determinó el valor del revenimiento según la norma **NMX-C-156-ONNCCE-1997** y se comparó con las tolerancias indicadas en la norma **NMX-C-155**.
18. En los casos en los que el revenimiento obtenido fue menor que el valor del revenimiento deseado, se realizó la corrección pertinente de la siguiente manera:
 - a) Se agregó a la mezcla un volumen de agua igual a:



$$V_{H_2O} = 2 \times \text{No. De centímetros faltantes para el revenimiento} \times \text{volumen de la mezcla} / 1000$$

Donde V es el volumen de agua en dm^3 o litros. La masa de cemento es igual a:

$$M_c = V_{H_2O} \times \rho_{H_2O} / R_{A/C}$$

Donde M_c es la masa de cemento en kilogramos, V_{H_2O} es el volumen de agua en dm^3 , $R_{A/C}$ es la relación agua cemento y ρ_{H_2O} es la densidad del agua igual a $1 \text{ kg}/\text{dm}^3$.

- b) Se vació el concreto usado para el revenimiento y las cantidades calculadas de agua en la olla mezcladora y se mezclan de 2 a 5 minutos.
 - c) Una vez hecho esto, se repitió la prueba de revenimiento y se reportó el valor del revenimiento obtenido. Se vació el material para revenimiento en la olla y se procedió al llenado de los moldes y al cálculo de contenido de aire atrapado en el concreto.
5. Se llenó la olla para medir el contenido de aire según el procedimiento que estipula la norma **NMX-C-157-ONNCCE-1987**, cuidando no golpear la olla con la varilla. Se limpió la olla y se pesó. Se colocó la tapa y se llenó de agua hasta que el nivel llegó a la marca “cero” en la escala graduada. Se permitió que la válvula que se encuentra en la base de la tapa estuviera abierta durante el llenado de la olla, cerrándose hasta que el agua salió de



ella. La válvula superior permaneció abierta hasta que el nivel de agua llegó en la marca “cero”. Una vez cerradas las válvulas, se inyectó aire hasta que el manómetro indicó la presión de calibración. En ese momento, se tomó el valor que indicó el nivel de agua en la escala graduada. Se tomó esta lectura como el porcentaje de aire contenido en la mezcla de concreto.

6. Se desecho la mezcla sobrante y se limpió el trompo dejándolo funcionar con un poco de grava y agua en su interior para retirar el concreto adherido en las paredes.
7. Se limpio perfectamente toda la herramienta y se tiraron los desperdicios en el área del cascajo.
8. Con los resultados obtenidos se procedió a calcular los rendimientos de la mezcla y así obtener los valores corregidos de Pesss y %Abs de los agregados.
9. Por último se determinó el proporcionamiento a utilizar para cada relación Agua/Cemento con los diferentes tipos de este ultimo a ensayar (CPO,CPC y CPP)
10. Este procedimiento se repitió para cada tipo de agregado a emplear (Andesita, Basalto y Caliza).

Una vez definida la dosificación de las mezclas se fabricaron los especímenes de prueba para los ensayos a Compresión y Módulo de Elasticidad.



Procedimiento.

Un día antes de realizar la prueba.

1. Se ajustaron, limpiaron y engrasaron los moldes de cilíndricos de metal de 30 x 15cm. y almacenaron.
2. Se determinó la mezcla a realizar en cuanto a tipo de cemento a emplear, el tipo de agregado y la relación agua/cemento, así como el revenimiento esperado, se calculó la dosificación base con los resultados obtenidos de las pruebas a los agregados.
3. Se calculó el volumen de mezcla a fabricar para colar los cilindros a ensayar a distintas edades.
4. Se realizó el muestreo de la grava y de la arena empleando el procedimiento descrito anteriormente para las pruebas a los agregados.
5. Se llenaron costales de grava y de arena suficiente para la fabricación de las mezclas de concreto y se almacenaron.

El día de la prueba.

1. Se determinó la humedad de la grava y de la arena, empleando los materiales almacenados en los costales.



2. Se pesaron las cantidades de grava y arena a emplear en la mezcla y se vaciaron en costales o cubetas cubiertos con trapos húmedos para evitar la pérdida de humedad.
3. Se procedió a la fabricación del concreto como se describió anteriormente y se fabricaron los especímenes de concreto requeridos.
4. Los moldes cilíndricos fueron llenados a cada tercera parte de su volumen y se compactó el material a cada tercio con 25 golpes de la varilla compactadora. Cuando la última capa fue compactada, el molde se enrazó y se afino la superficie de la mezcla para que quedase completamente lisa. Se dieron unos ligeros golpes a la pared del molde con un mazo de goma para sacar la mayor parte de aire atrapado en la mezcla.
5. Se limpió la superficie exterior de los moldes cilíndricos y se almacenaron dentro del laboratorio.

Un día después de la prueba.

1. Se procedió a descimbrar los cilindros y se etiquetaron indicando le relación agua/cemento, tipo de cemento y la fecha de fabricación.



2. Se almacenaron los cilindros en el cuarto de curado bajo condiciones estándar de humedad y temperatura.



3. Los moldes se limpiaron, se ajustaron, se engrasaron y se llevaron al almacén nuevamente.
4. Se procedió al ensaye de los cilindros de concreto a las edades establecidas para medir la evolución de la resistencia del concreto y el modulo de elasticidad según el tipo de cemento y el tipo de agregado grueso con que fueron fabricados así como de la relación agua/cemento



que guardó la mezcla a ensayar según el procedimiento descrito en la norma **NMX-C-083-ONNCCE-2002** y **NMX-C-128-ONNCCE-1997**.

Pruebas de resistencia al concreto endurecido

Prueba a Compresión.

1. Se pesaron y midieron las dimensiones de los cilindros de concreto almacenados en el cuarto de curado
2. Se cabecearon según la norma. Se calientó azufre en una jarra de metal, moviéndolo constantemente hasta que se volvió líquido. Inmediatamente después, se engrasó perfectamente el molde y se vació el azufre líquido hasta llenar la mitad del mismo y se colocó el espécimen de concreto con ayuda de las guías del molde hasta que el extremo del cilindro quedó sumergido dentro del azufre. Cuando el azufre líquido se secó, se retiró el cilindro después de golpearlo levemente con un mazo de goma. Se dejó enfriar la cabeza de azufre, se limpió el molde y se engrasó nuevamente para cabecear el otro extremo del cilindro.
3. El molde se limpió perfectamente al terminar de cabecear todos los cilindros.
4. **Fue necesario usar mascarilla durante el proceso de cabeceo.**
5. Se colocó el manómetro en la máquina de prueba y se colocó el espécimen de concreto (ya cabeceado) en el interior de la máquina centrándolo sobre la platina inferior y con la platina superior.



6. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se leyó su magnitud en el manómetro.



7. Después, se retiró el espécimen, se quitó el cascajo de la máquina y se determinó la resistencia del espécimen:

$$f'c = \frac{P}{A} = \frac{4 * P}{\pi * D^2}$$

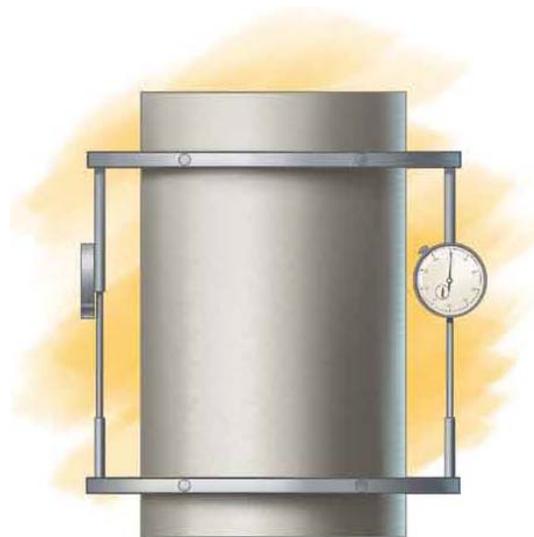
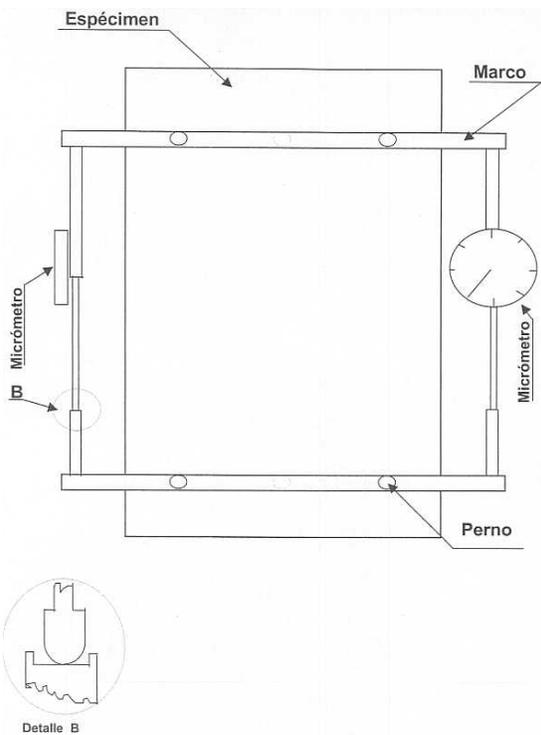
Donde: $f'c$ es la resistencia a la compresión en kg/cm^2 , A es el área de la superficie circular del cilindro en cm^2 , P es la carga aplicada por la máquina indicada por el manómetro en kg , D es el diámetro en cm de la sección circular del cilindro donde fue aplicada la carga y $\pi=3.14159$

8. Este procedimiento se repitió para los demás cilindros.



Prueba de Módulo de Elasticidad (Carga Deformación).

1. Para determinar el Módulo de Elasticidad del concreto, se fabricaron 5 especímenes, dos de ellos se ensayaron a compresión de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-083 con los que se calculó el esfuerzo máximo del concreto en condiciones normales de ensaye.
2. Con este resultado, se calculó el 60% de la carga máxima que soportan los cilindros y que es a la que se llegó en el ensayo de carga-deformación para determinar el Módulo de Elasticidad.
3. Para medir la deformación de los cilindros se empleó un dispositivo de dos anillos como se muestra en la figura:





4. Se colocó el espécimen en una superficie horizontal plana y firme, donde se le montó el dispositivo de medición cuidando que al colocarlo en el espécimen, este quedara al centro de los anillo los que fueron fijados mediante los tornillos de punta para evitar deslizamientos.
5. Se verificó que los deformímetros quedaran verticales, paralelos al eje longitudinal del espécimen y que el vástago del micrómetro tuviera suficiente carrera para la deformación que se registraría y evitar daños al dispositivo como lo sugiere la **NMX-C-128**.
6. Una vez ajustados los micrómetros de los dos deformímetros, se retiraron cuidadosamente las barras que separan los anillos verificando que no existiera movimientos importantes en los anillo, de ser asó se desarmaba y se montaba nuevamente.
7. Se colocó el espécimen en la máquina de prueba y se ajustó la caratula de los micrómetros en 0,0 (Cero).
8. Se aplicó la primer carga de 10% al 25% del promedio de la resistencia de ruptura de los primeros dos cilindros ensayados, para verificar el buen funcionamiento del dispositivo.
9. Se aplicó una segunda carga hasta el mismo nivel que la anterior y se retiró para verificar que los micrómetros regresaran a cero y de ser necesario verificar el centrado del espécimen o de los anillos.



10. Posteriormente se aplicó la carga de ensayo registrando la deformación a cada 2 toneladas hasta llegar al 60% de la carga máxima obtenida en el ensayo a compresión en la cual se detuvo la prueba para evitar la falla del espécimen ya que al dispositivo con el que se contaba no se le podían retirar los micrómetros.

Nota: Debido a que no se debe interrumpir la carga en cada lectura tomada fue necesario contar con 3 personas para realizar la prueba.



11. Del ensayo se trazó la curva de esfuerzo- deformación, con el área del espécimen, las cargas, las lecturas de deformación y la longitud de medición, se calcularon los esfuerzos y las deformaciones unitarias correspondientes a cada carga y se trazó la curva correspondiente.

12. Se calculó el modulo de elasticidad empleando la siguiente fórmula:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - 0.000050}$$



Donde:

S_1 es el esfuerzo en kg/cm^2 correspondiente a la deformación unitaria e_1 de 0.000050

S_2 es el esfuerzo en kg/cm^2 correspondiente al 40% del esfuerzo máximo y e_2 es la deformación unitaria correspondiente al esfuerzo S_2

13. Con los datos obtenidos de la prueba de carga / deformación de peso volumétrico y f'_c , se realizó el cálculo teórico del modulo de elasticidad empleando las formulas proporcionadas por las Normas Técnicas Complementarias y por el ACI para comparar con los resultados obtenidos.
14. Se calculó la constante K para el modulo de elasticidad de acuerdo a lo expuesto en el **Apéndice A.1.** de la norma **NMX-C-128** despejando la fórmula para las NTC de la siguiente manera:

$$E_c = K \sqrt{f'_c} \quad (NTC)$$

$$K = \frac{\sqrt{f'_c}}{E_c}$$

donde:

E_c : Modulo de elasticidad real en Kg/cm^2

f'_c : Resistencia a la compresión en Kg/cm^2

15. Se calculó la constante B para el modulo de elasticidad de acuerdo al ACI despejando la fórmula de la siguiente manera:

$$E_c = B w_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad (ACI)$$



$$B = \frac{w_c^{1.5} \sqrt{f'c}}{E_c}$$

donde:

- E_c : Modulo de elasticidad real en Kg/cm^2
 $f'c$: Resistencia a la compresión en Kg/cm^2
 w : Peso Volumétrico del concreto en Kg/m^3

15. Se calculó también la constante K para el modulo de elasticidad de acuerdo a las NTC graficando los resultados obtenidos de la prueba, colocando en el eje X la raíz cuadrada de la resistencia a compresión ($\sqrt{f'c}$) y en eje Y el modulo de elasticidad real del concreto (en Kg/cm^2), ajustando la línea de tendencia por el método de mínimos cuadrados. Para el calculo la constante B para el modulo de elasticidad de acuerdo al ACI se utilizó, en el eje X, el producto de la raíz cuadrada de la resistencia a compresión y el peso volumétrico elevado a la 1.5 ($w_c^{1.5} \sqrt{f'c}$), y en eje Y, el modulo de elasticidad real del concreto (en Kg/cm^2).



CAPITULO IV RESULTADOS.



Pruebas a los agregados



Granulometría y Pesos volumetricos
Tabla de datos y resultados

MATERIAL:

ANDESITA

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Granulometría	Peso de la muestra húmeda Ph	6585	4.746	gr
	Peso de la muestra seca Ps	6557	4.636	gr
	Tamaño Nominal (grava) TN	40	-----	mm
	Módulo de finura (arena) MF	-----		
Peso Volumétrico Suelto	Peso del recipiente vacío Wr	3.510	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0051	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material suelto W1	9.985	5.799	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W2	9.900	5.828	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W3	10.013	5.773	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material suelto Wp	9.966	5.800	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	6.457	3.528	kg
	Peso volumétrico suelto sin corregir = Wm / Vr PVS _m	1269.71	1320.93	Kg/m ³
	Peso volumétrico suelto corregido = PVS _m / (1+ H) PVSc	1264.32	1290.31	Kg/m ³
Peso Volumétrico Compacto	Peso del recipiente vacío Wr	3.510	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0051	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material compacto W1	10.73	5.834	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W2	10.677	5.799	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W3	10.766	5.811	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material compacto Wp	10.724	5.815	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	7.215	3.543	kg
	Peso volumétrico compacto sin corregir = Wm / Vr PVC _m	1418.85	1326.42	Kg/m ³
	Peso volumétrico compacto corregido = PVC / (1+ H) PVCc	1412.81	1295.68	Kg/m ³
Humedad	Humedad = (Ph - Ps) / Ps H	0.0043	0.0237	decimal
	Porcentaje Humedad = H * 100 H%	0.43	2.37	%



Granulometría y Pesos volumetricos
Tabla de datos y resultados

MATERIAL: ANDESITA

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Granulometría	Peso de la muestra húmeda Ph	5224	3668	gr
	Peso de la muestra seca Ps	5190	3570	gr
	Tamaño Nominal (grava) TN	40	-----	mm
	Módulo de finura (arena) MF	-----	2.7	
Peso Volumétrico Suelto	Peso del recipiente vacío Wr	3.510	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0051	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material suelto W1	10.090	5.779	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W2	10.150	5.761	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W3	10.200	5.802	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material suelto Wp	10.147	5.781	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	6.637	3.509	kg
	Peso volumétrico suelto sin corregir = Wm / Vr PVS _m	1305.24	1313.69	Kg/m ³
	Peso volumétrico suelto corregido = PVS _m / (1+ H) PVS _c	1296.75	1278.59	Kg/m ³
Peso Volumétrico Compacto	Peso del recipiente vacío Wr	3.510	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0051	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material compacto W1	10.799	6.12	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W2	10.692	5.993	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W3	10.755	5.978	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material compacto Wp	10.749	6.030	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	7.239	3.759	kg
	Peso volumétrico compacto sin corregir = Wm / Vr PVC _m	1423.63	1407.16	Kg/m ³
	Peso volumétrico compacto corregido = PVC / (1+ H) PVC _c	1414.37	1369.57	Kg/m ³
Humedad	Humedad = (Ph - Ps) / Ps H	0.0066	0.0275	decimal
	Porcentaje Humedad = H * 100 H%	0.66	2.75	%



**PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE LA GRAVA Y LA ARENA
TABLA DE DATOS Y RESULTADOS**

MATERIAL: ANDESITA

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Peso específico saturado superficie seca	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss1	2.19	0.45	kg
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava) V1	955	.-----	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava)=V1/1000 V	0.955	.-----	dm ³
	Volumen inicial del frasco de Chapman (arena) Vo	.-----	200	ml
	Volumen final del frasco de Chapman (arena) Vf	.-----	405	ml
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=Vf-Vo V2	.-----	205	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=V2/1000 V	.-----	0.205	dm ³
	Peso específico saturado superficie seca = Pss1 / V Psss	2.29	2.20	kg/dm ³
Absorción	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss2	2.20	1.60	kg
	Peso del material en estado seco Ps	2.08	1.45	kg
	Absorción = (Pss2-Ps) / Ps A	0.0589	0.1032	Decimales
	Grado de Absorción = A * 100 A%	5.8937	10.3200	Porcentaje
Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seca Psss	2.29	2.20	kg/dm ³
	Absorción A	0.0589	0.1032	Decimales
	Peso específico seco = Psss / (1+A) Pes	2.17	1.99	kg/dm ³



**PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE LA GRAVA Y LA ARENA
TABLA DE DATOS Y RESULTADOS**

MATERIAL: ANDESITA

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Peso específico saturado superficie seca	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss1	2.22	0.505	kg
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava) V1	960	-----	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava)=V1/1000 V	0.96	-----	dm ³
	Volumen inicial del frasco de Chapman (arena) Vo	-----	200	ml
	Volumen final del frasco de Chapman (arena) Vf	-----	427	ml
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=Vf-Vo V2	-----	227	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=V2/1000 V	-----	0.227	dm ³
	Peso específico saturado superficie seca = Pss1 / V Psss		2.31	2.22	kg/dm^{3}
Absorción	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss2	2.50	2.26	kg
	Peso del material en estado seco Ps	2.37	1.98	kg
	Absorción = (Pss2-Ps) / Ps A	0.0556	0.1383	Decimales
	Grado de Absorción = A * 100 A%	5.5603	13.8265	Porcentaje
Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seca Psss	2.22	2.22	kg/dm ³
	Absorción A	0.0556	0.1383	Decimales
	Peso específico seco = Psss / (1+A) Pes	2.10	1.95	kg/dm ³

Resultados

Material	Psss (k/dm ³)	A (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.30	5.73	1281	1414	TN= 40	mm
Arena	2.21	12.07	1284	1333	MF= 2.7	



Granulometría y Pesos volumetricos
Tabla de datos y resultados

MATERIAL:

BASALTO

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Granulometría	Peso de la muestra húmeda Ph	1000	4.746	gr
	Peso de la muestra seca Ps	991	4.636	gr
	Tamaño Nominal (grava) TN	40	-----	mm
	Módulo de finura (arena) MF	-----		
Peso Volumétrico Suelto	Peso del recipiente vacío Wr	3.570	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0050	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material suelto W1	11.278	5.343	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W2	11.330	5.328	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W3	11.352	5.343	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material suelto Wp	11.320	5.338	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	7.750	3.066	kg
	Peso volumétrico suelto sin corregir = Wm / Vr PVS _m	1537.70	1147.96	Kg/m ³
	Peso volumétrico suelto corregido = PVS _m / (1+ H) PVSc	1523.86	1121.35	Kg/m ³
Peso Volumétrico Compacto	Peso del recipiente vacío Wr	3.570	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.005	0.003	m ³
	Peso recipiente lleno de material compacto W1	11.868	5.834	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W2	11.880	5.799	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W3	11.899	5.811	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material compacto Wp	11.882	5.815	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	8.312	3.543	kg
	Peso volumétrico compacto sin corregir = Wm / Vr PVC _m	1649.21	1326.54	Kg/m ³
	Peso volumétrico compacto corregido = PVC / (1+ H) PVCc	1634.36	1295.80	Kg/m ³
Humedad	Humedad = (Ph - Ps) / Ps H	0.0091	0.0237	decimal
	Porcentaje Humedad = H * 100 H%	0.91	2.37	%



Granulometría y Pesos volumetricos
Tabla de datos y resultados

MATERIAL: **BASALTO**

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Granulometría	Peso de la muestra húmeda Ph	1200	4.746	gr
	Peso de la muestra seca Ps	1187	4.636	gr
	Tamaño Nominal (grava) TN	40	-----	mm
	Módulo de finura (arena) MF	-----		
Peso Volumétrico Suelto	Peso del recipiente vacío Wr	3.570	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0050	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material suelto W1	11.337	5.343	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W2	11.312	5.328	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W3	11.358	5.343	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material suelto Wp	11.336	5.338	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	7.7658	3.0662	kg
	Peso volumétrico suelto sin corregir = Wm / Vr PVS _m	1540.83	1147.96	Kg/m ³
	Peso volumétrico suelto corregido = PVS _m / (1+ H) PVS _c	1524.14	1121.35	Kg/m ³
Peso Volumétrico Compacto	Peso del recipiente vacío Wr	3.570	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0050	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material compacto W1	11.894	5.834	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W2	11.947	5.799	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W3	11.871	5.811	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material compacto Wp	11.904	5.815	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	8.3339	3.5432	kg
	Peso volumétrico compacto sin corregir = Wm / Vr PVC _m	1653.56	1326.54	Kg/m ³
	Peso volumétrico compacto corregido = PVC / (1+ H) PVC _c	1635.64	1295.80	Kg/m ³
Humedad	Humedad = (Ph - Ps) / Ps H	0.0110	0.0237	decimal
	Porcentaje Humedad = H * 100 H%	1.10	2.37	%



**PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE LA GRAVA Y LA ARENA
TABLA DE DATOS Y RESULTADOS**

MATERIAL: BASALTO

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Peso específico saturado superficie seca	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss1	2.28	0.5	kg
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava) V1	880	.....	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava)=V1/1000 V	0.88	.....	dm ³
	Volumen inicial del frasco de Chapman (arena) Vo	.....	200	ml
	Volumen final del frasco de Chapman (arena) Vf	.....	425	ml
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=Vf-Vo V2	.....	225	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=V2/1000 V	.....	0.225	dm ³
Peso específico saturado superficie seca = Pss1 / V Psss		2.59	2.22	kg/dm ³
Absorción	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss2	2.20	1.20	kg
	Peso del material en estado seco Ps	2.17	1.08	kg
	Absorción = (Pss2-Ps) / Ps A	0.0162	0.1148	Decimales
	Grado de Absorción = A * 100 A%	1.6159	11.4815	Porcentaje
Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seca Psss	2.59	2.22	kg/dm ³
	Absorción A	0.0162	0.1148	Decimales
	Peso específico seco = Psss / (1+A) Pes	2.55	1.99	kg/dm ³



**PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE LA GRAVA Y LA ARENA
TABLA DE DATOS Y RESULTADOS**

MATERIAL: BASALTO

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Peso específico saturado superficie seca	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss1	2.85	0.5	kg
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava) V1	1160	-----	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava)=V1/1000 V	1.16	-----	dm ³
	Volumen inicial del frasco de Chapman (arena) Vo	-----	200	ml
	Volumen final del frasco de Chapman (arena) Vf	-----	429	ml
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=Vf-Vo V2	-----	229	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=V2/1000 V	-----	0.229	dm ³
	Peso específico saturado superficie seca = Pss1 / V Psss		2.46	2.18	kg/dm^{3}
Absorción	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss2	2.78	1.43	kg
	Peso del material en estado seco Ps	2.73	1.29	kg
	Absorción = (Pss2-Ps) / Ps A	0.0169	0.1120	Decimales
	Grado de Absorción = A * 100 A%	1.6893	11.2008	Porcentaje
Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seca Psss	2.46	2.18	kg/dm ³
	Absorción A	0.0169	0.1120	Decimales
	Peso específico seco = Psss / (1+A) Pes	2.42	1.96	kg/dm ³

Resultados

Material	Psss (k/dm ³)	A (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.52	1.65	1524	1635	TN= 40	mm
Arena	2.20	11.34	1121	1296	MF= 2.7	



Granulometría y Pesos volumetricos
Tabla de datos y resultados

MATERIAL:

CALIZA

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Granulometría	Peso de la muestra húmeda Ph	1000	4.746	gr
	Peso de la muestra seca Ps	991	4.636	gr
	Tamaño Nominal (grava) TN	40	-----	mm
	Módulo de finura (arena) MF	-----		
Peso Volumétrico Suelto	Peso del recipiente vacío Wr	3.570	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0050	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material suelto W1	9.117	5.343	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W2	9.132	5.328	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W3	9.147	5.343	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material suelto Wp	9.132	5.338	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	5.562	3.066	kg
	Peso volumétrico suelto sin corregir = Wm / Vr PVS _m	1103.57	1147.96	Kg/m ³
	Peso volumétrico suelto corregido = PVS _m / (1 + H) PVS _c	1093.64	1121.35	Kg/m ³
Peso Volumétrico Compacto	Peso del recipiente vacío Wr	3.570	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.005	0.003	m ³
	Peso recipiente lleno de material compacto W1	9.519	5.834	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W2	9.530	5.799	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W3	9.545	5.811	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material compacto Wp	9.531	5.815	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	5.961	3.543	kg
	Peso volumétrico compacto sin corregir = Wm / Vr PVC _m	1182.80	1326.54	Kg/m ³
	Peso volumétrico compacto corregido = PVC / (1 + H) PVC _c	1172.16	1295.80	Kg/m ³
Humedad	Humedad = (Ph - Ps) / Ps H	0.0091	0.0237	decimal
	Porcentaje Humedad = H * 100 H%	0.91	2.37	%



Granulometría y Pesos volumetricos
Tabla de datos y resultados

MATERIAL:

CALIZA

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Granulometría	Peso de la muestra húmeda Ph	1200	4.746	gr
	Peso de la muestra seca Ps	1187	4.636	gr
	Tamaño Nominal (grava) TN	25	-----	mm
	Módulo de finura (arena) MF	-----		
Peso Volumétrico Suelto	Peso del recipiente vacío Wr	3.570	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0050	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material suelto W1	8.950	5.343	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W2	8.940	5.328	kg
	Peso recipiente lleno de material suelto W3	9.077	5.343	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material suelto Wp	8.989	5.338	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	5.419	3.066	kg
	Peso volumétrico suelto sin corregir = Wm / Vr PVS _m	1075.20	1147.96	Kg/m ³
Peso volumétrico suelto corregido = PVS _m / (1+ H) PVS _c	1063.55	1121.35	Kg/m ³	
Peso Volumétrico Compacto	Peso del recipiente vacío Wr	3.570	2.272	kg.
	Volumen del recipiente Vr	0.0050	0.0027	m ³
	Peso recipiente lleno de material compacto W1	9.684	5.834	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W2	9.699	5.799	kg
	Peso recipiente lleno de material compacto W3	9.721	5.811	kg
	Promedio pesos del recipiente lleno de material compacto Wp	9.701	5.815	kg
	Peso material = Wp - Wr Wm	6.1314	3.5432	kg
	Peso volumétrico compacto sin corregir = Wm / Vr PVC _m	1216.55	1326.54	Kg/m ³
Peso volumétrico compacto corregido = PVC / (1+ H) PVC _c	1203.37	1295.80	Kg/m ³	
Humedad	Humedad = (Ph - Ps) / Ps H	0.0110	0.0237	decimal
	Porcentaje Humedad = H * 100 H%	1.10	2.37	%



**PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE LA GRAVA Y LA ARENA
TABLA DE DATOS Y RESULTADOS**

MATERIAL: CALIZA

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Peso específico saturado superficie seca	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss1	2.28	0.5	kg
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava) V1	852	.....	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava)=V1/1000 V	0.852	.....	dm ³
	Volumen inicial del frasco de Chapman (arena) Vo	.....	200	ml
	Volumen final del frasco de Chapman (arena) Vf	.....	423	ml
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=Vf-Vo V2	.....	223	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=V2/1000 V	.....	0.223	dm ³
Peso específico saturado superficie seca = Pss1 / V PssS		2.68	2.24	kg/dm ³
Absorción	Peso del material en estado saturado superficie seca Pss2	2.20	1.20	kg
	Peso del material en estado seco Ps	2.14	1.07	kg
	Absorción = (Pss2-Ps) / Ps A	0.0285	0.1202	Decimales
	Grado de Absorción = A * 100 A%	2.8505	12.0208	Porcentaje
Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seca PssS	2.68	2.24	kg/dm ³
	Absorción A	0.0285	0.1202	Decimales
	Peso específico seco = PssS / (1+A) Pes	2.60	2.00	kg/dm ³



**PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE LA GRAVA Y LA ARENA
TABLA DE DATOS Y RESULTADOS**

MATERIAL: CALIZA

Prueba	Datos	Grava	Arena	Unidades
Peso específico saturado superficie seca	Peso del material en estado saturado superficie seca Psss1	2.85	0.5	kg
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava) V1	1055	.....	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (grava)=V1/1000 V	1.055	.....	dm ³
	Volumen inicial del frasco de Chapman (arena) Vo	.....	200	ml
	Volumen final del frasco de Chapman (arena) Vf	.....	429	ml
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=Vf-Vo V2	.....	229	ml (cm ³)
	Volumen de la muestra en estado saturado superficie seca (arena)=V2/1000 V	.....	0.229	dm ³
	Peso específico saturado superficie seca = Psss1 / V Psss		2.70	2.18	kg/dm^{3}
Absorción	Peso del material en estado saturado superficie seca Psss2	2.80	1.43	kg
	Peso del material en estado seco Ps	2.72	1.28	kg
	Absorción = (Psss2-Ps) / Ps A	0.0295	0.1213	Decimales
	Grado de Absorción = A * 100 A%	2.9537	12.1340	Porcentaje
Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seca Psss	2.70	2.18	kg/dm ³
	Absorción A	0.0295	0.1213	Decimales
	Peso específico seco = Psss / (1+A) Pes	2.62	1.95	kg/dm ³



Resultados

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.69	2.90	1079	1188	TN= 25	mm
Arena	2.21	12.08	1121	1296	MF= 2.7	

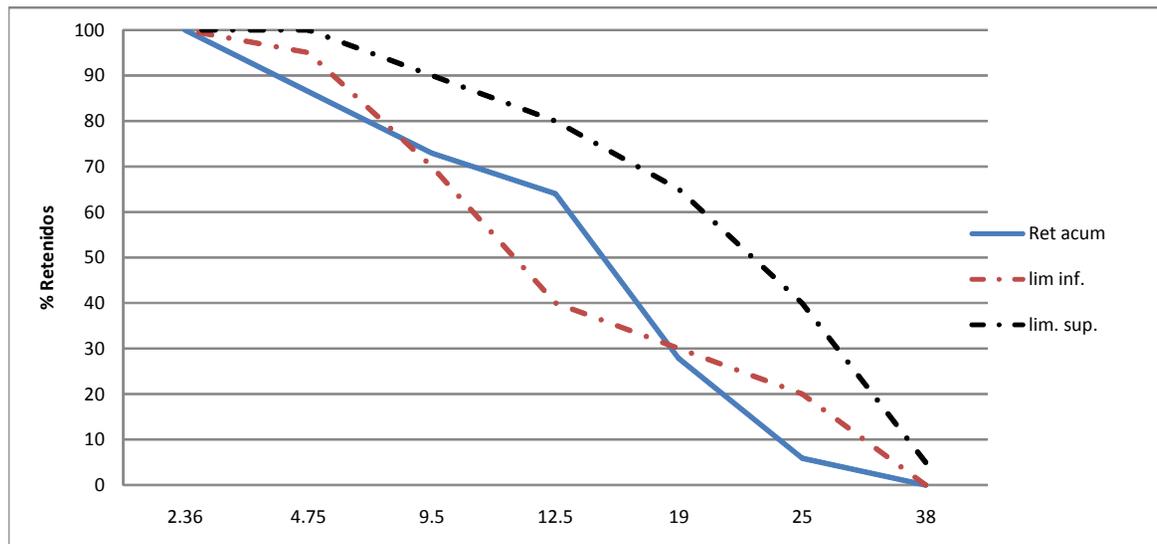


GRANULOMETRIA			MATERIAL		ANDESITA
Abertura malla	Nom ASTM	Retenido en peso	Retenido Parcial	Retenido %	Retenido Acumulado %
G 76	3	0	0	0	0
G 50	2	0	0	0	0*
G 38	1 1/2	0	0	0	0
G 25	1	0.495	5.91	5.91	5.91*
G 19	3/4	1.835	21.90	27.81	27.81*
G 12.5	1/2	3.036	36.24	64.05	64.05*
G 9.5	3/8	0.745	8.89	72.94	72.94*
G 4.75	4	1.131	13.50	86.44	86.44
M 2.36	8	0	0	0	100
M 2.18	16	0	0	0	100
M 0.6	30	0	0	0	100
M 0.3	50	0	0	0	100
M 0.15	100	0	0	0	100
Charola		1.136	13.56	100.00	100.00*
Total		8.378	100	687.19	

Abertura malla	limite inf	limite sup
G 76	0	0
G 50	0	0
G 38	0	5
G 25	20	40
G 19	30	65
G 12.5	40	80
G 9.5	70	90
G 4.75	95	100
M 2.36	100	100
M 2.18	100	100

Tamaño Nominal	40
Modulo de Finura	6.87

* Fuera de serie, no sumar para modulo de finura





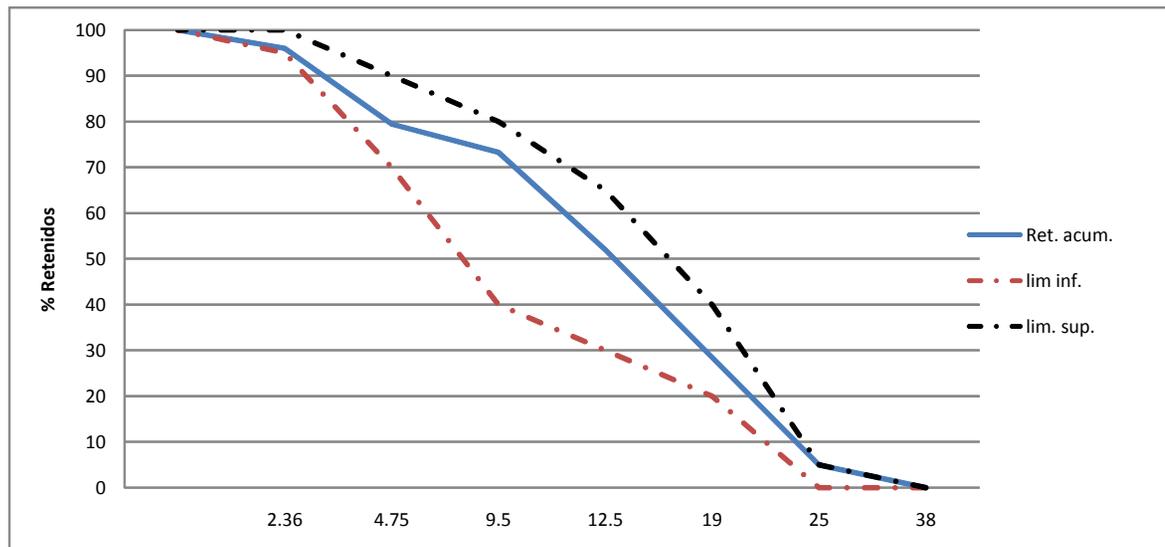
GRANULOMETRIA MATERIAL BASALTO

Abertura		Nom	Retenido en	Retenido	Retenido
mall	mm	ASTM	peso	Parcial	Acumulado
				%	%
G	76	3	0	0	0
G	50	2	0	0	0*
G	38	1 1/2	0.481	4.98	4.98
G	25	1	2.268	23.48	28.45*
G	19	3/4	2.275	23.55	52.00*
G	12.5	1/2	2.055	21.27	73.27*
G	9.5	3/8	0.600	6.21	79.48
G	4.75	4	1.593	16.49	95.97
M	2.36	8	0	0	100
M	2.18	16	0	0	100
M	0.6	30	0	0	100
M	0.3	50	0	0	100
M	0.15	100	0	0	100
Charola			0.389	4.03	100.00*
Total			9.661	100	732.44

Abertura		limite inf	limite sup
mall	mm		
G	76	0	0
G	50	0	0
G	38	0	5
G	25	20	40
G	19	30	65
G	12.5	40	80
G	9.5	70	90
G	4.75	95	100
M	2.36	100	100
M	2.18	100	100

Tamaño Nominal	40
Modulo de Finura	7.32

* Fuera de serie, no sumar para modulo de finura





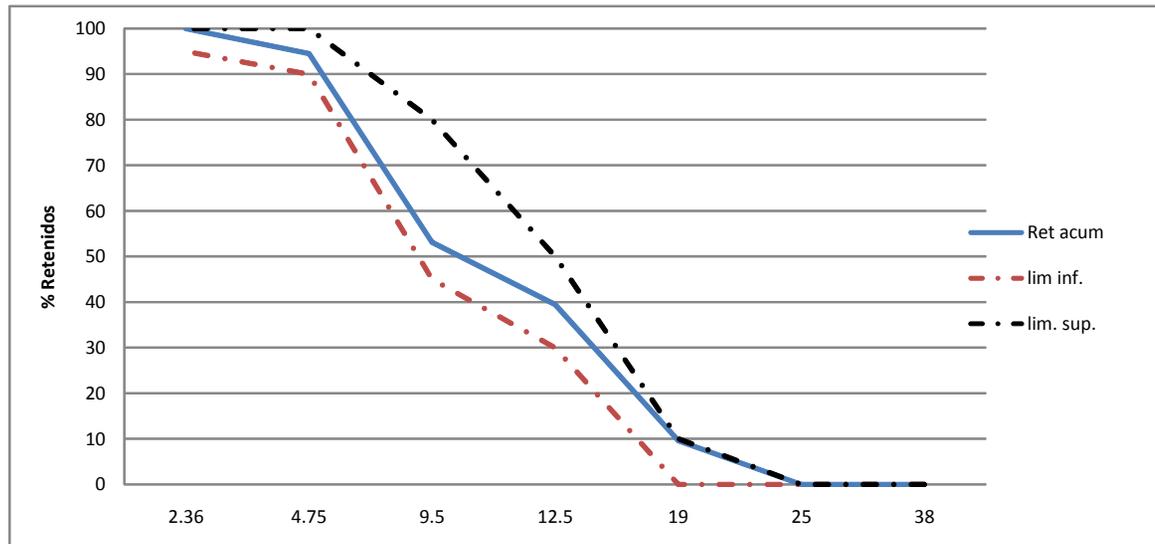
GRANULOMETRIA MATERIAL CALIZA

Abertura	Nom	Retenido en	Retenido	Retenido
mall	ASTM	peso	Parcial	Acumulado
mm			%	%
G	76	3	0	0
G	50	2	0	0
G	38	1 1/2	0	0
G	25	1	0	0
G	19	3/4	0.923	9.61
G	12.5	1/2	2.870	29.87
G	9.5	3/8	1.309	13.63
G	4.75	4	3.975	41.38
M	2.36	8	0	0
M	2.18	16	0	0
M	0.6	30	0	0
M	0.3	50	0	0
M	0.15	100	0	0
Charola		0.530	5.52	100.00
Total		9.607	100	657.20

Abertura	limite inf	limite sup
mall	mm	
G	76	0
G	50	0
G	38	0
G	25	0
G	19	0
G	12.5	30
G	9.5	45
G	4.75	90
M	2.36	95
M	2.18	100

Tamaño Nominal	25
Modulo de Finura	6.57

* Fuera de serie, no sumar para modulo de finura





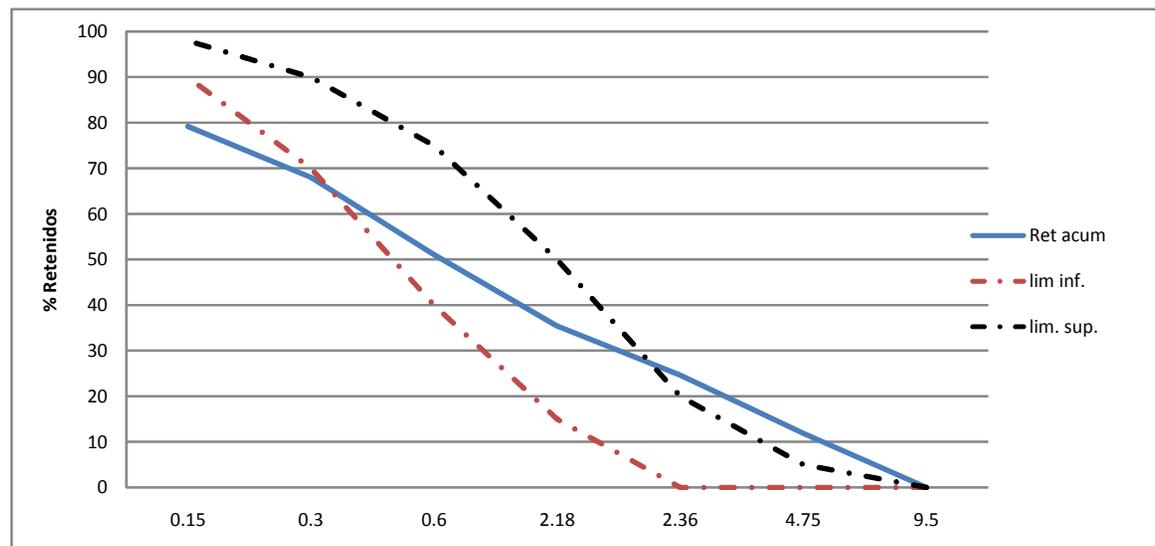
GRANULOMETRIA MATERIAL ARENA

Abertura	Nom	Retenido en	Retenido	Retenido
mall	ASTM	peso	Parcial	Acumulado
mm			%	%
G	76	3	0	0
G	50	2	0	0
G	38	1 1/2	0	0
G	25	1	0	0
G	19	3/4	0	0
G	12.5	1/2	0	0
G	9.5	3/8	0	0
G	4.75	4	0.109	11.87
M	2.36	8	0.117	12.75
M	2.18	16	0.099	10.78
M	0.6	30	0.144	15.69
M	0.3	50	0.155	16.88
M	0.15	100	0.103	11.22
Charola			0.191	20.81
Total			0.918	100

Abertura	limite inf	limite sup
mall	mm	
G	9.5	0
G	4.75	0
M	2.36	0
M	2.18	15
M	0.6	40
M	0.3	70
M	0.15	90

Tamaño Nominal	-----
Modulo de Finura	2.70

* Fuera de serie, no sumar para modulo de finura





Mezcla de Prueba



ANDESITA

Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.30	5.7300	0.7500	1281	1414	TN= 40	mm
Arena	2.21	12.0790	0.5900	1284	1333	MF= 2.7	
A/C = 0.5	CEMENTO TIPO CPC		r = 12 cm	Pe c = 3.15	k/dm ³	Vol = 45	dm ³

Dosificación.

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	117.33	3.15	369.59		369.59		369.59	0.0450	16.63
Grava	424.20	2.30	975.24	5.7300	922.38	0.7500	929.30		41.82
Arena	263.67	2.21	581.66	12.0790	518.97	0.5900	522.03		23.49
Agua	184.80	1.00	184.80		300.34		290.36		13.07
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2111.28		2111.28		2111.28		95.01

Rendimientos.

PVreal concreto =	2064.30 k/m ³	aire real =	5.10 %
-----------------------------	---------------------------------	--------------------	---------------

Material	P'h (kg)	Factor=PVreal/ Σ	Ph (kg)	H (%)	Ps (kg)	A (%)	Psss (kg)	Pesss(k/dm ³)	V (dm ³)	Corrección	Psss(kg)	V (dm ³)
Cemento	16.63	21.7277	361.37		361.37		361.37	3.15	114.72		361.37	114.72
Grava	41.82		908.62	0.7500	901.86	5.7300	953.53	2.30	414.76	9.49	963.02	414.76
Arena	23.49		510.42	0.5900	507.42	12.0790	568.71	2.21	257.80	9.49	578.20	257.80
Agua	13.07		283.90		293.66		180.69	1.00	180.69	-18.97	161.72	161.72
Aire	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----	51.00		-----	51.00
Σ =	95.01			2064.30		2064.30		2064.30		1018.97		2064.30	1000.00

Datos
corregidos.

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	A/C
Grava	2.32	6.7817	0.45
Arena	2.24	13.9483	



BASALTO



Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.53	1.9790	0.2496	1524	1635	TN= 40	mm
Arena	2.21	12.0790	0.8403	1121	1296	MF= 2.7	
A/C = 0.5	CEMENTO TIPO CPC		r = 12 cm	Pe c = 3.15	k/dm ³	Vol = 45	dm ³

Dosificación.

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	117.33	3.15	369.59		369.59		369.59	0.0450	16.63
Grava	441.77	2.53	1117.68	1.9790	1095.99	0.2496	1098.72		49.44
Arena	246.10	2.21	543.88	12.0790	485.27	0.8403	489.34		22.02
Agua	184.80	1.00	184.80		265.10		258.29		11.62
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2215.95		2215.95		2215.95		99.72

Rendimientos.

PVreal concreto =	2155.59 k/m ³	aire real =	3.00 %
-----------------------------	---------------------------------	--------------------	---------------

Material	P'h (kg)	Factor=PVreal/ Σ	Ph (kg)	H (%)	Ps (kg)	A (%)	Psss (kg)	Pesss(k/dm ³)	V (dm ³)	Corrección	Psss(kg)	V (dm ³)	
Cemento	16.63	21.6169	359.52		359.52		359.52	3.15	114.13		359.52	114.13	
Grava	49.44		1068.80	0.2496	1066.14	1.9790	1087.23	2.53	429.74	-3.48	1083.75	429.74	
Arena	22.02		476.01	0.8403	472.05	12.0790	529.07	2.21	239.40	-3.48	525.58	239.40	
Agua	11.62		251.26		257.88		179.77	1.00	179.77	6.97	186.73	186.73	
Aire	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30.00
Σ =	99.72			2155.59		2155.59		2155.59		993.03		2155.59	1000.00

**Datos
corregidos.**

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	A/C
Grava	2.52	1.6523	0.52
Arena	2.20	11.3412	



CALIZA



Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.69	2.9000	1.8000	1079	1188	TN= 25	mm
Arena	2.21	12.0790	10.0000	1121	1296	MF= 2.7	
A/C = 0.5	CEMENTO TIPO CPC		r = 12 cm	Pe c = 3.15	k/dm ³	Vol = 45	dm ³

Dosificación.

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	124.95	3.15	393.60		393.60		393.60	0.0450	17.71
Grava	280.98	2.69	754.95	2.9000	733.67	1.8000	746.87		33.61
Arena	382.27	2.21	843.28	12.0790	752.39	10.0000	827.63		37.24
Agua	196.80	1.00	196.80		308.96		220.51		9.92
Aire	15.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2188.62		2188.62		2188.62		98.49

Rendimientos.

PVreal concreto =	2083.75 k/m ³	aire real =	5.00 %
--------------------------	---------------------------------	--------------------	---------------

Material	P'h (kg)	Factor=PVreal/ Σ	Ph (kg)	H (%)	Ps (kg)	A (%)	Psss (kg)	Pesss(k/dm ³)	V (dm ³)	Corrección	Psss(kg)	V (dm ³)	
Cemento	19.64	20.1484	395.79		395.79		395.79	3.15	125.65		395.79	125.65	
Grava	33.61		677.18	1.8000	665.20	2.9000	684.49	2.69	254.76	7.94	692.43	254.76	
Arena	37.24		750.40	10.0000	682.18	12.0790	764.58	2.21	346.59	7.94	772.52	346.59	
Agua	12.92		260.38		340.57		238.88	1.00	238.88	-15.88	223.00	223.00	
Aire	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	50.00	-----	-----	50.00
Σ =	103.42			2083.75		2083.75		2083.75		1015.88		2083.75	1000.00

Nota: Debido a la falta de revenimiento se corrigio con 1.932 Kg de cemento y 3 litros de agua.

Datos corregidos.

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	A/C
Grava	2.72	4.0937	0.56
Arena	2.23	13.2430	



Dosificaciones



Humedad	Datos	Grava	Arena	Unidades
	Peso de la muestra húmeda Ph	1508	524	gr
	Peso de la muestra seca Ps	1502	513	gr
	Humedad = $(Ph - Ps) / Ps$ H	0.0040	0.0214	decimal
	Porcentaje Humedad = $H * 100$ H%	0.40	2.14	%



Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.32	6.7817	0.3995	1281	1414	TN= 40	mm
Arena	2.24	13.9480	2.1442	1284	1333	MF= 2.7	
Pe c = 3.15	k/dm ³	Vol = 45	dm ³				

Dosificación.

A/C = 0.4	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	----------	---------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	146.66	3.15	461.98		461.98		461.98	0.0450	20.79
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.3995	925.94		41.67
Arena	234.40	2.24	525.71	13.9480	461.36	2.1442	471.25		21.21
Agua	184.80	1.00	184.80		311.69		298.12		13.42
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2157.29		2157.29		2157.29		97.08

Dosificación.

A/C = 0.5	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	----------	---------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	117.33	3.15	369.59		369.59		369.59	0.0450	16.63
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.3995	925.94		41.67
Arena	263.73	2.24	591.49	13.9480	519.09	2.1442	530.22		23.86
Agua	184.80	1.00	184.80		319.75		304.93		13.72
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2130.68		2130.68		2130.68		95.88

Dosificación.

A/C = 0.6	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	----------	---------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	97.77	3.15	307.98		307.98		307.98	0.0450	13.86
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.3995	925.94		41.67
Arena	283.29	2.24	635.36	13.9480	557.59	2.1442	569.54		25.63
Agua	184.80	1.00	184.80		325.12		309.48		13.93
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2112.93		2112.93		2112.93		95.08



Humedad	Datos	Grava	Arena	Unidades
	Peso de la muestra húmeda Ph	2268	687	gr
	Peso de la muestra seca Ps	2246	669	gr
	Humedad = $(Ph - Ps) / Ps$ H	0.0098	0.0269	decimal
	Porcentaje Humedad = $H * 100$ H%	0.98	2.69	%



Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.32	6.7817	0.9795	1281	1414	TN= 40	mm
Arena	2.24	13.9480	2.6906	1284	1333	MF= 2.7	
Pe c = 3.15 k/dm ³		Vol = 45 dm ³					

Dosificación.

A/C = 0.4	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	146.66	3.15	461.98		461.98		461.98	0.0450	20.79
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.9795	931.29		41.91
Arena	234.40	2.24	525.71	13.9480	461.36	2.6906	473.77		21.32
Agua	184.80	1.00	184.80		311.69		290.25		13.06
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2157.29		2157.29		2157.29		97.08

Dosificación.

A/C = 0.5	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	117.33	3.15	369.59		369.59		369.59	0.0450	16.63
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.9795	931.29		41.91
Arena	263.73	2.24	591.49	13.9480	519.09	2.6906	533.05		23.99
Agua	184.80	1.00	184.80		319.75		296.75		13.35
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2130.68		2130.68		2130.68		95.88

Dosificación.

A/C = 0.6	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	97.77	3.15	307.98		307.98		307.98	0.0450	13.86
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.9795	931.29		41.91
Arena	283.29	2.24	635.36	13.9480	557.59	2.6906	572.59		25.77
Agua	184.80	1.00	184.80		325.12		301.08		13.55
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2112.93		2112.93		2112.93		95.08



Humedad	Datos	Grava	Arena	Unidades
	Peso de la muestra húmeda Ph	983	575	gr
	Peso de la muestra seca Ps	979	564	gr
	Humedad = $(Ph - Ps) / Ps$ H	0.0041	0.0195	decimal
	Porcentaje Humedad = $H * 100$ H%	0.41	1.95	%



Datos.-

Material	Pssss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.32	6.7817	0.4086	1281	1414	TN= 40	mm
Arena	2.24	13.9480	1.9504	1284	1333	MF= 2.7	
Pe c = 3.15 k/dm ³		Vol = 45 dm ³					

Dosificación.

A/C = 0.4	CEMENTO TIPO	CPP 30 R RS	TOLTECA	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	-------------	---------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pssss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	146.66	3.15	461.98		461.98		461.98	0.0450	20.79
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.4086	926.02		41.67
Arena	234.40	2.24	525.71	13.9480	461.36	1.9504	470.36		21.17
Agua	184.80	1.00	184.80		311.69		298.93		13.45
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2157.29		2157.29		2157.29		97.08

Dosificación.

A/C = 0.5	CEMENTO TIPO	CPP 30 R RS	TOLTECA	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	-------------	---------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pssss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	117.33	3.15	369.59		369.59		369.59	0.0450	16.63
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.4086	926.02		41.67
Arena	263.73	2.24	591.49	13.9480	519.09	1.9504	529.21		23.81
Agua	184.80	1.00	184.80		319.75		305.85		13.76
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2130.68		2130.68		2130.68		95.88

Dosificación.

A/C = 0.6	CEMENTO TIPO	CPP 30 R RS	TOLTECA	GRAVA	ANDESITA
-----------	--------------	-------------	---------	--------------	-----------------

Material	V (dm ³)	Pssss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	97.77	3.15	307.98		307.98		307.98	0.0450	13.86
Grava	424.14	2.32	984.80	6.7817	922.25	0.4086	926.02		41.67
Arena	283.29	2.24	635.36	13.9480	557.59	1.9504	568.46		25.58
Agua	184.80	1.00	184.80		325.12		310.47		13.97
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2112.93		2112.93		2112.93		95.08



Humedad	Datos	Grava	Arena	Unidades
	Peso de la muestra húmeda Ph	1464	857	gr
	Peso de la muestra seca Ps	1458	789	gr
	Humedad = $(Ph - Ps) / Ps$ H	0.0041	0.0862	decimal
	Porcentaje Humedad = $H * 100$ H%	0.41	8.62	%



Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.52	1.6523	0.4115	1524	1635	TN= 40	mm
Arena	2.20	11.3412	8.6185	1121	1296	MF= 2.7	
Pe c = 3.15 k/dm ³		Vol = 45 dm ³					

Dosificación.

A/C = 0.4	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	BASALTO
-----------	--------------	----------	---------	--------------	----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	146.66	3.15	461.98		461.98		461.98	0.0450	20.79
Grava	439.76	2.52	1109.03	1.6523	1091.00	0.4115	1095.49		49.30
Arena	218.78	2.20	480.32	11.3412	431.40	8.6185	468.58		21.09
Agua	184.80	1.00	184.80		251.75		210.08		9.45
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2236.13		2236.13		2236.13		100.63

Dosificación.

A/C = 0.5	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	BASALTO
-----------	--------------	----------	---------	--------------	----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	117.33	3.15	369.59		369.59		369.59	0.0450	16.63
Grava	439.76	2.52	1109.03	1.6523	1091.00	0.4115	1095.49		49.30
Arena	248.11	2.20	544.71	11.3412	489.23	8.6185	531.39		23.91
Agua	184.80	1.00	184.80		258.31		211.66		9.52
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2208.13		2208.13		2208.13		99.37

Dosificación.

A/C = 0.6	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	BASALTO
-----------	--------------	----------	---------	--------------	----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	97.77	3.15	307.98		307.98		307.98	0.0450	13.86
Grava	439.76	2.52	1109.03	1.6523	1091.00	0.4115	1095.49		49.30
Arena	267.67	2.20	587.66	11.3412	527.80	8.6185	573.29		25.80
Agua	184.80	1.00	184.80		262.69		212.71		9.57
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2189.46		2189.46		2189.46		98.53



Humedad	Datos	Grava	Arena	Unidades
	Peso de la muestra húmeda Ph	1195	804	gr
	Peso de la muestra seca Ps	1189	738	gr
	Humedad = $(Ph - Ps) / Ps$ H	0.0050	0.0894	decimal
	Porcentaje Humedad = $H * 100$ H%	0.50	8.94	%



Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.52	1.6523	0.5046	1524	1635	TN= 40	mm
Arena	2.20	11.3412	8.9431	1121	1296	MF= 2.7	
Pe c = 3.15	k/dm ³	Vol = 45	dm ³				

Dosificación.

A/C = 0.4	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	BASALTO
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	146.66	3.15	461.98		461.98		461.98	0.0450	20.79
Grava	439.76	2.52	1109.03	1.6523	1091.00	0.5046	1096.51		49.34
Arena	218.78	2.20	480.32	11.3412	431.40	8.9431	469.98		21.15
Agua	184.80	1.00	184.80		251.75		207.67		9.34
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2236.13		2236.13		2236.13		100.63

Dosificación.

A/C = 0.5	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	BASALTO
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	117.33	3.15	369.59		369.59		369.59	0.0450	16.63
Grava	439.76	2.52	1109.03	1.6523	1091.00	0.5046	1096.51		49.34
Arena	248.11	2.20	544.71	11.3412	489.23	8.9431	532.98		23.98
Agua	184.80	1.00	184.80		258.31		209.05		9.41
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2208.13		2208.13		2208.13		99.37

Dosificación.

A/C = 0.6	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	BASALTO
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	----------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	97.77	3.15	307.98		307.98		307.98	0.0450	13.86
Grava	439.76	2.52	1109.03	1.6523	1091.00	0.5046	1096.51		49.34
Arena	267.67	2.20	587.66	11.3412	527.80	8.9431	575.00		25.87
Agua	184.80	1.00	184.80		262.69		209.98		9.45
Aire	10.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2189.46		2189.46		2189.46		98.53



Humedad	Datos	Grava	Arena	Unidades
	Peso de la muestra húmeda Ph	1469	895	gr
	Peso de la muestra seca Ps	1453	814	gr
	Humedad = $(Ph - Ps) / Ps$ H	0.0108	0.1000	decimal
	Porcentaje Humedad = $H * 100$ H%	1.08	10.00	%



Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.72	4.0937	1.0800	1079	1188	TN= 25	mm
Arena	2.23	13.2430	10.0000	1121	1296	MF= 2.7	
Pe c = 3.15 k/dm ³		Vol = 45 dm ³					

Dosificación.

A/C = 0.4	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	CALIZA
-----------	--------------	----------	---------	--------------	---------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	159.52	3.15	502.49		502.49		502.49	0.0450	22.61
Grava	280.72	2.72	763.00	4.0937	732.99	1.0800	740.91		33.34
Arena	343.76	2.23	766.24	13.2430	676.63	10.0000	744.30		33.49
Agua	201.00	1.00	201.00		320.61		245.03		11.03
Aire	15.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2232.73		2232.73		2232.73		100.47

Dosificación.

A/C = 0.5	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	CALIZA
-----------	--------------	----------	---------	--------------	---------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	127.62	3.15	402.00		402.00		402.00	0.0450	18.09
Grava	280.72	2.72	763.00	4.0937	732.99	1.0800	740.91		33.34
Arena	375.66	2.23	837.35	13.2430	739.42	10.0000	813.37		36.60
Agua	201.00	1.00	201.00		328.93		247.07		11.12
Aire	15.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2203.35		2203.35		2203.35		99.15

Dosificación.

A/C = 0.6	CEMENTO TIPO	CPC 30 R	TOLTECA	GRAVA	CALIZA
-----------	--------------	----------	---------	--------------	---------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	104.13	3.15	328.00		328.00		328.00	0.0450	14.76
Grava	280.72	2.72	763.00	4.0937	732.99	1.0800	740.91		33.34
Arena	399.15	2.23	889.71	13.2430	785.67	10.0000	864.23		38.89
Agua	201.00	1.00	201.00		335.05		248.57		11.19
Aire	15.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2181.71		2181.71		2181.71		98.18



Humedad	Datos	Grava	Arena	Unidades
	Peso de la muestra húmeda Ph	898	895	gr
	Peso de la muestra seca Ps	882	814	gr
	Humedad = $(Ph - Ps) / Ps$ H	0.0181	0.1000	decimal
	Porcentaje Humedad = $H * 100$ H%	1.81	10.00	%



Datos.-

Material	Pesss (k/dm ³)	A (%)	H (%)	PVS (k/m ³)	PVC (k/m ³)		
Grava	2.72	4.0937	1.8100	1079	1188	TN= 25	mm
Arena	2.23	13.2430	10.0000	1121	1296	MF= 2.7	
Pe c = 3.15	k/dm ³	Vol = 45	dm ³				

Dosificación.

A/C = 0.4	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	CALIZA
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	---------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	159.52	3.15	502.49		502.49		502.49	0.0450	22.61
Grava	280.72	2.72	763.00	4.0937	732.99	1.8100	746.26		33.58
Arena	343.76	2.23	766.24	13.2430	676.63	10.0000	744.30		33.49
Agua	201.00	1.00	201.00		320.61		239.68		10.79
Aire	15.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2232.73		2232.73		2232.73		100.47

Dosificación.

A/C = 0.5	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	CALIZA
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	---------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	127.62	3.15	402.00		402.00		402.00	0.0450	18.09
Grava	280.72	2.72	763.00	4.0937	732.99	1.8100	746.26		33.58
Arena	375.66	2.23	837.35	13.2430	739.42	10.0000	813.37		36.60
Agua	201.00	1.00	201.00		328.93		241.72		10.88
Aire	15.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2203.35		2203.35		2203.35		99.15

Dosificación.

A/C = 0.6	CEMENTO TIPO	CPO 40 B	CRUZ AZUL	GRAVA	CALIZA
-----------	--------------	----------	-----------	--------------	---------------

Material	V (dm ³)	Pesss(k/dm ³)	Psss (kg)	A (%)	Ps (kg)	H (%)	Ph (kg)	Factor=Vol/1000	P'h (kg)
Cemento	106.35	3.15	335.00		335.00		335.00	0.0450	15.08
Grava	280.72	2.72	763.00	4.0937	732.99	1.8100	746.26		33.58
Arena	396.93	2.23	884.76	13.2430	781.29	10.0000	859.42		38.67
Agua	201.00	1.00	201.00		334.47		243.08		10.94
Aire	15.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Σ =	1000.00		2183.76		2183.76		2183.76		98.27



Pruebas a Compresión



DATOS Y RESULTADOS PRUEBAS A COMPRESIÓN A 7 DIAS (ANDESITA)

Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Area Promedio	Carga P (kg)		Resistencia	Resistencia Prom.	Tipo de prueba	Tipo de Cermento	Tipo de falla
				Manómetro		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)			
cilindro 1 (0.4)	14.961	175.797	176.173	22800		130	129	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.4)	14.993	176.550		22600		128		COMPRESION	CPC	reloj
cilindro 1 (0.5)	14.956	175.679	174.824	12000		68	72	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.5)	14.883	173.969		13200		76		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.6)	15.044	177.753	175.161	9800		55	56	COMPRESION	CPC	reloj
cilindro 2 (0.6)	14.823	172.569		9800		57		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.4)	14.8673	173.602	172.918	55200		318	327	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.4)	14.8086	172.234		58000		337		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.5)	15.0373	177.595	175.085	37200		209	179	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.5)	14.8233	172.576		25600		148		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.6)	15.03	177.422	178.393	22400		126	129	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.6)	15.112	179.363		23800		133		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.4)	14.959	175.750	175.281	36400		207	207	COMPRESION	CPP	reloj
cilindro 2 (0.4)	14.919	174.811		36200		207		COMPRESION	CPP	diagonal
cilindro 1 (0.5)	15.055	178.013	177.588	21600		121	120	COMPRESION	CPP	diagonal
cilindro 2 (0.5)	15.019	177.163		21000		119		COMPRESION	CPP	diagonal
cilindro 1 (0.6)	14.982	176.291	176.915	13000		74	72	COMPRESION	CPP	diagonal
cilindro 2 (0.6)	15.035	177.540		12600		71		COMPRESION	CPP	diagonal

Nota: El diámetro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.



DATOS Y RESULTADOS PRUEBAS A COMPRESIÓN A 28 DIAS (ANDESITA)

Clave del cilindro	Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Area Promedio	Carga P (kg)		Resistencia	Resistencia Prom.	Tipo de prueba	Tipo de Cermento
					Manómetro	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)			
cilindro 1 (0.4)	14.994	176.573	175.493	36000	204	211	COMPRESION	CPC	diagonal	
	14.902	174.413		38000	218		COMPRESION	CPC	reloj	
cilindro 1 (0.5)	14.872	173.712	175.131	28000	161	154	COMPRESION	CPC	diagonal	
	14.993	176.550		26000	147		COMPRESION	CPC	diagonal	
cilindro 1 (0.6)	14.864	173.525	174.767	19600	113	112	COMPRESION	CPC	reloj	
	14.970	176.008		19400	110		COMPRESION	CPC	diagonal	
cilindro 1 (0.4)	14.900	174.366	172.736	65000	373	380	COMPRESION	CPO	diagonal	
	14.760	171.105		66200	387		COMPRESION	CPO	reloj	
cilindro 1 (0.5)	15.070	178.368	176.953	44800	251	260	COMPRESION	CPO	diagonal	
	14.950	175.538		47200	269		COMPRESION	CPO	reloj	
cilindro 1 (0.6)	14.830	172.732	174.018	36200	210	213	COMPRESION	CPO	diagonal	
	14.940	175.304		37800	216		COMPRESION	CPO	reloj	
cilindro 1 (0.4)	15.520	189.179	182.476	46000	243	230	COMPRESION	CPP	"Y"	
	14.960	175.773		38000	216		COMPRESION	CPP	diagonal	
cilindro 1 (0.5)	15.026	177.328	176.903	30000	169	178	COMPRESION	CPP	diagonal	
	14.990	176.479		33000	187		COMPRESION	CPP	diagonal	
cilindro 1 (0.6)	15.033	177.493	175.497	20200	114	115	COMPRESION	CPP	diagonal	
	14.863	173.501		20000	115		COMPRESION	CPP	diagonal	

Nota: El diametro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.



DATOS Y RESULTADOS PRUEBAS A COMPRESIÓN A 7 DIAS (BASALTO)

Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Area Promedio	Carga P (kg)	Resistencia	Resistencia Prom.	Tipo de prueba	Tipo de Cermento	Tipo de falla
				Manómetro	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)			
cilindro 1 (0.4)	14.850	173.198	175.310	19800	114	126	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.4)	15.030	177.422		24600	139		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.5)	14.910	174.600	175.540	31600	181	178	COMPRESION	CPC	"Y"
cilindro 2 (0.5)	14.990	176.479		31000	176		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.6)	14.900	174.366	175.776	16000	92	92	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.6)	15.020	177.186		16400	93		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.4)	15.030	177.422	178.393	63000	355	367	COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 2 (0.4)	15.112	179.363		68000	379		COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 1 (0.5)	14.823	172.576	175.085	46000	267	274	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.5)	15.037	177.595		50000	282		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.6)	14.809	172.234	172.918	36000	209	205	COMPRESION	CPO	"Y"
cilindro 2 (0.6)	14.867	173.602		35000	202		COMPRESION	CPO	diagonal

Nota: El diámetro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.

DATOS Y RESULTADOS PRUEBAS A COMPRESIÓN A 28 DIAS (BASALTO)

Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Area Promedio	Carga P (kg)	Resistencia	Resistencia Prom.	Tipo de prueba	Tipo de Cermento	Tipo de falla
				Manómetro	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)			
cilindro 1 (0.4)	14.994	176.573	176.632	36000	204	209	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.4)	14.999	176.691		38000	215		COMPRESION	CPC	reloj
cilindro 1 (0.5)	14.993	176.550	175.131	26000	147	154	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.5)	14.872	173.712		28000	161		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.6)	14.970	176.008	174.767	19600	111	112	COMPRESION	CPC	reloj
cilindro 2 (0.6)	14.864	173.525		19400	112		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.4)	14.917	174.757	175.861	67730	388	410	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.4)	15.011	176.966		76350	431		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.5)	14.955	175.664	176.111	64470	367	370	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.5)	14.993	176.558		65880	373		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.6)	14.766	171.244	173.603	48130	281	297	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.6)	14.968	175.961		54910	312		COMPRESION	CPO	reloj

Nota: El diámetro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.



DATOS Y RESULTADOS PRUEBAS A COMPRESIÓN A 7 DIAS (CALIZA)

Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Area Promedio	Carga P (kg)	Resistencia	Resistencia Prom.	Tipo de prueba	Tipo de Cermento	Tipo de falla
				Manómetro	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)			
cilindro 1 (0.4)	14.890	174.132	174.249	25140	144	150	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.4)	14.900	174.366		27060	155		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.5)	15.030	177.422	176.246	15800	89	102	COMPRESION	CPC	"Y"
cilindro 2 (0.5)	14.930	175.069		20260	116		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.6)	14.980	176.244	179.210	11780	67	64	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.6)	15.230	182.175		11220	62		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.4)	14.890	174.132	174.249	41150	236	214	COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 2 (0.4)	14.900	174.366		33380	191		COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 1 (0.5)	15.030	177.422	176.246	31100	175	194	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.5)	14.930	175.069		37390	214		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.6)	14.980	176.244	179.210	23810	135	142	COMPRESION	CPO	"Y"
cilindro 2 (0.6)	15.230	182.175		27020	148		COMPRESION	CPO	diagonal

Nota: El diámetro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.

DATOS Y RESULTADOS PRUEBAS A COMPRESIÓN A 28 DIAS (CALIZA)

Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Area Promedio	Carga P (kg)	Resistencia	Resistencia Prom.	Tipo de prueba	Tipo de Cermento	Tipo de falla
				Manómetro	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)			
cilindro 1 (0.4)	14.950	175.538	176.717	63490	362	378	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.4)	15.050	177.895		69970	393		COMPRESION	CPC	reloj
cilindro 1 (0.5)	15.000	176.715	177.305	52440	297	286	COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 2 (0.5)	15.050	177.895		48800	274		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.6)	14.900	174.366	175.540	33770	194	192	COMPRESION	CPC	reloj
cilindro 2 (0.6)	15.000	176.715		33770	191		COMPRESION	CPC	diagonal
cilindro 1 (0.4)	15.139	180.000	180.152	63000	350	364	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.4)	15.152	180.303		68000	377		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.5)	15.139	180.000	179.396	46000	256	268	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.5)	15.088	178.791		50000	280		COMPRESION	CPO	reloj
cilindro 1 (0.6)	15.152	180.303	179.925	36000	200	197	COMPRESION	CPO	diagonal
cilindro 2 (0.6)	15.120	179.547		35000	195		COMPRESION	CPO	reloj

Nota: El diámetro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.



Pesos Volumétricos



DATOS Y RESULTADOS PESOS VOLUMETRICOS (ANDESITA)

Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Peso Volumetrico (kg/m ³)	Peso Volumetrico Promedio (kg/m ³)
cilindro 1 (0.4) CPO	15.02	177.26	30.01	5318.77	10.904	2050	2046
cilindro 2 (0.4) CPO	15.01	176.88	30.04	5313.64	10.859	2044	
cilindro 3 (0.4) CPO	15.08	178.60	29.97	5352.96	10.946	2045	
cilindro 1 (0.4) CPC	14.90	174.41	30.13	5255.41	10.382	1975	1947
cilindro 2 (0.4) CPC	15.05	177.97	30.21	5375.98	10.263	1909	
cilindro 3 (0.4) CPC	14.92	174.79	30.12	5265.31	10.295	1955	
cilindro 1 (0.4) CPP	14.95	175.54	29.90	5248.07	10.669	2033	2040
cilindro 2 (0.4) CPP	14.96	175.84	29.96	5268.81	10.759	2042	
cilindro 3 (0.4) CPP	14.91	174.51	29.94	5224.73	10.682	2045	
cilindro 1 (0.5) CPO	14.91	174.53	30.11	5254.40	10.721	2040	2039
cilindro 2 (0.5) CPO	15.04	177.59	30.02	5330.64	10.895	2044	
cilindro 3 (0.5) CPO	14.97	176.01	29.96	5273.21	10.726	2034	
cilindro 1 (0.5) CPC	14.93	175.07	30.15	5278.33	10.432	1976	1981
cilindro 2 (0.5) CPC	15.00	176.71	30.24	5343.32	10.590	1982	
cilindro 3 (0.5) CPC	14.94	175.26	30.01	5259.81	10.446	1986	
cilindro 1 (0.5) CPP	15.06	178.04	29.72	5291.25	10.630	2009	1997
cilindro 2 (0.5) CPP	15.02	177.09	30.03	5318.07	10.598	1993	
cilindro 3 (0.5) CPP	15.03	177.42	30.33	5381.21	10.699	1988	
cilindro 1 (0.6) CPO	14.96	175.77	30.00	5273.20	10.580	2006	2008
cilindro 2 (0.6) CPO	14.96	175.77	30.10	5290.78	10.609	2005	
cilindro 3 (0.6) CPO	14.92	174.83	29.95	5236.30	10.535	2012	
cilindro 1 (0.6) CPC	15.00	176.69	30.03	5305.15	10.450	1970	1981
cilindro 2 (0.6) CPC	14.99	176.57	29.91	5280.78	10.366	1963	
cilindro 3 (0.6) CPC	14.90	174.27	30.01	5229.40	10.517	2011	
cilindro 1 (0.6) CPP	15.05	177.97	29.78	5299.10	10.245	1933	1955
cilindro 2 (0.6) CPP	15.04	177.66	29.70	5276.45	10.512	1992	
cilindro 3 (0.6) CPP	15.00	176.71	29.53	5218.03	10.123	1940	

Nota: El diámetro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.



DATOS Y RESULTADOS PESOS VOLUMETRICOS (BASALTO)

Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Peso Volumetrico (kg/m ³)	Peso Volumetrico Promedio (kg/m ³)
cilindro 1 (0.4) CPO	15.00	176.69	29.94	5290.36	11.391	2153	2154
cilindro 2 (0.4) CPO	14.85	173.29	29.81	5165.47	11.181	2165	
cilindro 3 (0.4) CPO	14.95	175.63	30.23	5309.60	11.387	2145	
cilindro 1 (0.4) CPC	14.98	176.30	30.81	5431.25	11.441	2107	2112
cilindro 2 (0.4) CPC	15.12	179.66	29.92	5375.50	11.269	2096	
cilindro 3 (0.4) CPC	15.06	178.05	30.03	5346.86	11.407	2133	
cilindro 1 (0.5) CPO	14.97	175.96	29.87	5255.26	11.078	2108	2104
cilindro 2 (0.5) CPO	15.00	176.75	29.92	5288.80	11.079	2095	
cilindro 3 (0.5) CPO	14.94	175.24	29.91	5240.74	11.051	2109	
cilindro 1 (0.5) CPC	14.94	175.40	29.93	5249.65	11.098	2114	2074
cilindro 2 (0.5) CPC	15.05	177.97	29.85	5312.13	10.744	2023	
cilindro 3 (0.5) CPC	15.04	177.74	29.87	5308.98	11.077	2086	
cilindro 1 (0.6) CPO	14.95	175.55	30.65	5380.69	10.596	1969	2055
cilindro 2 (0.6) CPO	14.93	175.14	30.25	5297.37	11.124	2100	
cilindro 3 (0.6) CPO	14.92	174.72	30.01	5243.48	10.986	2095	
cilindro 1 (0.6) CPC	15.04	177.58	30.00	5326.63	11.145	2092	2074
cilindro 2 (0.6) CPC	14.90	174.27	30.04	5234.56	10.617	2028	
cilindro 3 (0.6) CPC	14.95	175.65	29.90	5251.13	11.030	2101	

Nota: El diametro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.



DATOS Y RESULTADOS PESOS VOLUMETRICOS (CALIZA)

Clave del cilindro	Diámetro D (cm)	Area $A=\pi D^2/4$ (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Peso Volumetrico (kg/m ³)	Peso Volumetrico Promedio (kg/m ³)
cilindro 1 (0.4) CPO	14.91	174.60	29.73	5190.69	11.079	2134	2134
cilindro 2 (0.4) CPO	14.89	174.09	29.58	5150.15	11.007	2137	
cilindro 3 (0.4) CPO	14.89	174.16	29.79	5187.23	11.046	2130	
cilindro 1 (0.4) CPC	15.05	177.89	30.18	5368.86	11.039	2056	2054
cilindro 2 (0.4) CPC	15.41	186.51	30.33	5656.76	11.533	2039	
cilindro 3 (0.4) CPC	15.03	177.42	29.95	5313.79	10.977	2066	
cilindro 1 (0.5) CPO	14.88	173.85	29.69	5160.96	10.878	2108	2091
cilindro 2 (0.5) CPO	15.02	177.19	29.95	5306.72	10.893	2053	
cilindro 3 (0.5) CPO	14.83	172.78	30.41	5254.71	11.097	2112	
cilindro 1 (0.5) CPC	14.86	173.43	29.72	5154.38	10.740	2084	2063
cilindro 2 (0.5) CPC	14.96	175.77	30.15	5299.57	10.916	2060	
cilindro 3 (0.5) CPC	14.96	175.77	30.25	5317.14	10.880	2046	
cilindro 1 (0.6) CPO	14.93	175.09	29.73	5206.03	10.726	2060	2048
cilindro 2 (0.6) CPO	14.92	174.83	30.05	5253.61	10.865	2068	
cilindro 3 (0.6) CPO	15.04	177.66	30.15	5356.58	10.799	2016	
cilindro 1 (0.6) CPC	15.01	176.95	29.21	5168.72	10.306	1994	2009
cilindro 2 (0.6) CPC	14.92	174.83	30.33	5302.74	10.694	2017	
cilindro 3 (0.6) CPC	14.96	175.77	29.15	5123.79	10.328	2016	

Nota: El diametro de los cilindros es el promedio de tres lecturas.



Pruebas de Carga contra Deformación



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.4

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	9	18	13.5	21	3	12.0	15	10	12.5
4	20	32	26.0	42	5	23.5	26	19	22.5
6	31	45	38.0	61	12	36.5	42	32	37.0
8	46	59	52.5	83	22	52.5	57	44	50.5
10	54	75	64.5	103	33	68.0	75	57	66.0
12	75	92	83.5	122	45	83.5	94	73	83.5
14	93	112	102.5	143	60	101.5	113	86	99.5
16	110	122	116.0	165	75	120.0	132	105	118.5
18	134	144	139.0	189	93	141.0	154	125	139.5
20	155	162	158.5	211	113	162.0	178	145	161.5
22	180	176	178.0	240	134	187.0	200	162	181.0
24	207	198	202.5	255	160	207.5	225	194	209.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	211 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	84.40 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	126.60 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 174.41
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.47	0.00009
22.93	0.00017
34.40	0.00025
45.87	0.00035
57.34	0.00043
68.80	0.00056
80.27	0.00068
91.74	0.00077
103.21	0.00093
114.67	0.00106
126.14	0.00119
137.61	0.00135

S_1 (kg/cm²) = 6.37
 S_2 (kg/cm²) = 84.40
 e_2 (mm/mm) = 0.00072

E_c = 117206 (kg/cm²)

A (cm²)= 177.97
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.24	0.00008
22.48	0.00016
33.71	0.00024
44.95	0.00035
56.19	0.00045
67.43	0.00056
78.66	0.00068
89.90	0.00080
101.14	0.00094
112.38	0.00108
123.62	0.00125
134.85	0.00138

S_1 (kg/cm²) = 7.02
 S_2 (kg/cm²) = 84.40
 e_2 (mm/mm) = 0.00074

E_c = 112203 (kg/cm²)

E_c prom = 115571 (kg/cm²)

A (cm²)= 174.79
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.44	0.00008
22.88	0.00015
34.33	0.00025
45.77	0.00034
57.21	0.00044
68.65	0.00056
80.10	0.00066
91.54	0.00079
102.98	0.00093
114.42	0.00108
125.87	0.00121
137.31	0.00140

S_1 (kg/cm²) = 6.87
 S_2 (kg/cm²) = 84.40
 e_2 (mm/mm) = 0.00071

E_c = 117303 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.5

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	10	24	17.0	15	8	11.5	6	17	11.5
4	22	45	33.5	31	17	24.0	11	36	23.5
6	38	65	51.5	48	30	39.0	18	58	38.0
8	51	84	67.5	68	44	56.0	25	81	53.0
10	64	102	83.0	87	59	73.0	35	105	70.0
12	73	122	97.5	109	77	93.0	49	128	88.5
14	102	140	121.0	126	93	109.5	64	154	109.0
16	113	156	134.5	151	115	133.0	83	182	132.5
18	125	176	150.5	177	139	158.0	105	214	159.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	154 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	61.60 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	92.40 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------	-----------------------------

A (cm²)= 175.07
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.42	0.00011
22.85	0.00022
34.27	0.00034
45.70	0.00045
57.12	0.00055
68.54	0.00065
79.97	0.00081
91.39	0.00090
102.82	0.00100

S_1 (kg/cm²) = 5.04
 S_2 (kg/cm²) = 61.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00059

Ec = 104500 (kg/cm²)

A (cm²)= 176.71
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.32	0.00008
22.64	0.00016
33.95	0.00026
45.27	0.00037
56.59	0.00049
67.91	0.00062
79.23	0.00073
90.54	0.00089
101.86	0.00105

S_1 (kg/cm²) = 7.38
 S_2 (kg/cm²) = 61.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00055

Ec = 109380 (kg/cm²)

Ec prom = 110053 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.26
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.41	0.00008
22.82	0.00016
34.23	0.00025
45.65	0.00035
57.06	0.00047
68.47	0.00059
79.88	0.00073
91.29	0.00088
102.70	0.00106

S_1 (kg/cm²) = 7.44
 S_2 (kg/cm²) = 61.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00052

Ec = 116279 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.6

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	12	12	12.0	12	14	13.0	19	5	12.0
4	29	24	26.5	25	31	28.0	41	15	28.0
6	46	37	41.5	37	52	44.5	65	20	42.5
8	66	54	60.0	52	73	62.5	85	40	62.5
10	86	72	79.0	71	99	85.0	110	56	83.0
12	110	94	102.0	93	126	109.5	140	73	106.5
14	138	119	128.5	124	169	146.5	175	93	134.0

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	112 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	44.80 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	67.20 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------	-----------------------------

A (cm²)= 176.69
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.32	0.00008
22.64	0.00018
33.96	0.00028
45.28	0.00040
56.60	0.00053
67.92	0.00068
79.23	0.00086

S_1 (kg/cm²) = 7.07
 S_2 (kg/cm²) = 44.80
 e_2 (mm/mm) = 0.00039

E_c = 109412 (kg/cm²)

A (cm²)= 176.57
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.33	0.00009
22.65	0.00019
33.98	0.00030
45.31	0.00042
56.63	0.00057
67.96	0.00073
79.29	0.00098

S_1 (kg/cm²) = 6.53
 S_2 (kg/cm²) = 44.80
 e_2 (mm/mm) = 0.00041

E_c = 105914 (kg/cm²)

E_c prom = 107224 (kg/cm²)

A (cm²)= 174.27
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.48	0.00008
22.95	0.00019
34.43	0.00028
45.91	0.00042
57.38	0.00055
68.86	0.00071
80.34	0.00089

S_1 (kg/cm²) = 7.17
 S_2 (kg/cm²) = 44.80
 e_2 (mm/mm) = 0.00040

E_c = 106346 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.4

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	5	16	10.5	8	7	7.5	13	1	7.0
4	12	32	22.0	18	18	18.0	32	4	18.0
6	22	43	32.5	33	27	30.0	50	10	30.0
8	32	61	46.5	45	35	40.0	66	17	41.5
10	42	76	59.0	58	45	51.5	82	27	54.5
12	55	93	74.0	72	65	68.5	96	37	66.5
14	67	105	86.0	86	72	79.0	111	50	80.5
16	79	120	99.5	FALLO			126	63	94.5
18	92	135	113.5				138	75	106.5
20	106	148	127.0				153	90	121.5
22	120	168	144.0				168	105	136.5
24	136	183	159.5				182	120	151.0
26	154	200	177.0				197	136	166.5
28	168	212	190.0				214	155	184.5
30	183	230	206.5				229	168	198.5
32	200	250	225.0				245	185	215.0
34	220	280	250.0				260	205	232.5
36	234	300	267.0				270	215	242.5
38	250	310	280.0				292	235	263.5
40	270	323	296.5				310	250	280.0

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	380 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	152.00 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	228.00 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 177.26
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	$\epsilon 0$ (mm/mm)
0.00	0.00000
11.28	0.00007
22.57	0.00015
33.85	0.00022
45.13	0.00031
56.41	0.00039
67.70	0.00049
78.98	0.00057
90.26	0.00066
101.55	0.00076
112.83	0.00085
124.11	0.00096
135.39	0.00106
146.68	0.00118
157.96	0.00127
169.24	0.00138
180.53	0.00150
191.81	0.00167
203.09	0.00178
214.37	0.00187
225.66	0.00198

A (cm²)= 176.88
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	$\epsilon 0$ (mm/mm)
0.00	0.00000
11.31	0.00005
22.61	0.00012
33.92	0.00020
45.23	0.00027
56.54	0.00034
67.84	0.00046
79.15	0.00053

A (cm²)= 178.6
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	$\epsilon 0$ (mm/mm)
0.00	0.00000
11.20	0.00005
22.40	0.00012
33.59	0.00020
44.79	0.00028
55.99	0.00036
67.19	0.00044
78.39	0.00054
89.59	0.00063
100.78	0.00071
111.98	0.00081
123.18	0.00091
134.38	0.00101
145.58	0.00111
156.77	0.00123
167.97	0.00132
179.17	0.00143
190.37	0.00155
201.57	0.00162
212.77	0.00176
223.96	0.00187

S₁ (kg/cm²) = 8.06
S₂ (kg/cm²) = 152.00
e2 (mm/mm) = 0.00122

S₁ (kg/cm²) = 11.31
S₂ (kg/cm²) = 152.00
e2 (mm/mm) =

S₁ (kg/cm²) = 12.00
S₂ (kg/cm²) = 152.00
e2 (mm/mm) = 0.00118

Ec = 122933 (kg/cm²)

Ec = (kg/cm²)

Ec = 124024 (kg/cm²)

Ec prom = 123478 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.5

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	81	82	prom	81	82	prom	81	82	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	16	1	8.5	12	8	10.0	12	17	14.5
4	35	8	21.5	25	18	21.5	22	27	24.5
6	50	19	34.5	39	31	35.0	36	42	39.0
8	65	26	45.5	52	44	48.0	50	57	53.5
10	82	41	61.5	68	57	62.5	66	73	69.5
12	98	53	75.5	84	74	79.0	81	89	85.0
14	116	68	92.0	98	90	94.0	98	108	103.0
16	133	81	107.0	114	105	109.5	115	125	120.0
18	148	94	121.0	130	128	129.0	130	143	136.5
20	168	111	139.5	145	138	141.5	149	163	156.0
22	187	128	157.5	163	156	159.5	167	184	175.5
24	209	147	178.0	180	175	177.5	190	208	199.0
26	227	163	195.0	200	195	197.5	205	229	217.0
28	247	180	213.5	219	216	217.5	228	255	241.5
30	270	193	231.5	238	235	236.5	247	277	262.0
30	288	213	250.5	261	255	258.0	272	304	288.0

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	260 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	104.00 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	156.00 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 174.53
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.46	0.00006
22.92	0.00014
34.38	0.00023
45.84	0.00030
57.30	0.00041
68.76	0.00050
80.22	0.00061
91.67	0.00071
103.13	0.00081
114.59	0.00093
126.05	0.00105
137.51	0.00119
148.97	0.00130
160.43	0.00142
171.89	0.00154
0.00	0.00167

A (cm²)= 177.59
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.26	0.00007
22.52	0.00014
33.79	0.00023
45.05	0.00032
56.31	0.00042
67.57	0.00053
78.83	0.00063
90.10	0.00073
101.36	0.00086
112.62	0.00094
123.88	0.00106
135.14	0.00118
146.40	0.00132
157.67	0.00145
168.93	0.00158
0.00	0.00172

A (cm²)= 176.01
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.36	0.00010
22.73	0.00016
34.09	0.00026
45.45	0.00036
56.81	0.00046
68.18	0.00057
79.54	0.00069
90.90	0.00080
102.27	0.00091
113.63	0.00104
124.99	0.00117
136.36	0.00133
147.72	0.00145
159.08	0.00161
170.44	0.00175
0.00	0.00192

S₁ (kg/cm²) = 10.11
S₂ (kg/cm²) = 104.00
e₂ (mm/mm) = 0.00082

S₁ (kg/cm²) = 8.45
S₂ (kg/cm²) = 104.00
e₂ (mm/mm) = 0.00088

S₁ (kg/cm²) = 5.88
S₂ (kg/cm²) = 104.00
e₂ (mm/mm) = 0.00093

Ec = 122573 (kg/cm²)

Ec = 115186 (kg/cm²)

Ec = 111525 (kg/cm²)

Ec prom = 116428 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.6

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	9	14	11.5	18	8	13.0	16	10	13.0
4	20	30	25.0	30	19	24.5	29	26	27.5
6	35	46	40.5	45	31	38.0	44	42	43.0
8	44	63	53.5	59	47	53.0	58	57	57.5
10	66	82	74.0	75	63	69.0	76	73	74.5
12	82	99	90.5	91	78	84.5	94	91	92.5
14	99	118	108.5	109	95	102.0	114	109	111.5
16	117	137	127.0	126	112	119.0	133	128	130.5
18	136	158	147.0	145	129	137.0	154	147	150.5
20	157	182	169.5	167	148	157.5	175	168	171.5
22	177	207	192.0	190	166	178.0	200	192	196.0
24	198	232	215.0	213	184	198.5	227	214	220.5
26	225	262	243.5	240	229	234.5	256	244	250.0

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	213 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	85.20 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	127.80 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 175.77
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
11.38	0.00008
22.76	0.00017
34.14	0.00027
45.51	0.00036
56.89	0.00049
68.27	0.00060
79.65	0.00072
91.03	0.00085
102.41	0.00098
113.79	0.00113
125.16	0.00128
136.54	0.00162
147.92	0.00162

S₁ (kg/cm²) = 7.42
S₂ (kg/cm²) = 85.20
e2 (mm/mm) = 0.00078

Ec = 106039 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.77
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
11.38	0.00009
22.76	0.00016
34.14	0.00025
45.51	0.00035
56.89	0.00046
68.27	0.00056
79.65	0.00068
91.03	0.00079
102.41	0.00091
113.79	0.00105
125.16	0.00119
136.54	0.00156
147.92	0.00156

S₁ (kg/cm²) = 6.56
S₂ (kg/cm²) = 85.20
e2 (mm/mm) = 0.00074

Ec = 114749 (kg/cm²)

Ec prom = 108527 (kg/cm²)

A (cm²)= 174.83
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
11.44	0.00009
22.88	0.00018
34.32	0.00029
45.76	0.00038
57.20	0.00050
68.64	0.00062
80.08	0.00074
91.52	0.00087
102.96	0.00100
114.40	0.00114
125.84	0.00131
137.28	0.00167
148.72	0.00167

S₁ (kg/cm²) = 6.60
S₂ (kg/cm²) = 85.20
e2 (mm/mm) = 0.00080

Ec = 104793 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPP RELACION AGUA-CEMENTO 0.4

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	5	17	11.0	5	10	7.5	9	8	8.5
4	11	34	22.5	12	25	18.5	20	17	18.5
6	17	50	33.5	20	39	29.5	33	28	30.5
8	25	62	43.5	32	52	42.0	46	41	43.5
10	34	83	58.5	41	70	55.5	58	52	55.0
12	45	99	72.0	54	90	72.0	71	65	68.0
14	56	115	85.5	69	104	86.5	86	80	83.0
16	68	131	99.5	88	128	108.0	100	93	96.5
18	80	146	113.0	102	142	122.0	118	106	112.0
20	94	164	129.0	114	154	134.0	127	123	125.0
22	109	182	145.5	123	167	145.0	145	137	141.0
24	123	201	162.0	138	183	160.5	160	155	157.5
26	136	220	178.0	150	196	173.0	178	174	176.0
28	154	240	197.0	162	210	186.0	196	194	195.0

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	230 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	92.00 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	138.00 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 175.54
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
11.39	0.00007
22.79	0.00015
34.18	0.00022
45.57	0.00029
56.97	0.00039
68.36	0.00048
79.75	0.00057
91.15	0.00066
102.54	0.00075
113.93	0.00086
125.33	0.00097
136.72	0.00108
148.11	0.00119
159.51	0.00131

S₁ (kg/cm²) = 7.77
S₂ (kg/cm²) = 92.00
e2 (mm/mm) = 0.00067

Ec = 135843 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.84
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
11.37	0.00005
22.75	0.00012
34.12	0.00020
45.50	0.00028
56.87	0.00037
68.24	0.00048
79.62	0.00058
90.99	0.00072
102.37	0.00081
113.74	0.00089
125.11	0.00097
136.49	0.00107
147.86	0.00115
159.24	0.00124

S₁ (kg/cm²) = 11.37
S₂ (kg/cm²) = 92.00
e2 (mm/mm) = 0.00073

Ec = 118870 (kg/cm²)

Ec prom = 130689 (kg/cm²)

A (cm²)= 174.51
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
11.46	0.00006
22.92	0.00012
34.38	0.00020
45.84	0.00029
57.30	0.00037
68.76	0.00045
80.22	0.00055
91.69	0.00064
103.15	0.00075
114.61	0.00083
126.07	0.00094
137.53	0.00105
148.99	0.00117
160.45	0.00130

S₁ (kg/cm²) = 10.11
S₂ (kg/cm²) = 92.00
e2 (mm/mm) = 0.00065

Ec = 137356 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPP RELACION AGUA-CEMENTO 0.5

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	10	10	10.0	12	7	9.5	8	9	8.5
4	25	23	24.0	23	20	21.5	24	27	25.5
6	38	35	36.5	37	33	35.0	34	45	39.5
8	52	50	51.0	48	48	48.0	44	68	56.0
10	64	64	64.0	64	64	64.0	53	90	71.5
12	76	80	78.0	75	77	76.0	62	114	88.0
14	97	113	105.0	98	96	97.0	74	139	106.5
16	114	128	121.0	107	111	109.0	85	167	126.0
18	127	150	138.5	127	130	128.5	98	199	148.5
20	148	182	165.0	147	156	151.5	113	230	171.5
22	165	205	185.0	162	177	169.5	133	265	199.0
24	187	240	213.5	182	109	145.5	155	303	229.0
26	214	280	247.0	214	240	227.0	182	348	265.0
28	238	324	281.0	238	275	256.5	215	397	306.0
30	267	379	323.0	268	275	271.5	250	452	351.0

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	178 (kg/cm ²)	0.4σ Max =	71.20 (kg/cm ²)	0.6σ Max =	106.80 (kg/cm ²)
---------	---------------------------	------------	-----------------------------	------------	------------------------------

A (cm²)= 178.04
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ε0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.23	0.00007
22.47	0.00016
33.70	0.00024
44.93	0.00034
56.17	0.00043
67.40	0.00052
78.63	0.00070
89.87	0.00081
101.10	0.00092
112.33	0.00110
123.57	0.00123
134.80	0.00142
146.03	0.00165
157.27	0.00187
168.50	0.00215

S₁ (kg/cm²) = 8.43
S₂ (kg/cm²) = 71.20
e2 (mm/mm) = 0.00058

Ec = 118247 (kg/cm²)

A (cm²)= 177.09
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ε0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.29	0.00006
22.59	0.00014
33.88	0.00023
45.17	0.00032
56.47	0.00043
67.76	0.00051
79.06	0.00065
90.35	0.00073
101.64	0.00086
112.94	0.00101
124.23	0.00113
135.52	0.00097
146.82	0.00151
158.11	0.00171
169.41	0.00181

S₁ (kg/cm²) = 8.92
S₂ (kg/cm²) = 71.20
e2 (mm/mm) = 0.00055

Ec = 124747 (kg/cm²)

Ec prom = 116466 (kg/cm²)

A (cm²)= 177.42
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ε0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.27	0.00006
22.55	0.00017
33.82	0.00026
45.09	0.00037
56.36	0.00048
67.64	0.00059
78.91	0.00071
90.18	0.00084
101.45	0.00099
112.73	0.00114
124.00	0.00133
135.27	0.00153
146.54	0.00177
157.82	0.00204
169.09	0.00234

S₁ (kg/cm²) = 9.95
S₂ (kg/cm²) = 71.20
e2 (mm/mm) = 0.00063

Ec = 106406 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-ANDESITA

CPP RELACION AGUA-CEMENTO 0.6

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	16	19	17.5	21	4	12.5	24	13	18.5
4	31	35	33.0	39	14	26.5	45	33	39.0
6	43	50	46.5	57	29	43.0	63	54	58.5
8	55	68	61.5	73	46	59.5	80	73	76.5
10	81	93	87.0	90	66	78.0	95	95	95.0
12	109	121	115.0	109	92	100.5	112	113	112.5
14	130	144	137.0	127	116	121.5	127	138	132.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	115 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	46.00 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	69.00 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------	-----------------------------

A (cm²)= 177.97
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.24	0.00012
22.48	0.00022
33.71	0.00031
44.95	0.00041
56.19	0.00058
67.43	0.00077
78.66	0.00091

S_1 (kg/cm²) = 4.82
 S_2 (kg/cm²) = 46.00
 e_2 (mm/mm) = 0.00043

Ec = 109571 (kg/cm²)

A (cm²)= 177.66
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.26	0.00008
22.51	0.00018
33.77	0.00029
45.03	0.00040
56.29	0.00052
67.54	0.00067
78.80	0.00081

S_1 (kg/cm²) = 6.75
 S_2 (kg/cm²) = 46.00
 e_2 (mm/mm) = 0.00041

Ec = 109841 (kg/cm²)

Ec prom = 102637 (kg/cm²)

A (cm²)= 176.71
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.32	0.00012
22.64	0.00026
33.95	0.00039
45.27	0.00051
56.59	0.00063
67.91	0.00075
79.23	0.00088

S_1 (kg/cm²) = 4.59
 S_2 (kg/cm²) = 46.00
 e_2 (mm/mm) = 0.00052

Ec = 88499 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-BASALTO

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.4

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	9	18	13.5	21	3	12.0	15	10	12.5
4	20	32	26.0	42	5	23.5	26	19	22.5
6	31	45	38.0	61	12	36.5	42	31	36.5
8	46	59	52.5	83	22	52.5	57	44	50.5
10	54	75	64.5	102	33	67.5	75	57	66.0
12	75	92	83.5	122	45	83.5	95	73	84.0
14	93	112	102.5	143	60	101.5	113	86	99.5
16	110	122	116.0	165	75	120.0	132	105	118.5
18	134	144	139.0	189	93	141.0	154	125	139.5
20	155	162	158.5	211	113	162.0	178	145	161.5
22	180	176	178.0	240	134	187.0	200	162	181.0
24	207	198	202.5	255	160	207.5	225	194	209.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

$\sigma_{Max} =$	209 (kg/cm ²)	$0.4\sigma_{Max} =$	83.60 (kg/cm ²)	$0.6\sigma_{Max} =$	125.40 (kg/cm ²)
------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------	------------------------------

A (cm²)= 176.3
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.34	0.00009
22.69	0.00017
34.03	0.00025
45.38	0.00035
56.72	0.00043
68.07	0.00056
79.41	0.00068
90.75	0.00077
102.10	0.00093
113.44	0.00106
124.79	0.00119
136.13	0.00135

S_1 (kg/cm²) = 6.30
 S_2 (kg/cm²) = 83.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00072

$E_c = 115963$ (kg/cm²)

A (cm²)= 176.66
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.32	0.00008
22.64	0.00016
33.96	0.00024
45.28	0.00035
56.61	0.00045
67.93	0.00056
79.25	0.00068
90.57	0.00080
101.89	0.00094
113.21	0.00108
124.53	0.00125
135.85	0.00138

S_1 (kg/cm²) = 7.08
 S_2 (kg/cm²) = 83.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00072

$E_c = 113525$ (kg/cm²)

$E_c \text{ prom} = 114770$ (kg/cm²)

A (cm²)= 178.05
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.23	0.00008
22.47	0.00015
33.70	0.00024
44.93	0.00034
56.16	0.00044
67.40	0.00056
78.63	0.00066
89.86	0.00079
101.10	0.00093
112.33	0.00108
123.56	0.00121
134.79	0.00140

S_1 (kg/cm²) = 6.74
 S_2 (kg/cm²) = 83.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00072

$E_c = 114823$ (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-BASALTO

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.5

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	6	24	15.0	15	8	11.5	6	17	11.5
4	12	45	28.5	31	17	24.0	11	36	23.5
6	20	65	42.5	48	30	39.0	18	58	38.0
8	33	84	58.5	68	44	56.0	25	81	53.0
10	44	102	73.0	87	59	73.0	35	105	70.0
12	60	122	91.0	109	77	93.0	49	128	88.5
14	78	140	109.0	126	93	109.5	64	154	109.0
16	98	156	127.0	151	115	133.0	83	182	132.5
18	120	176	148.0	177	139	158.0	105	214	159.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

$\sigma_{Max} =$	154 (kg/cm ²)	$0.4\sigma_{Max} =$	61.60 (kg/cm ²)	$0.6\sigma_{Max} =$	92.40 (kg/cm ²)
------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------	-----------------------------

A (cm²)= 175.4
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.40	0.00010
22.81	0.00019
34.21	0.00028
45.61	0.00039
57.01	0.00049
68.42	0.00061
79.82	0.00073
91.22	0.00085
102.62	0.00099

S_1 (kg/cm²) = 5.70
 S_2 (kg/cm²) = 61.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00053

$E_c = 115268$ (kg/cm²)

A (cm²)= 177.97
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.24	0.00008
22.48	0.00016
33.71	0.00026
44.95	0.00037
56.19	0.00049
67.43	0.00062
78.66	0.00073
89.90	0.00089
101.14	0.00105

S_1 (kg/cm²) = 7.33
 S_2 (kg/cm²) = 61.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00055

$E_c = 108355$ (kg/cm²)

$E_c \text{ prom} = 112605$ (kg/cm²)

A (cm²)= 177.74
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.25	0.00008
22.50	0.00016
33.76	0.00025
45.01	0.00035
56.26	0.00047
67.51	0.00059
78.77	0.00073
90.02	0.00088
101.27	0.00106

S_1 (kg/cm²) = 7.34
 S_2 (kg/cm²) = 61.60
 e_2 (mm/mm) = 0.00053

$E_c = 114193$ (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-BASALTO

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.6

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	12	12	12.0	12	14	13.0	19	5	12.0
4	29	24	26.5	25	31	28.0	41	15	28.0
6	46	37	41.5	37	52	44.5	65	26	45.5
8	66	54	60.0	52	73	62.5	85	40	62.5
10	86	72	79.0	71	99	85.0	110	56	83.0
12	110	94	102.0	93	126	109.5	140	73	106.5
14	138	119	128.5	124	169	146.5	175	93	134.0

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	112 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	44.80 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	67.20 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------	-----------------------------

A (cm²)= 177.58
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.26	0.00008
22.53	0.00018
33.79	0.00028
45.05	0.00040
56.31	0.00053
67.58	0.00068
78.84	0.00086

S_1 (kg/cm²) = 7.04
 S_2 (kg/cm²) = 44.80
 e_2 (mm/mm) = 0.00040

E_c = 108739 (kg/cm²)

A (cm²)= 174.27
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.48	0.00009
22.95	0.00019
34.43	0.00030
45.91	0.00042
57.38	0.00057
68.86	0.00073
80.34	0.00098

S_1 (kg/cm²) = 6.62
 S_2 (kg/cm²) = 44.80
 e_2 (mm/mm) = 0.00041

E_c = 107515 (kg/cm²)

E_c prom = 107050 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.65
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.39	0.00008
22.77	0.00019
34.16	0.00030
45.55	0.00042
56.93	0.00055
68.32	0.00071
79.70	0.00089

S_1 (kg/cm²) = 7.12
 S_2 (kg/cm²) = 44.80
 e_2 (mm/mm) = 0.00041

E_c = 104895 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-BASALTO

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.4

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	81	82	prom	81	82	prom	81	82	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	4	7	5.5	5	9	7.0	12	0	6.0
4	6	16	11.0	10	16	13.0	24	0	12.0
6	8	26	17.0	15	24	19.5	36	1	18.5
8	11	36	23.5	21	32	26.5	50	3	26.5
10	15	44	29.5	26	39	32.5	62	5	33.5
12	19	53	36.0	34	46	40.0	74	7	40.5
14	24	61	42.5	41	56	48.5	85	11	48.0
16	28	70	49.0	45	65	55.0	95	15	55.0
18	33	78	55.5	55	74	64.5	108	19	63.5
20	38	88	63.0	60	81	70.5	118	22	70.0
22	44	97	70.5	67	92	79.5	130	28	79.0
24	51	106	78.5	75	100	87.5	141	33	87.0
26	57	114	85.5	84	111	97.5	153	38	95.5
28	64	124	94.0	90	119	104.5	164	43	103.5
30	71	132	101.5	97	127	112.0	175	48	111.5
32	79	142	110.5	105	136	120.5	186	54	120.0
34	86	151	118.5	112	147	129.5	195	60	127.5
36	94	160	127.0	122	157	139.5	206	65	135.5
38	102	170	136.0	130	165	147.5	220	72	146.0
40	110	176	143.0	140	175	157.5	231	77	154.0
42	119	190	154.5	149	183	166.0	246	83	164.5
44	138	199	168.5	160	193	176.5	259	90	174.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	410 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	164.00 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	246.00 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 176.69
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.32	0.00004
22.64	0.00007
33.96	0.00011
45.28	0.00016
56.60	0.00020
67.92	0.00024
79.23	0.00028
90.55	0.00033
101.87	0.00037
113.19	0.00042
124.51	0.00047
135.83	0.00052
147.15	0.00057
158.47	0.00063
169.79	0.00068
181.11	0.00074
192.43	0.00079
203.75	0.00085
215.07	0.00091
226.39	0.00095
237.70	0.00103
249.02	0.00112

S₁ (kg/cm²) = 15.44
S₂ (kg/cm²) = 164.00
e₂ (mm/mm) = 0.00065

Ec = 247156 (kg/cm²)

A (cm²)= 173.29
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.54	0.00005
23.08	0.00009
34.62	0.00013
46.17	0.00018
57.71	0.00022
69.25	0.00027
80.79	0.00032
92.33	0.00037
103.87	0.00043
115.41	0.00047
126.95	0.00053
138.50	0.00058
150.04	0.00065
161.58	0.00070
173.12	0.00075
184.66	0.00080
196.20	0.00086
207.74	0.00093
219.29	0.00098
230.83	0.00105
242.37	0.00111
253.91	0.00118

S₁ (kg/cm²) = 12.37
S₂ (kg/cm²) = 164.00
e₂ (mm/mm) = 0.00071

Ec = 230743 (kg/cm²)

Ec prom = 234776 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.63
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.39	0.00004
22.78	0.00008
34.16	0.00012
45.55	0.00018
56.94	0.00022
68.33	0.00027
79.71	0.00032
91.10	0.00037
102.49	0.00042
113.88	0.00047
125.26	0.00053
136.65	0.00058
148.04	0.00064
159.43	0.00069
170.81	0.00074
182.20	0.00080
193.59	0.00085
204.98	0.00090
216.36	0.00097
227.75	0.00103
239.14	0.00110
250.53	0.00116

S₁ (kg/cm²) = 14.23
S₂ (kg/cm²) = 164.00
e₂ (mm/mm) = 0.00071

Ec = 226430 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-BASALTO

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.5

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	11	3	7.0	3	9	6.0	1	14	7.5
4	19	9	14.0	10	11	10.5	2	26	14.0
6	26	16	21.0	19	20	19.5	6	35	20.5
8	34	24	29.0	29	27	28.0	11	47	29.0
10	42	31	36.5	38	32	35.0	13	58	35.5
12	50	39	44.5	54	38	46.0	16	68	42.0
14	58	48	53.0	60	44	52.0	19	79	49.0
16	67	57	62.0	70	50	60.0	21	94	57.5
18	76	65	70.5	81	56	68.5	25	108	66.5
20	84	74	79.0	90	63	76.5	32	115	73.5
22	94	82	88.0	100	70	85.0	41	120	80.5
24	104	91	97.5	101	78	89.5	50	127	88.5
26	113	100	106.5	119	86	102.5	58	137	97.5
28	121	110	115.5	131	95	113.0	66	149	107.5
30	132	118	125.0	141	103	122.0	74	158	116.0
32	141	126	133.5	154	112	133.0	82	169	125.5
34	152	138	145.0	164	120	142.0	91	181	136.0
36	162	142	152.0	173	129	151.0	99	193	146.0
38	173	159	166.0	184	138	161.0	108	204	156.0
40	182	169	175.5	194	148	171.0	116	217	166.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	370 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	148.00 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	222.00 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 175.96
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	$\epsilon 0$ (mm/mm)
0.00	0.00000
11.37	0.00005
22.73	0.00009
34.10	0.00014
45.46	0.00019
56.83	0.00024
68.20	0.00030
79.56	0.00035
90.93	0.00041
102.30	0.00047
113.66	0.00053
125.03	0.00059
136.39	0.00065
147.76	0.00071
159.13	0.00077
170.49	0.00083
181.86	0.00089
193.23	0.00097
204.59	0.00101
215.96	0.00111
227.32	0.00117

S₁ (kg/cm²) = 12.18
S₂ (kg/cm²) = 148.00
e₂ (mm/mm) = 0.00071

Ec = 205398 (kg/cm²)

A (cm²)= 176.75
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	$\epsilon 0$ (mm/mm)
0.00	0.00000
11.32	0.00004
22.63	0.00007
33.95	0.00013
45.26	0.00019
56.58	0.00023
67.89	0.00031
79.21	0.00035
90.52	0.00040
101.84	0.00046
113.15	0.00051
124.47	0.00057
135.79	0.00060
147.10	0.00068
158.42	0.00075
169.73	0.00081
181.05	0.00089
192.36	0.00095
203.68	0.00101
214.99	0.00107
226.31	0.00114

S₁ (kg/cm²) = 14.14
S₂ (kg/cm²) = 148.00
e₂ (mm/mm) = 0.00069

Ec = 209510 (kg/cm²)

Ec prom = 214430 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.24
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	$\epsilon 0$ (mm/mm)
0.00	0.00000
11.41	0.00005
22.83	0.00009
34.24	0.00014
45.65	0.00019
57.06	0.00024
68.48	0.00028
79.89	0.00033
91.30	0.00038
102.72	0.00044
114.13	0.00049
125.54	0.00054
136.96	0.00059
148.37	0.00065
159.78	0.00072
171.19	0.00077
182.61	0.00084
194.02	0.00091
205.43	0.00097
216.85	0.00104
228.26	0.00111

S₁ (kg/cm²) = 11.41
S₂ (kg/cm²) = 148.00
e₂ (mm/mm) = 0.00065

Ec = 228381 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-BASALTO

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.6

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	81	82	prom	81	82	prom	81	82	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	11	1	6.0	12	0	6.0	2	5	3.5
4	21	7	14.0	26	3	14.5	8	11	9.5
6	32	13	22.5	38	6	22.0	16	18	17.0
8	41	19	30.0	54	11	32.5	24	26	25.0
10	50	26	38.0	65	17	41.0	32	34	33.0
12	60	34	47.0	78	24	51.0	40	42	41.0
14	69	42	55.5	91	31	61.0	57	50	53.5
16	79	51	65.0	104	38	71.0	60	58	59.0
18	89	60	74.5	118	48	83.0	64	66	65.0
20	98	69	83.5	132	55	93.5	74	76	75.0
22	108	79	93.5	148	66	107.0	80	87	83.5
24	117	90	103.5	164	70	117.0	88	97	92.5
26	127	100	113.5	178	82	130.0	97	109	103.0
28	138	111	124.5	193	91	142.0	104	120	112.0
30	149	123	136.0	208	102	155.0	112	131	121.5
32	159	134	146.5	224	115	169.5	120	145	132.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	297 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	118.80 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	178.20 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 175.55
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.39	0.00004
22.79	0.00009
34.18	0.00015
45.57	0.00020
56.96	0.00025
68.36	0.00031
79.75	0.00037
91.14	0.00043
102.53	0.00050
113.93	0.00056
125.32	0.00062
136.71	0.00069
148.11	0.00076
159.50	0.00083
170.89	0.00091
182.28	0.00098

A (cm²)= 175.14
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.42	0.00004
22.84	0.00010
34.26	0.00015
45.68	0.00022
57.10	0.00027
68.52	0.00034
79.94	0.00041
91.36	0.00047
102.77	0.00055
114.19	0.00062
125.61	0.00071
137.03	0.00078
148.45	0.00087
159.87	0.00095
171.29	0.00103
182.71	0.00113

A (cm²)= 174.72
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.45	0.00002
22.89	0.00006
34.34	0.00011
45.79	0.00017
57.23	0.00022
68.68	0.00027
80.13	0.00036
91.58	0.00039
103.02	0.00043
114.47	0.00050
125.92	0.00056
137.36	0.00062
148.81	0.00069
160.26	0.00075
171.70	0.00081
183.15	0.00088

S₁ (kg/cm²) = 14.24
S₂ (kg/cm²) = 118.80
e₂ (mm/mm) = 0.00059

S₁ (kg/cm²) = 14.27
S₂ (kg/cm²) = 118.80
e₂ (mm/mm) = 0.00066

S₁ (kg/cm²) = 24.53
S₂ (kg/cm²) = 118.80
e₂ (mm/mm) = 0.00052

Ec = 195372 (kg/cm²)

Ec = 171457 (kg/cm²)

Ec = 199963 (kg/cm²)

Ec prom = 188931 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-CALIZA

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.4

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	12	-1	5.5	17	-4	6.5	9	3	6.0
4	25	0	12.5	35	-5	15.0	17	11	14.0
6	37	3	20.0	50	-5	22.5	25	20	22.5
8	49	6	27.5	67	-5	31.0	34	27	30.5
10	61	11	36.0	80	-4	38.0	44	36	40.0
12	76	15	45.5	96	-3	46.5	53	43	48.0
14	88	19	53.5	109	1	55.0	63	52	57.5
16	102	23	62.5	125	5	65.0	74	61	67.5
18	105	28	66.5	139	9	74.0	85	69	77.0
20	128	34	81.0	155	13	84.0	97	78	87.5
22	144	39	91.5	170	18	94.0	106	87	96.5
24	157	44	100.5	185	23	104.0	119	95	107.0
26	171	51	111.0	201	30	115.5	132	105	118.5
28	185	57	121.0	216	36	126.0	145	114	129.5
30	201	64	132.5	23	43	33.0	159	124	141.5
32	218	72	145.0	249	51	150.0	174	133	153.5
34	234	79	156.5	260	59	159.5	189	144	166.5
36	251	87	169.0	282	67	174.5	205	154	179.5
38	268	96	182.0	300	77	188.5	222	165	193.5
40	277	100	188.5	319	87	203.0	238	177	207.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	378 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	151.20 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	226.80 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 177.89
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
11.24	0.00004
22.49	0.00008
33.73	0.00013
44.97	0.00018
56.21	0.00024
67.46	0.00030
78.70	0.00036
89.94	0.00042
101.19	0.00044
112.43	0.00054
123.67	0.00061
134.91	0.00067
146.16	0.00074
157.40	0.00081
168.64	0.00088
179.89	0.00097
191.13	0.00104
202.37	0.00113
213.62	0.00121
224.86	0.00126

S₁ (kg/cm²) = 15.33
S₂ (kg/cm²) = 151.20
e₂ (mm/mm) = 0.00077

Ec = 188733 (kg/cm²)

A (cm²)= 186.51
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
10.72	0.00004
21.45	0.00010
32.17	0.00015
42.89	0.00021
53.62	0.00025
64.34	0.00031
75.06	0.00037
85.79	0.00043
96.51	0.00049
107.23	0.00056
117.96	0.00063
128.68	0.00069
139.40	0.00077
150.13	0.00084
160.85	0.00092
171.57	0.00100
182.30	0.00106
193.02	0.00116
203.74	0.00126
214.47	0.00135

S₁ (kg/cm²) = 12.37
S₂ (kg/cm²) = 151.20
e₂ (mm/mm) = 0.00085

Ec = 174185 (kg/cm²)

Ec prom = 176941 (kg/cm²)

A (cm²)= 186.51
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵO (mm/mm)
0.00	0.00000
10.72	0.00004
21.45	0.00009
32.17	0.00015
42.89	0.00020
53.62	0.00027
64.34	0.00032
75.06	0.00038
85.79	0.00045
96.51	0.00051
107.23	0.00058
117.96	0.00064
128.68	0.00071
139.40	0.00079
150.13	0.00086
160.85	0.00094
171.57	0.00102
182.30	0.00111
193.02	0.00120
203.74	0.00129
214.47	0.00138

S₁ (kg/cm²) = 13.40
S₂ (kg/cm²) = 151.20
e₂ (mm/mm) = 0.00087

Ec = 167905 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-CALIZA

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.5

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	0	21	10.5	14	1	7.5	0	15	7.5
4	0	37	18.5	28	6	17.0	4	28	16.0
6	2	53	27.5	40	14	27.0	9	40	24.5
8	7	66	36.5	52	22	37.0	15	53	34.0
10	11	78	44.5	65	29	47.0	23	67	45.0
12	12	92	52.0	78	38	58.0	28	79	53.5
14	22	106	64.0	93	46	69.5	38	96	67.0
16	28	119	73.5	108	55	81.5	46	110	78.0
18	35	134	84.5	122	65	93.5	55	126	90.5
20	41	148	94.5	137	77	107.0	64	142	103.0
22	49	163	106.0	152	90	121.0	77	167	122.0
24	58	179	118.5	166	105	135.5	86	172	129.0
26	68	197	132.5	183	120	151.5	98	205	151.5
28	79	217	148.0	200	136	168.0	112	216	164.0
30	92	235	163.5	218	154	186.0	126	238	182.0
32	106	257	181.5	235	164	199.5	140	261	200.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	286 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	114.40 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	171.60 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 173.43
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.53	0.00007
23.06	0.00012
34.60	0.00018
46.13	0.00024
57.66	0.00030
69.19	0.00035
80.72	0.00043
92.26	0.00049
103.79	0.00056
115.32	0.00063
126.85	0.00071
138.38	0.00079
149.92	0.00088
161.45	0.00099
172.98	0.00109
184.51	0.00121

S₁ (kg/cm²) = 8.24
S₂ (kg/cm²) = 114.40
e₂ (mm/mm) = 0.00062

Ec = 184991 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.77
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.38	0.00005
22.76	0.00011
34.14	0.00018
45.51	0.00025
56.89	0.00031
68.27	0.00039
79.65	0.00046
91.03	0.00054
102.41	0.00062
113.79	0.00071
125.16	0.00081
136.54	0.00090
147.92	0.00101
159.30	0.00112
170.68	0.00124
182.06	0.00133

S₁ (kg/cm²) = 11.38
S₂ (kg/cm²) = 114.40
e₂ (mm/mm) = 0.00072

Ec = 154137 (kg/cm²)

Ec prom = 166407 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.77
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.38	0.00005
22.76	0.00011
34.14	0.00016
45.51	0.00023
56.89	0.00030
68.27	0.00036
79.65	0.00045
91.03	0.00052
102.41	0.00060
113.79	0.00069
125.16	0.00081
136.54	0.00086
147.92	0.00101
159.30	0.00109
170.68	0.00121
182.06	0.00134

S₁ (kg/cm²) = 11.38
S₂ (kg/cm²) = 114.40
e₂ (mm/mm) = 0.00069

Ec = 160093 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-CALIZA

CPC RELACION AGUA-CEMENTO 0.6

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	1	22	11.5	-4	20	8.0	3	20	11.5
4	2	44	23.0	-4	38	17.0	3	38	20.5
6	6	58	32.0	1	55	28.0	7	53	30.0
8	9	76	42.5	7	68	37.5	12	69	40.5
10	14	95	54.5	13	86	49.5	17	83	50.0
12	21	115	68.0	21	104	62.5	22	101	61.5
14	28	135	81.5	29	123	76.0	29	120	74.5
16	39	154	96.5	38	142	90.0	37	139	88.0
18	41	175	108.0	48	161	104.5	46	159	102.5
20	51	198	124.5	61	181	121.0	56	179	117.5
22	67	223	145.0	75	204	139.5	69	200	134.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	192 (kg/cm ²)	0.4σ Max =	76.80 (kg/cm ²)	0.6σ Max =	115.20 (kg/cm ²)
---------	---------------------------	------------	-----------------------------	------------	------------------------------

A (cm²)= 176.95
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ε0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.30	0.00008
22.61	0.00015
33.91	0.00021
45.21	0.00028
56.51	0.00036
67.82	0.00045
79.12	0.00054
90.42	0.00064
101.72	0.00072
113.03	0.00083
124.33	0.00097

S₁ (kg/cm²) = 7.37
S₂ (kg/cm²) = 76.80
e2 (mm/mm) = 0.00052

Ec = 146205 (kg/cm²)

A (cm²)= 174.83
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ε0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.44	0.00005
22.88	0.00011
34.32	0.00019
45.76	0.00025
57.20	0.00033
68.64	0.00042
80.08	0.00051
91.52	0.00060
102.96	0.00070
114.40	0.00081
125.84	0.00093

S₁ (kg/cm²) = 10.72
S₂ (kg/cm²) = 76.80
e2 (mm/mm) = 0.00048

Ec = 153350 (kg/cm²)

Ec prom = 154272 (kg/cm²)

A (cm²)= 175.77
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ε0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.38	0.00008
22.76	0.00014
34.14	0.00020
45.51	0.00027
56.89	0.00033
68.27	0.00041
79.65	0.00050
91.03	0.00059
102.41	0.00068
113.79	0.00078
125.16	0.00090

S₁ (kg/cm²) = 7.42
S₂ (kg/cm²) = 76.80
e2 (mm/mm) = 0.00047

Ec = 163260 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-CALIZA

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.4

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0			
2	11	9	10.0	8	8	8.0			
4	23	12	17.5	15	15	15.0			
6	33	24	28.5	21	25	23.0			
8	42	36	39.0	27	36	31.5			
10	51	36	43.5	32	36	34.0			
12	61	36	48.5	38	36	37.0			
14	70	36	53.0	45	36	40.5			
16	80	36	58.0	51	36	43.5			
18	91	36	63.5	59	36	47.5			
20	102	36	69.0	69	36	52.5			
22	115	36	75.5	80	36	58.0			
24	128	36	82.0	92	36	64.0			
26	144	36	90.0	105	36	70.5			

NO SE ENSAYÓ

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	364 (kg/cm ²)	0.4σ Max =	145.60 (kg/cm ²)	0.6σ Max =	218.40 (kg/cm ²)
---------	---------------------------	------------	------------------------------	------------	------------------------------

A (cm²)= 174.6
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ε0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.45	0.00007
22.91	0.00012
34.36	0.00019
45.82	0.00026
57.27	0.00029
68.73	0.00032
80.18	0.00035
91.64	0.00039
103.09	0.00042
114.55	0.00046
126.00	0.00050
137.46	0.00055
148.91	0.00060

S₁ (kg/cm²) = 8.59
S₂ (kg/cm²) = 145.60
e₂ (mm/mm) = 0.00058

Ec = 256293 (kg/cm²)

A (cm²)= 174.09
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ε0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.49	0.00005
22.98	0.00010
34.46	0.00015
45.95	0.00021
57.44	0.00023
68.93	0.00025
80.42	0.00027
91.91	0.00029
103.39	0.00032
114.88	0.00035
126.37	0.00039
137.86	0.00043
149.35	0.00047

S₁ (kg/cm²) = 10.77
S₂ (kg/cm²) = 145.60
e₂ (mm/mm) = 0.00046

Ec = 332205 (kg/cm²)

Ec prom = 294249 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-CALIZA

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.5

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	10	8	9.0	1	16	8.5	16	11	13.5
4	15	21	18.0	9	31	20.0	26	22	24.0
6	19	38	28.5	17	46	31.5	35	36	35.5
8	24	53	38.5	24	63	43.5	44	50	47.0
10	27	71	49.0	33	81	57.0	53	76	64.5
12	31	93	62.0	42	103	72.5	64	83	73.5
14	34	113	73.5	51	126	88.5	77	100	88.5
16	37	136	86.5	62	147	104.5	91	119	105.0
18	40	163	101.5	75	176	125.5	105	138	121.5
20	43	191	117.0	90	207	148.5	123	161	142.0
22	47	221	134.0	111	244	177.5	144	189	166.5
24	53	257	155.0	134	284	209.0	169	216	192.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	268 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	107.20 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	160.80 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 173.85
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.50	0.00006
23.01	0.00012
34.51	0.00019
46.02	0.00026
57.52	0.00033
69.03	0.00041
80.53	0.00049
92.03	0.00058
103.54	0.00068
115.04	0.00078
126.55	0.00089
138.05	0.00103

S₁ (kg/cm²) = 9.59
S₂ (kg/cm²) = 107.20
e2 (mm/mm) = 0.00071

Ec = 147997 (kg/cm²)

A (cm²)= 177.19
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.29	0.00006
22.57	0.00013
33.86	0.00021
45.15	0.00029
56.44	0.00038
67.72	0.00048
79.01	0.00059
90.30	0.00070
101.59	0.00084
112.87	0.00099
124.16	0.00118
135.45	0.00139

S₁ (kg/cm²) = 9.96
S₂ (kg/cm²) = 107.20
e2 (mm/mm) = 0.00091

Ec = 112686 (kg/cm²)

Ec prom = 129110 (kg/cm²)

A (cm²)= 172.78
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.58	0.00009
23.15	0.00016
34.73	0.00024
46.30	0.00031
57.88	0.00043
69.45	0.00049
81.03	0.00059
92.60	0.00070
104.18	0.00081
115.75	0.00095
127.33	0.00111
138.90	0.00128

S₁ (kg/cm²) = 6.43
S₂ (kg/cm²) = 107.20
e2 (mm/mm) = 0.00085

Ec = 126647 (kg/cm²)



PRUEBAS DE CARGA VS. DEFORMACION PARA MODULO DE ELASTICIDAD-CALIZA

CPO RELACION AGUA-CEMENTO 0.6

Carga(ton)	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3		
	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom	δ1	δ2	prom
0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
2	-5	32	13.5	6	28	17.0	5	28	16.5
4	-10	64	27.0	9	49	29.0	15	50	32.5
6	-14	96	41.0	13	71	42.0	24	75	49.5
8	-16	132	58.0	16	97	56.5	35	92	63.5
10	-16	168	76.0	20	124	72.0	49	121	85.0
12	-16	212	98.0	24	160	92.0	69	146	107.5
14	-16	259	121.5	25	203	114.0	91	155	123.0
16	-16	316	150.0	26	256	141.0	116	183	149.5

CALCULO DE ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA

σ Max =	197 (kg/cm ²)	0.4 σ Max =	78.80 (kg/cm ²)	0.6 σ Max =	118.20 (kg/cm ²)
----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------	------------------------------

A (cm²)= 175.09
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.42	0.00009
22.85	0.00018
34.27	0.00027
45.69	0.00039
57.11	0.00051
68.54	0.00065
79.96	0.00081
91.38	0.00100

S₁ (kg/cm²) = 6.35
S₂ (kg/cm²) = 78.80
e₂ (mm/mm) = 0.00079

Ec = 97371 (kg/cm²)

A (cm²)= 174.83
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.44	0.00011
22.88	0.00019
34.32	0.00028
45.76	0.00038
57.20	0.00048
68.64	0.00061
80.08	0.00076
91.52	0.00094

S₁ (kg/cm²) = 5.05
S₂ (kg/cm²) = 78.80
e₂ (mm/mm) = 0.00074

Ec = 106331 (kg/cm²)

Ec prom = 99799 (kg/cm²)

A (cm²)= 177.66
L(cm)= 15.0

σ (kg/cm)	ϵ_0 (mm/mm)
0.00	0.00000
11.26	0.00011
22.51	0.00022
33.77	0.00033
45.03	0.00042
56.29	0.00057
67.54	0.00072
78.80	0.00082
90.06	0.00100

S₁ (kg/cm²) = 5.12
S₂ (kg/cm²) = 78.80
e₂ (mm/mm) = 0.00082

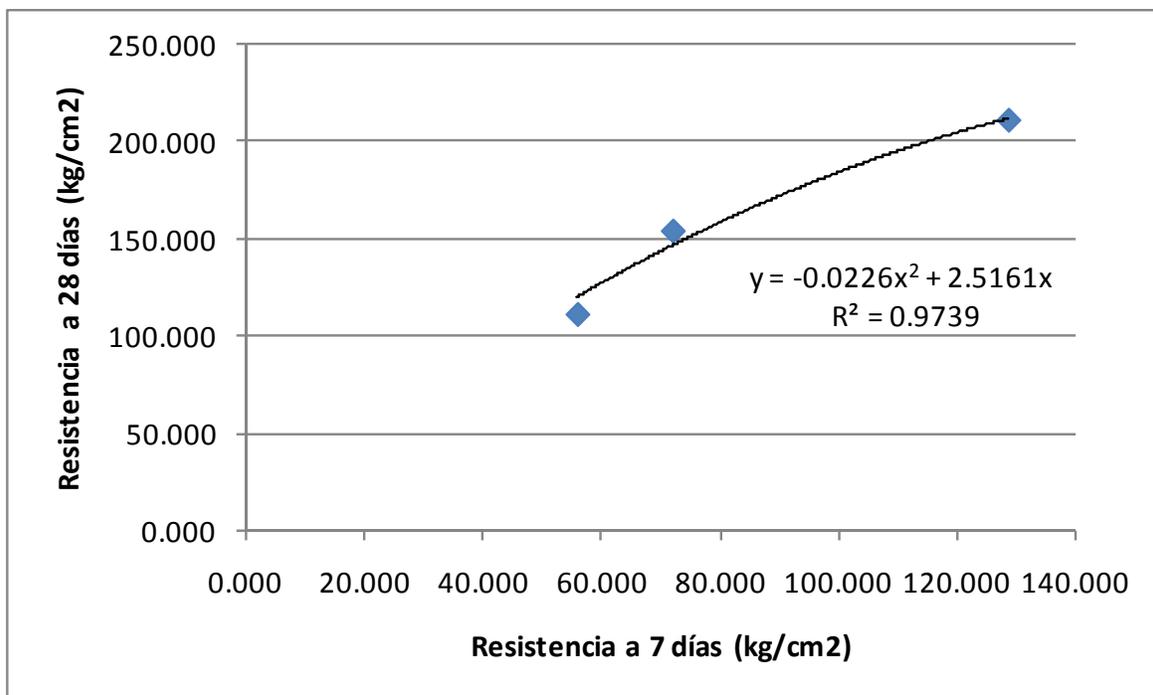
Ec = 95695 (kg/cm²)



Predicción de la Resistencia

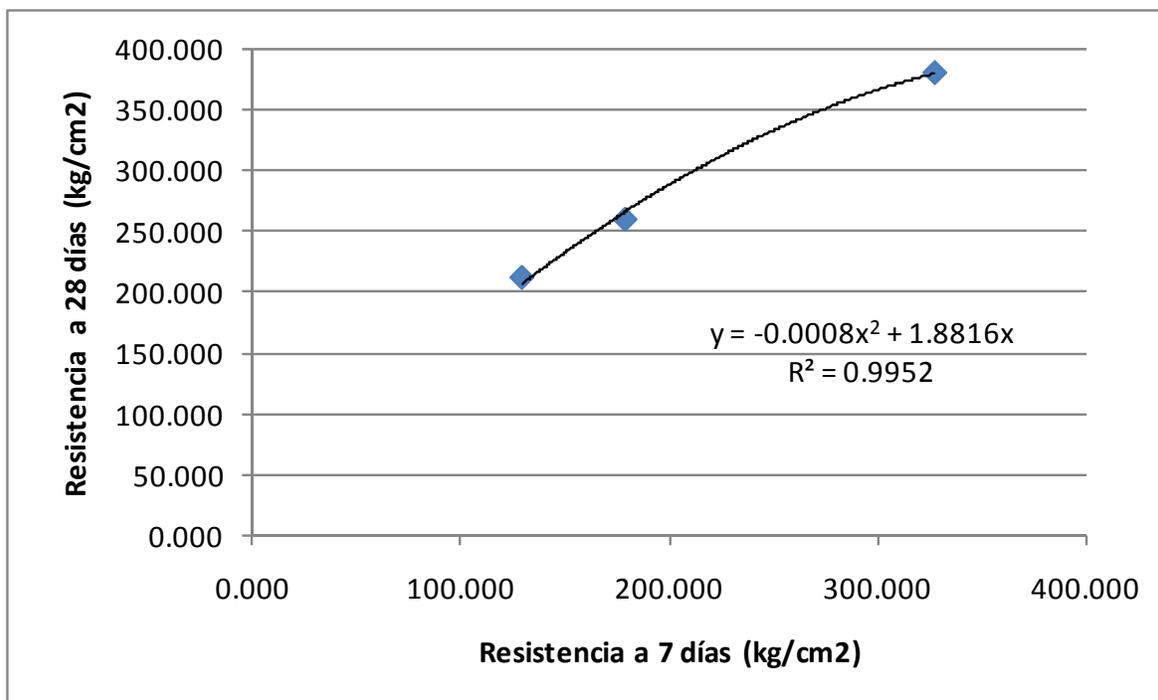
PREDICCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (ANDESITA)

Tipo de Cermento	A/C	Resistencia Promedio a 7 días (kg/cm ²)	Resistencia Promedio a 28 días (kg/cm ²)
CPC	0.4	129	211
	0.5	72	154
	0.6	56	112



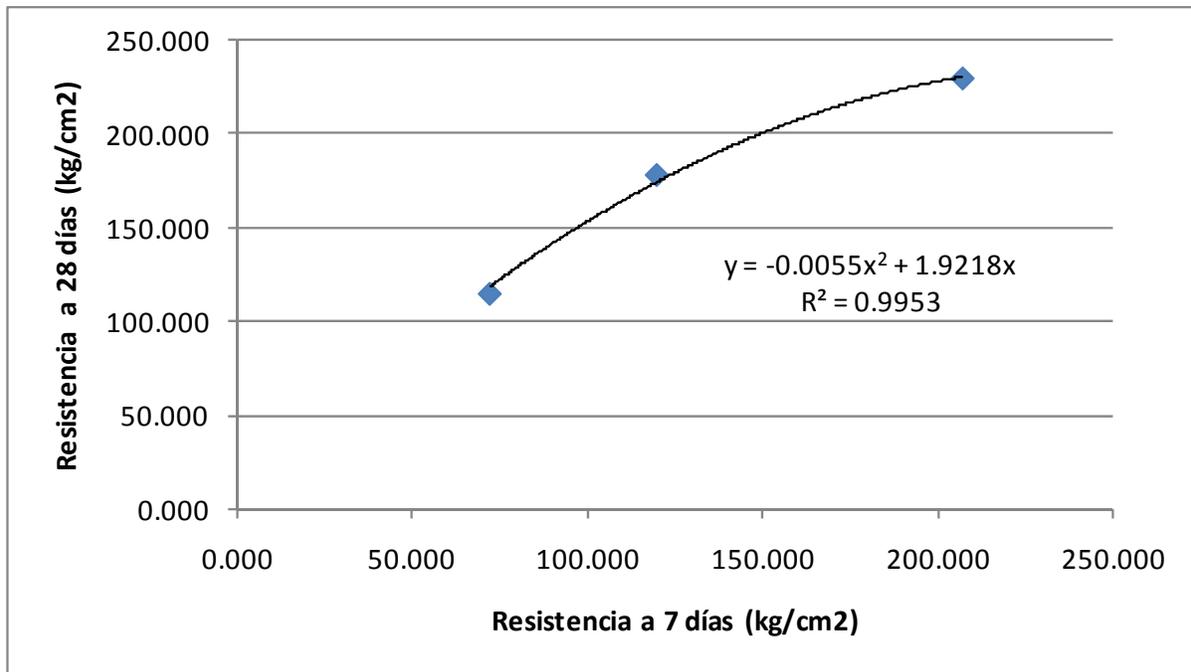


Tipo de Cermento	A/C	Resistencia Promedio a 7 días (kg/cm ²)	Resistencia Promedio a 28 días (kg/cm ²)
CPO	0.4	327	380
	0.5	179	260
	0.6	129	213





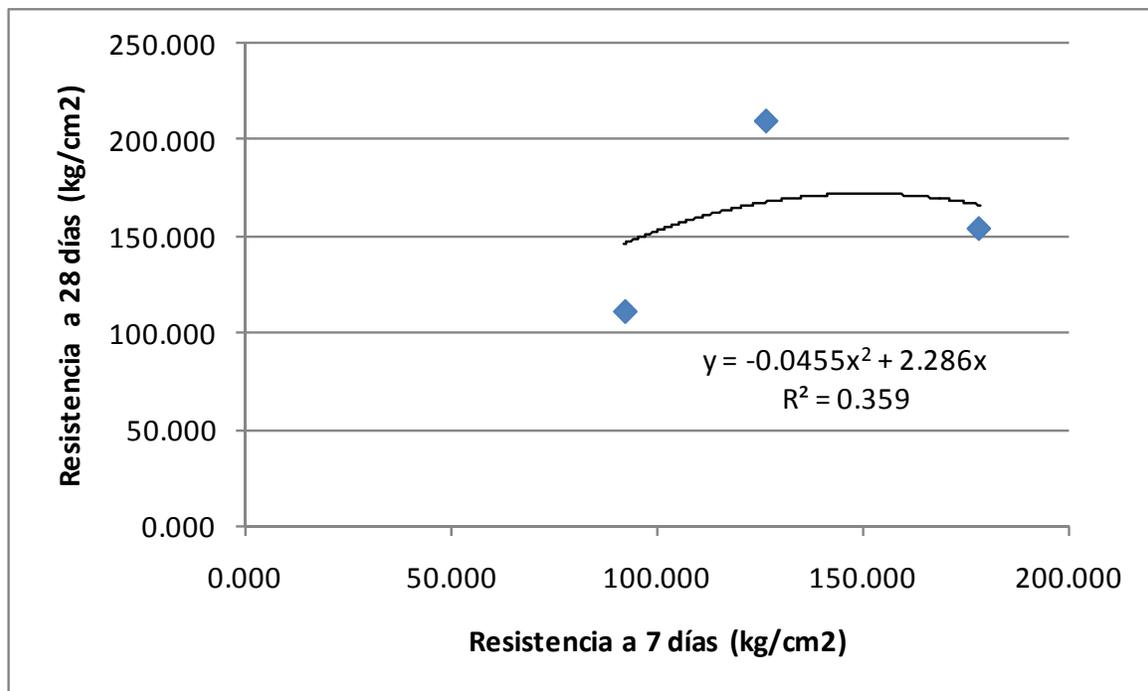
Tipo de Cermento	A/C	Resistencia Promedio a 7 días (kg/cm ²)	Resistencia Promedio a 28 días (kg/cm ²)
CPP	0.4	207	230
	0.5	120	178
	0.6	72	115





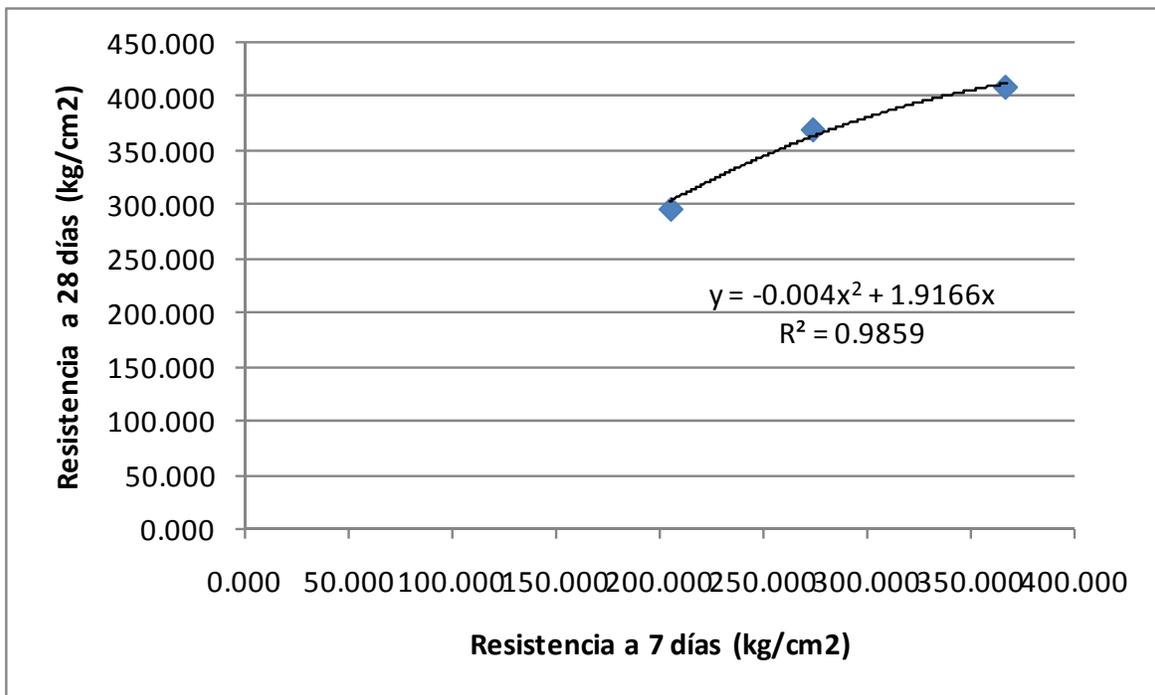
PREDICCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESION (BASALTO)

Tipo de Cermento	A/C	Resistencia Promedio a 7 días (kg/cm ²)	Resistencia Promedio a 28 días (kg/cm ²)
CPC	0.4	126	209
	0.5	178	154
	0.6	92	112





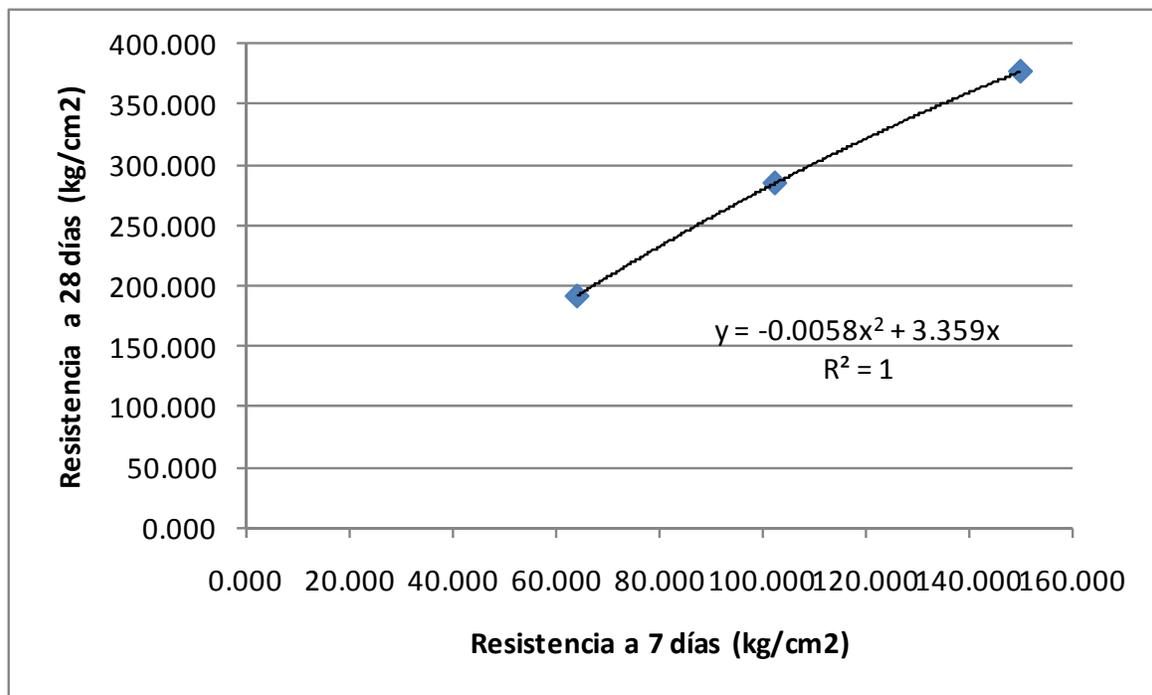
Tipo de Cermento	A/C	Resistencia Promedio a 7 días (kg/cm ²)	Resistencia Promedio a 28 días (kg/cm ²)
CPO	0.4	367	410
	0.5	274	370
	0.6	205	297





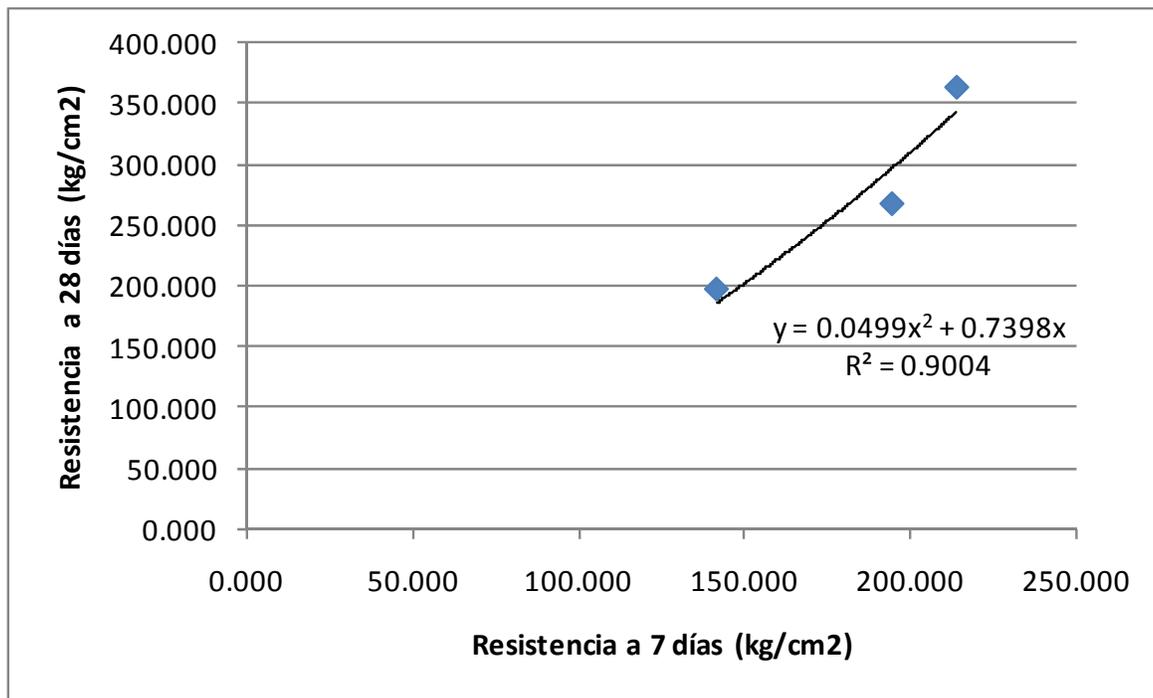
PREDICCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESION (CALIZA)

Tipo de Cermento	A/C	Resistencia Promedio a 7 días (kg/cm ²)	Resistencia Promedio a 28 días (kg/cm ²)
CPC	0.4	150	378
	0.5	102	286
	0.6	64	192





Tipo de Cermento	A/C	Resistencia Promedio a 7 días (kg/cm ²)	Resistencia Promedio a 28 días (kg/cm ²)
CPO	0.4	214	364
	0.5	194	268
	0.6	142	197





Módulos de Elasticidad



CALCULO Y COMPARACION ENTRE MODULOS DE ELASTICIDAD (ANDESITA)

Clave del cilindro	Peso Volumetrico (kg/m ³)	Peso Volumetrico Promedio (kg/m ³)	f ^c Promedio kg/cm ²	Ec ACI 318 (kg/cm ²)	Ec NTC (kg/cm ²)	Ec Real (kg/cm ²)	Ec Real Promedio (kg/cm ²)
cilindro 1 (0.4) CPO	2050	2046	380	245920	155949	122933	123479
cilindro 2 (0.4) CPO	2044					FALLO	
cilindro 3 (0.4) CPO	2045					124024	
cilindro 1 (0.4) CPC	1975	1947	211	170040	116207	117206	115571
cilindro 2 (0.4) CPC	1909					112203	
cilindro 3 (0.4) CPC	1955					117303	
cilindro 1 (0.4) CPP	2033	2040	230	190431	121326	135843	130690
cilindro 2 (0.4) CPP	2042					118870	
cilindro 3 (0.4) CPP	2045					137356	
cilindro 1 (0.5) CPO	2040	2039	260	202410	128996	122573	116428
cilindro 2 (0.5) CPO	2044					115186	
cilindro 3 (0.5) CPO	2034					111525	
cilindro 1 (0.5) CPC	1976	1981	154	149185	99277	104500	110053
cilindro 2 (0.5) CPC	1982					109380	
cilindro 3 (0.5) CPC	1986					116279	
cilindro 1 (0.5) CPP	2009	1997	178	162243	106733	118247	116467
cilindro 2 (0.5) CPP	1993					124747	
cilindro 3 (0.5) CPP	1988					106406	
cilindro 1 (0.6) CPO	2006	2008	213	178966	116756	106039	108527
cilindro 2 (0.6) CPO	2005					114749	
cilindro 3 (0.6) CPO	2012					104793	
cilindro 1 (0.6) CPC	1970	1981	112	127212	84664	109412	107224
cilindro 2 (0.6) CPC	1963					105914	
cilindro 3 (0.6) CPC	2011					106346	
cilindro 1 (0.6) CPP	1933	1955	115	126367	85790	109571	102637
cilindro 2 (0.6) CPP	1992					109841	
cilindro 3 (0.6) CPP	1940					88499	

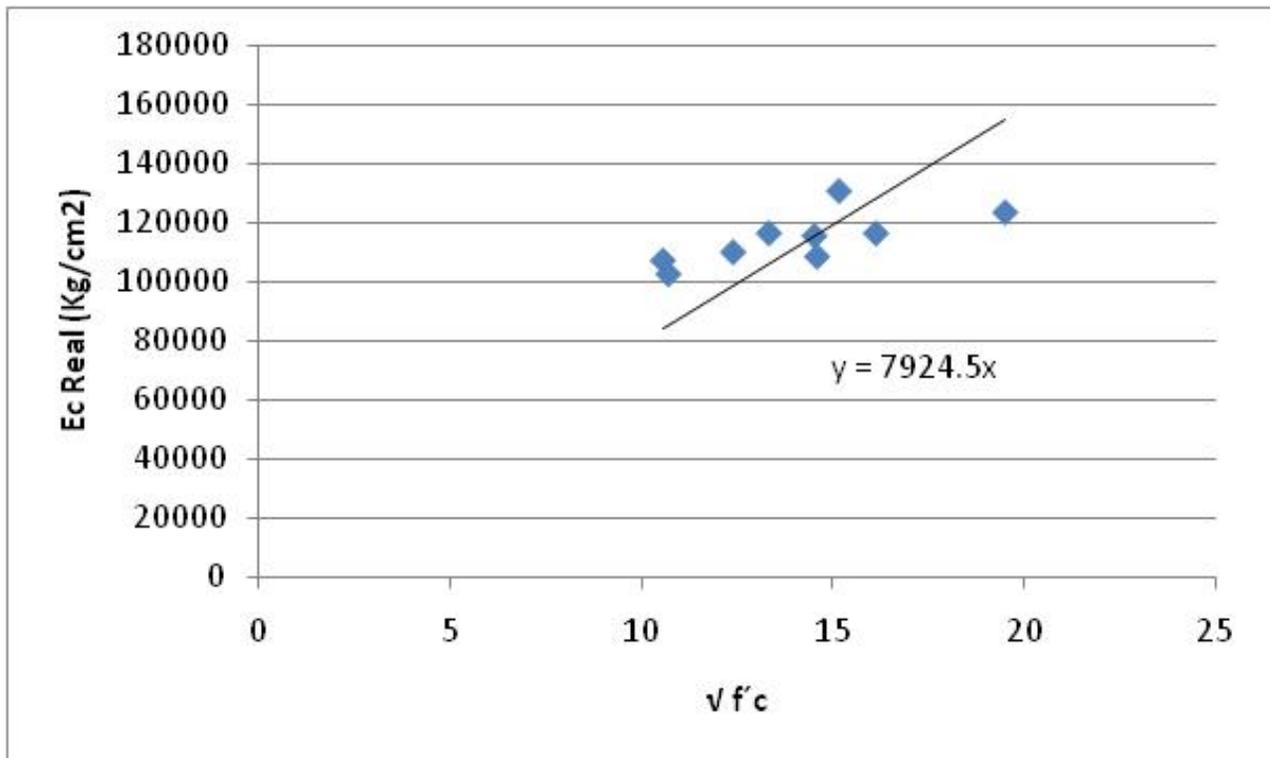


CALCULO DE LAS CONSTANTES K Y B PARA MODULOS DE ELASTICIDAD (ANDESITA)

Tipo de Cemento	Peso Volumetrico Promedio W (kg/m ³)	f'c Promedio (kg/cm ²)	W ^{1.5}	$\sqrt{f_c}$	W ^{1.5} $\sqrt{f_c}$	Ec Real Promedio (kg/cm ²)	K NTC	B ACI
CPO	2046	380	92546	19	1804057	123479	6334	0.06845
	2039	260	92072	16	1484610	116428	7221	0.00486
	2008	213	89980	15	1313214	108527	7436	0.00566
CPC	1947	211	85911	15	1247930	115571	7956	0.09261
	1981	154	88171	12	1094176	110053	8868	0.00811
	1981	112	88171	11	933116	107224	10132	0.01086
CPP	2040	230	92139	15	1397363	130690	8617	0.09353
	1997	178	89242	13	1190631	116467	8730	0.00733
	1955	115	86441	11	926977	102637	9571	0.01032

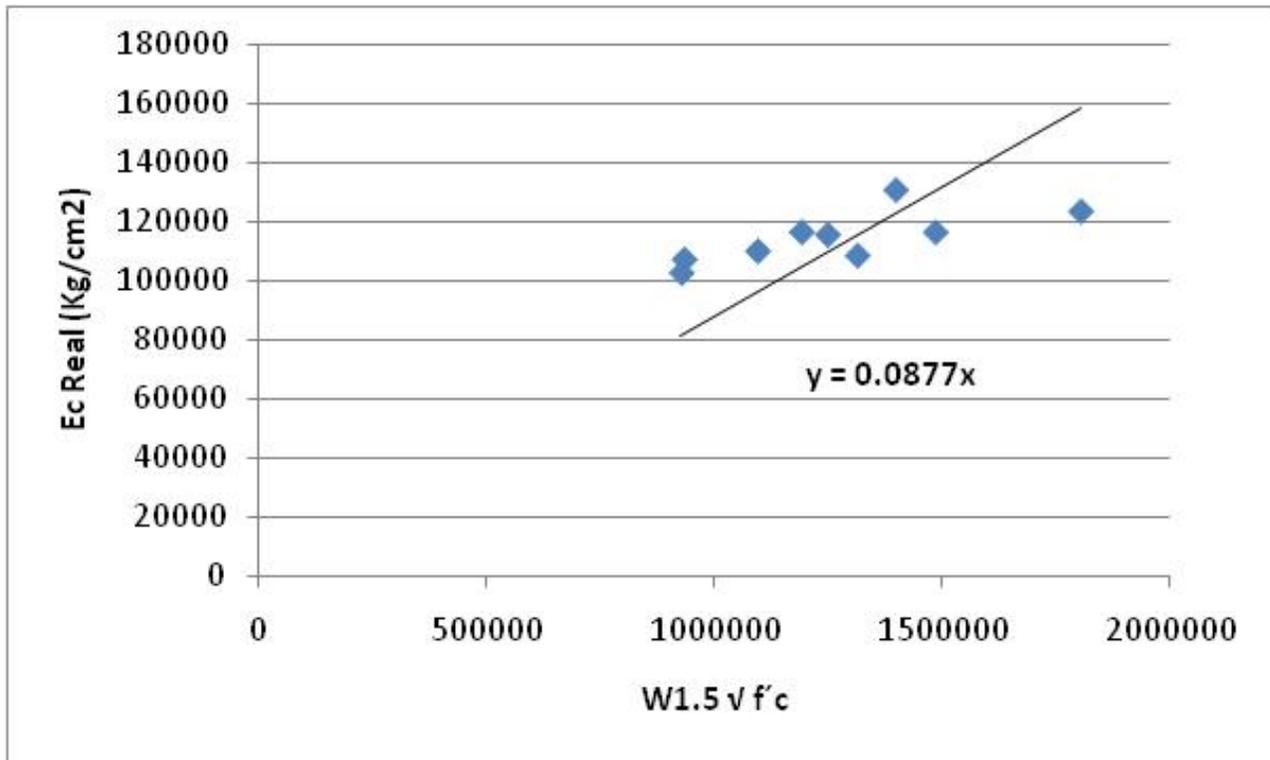


Calculo de la constante K de forma gráfica.





Calculo de la constante B de forma gráfica.





CALCULO Y COMPARACION ENTRE MODULOS DE ELASTICIDAD (BASALTO)

Clave del cilindro	Peso Volumetrico (kg/m ³)	Peso Volumetrico Promedio (kg/m ³)	f'c Promedio kg/cm ²	Ec ACI 318 (kg/cm ²)	Ec NTC (kg/cm ²)	Ec Real (kg/cm ²)	Ec Real Promedio (kg/cm ²)
cilindro 1 (0.4) CPO	2153	2154	410	275921	222733	247156	234776
cilindro 2 (0.4) CPO	2165					230743	
cilindro 3 (0.4) CPO	2145					226430	
cilindro 1 (0.4) CPC	2107	2112	209	191266	159025	115963	114770
cilindro 2 (0.4) CPC	2096					113525	
cilindro 3 (0.4) CPC	2133					114823	
cilindro 1 (0.5) CPO	2108	2104	370	252994	211589	205398	214430
cilindro 2 (0.5) CPO	2095					209510	
cilindro 3 (0.5) CPO	2109					228381	
cilindro 1 (0.5) CPC	2114	2074	154	159801	136506	115268	112605
cilindro 2 (0.5) CPC	2023					108355	
cilindro 3 (0.5) CPC	2086					114193	
cilindro 1 (0.6) CPO	1969	2055	297	218790	189571	195372	188931
cilindro 2 (0.6) CPO	2100					171457	
cilindro 3 (0.6) CPO	2095					199963	
cilindro 1 (0.6) CPC	2092	2074	112	136214	116413	108739	107050
cilindro 2 (0.6) CPC	2028					107515	
cilindro 3 (0.6) CPC	2101					104895	

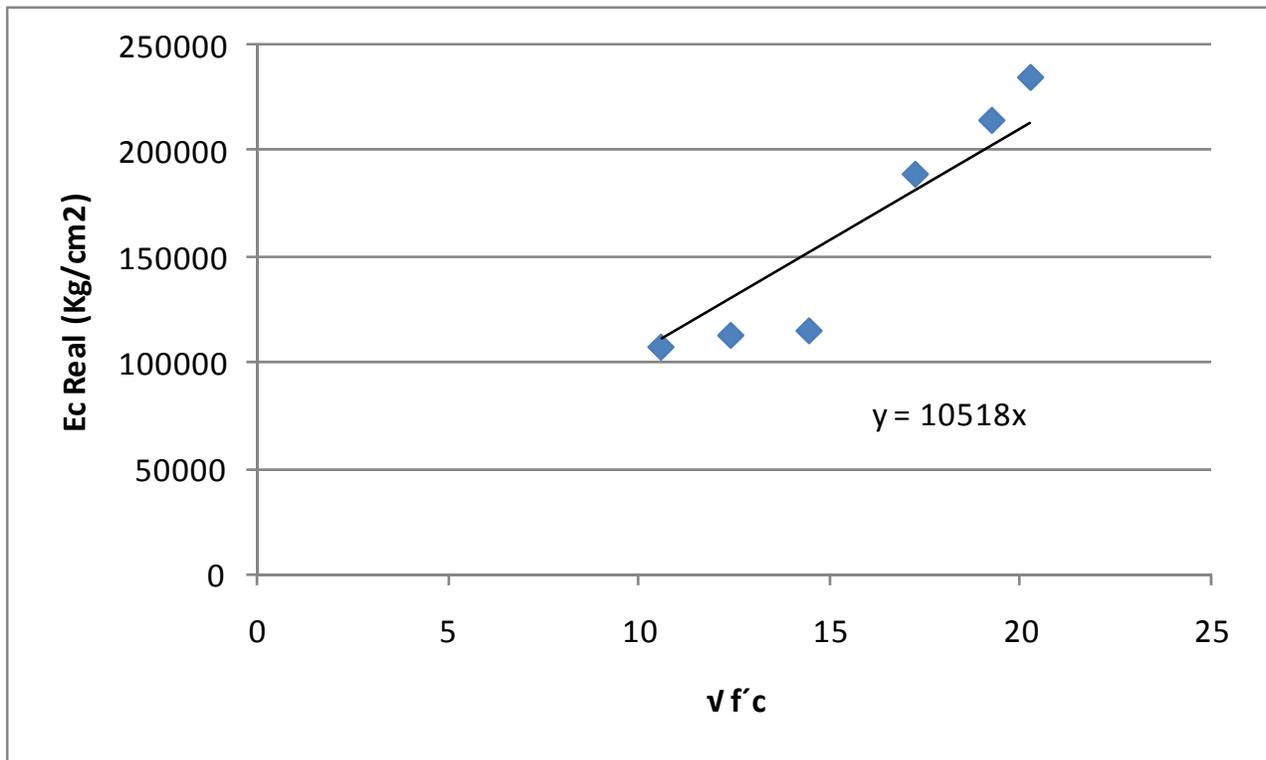
CALCULO DE LAS CONSTANTES K Y B PARA MODULOS DE ELASTICIDAD (BASALTO)

Tipo de Cemento	Peso Volumetrico Promedio W	f'c Promedio kg/cm ²	W ^{1.5}	$\sqrt{f'c}$	W ^{1.5} $\sqrt{f'c}$	Ec Real Promedio (kg/cm ²)	K NTC	B ACI
CPO	2154	410	99976	20	2024365	234776	11595	0.11598
	2104	370	96497	19	1856152	214430	11148	0.00601
	2055	297	93144	17	1605207	188931	10963	0.00683
CPC	2112	209	97066	14	1403274	114770	7939	0.08179
	2074	154	94476	12	1172421	112605	9074	0.00774
	2074	112	94431	11	999366	107050	10115	0.01012

Nota: no fue posible la fabricación de concreto con cemento tipo CPP ya que no pudo ser encontrado en el mercado durante el tiempo en que fueron realizados los experimentos.

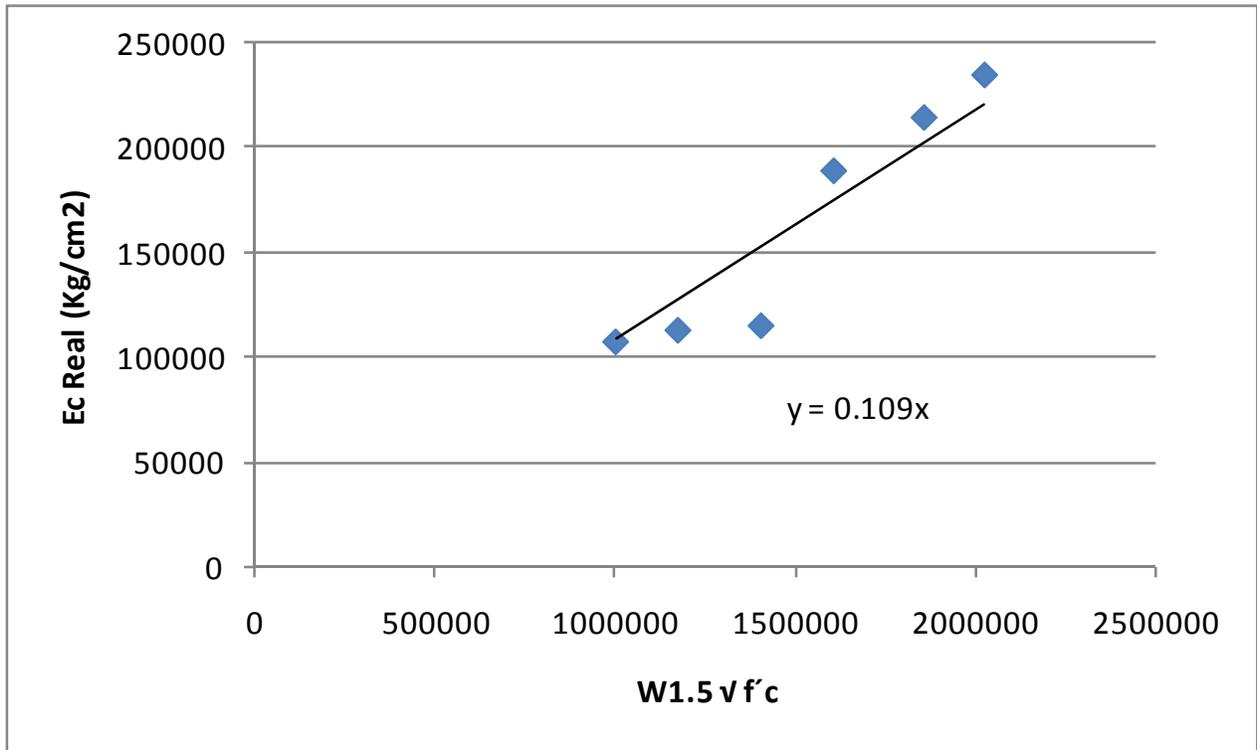


Calculo de la constante K de forma gráfica.





Calculo de la constante B de forma gráfica.





CALCULO Y COMPARACION ENTRE MODULOS DE ELASTICIDAD (CALIZA)

Clave del cilindro	Peso Volumetrico (kg/m ³)	Peso Volumetrico Promedio (kg/m ³)	f'c Promedio (kg/cm ²)	Ec ACI 318 (kg/cm ²)	Ec NTC (kg/cm ²)	Ec Real (kg/cm ²)	Ec Real Promedio (kg/cm ²)
cilindro 1 (0.4) CPO	2134	2134	364	256300	267103	256293	294249
cilindro 2 (0.4) CPO	2137					332205	
cilindro 3 (0.4) CPO	2130					FALLO	
cilindro 1 (0.4) CPC	2056	2054	378	246605	272191	188733	176941
cilindro 2 (0.4) CPC	2039					174185	
cilindro 3 (0.4) CPC	2066					167905	
cilindro 1 (0.5) CPO	2108	2091	268	213313	229190	147997	129110
cilindro 2 (0.5) CPO	2053					112686	
cilindro 3 (0.5) CPO	2112					126647	
cilindro 1 (0.5) CPC	2084	2063	286	216022	236761	184991	166407
cilindro 2 (0.5) CPC	2060					154137	
cilindro 3 (0.5) CPC	2046					160093	
cilindro 1 (0.6) CPO	2060	2048	197	177322	196499	97371	99799
cilindro 2 (0.6) CPO	2068					106331	
cilindro 3 (0.6) CPO	2016					95695	
cilindro 1 (0.6) CPC	1994	2009	192	170036	193990	146205	154272
cilindro 2 (0.6) CPC	2017					153350	
cilindro 3 (0.6) CPC	2016					163260	

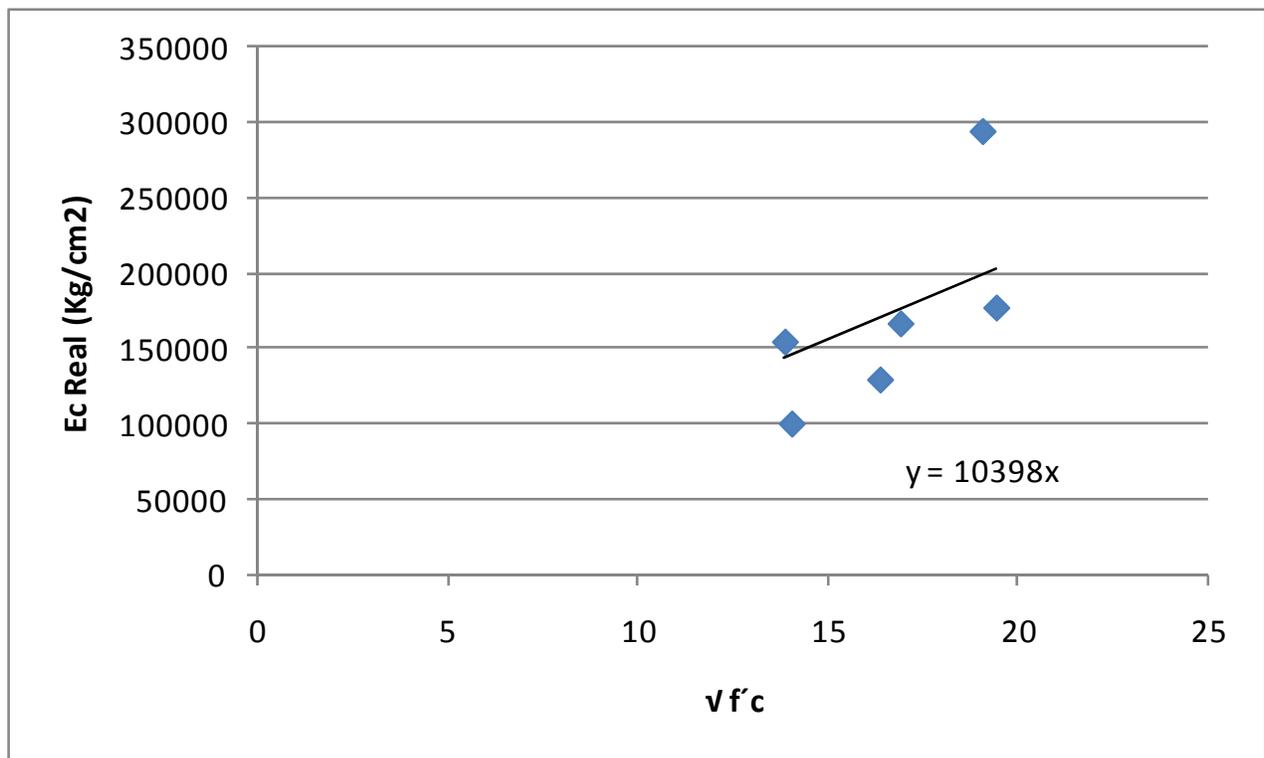
CALCULO DE LAS CONSTANTES K Y B PARA MODULOS DE ELASTICIDAD (CALIZA)

Tipo de Cemento	Peso Volumetrico Promedio W	f'c Promedio (kg/cm ²)	W ^{1.5}	$\sqrt{f'c}$	W ^{1.5} $\sqrt{f'c}$	Ec Real Promedio (kg/cm ²)	K NTC	B ACI
CPO	2134	364	98560	19	1880410	294249	15423	0.15648
	2091	268	95599	16	1565028	129110	7887	0.00504
	2048	197	92690	14	1300966	99799	7110	0.00547
CPC	2054	378	93059	19	1809282	176941	9101	0.09780
	2063	286	93717	17	1584901	166407	9840	0.00621
	2009	192	90032	14	1247515	154272	11134	0.00892

Nota: no fue posible la fabricación de concreto con cemento tipo CPP ya que no pudo ser encontrado en el mercado durante el tiempo en que fueron realizados los experimentos.

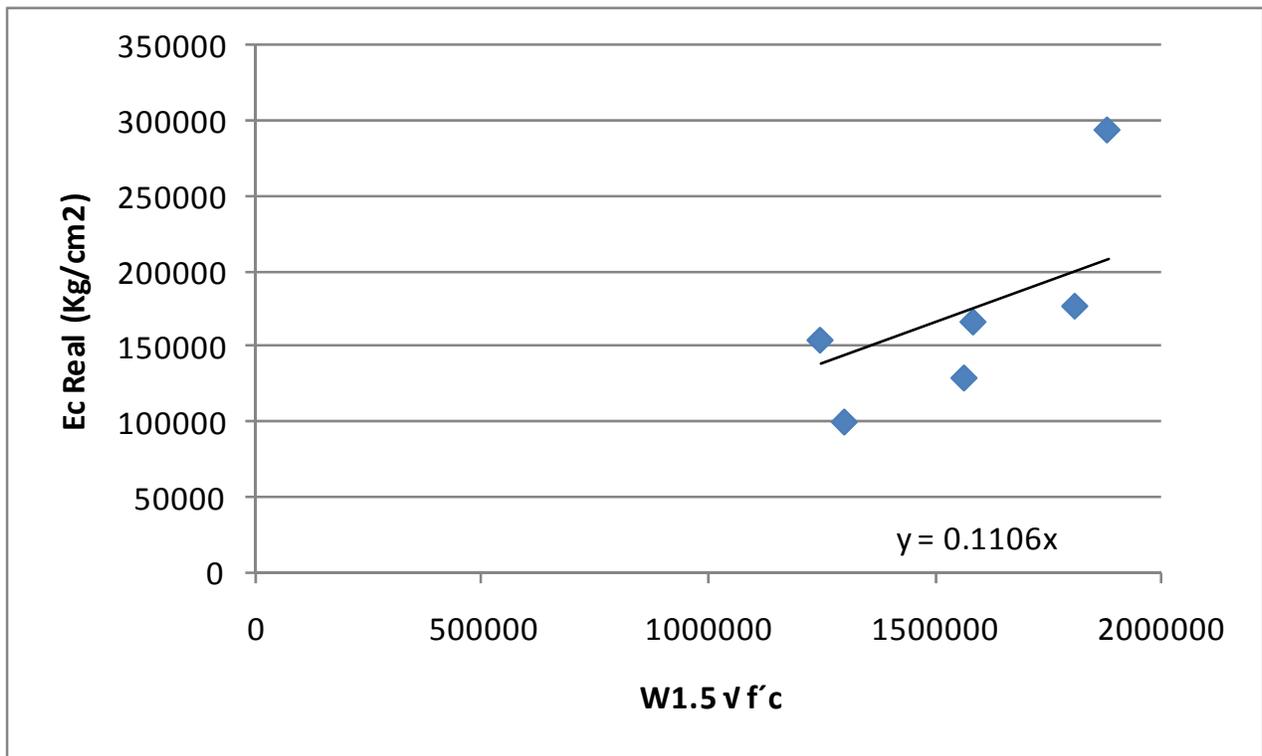


Calculo de la constante K de forma gráfica.





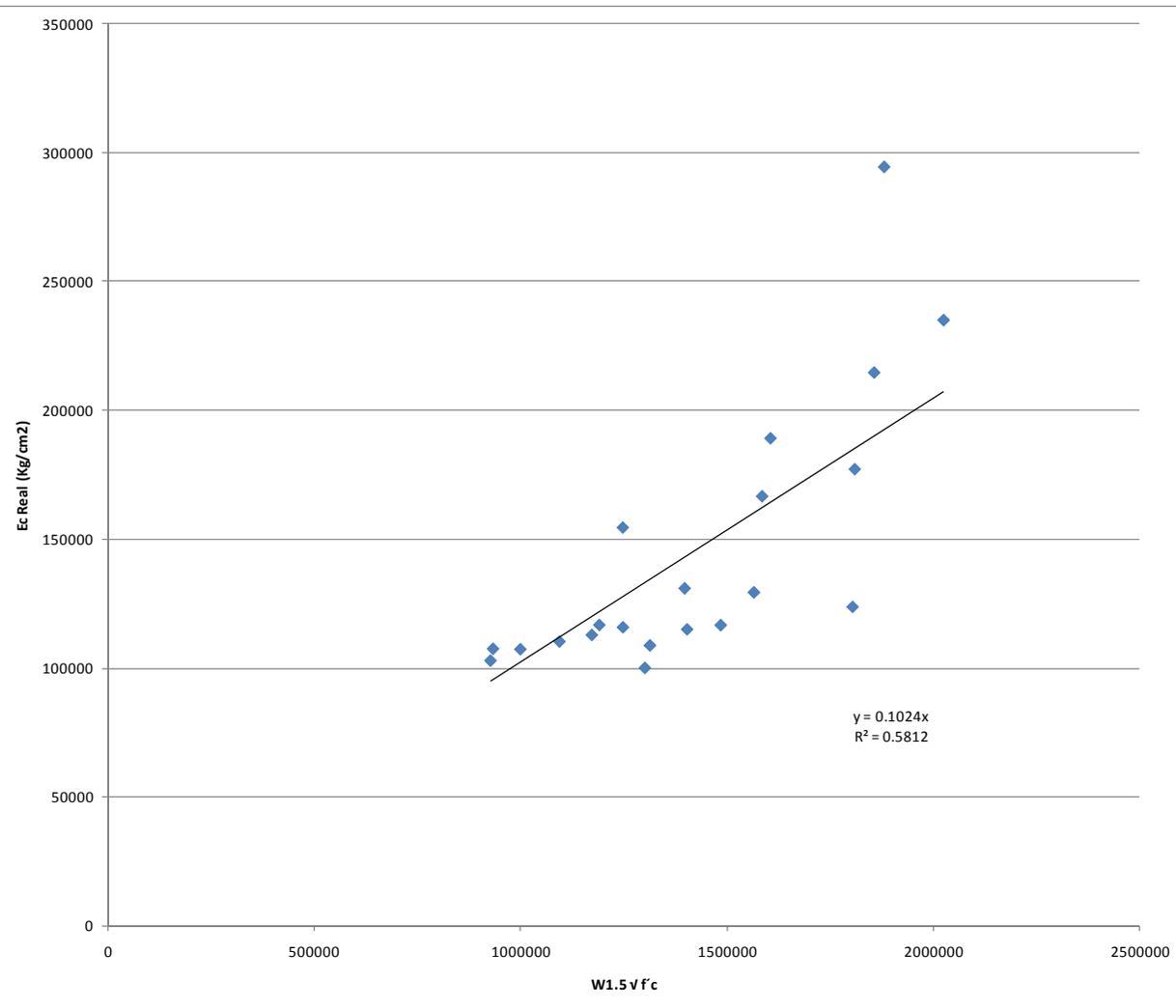
Calculo de la constante B de forma gráfica.





Tomando en cuenta todos los resultados para el cálculo de la constante B según el ACI

$W^{1.5} \sqrt{f_c}$	Ec Real Promedio
1804057	123479
1484610	116428
1313214	108527
1247930	115571
1094176	110053
933116	107224
1397363	130690
1190631	116467
926977	102637
2024365	234776
1856152	214430
1605207	188931
1403274	114770
1172421	112605
999366	107050
1880410	294249
1565028	129110
1300966	99799
1809282	176941
1584901	166407
1247515	154272





Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente tesis permiten tener una idea del comportamiento del concreto elaborado con los tipos de cemento y agregados más comunes empleados en la industria de la construcción y que son fabricados en México bajo las especificaciones dadas por las normas oficiales mexicanas.

Todas las pruebas de laboratorio fueron realizadas bajo las especificaciones de las normas oficiales mexicanas para que los resultados obtenidos sean representativos y tengan validez normativa.

En cuanto a las características de los materiales, la grava de origen andesítico y basáltico, presentan un tamaño nominal de 40mm, mientras que la grava de origen calizo, presenta un tamaño nominal de 25mm. La arena, de origen andesítico, presenta un módulo de finura de 2.7; estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos para agregados de dichos orígenes y que se encuentran indicados en la parte teórica del presente trabajo.

La gráfica de granulometría para la grava de andesita, muestra una escasez de partículas de tamaño superior a los $\frac{3}{4}$ de pulgada y menores al tamaño de la malla G 4.75. Sin embargo, se tomó en cuenta la presencia de material grueso con tamaño mayor. Se concluye que a pesar de tener piezas de grava de 40mm de tamaño, estas eran escasas.

El material de basalto y de caliza se encuentra entre los límites granulométricos de acuerdo con el ASTM.

La gráfica de la granulometría de la arena muestra la presencia de material fino, que a pesar de estar por debajo de los límites establecidos por las normas,



era abundante en cantidad con respecto al del material grueso. Dicha observación se hace notar con el módulo de finura de la arena.

El peso específico de la grava de andesita es un valor por debajo de los parámetros indicados en el marco teórico. Esto se debe al tamaño de las piezas de grava de este origen y a la porosidad del material. En cuanto a la grava de basalto y de caliza, estos se encuentran en el rango de valores aceptados no solo para estos materiales sino para la fabricación de concreto clase 1. El peso específico de la arena es un valor que está muy cercano al límite inferior según las normas.

La absorción de la grava y de la arena presentan valores muy altos, lo que permite concluir que la porosidad de los agregados es elevada en comparación con los parámetros indicados en los diferentes estudios geológicos para este tipo de material. Esto implicaría que los pesos volumétricos sean bajos lo cual, puede notarse que no es así en el material empleado.

La escasez de material fino en la arena, se hace notar en los valores de los pesos volumétricos, porque a mayor cantidad de material fino, mayor será este. En este caso se presentó un peso volumétrico bajo, por lo que la presencia de agregado fino también lo es.

La grava y la arena de origen andesítico, presentan una permeabilidad alta que se demuestra con el grado de porosidad obtenido en el laboratorio por medio de la absorción. Por el contrario, la grava de origen basáltico y calizo presentan absorciones bajas pero dentro de los parámetros aceptados.



No se realizó la prueba para la determinación de materia orgánica en los agregados por lo que se desconoce el grado de contaminación del material al estar expuesto al medio ambiente.

En cuanto a la fabricación de las mezclas de concreto, se elaboró una mezcla de prueba con el fin de realizar las correcciones necesarias mediante el cálculo de los rendimientos, para obtener los valores reales de peso específico y absorción de la grava y de la arena, Se observa que los valores corregidos son mayores que los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio, sin embargo, los valores teóricos no varían más del 3% de estos.

Para la diseño de las mezclas se tomó un peso específico del cemento de 3.15, que es un valor promedio de los pesos específicos de los diferentes tipos de cemento, aunque hubiera sido conveniente utilizar el peso específico de cada tipo de cemento utilizado para la elaboración de las mezclas y así obtener resultados más representativos. Esto no se realizó debido a que no se contó con el instrumental y equipo necesarios para dichas pruebas, Además de que la diferencia entre los pesos específicos del cemento varían en $0.02\text{kg}/\text{dm}^3$, por lo que se consideró que los resultados del diseño de mezclas se vería poco afectados.

Para el diseño de la mezcla de prueba, se propuso una relación agua/cemento de 0.5 que permite tener una mezcla fluida en la que se podían hacer observaciones y correcciones fácilmente. Sin embargo, no fue necesario realizar correcciones en las cantidades de agua y cemento en las mezclas fabricadas con agregado grueso de andesita y de basalto, ya que se obtuvo el revenimiento propuesto en el diseño de dicha mezcla; aun así, para la mezcla de prueba de caliza, fue necesaria la corrección que marca la norma de 2 litros de agua por centímetro faltante de revenimiento y multiplicado por el factor que



determina la cantidad de mezcla a fabricar (ya que esta corrección se realiza para un metro cúbico de concreto) y respetando la relación A/C. Además se corrigió debido a la variación del contenido de aire atrapado en la mezcla y al peso volumétrico real del concreto. Una vez hechas las correcciones a la mezcla de prueba, las mezclas de concreto se diseñaron según el método de dosificación por volumen del ACI 211.

Las mezclas de concreto se fabricaron proponiendo relaciones A/C iguales a 0.6, 0.5 y 0.4. Fueron descartadas la relación A/C de 0.3, por generar una mezcla muy poco trabajable y porque no se contaba con instrumentos para medir resistencias altas mayores de 680kg/cm^2 en el laboratorio, resistencia que podría ser rebasada por el concreto al emplear esta relación tan baja; la relación A/C de 0.7 por producir una mezcla demasiado fluida y con una resistencia muy baja y la relación A/C de 0.8 debido a que las normas mexicanas no permiten la fabricación de concretos de dicha característica debido a la excesiva fluidez de la mezcla.

Al fabricar las mezclas, los valores obtenidos de revenimiento variaban de los propuestos, esto pudo deberse al índice de humedad que varía según las condiciones del ambiente. Sin embargo se tomaron precauciones para mantener constante la humedad durante la fabricación de las mezclas de concreto: como lo fueron el almacenaje del material a la sombra, cobertura de los bultos con material empleando trapos húmedos que no estuvieran en contacto con el material y la fabricación de la mezcla inmediatamente después de calcular la humedad. Con estas medidas se obtuvieron variaciones pequeñas de dicho parámetro.

Las mezclas de concreto presentaron una relación grava/arena de 1.65 a 2.00 para andesita, de 2.07 a 2.53 para el basalto y de 0.93 a 1.08 en la caliza, con variaciones pequeñas y un sangrado escaso por lo que se concluye que las cantidades de los materiales empleados en cada mezcla eran proporcionales.



Se observa una cantidad de agua constante en las mezclas de andesita y basalto de aproximadamente 185 kg por m³ y de 201 kg por m³ para la caliza, esta variación se debe al tamaño nominal ya que la relación A/C se obtiene al mover la cantidad de cemento por lo que a mayor resistencia de diseño para la mezcla, mayor será el costo de este ya que lo más caro del concreto, generalmente es el cemento.

En cuanto a las dimensiones de los especímenes, las normas establecen que el diámetro del molde cilíndrico debe tener un diámetro no menor a 3 veces el tamaño nominal del agregado. Se observa que para un TN de 40mm, el diámetro del molde sería de 120mm pero para un tamaño nominal de 25mm, se podría utilizar un molde de 100mm de diámetro y fabricar menos concreto para las pruebas con caliza, aun así, se optó por realizar todas las pruebas fabricando cilindros de dimensiones estándar de 15 X 30cms para poder ser comparados en relación a su resistencia y deformaciones bajo carga.

Para realizar los análisis estadísticos, la norma establece que se deben ensayar dos especímenes por cada relación agua cemento y por cada fecha de prueba para poder obtener un promedio en la resistencia, con estos datos se realizaron los ajuste en las graficas que en algunas ocasiones resultaron con datos muy dispersos que pueden ser apreciados con el grado de confiabilidad de la línea de tendencia representada por el valor de R².

Al medir la resistencia obtenida para las diferentes relaciones A/C con los cementos tipo CPO, CPP y CPC, estas varían de las resistencias indicadas para los tipos de cemento I,II,III,IV y V que se tienen como referencia, con lo que se concluye que el tipo cemento si afecta a la resistencia, se recomienda elaborar



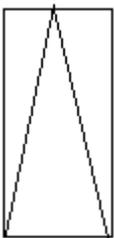
una tabla de cada tipo de cemento y emplearla cuando se vaya a fabricar un concreto con dicho material.

Se pudo observar que para obtener una misma resistencia con concretos fabricados utilizando diferente tipo de cemento, las cantidades de este material varían, por lo tanto, a mismas cantidades de cemento de diferente tipo, se obtendrán diferentes valores de resistencia . Esto se observa al comparar las tablas de resistencia contra relación A/C para los diferentes tipos de cemento.

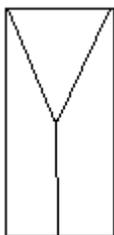
Durante los ensayos a compresión de los especímenes de concreto, las fallas que se presentaron en los cilindros fabricados con cada tipo de cemento fueron variados



Falla por aplastamiento en el borde superior



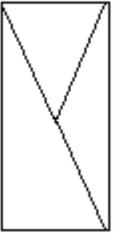
Falla doblemente diagonal (no contemplada en la norma)



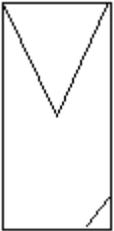
Falla por compresión en un extremo y deficiencia en cabeceo o concavidad de la superficie del otro extremo



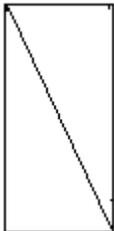
Falla vertical debida a concavidad de las superficies o por esfuerzos de tensión inducidos debido a la concavidad de la superficie en los extremos del cilindro



Falla de debida por la falta de paralelismo entre el eje del cilindro y el eje de aplicación de la carga



Falla debida a compresión en un extremo y aplastamiento en el otro



Falla debida a que la carga máxima esta en el límite con carga de ruptura

La presencia de otros esfuerzos diferentes a los de compresión axial debidos a factores como deficiencias en cabeceo, falta de paralelismo del eje centroidal del cilindro y el eje de aplicación de la carga, deficiencias en el centrado del espécimen, contenido de agregado grueso, adherencia entre el agregado grueso y la lechada y el contenido de vacíos en los especimenes debido al aire atrapado en el concreto, así como la calidad del agregado y el contenido de materia orgánica, pueden ser factores del tipo de falla y también son factores para



que los especímenes de concreto no desarrollaran toda su capacidad de resistencia.

Por último, las funciones para la predicción de la resistencia son de la forma de $Y = -ax^2 + bx$, donde **a** es una constante cuyo valor es muy cercano a cero y **b** es una constante que esta entre 1 y 2. Por ejemplo, El Dr. León Fernández propone una ecuación para la predicción de la resistencia para cemento tipo I o cemento normal y con agregados de origen andesítico.

$$f'_{C28} = 1.78fr_7 - 0.00167(fr_7)^2$$

En el presente trabajo se obtuvo una ecuación similar para la predicción de la resistencia del concreto fabricado con cemento tipo CPO y agregado grueso de andesita

$$f'_{C28} = 1.8816 fr_7 - 0.0008(fr_7)^2$$

Se concluye que las ecuaciones son muy semejantes. Por lo que el comportamiento de la resistencia de ambos tipos de cemento puede considerarse similar.



f_r (kg/cm ²)	$f'c_{28}=1.78 f_r-0.00167(fr)^2$ f'c ₂₈ (Formula LF)	$f'c_{28}=1.8816 f_r -0.0008(fr)^2$ f'c ₂₈ (Formula obtenida)	Dif %
50	85	92	7.88
100	161	180	10.47
150	229	264	13.18
200	289	344	16.01
250	341	420	18.98
300	384	492	22.09
350	418	561	25.36
400	445	625	28.79

Aun así, en la tabla anterior se observa que el resultado obtenido en la predicción de la resistencia utilizando las dos ecuaciones varía en un porcentaje bajo para resistencias a 7 días bajas pero esta diferencia se acrecienta al obtener resultados mayores a esta edad.

Además, se propone tener una curva de predicción para cada tipo de cemento, esto se demuestra al comparar las funciones para la predicción de la resistencia de los tipos de cemento analizados y para cada tipo de agregado grueso

ANDESITA

$$f'c_{28} = 1.8816 f_r - 0.0008(fr)^2 \quad \text{para CPO}$$

$$f'c_{28} = 2.5161 f_r - 0.0226(fr)^2 \quad \text{para CPC}$$

$$f'c_{28} = 1.9218 f_r - 0.0055(fr)^2 \quad \text{para CPP}$$

BASALTO

$$f'c_{28} = 1.9166 f_r - 0.0040 (fr)^2 \quad \text{para CPO}$$



$$f'_{c28} = 2.2860 fr_7 - 0.0455 (fr_7)^2 \quad \text{para CPC}$$



CALIZA

$$f'_{c28} = 0.7398 fr_7 + 0.0499 (fr_7)^2 \quad \text{para CPO}$$

$$f'_{c28} = 3.3590 fr_7 - 0.0058 (fr_7)^2 \quad \text{para CPC}$$

Se observa que las ecuaciones para los cementos CPO y CPC son semejantes para andesita y basalto, no así para la caliza que presenta también un cambio en el signo de la ecuación ya que se nota que todas estas tienen un signo negativo en el segundo término de la expresión pero que para el cemento CPC este signo es positivo.

En cuanto a los resultados del cálculo del módulo de elasticidad, se observa que el coeficiente de elasticidad **K**, comparado con el teórico propuesto por las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Elementos de Concreto, se encuentra por debajo de este valor para el basalto y la caliza, para la andesita se puede considerar que si se cumple este factor como se muestra a continuación.

TIPO DE MATERIAL	K NTC (kg/cm ²)	K Obtenida (kg/cm ²)
ANDESITA	8000	7925
BASALTO	11000	10518
CALIZA	14000	10398

Se puede observar que el valor de **K** obtenido es muy similar al propuesto por las NTC excepto para la caliza, aun así, se debe notar que los resultados para



este material son los que presentan mayor dispersión por tanto deben ser revisados.

En cuanto a la constante **B** obtenida utilizando la fórmula del ACI, el coeficiente cambia considerablemente para la andesita, y baja un poco para el basalto y la caliza, ya que solo toma en cuenta el peso volumétrico del concreto y su resistencia sin importar el origen del agregado. La **B** obtenida experimentalmente, tomando todos los resultados del experimento si distinción del tipo de agregado grueso, muestra una disminución en el valor en comparación al propuesto por el ACI.

TIPO DE MATERIAL	B ACI 318 (kg/cm ²)	B Obtenida (kg/cm ²)	B OBTENIDA PROM.(kg/cm ²)
ANDESITA	0.1363	0.0877	0.1024
BASALTO		0.109	
CALIZA		0.1106	

Por lo que las expresiones propuestas por el presente trabajo para el cálculo del modulo de elasticidad son:

$$E_c = 7900 \sqrt{f' c} \text{ (Para Andesita)}$$

$$E_c = 10500 \sqrt{f' c} \text{ (Para Basalto)}$$

$$E_c = 10300 \sqrt{f' c} \text{ (Para Caliza)}$$

donde:

E_c : Modulo de elasticidad real en Kg/cm²



$f'c$: Resistencia a la compresión en Kg/cm^2

de acuerdo al ACI:

$$E_c = 0.0877 w_c^{1.5} \sqrt{f'c} \quad (\text{Para Andesita})$$

$$E_c = 0.1090 w_c^{1.5} \sqrt{f'c} \quad (\text{Para Basalto})$$

$$E_c = 0.1106 w_c^{1.5} \sqrt{f'c} \quad (\text{Para Caliza})$$

Tomando en cuenta todos los resultados sin importar el origen del agregado grueso, la formula que da de la siguiente manera:

$$E_c = 0.1024 w_c^{1.5} \sqrt{f'c}$$

donde:

E_c : Modulo de elasticidad real en Kg/cm^2

$f'c$: Resistencia a la compresión en Kg/cm^2

w : Peso Volumétrico del concreto en Kg/m^3

Revisando estas expresiones, se puede constatar que en la fórmula para determinar el modulo elástico del concreto con agregado grueso de caliza, el coeficiente **K** es un valor demasiado pequeño ya que este debería ser cercano a 14000, aun así está por debajo del valor que la norma marca para el basalto que es de 11000, se tienen dudas con respecto al origen este material ya que de acuerdo a los resultados es más parecido al comportamiento obtenido con basalto pero con diferente granulometría ya que al realizar el cálculo en las tablas de



resultados utilizando este último valor, los resultados se ajustan a este comportamiento.

Otro factor que es importante tratar es la resistencia del agregado grueso, ya que este no fue sometido a ensayos previos, y como se expresa en el libro de Tecnología del Concreto de Adam M. Neville, ***“el hecho de que la resistencia de los agregados no sea adecuada representa un factor limitante pues las propiedades de los agregados influyen, hasta cierto punto, en la resistencia del concreto, aun cuando el agregado tenga suficiente resistencia propia como para no fracturarse prematuramente. Si se comparan concretos hechos con diferentes agregados, se observará que la influencia de estos en la resistencia del concreto es cualitativamente la misma, sin tomar en cuenta las proporciones de la mezcla o si el concreto ha de ser sometido a pruebas de compresión o de tensión. Es posible que la influencia del agregado en la resistencia del concreto no se deba sólo a la resistencia mecánica del agregado, sino también, en grado importante, a sus características de absorción y adherencia.”***

Así pues, la diferencia entre los valores obtenidos experimentalmente y los calculados teóricamente, se puede deber en gran medida a la calidad de los materiales empleados.

Se trabajó bajo la siguiente hipótesis:

De acuerdo a investigaciones anteriores, en las que se ha observado que la resistencia de los concretos, elaborados con los cementos CPO CPP y CPC que define la norma, es menor a la reportada en las curvas de Abrams, se trabajará sobre la hipótesis de que los concretos que se ensayarán presentaran una resistencia menor a la esperada en el diseño de la mezcla pero sin que esto



implique que estén fuera de la tolerancia de las normas de diseño y construcción, en especial las NTC del Distrito Federal.

“El carácter Voluntario de las NMX, así como su base en requisitos de comportamiento y no en métodos de formulación, derivan en que los concretos fabricados con los cementos definidos en la NMX-C-414, presentan resistencias menores a las estimadas al diseñar mezclas de concreto con cementos que cumplen con las designaciones que aparecen en la norma ASTM-C-150”

En cuanto al modulo de elasticidad, ya que este depende de la resistencia y del peso volumétrico del concreto, su comportamiento no será alterado por este factor pero si en cuanto a sus cambios de forma bajo cargas, debido a que al tener una resistencia menor, sus enlaces permitirán deformaciones antes de la falla mayores a las esperadas en el diseño de la mezcla.

“Al presentar resistencias menores a las esperadas, el Módulo de elasticidad de estos concretos será menor a las previstas en las NTC, ya que permitirán deformaciones mayores antes de fallar por resistencia a la compresión.

Por lo anterior se comprueba la hipótesis ya que los resultados obtenidos, muestran que el modulo de elasticidad de concreto que se fabrico con los diferentes tipos de agregado grueso y con los diferentes tipos de cemento, fue menor al que se esperaba por tanto, no solo bajó la resistencia a compresión esperada si no que también el concreto permitió mayores deformaciones bajo carga axial, esto se puede ver en el hecho de que las mezclas fueron diseñadas para relaciones agua cemento específicas, que según el método de dosificación empleado deben producir concretos con resistencias superiores a las obtenidas experimentalmente de acuerdo a la siguiente tabla:



TABLA II

CEMENTO TIPO I	
Relación A/C (agua - cemento en peso)	Resistencia, a la compresión a 28 días Kg/cm ²
0.35	480
0.38	450
0.41	420
0.43	400
0.48	350
0.54	300
0.57	280
0.62	245
0.68	205
0.72	185
0.76	165
0.82	140

Hay que señalar que los resultados obtenidos como los factores de correlación, las tablas de resistencia-A/C y las funciones de predicción de resistencia a compresión axial y de modulo de elasticidad, son validas únicamente para concretos elaborados con agregados que tengan las mismas características de los materiales empleados en este proyecto, para las condiciones de curado normal (cuarto de curado con 95% de humedad y 23 ° C), para las mismas condiciones de almacenaje y para los tipos y marcas de cemento empleados en el presente trabajo, por lo que se propone seguir realizando pruebas con otros tipos de cemento, con otras condiciones de curado y almacenaje.

Para poder hacer un uso confiable de las graficas y ecuaciones obtenidas es necesario realizar un mayor número de pruebas y así generar análisis estadísticos con una mayor precisión, ya que estos resultados solo son una guía para ayudar en el diseño de mezclas de concreto.



Referencias.

1. "DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO"

KOSMATKA, Steven
IMCYC, México, 1992.

2. "TECNOLOGÍA DEL CONCRETO"

NEVILLE, A. M.
BROOKS, J. J.
Editorial Trillas, México, 1998.

3. "MANUAL DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO" Tomo I

FERRER, M. M.,
CFE-UNAM,
Editorial Limusa, México, 1994.

4. "ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO"

GONZALES, C.O.
ROBLES F. F.
UAM-AZC
Editorial Limusa, México, 4ª Ed.

5. NMX-C-414-ONNCCE-2004.

6. ASTM-C-150.

7. NMX-C-083-ONNCCE-2002.

8. NMX-C-128-ONNCCE-1997.



Páginas Web consultadas:

http://es.wikipedia.org/wiki/Cemento#El_cemento_Portland

Otras Fuentes:

“DISEÑO ESTRUCTURAL”. Unidad 1

ROBLES, F.V., Francisco.

GONZALEZ Cuevas, Oscar.

MARTÍNES R., Jesús:

UAM-Azc 1ª Edic. 1993

"MANUAL DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO" Tomos II, III, y IV.

FERRER, M. M.,

CFE-UNAM,

Editorial Limusa, México, 1994.

"APUNTES DE CONSTRUCCIÓN I", Tomos I, II, III y IV

FERNÁNDEZ, L.

UAM - Azcapotzalco.

"NORMAS DE CONSTRUCCIÓN"

FERNÁNDEZ, L.

UAM - Azcapotzalco.

Cement and Concrete Composites,

Volume 27, Issue 6, July 2005, Pages 661-670

Hani H. Nassif, Husam Najm, Nakin Suksawang



Cement and Concrete Research,
Volume 35, Issue 8, August 2005, Pages 1531-1538
Fuat Demir

Construction and Building Materials,
Volume 22, Issue 7, July 2008, Pages 1428-1435
Fuat Demir

ACI Committee 318,
Building code requirements for reinforced concrete (ACI 318-95),
American Concrete Institute,
Farmington Hills, MI, 1995.



Anexos.

- I. NMX-C-414-ONNCCE-2004.**
- II. ASTM-C-150.**
- III. NMX-C-083-ONNCCE-2002.**
- IV. NMX-C-030-ONNCCE-2004.**
- V. NMX-C-073-ONNCCE-2004.**
- VI. NMX-C-077-ONNCCE-1997.**
- VII. NMX-C-155-ONNCCE-2004.**
- VIII. NMX-C-156-ONNCCE-1997.**
- IX. NMX-C-157-ONNCCE-1987.**
- X. NMX-C-159-ONNCCE-2004.**
- XI. NMX-C-160-ONNCCE-2004.**
- XII. NMX-C-164-ONNCCE-2002.**
- XIII. NMX-C-165-ONNCCE-2004.**
- XIV. NMX-C-170-ONNCCE-1997.**
- XV. NMX-C-128-ONNCCE-1997.**

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX - C - 414 - ONNCCE - 1999**

(Esta norma cancela y sustituye a las NMX-C-001-1980, NMX-C-002-1986 y NMX-C-175-1969)
Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de abril de 1999
y Aclaración a la misma publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de julio de 1999.

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CEMENTOS HIDRÁULICOS -
ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA"**

**"BUILDING INDUSTRY - HYDRAULIC CEMENT -
SPECIFICATIONS AND TESTING METHODS"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución # 50 Col. Escandón C.P. 11800 México, D.F. Tel. 5273 33 99 y 5273 19 91 Fax: 5273 34 31
Email: normas@mail.onncce.org.mx
© Derechos reservados REPRODUCCIÓN PROHIBIDA



<p>NORMA MEXICANA (Esta norma cancela y sustituye a las NMX-C-001-1980, NMX-C-002-1986 y NMX-C-175-1969)</p> <p>NMX-C-414-ONNCCE-1999</p> <p>Declaratoria de vigencia publicada en el D.O.F. el día 22 de abril de 1999 y Aclaración a la misma publicada en el D.O.F. el día 6 de julio de 1999.</p>	<p>"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CEMENTOS HIDRÁULICOS - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA"</p> <p>"BUILDING INDUSTRY - HYDRAULIC CEMENT - SPECIFICATIONS AND TESTING METHODS"</p>
--	--

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución # 50 Col. Escandón C.P. 11800 México, D.F. Tel. 5273 33 99 y 5273 19 91 Fax: 5273 34 31
Email: normas@mail.onncce.org.mx
© Derechos reservados REPRODUCCIÓN PROHIBIDA



COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1

0. PREFACIO

En la elaboración de este proyecto de norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES (ASA)
- ALTECO, S.A. DE C.V.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, SECCIÓN CENTRO Y SUR DE MÉXICO (ACI)
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE FABRICANTES DE FIBROCEMENTO, A.C. (AMFIC)
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO, A.C. (AMFTC)
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO, A.C. (AMIC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DEL PRESFUERZO Y PREFABRICACIÓN, A.C. (ANIPPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN (ANALISEC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE BLOQUES DE CONCRETO, A.C. (ANPROBLOC)
- CÁMARA NACIONAL DEL CEMENTO, A.C. (CANACEM)
- CÁMARA NACIONAL DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA (CNEC)
- CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN (CANACINTRA)
- CEMENTO PORTLAND BLANCO, S.A. DE C.V.
- CEMENTOS APASCO, S.A. DE C.V. (APASCO)
- CEMENTOS DE CHIHUAHUA, S.A. DE C.V.
- CEMENTOS LA CRUZ AZUL, S.C.L. (CRUZ AZUL)
- CEMENTOS MEXICANOS, S.A. DE C.V. (CEMEX)
- CEMENTOS PORTLAND MOCTEZUMA, S.A. DE C.V.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE CONCRETO (CIDETEC)
- CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED)
- CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO APASCO (CTC APASCO)
- COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MÉXICO, A.C. (CICM)
- COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ARQUITECTOS DE MÉXICO, A.C. (CNIAM)
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA)
- CORPORACIÓN GEO, S.A. DE C.V.
- ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIDAD ZACATENCO (ESIA INGENIERÍA CIVIL)
- ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIDAD TECAMACHALCO (ESIA ARQUITECTURA)
- FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM
- FEDERACIÓN DE COLEGIOS DE INGENIEROS CIVILES (FECIC)
- FEDERACIÓN DE COLEGIOS DE ARQUITECTOS DE LA REPÚBLICA MEXICANA (FCARM)
- FONDO NACIONAL DE HABITACIONES POPULARES (FONHAPO)
- FOVI - BANCO DE MÉXICO
- FUNDACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (FIC)
- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL (GDF)
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V. (ICA)
- INSTITUTO DEL FONDO NACIONAL PARA VIVIENDA DE LOS TRABAJADORES (INFONAVIT)

- INSTITUTO MEXICANO DE PETRÓLEO (IMP)
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, S.C. (IMCYC)
- LABORATORIO DE ALTO NIVEL EN CALIDAD, S.A DE C.V.
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. (LACOSA)
- LEYVA MENDEZ CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.
- PROMOTORES DE VIVIENDA, A.C. (PROVIVAC)
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)
- SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL (SEDESOL)

ÍNDICE

		PAG.
0.	PREFACIO	2
1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	4
3.	REFERENCIAS	4
4.	DEFINICIONES	4
4.1.	Caliza.....	4
4.2.	Características especiales de los cementos.....	5
4.3.	Cemento hidráulico.....	5
4.4.	Cemento con escoria granulada de alto horno.....	5
4.5.	Cemento portland ordinario.....	5
4.6.	Cemento portland compuesto.....	5
4.7.	Cemento portland con escoria granulada de alto horno.....	5
4.8.	Cemento portland con humo de sílice	5
4.9.	Cemento portland puzolánico.....	5
4.10.	Cenizas volantes	6
4.11.	Clinker portland	6
4.12.	Escoria granulada de alto horno.....	6
4.13.	Humo de sílice.....	6
4.14.	Puzolanas.....	6
4.15.	Sulfato de calcio (comúnmente conocido como yeso).....	6
5.	CLASIFICACIÓN	6
5.1.	Tipos de cemento	6
5.2.	Composición.....	7
5.3.	Clases resistentes	7
6.	ESPECIFICACIONES.....	7
6.1.	Mecánicas	7
6.1.1.	Resistencia normal.....	7
6.1.2.	Resistencia inicial	8
6.2.	Físicas	8
6.2.1.	Tiempos de fraguado.....	8
6.2.2.	Estabilidad de volumen	8
6.2.3.	Características de los componentes principales.....	8
6.3.	Químicas	8
6.3.1.	Contenido máximo de trióxido de azufre (SO ₃)	8
6.4.	Características especiales.....	9
6.5.	Designación normalizada	9
7.	MUESTREO	9
7.1.	Procedimientos de muestreo.....	9
7.2.	Tipos y tamaño de las muestras.....	9
7.3.	Métodos de muestreo.....	10
7.3.1.	Del cemento envasado.....	10
7.3.2.	Muestreo en tolvas y/o camiones	10
8.	MÉTODOS DE PRUEBA.....	10
8.1.	Métodos de prueba para determinar las características mecánicas.....	10
8.2.	Métodos de prueba para determinar las características físicas.....	10
8.3.	Métodos de prueba para determinar las características químicas.....	11
8.4.	Métodos de prueba para determinar las características especiales	11
9.	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	11
10.	MARCADO, ETIQUETADO Y ENVASE	11
10.1.	Producto envasado.....	11
10.2.	Producto a granel	11

11.	BIBLIOGRAFÍA.....	11
12.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	12
A.	APÉNDICE NORMATIVO.....	13
B.	APENDICE INFORMATIVO	14

1. INTRODUCCIÓN

En 1992 al cambiar la legislación sobre normalización en México, se inició una nueva etapa en este campo, al quedar una parte importante de las normas mexicanas, de carácter voluntario, como responsabilidad de organismos nacionales de normalización de carácter privado.

En este contexto jurídico, el enfoque que se ha querido dar por los participantes en la redacción de esta nueva norma aplicable a los cementos en México, hace énfasis en que las especificaciones descritas en esta norma sean accesibles al consumidor en general y que no constituyan un documento tal que sólo pueda ser entendido por especialistas; sino por el contrario, que sea de aplicación cotidiana en el uso y la comercialización del cemento.

Como enfoques principales, se han recalcado los aspectos de comportamiento más que buscar procedimientos y formulaciones complicadas. Se hace énfasis en los aspectos importantes para los usuarios de los cementos: la resistencia mecánica desarrollada y la durabilidad que presenta con el tiempo ante los diversos agentes agresivos.

La resistencia mecánica a compresión es probablemente la cualidad más importante que busca el usuario, y en muchas ocasiones la única, por lo que claramente se especifican los intervalos de resistencia, mínima y máxima que deben cumplir las diferentes clases de cementos enunciadas en esta norma.

Esta norma contiene además de la resistencia desarrollada, aspectos especiales de durabilidad como: resistencia a los sulfatos, bajo calor de hidratación y cementos de baja reactividad álcali - agregado.

2. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece los rangos de los componentes que forman los diversos tipos de cementos, así mismo indica las exigencias mecánicas, físicas y químicas que deben satisfacer los cementos hidráulicos destinados a la industria de la construcción en México, con el propósito de orientar adecuadamente al usuario en función a la exposición y características de los productos en que se incorporan.

3. REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta norma, se deben consultar las siguientes normas mexicanas y normas oficiales mexicanas vigentes:

NMX-C-059-ONNCCE	Industria de la construcción - Cementantes hidráulicos - Determinación del tiempo de fraguado
NMX-C-061-SCFI	Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos
NMX-C-062-ONNCCE	Industria de la construcción - Cementantes hidráulicos - Determinación de la expansión en autoclave de cementantes hidráulicos
NMX-C-151-SCFI	Determinación del calor de hidratación de cementantes hidráulicos
NMX-C-180-SCFI	Industria de la construcción - Agregados - Determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento por medio de barras de mortero
NMX-C-185-SCFI	Morteros de cemento Portland - Determinación de su expansión potencial debido a la acción de los sulfatos
NMX-C-273-SCFI	Determinación de la actividad puzolánica
NMX-C-401-ONNCCE	Industria de la construcción - Tubos - Tubos de concreto simple con junta hermética - Especificaciones
NOM-002-SCFI	Productos preenvasados - Contenido neto, tolerancias y métodos de verificación
NOM-030-SCFI	Información comercial - Declaración de cantidad en la etiqueta
NOM-050-SCFI	Información comercial - Disposiciones generales para productos

4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma mexicana se establecen las siguientes definiciones.

4.1. Caliza

Son materiales de naturaleza inorgánica y origen mineral carbonatado, compuestos principalmente por carbonato de calcio en forma de calcita, que molidos conjuntamente con clinker de cemento portland, afectan favorablemente las propiedades y el comportamiento de los conglomerados de cemento.

Por todo lo que antecede, el cemento portland con escoria granulada de alto horno es idóneo para concreto en masa o armados (con suficiente recubrimiento de armaduras), que hayan de estar en ambientes agresivos (salinos en general, sulfatados en particular, o yesíferos), obras en zonas costeras o sumergidas en el mar, o en aguas, suelos y terrenos salinos, sulfatados o selenitosos. Y mayormente si además de la resistencia química se requiere, por la naturaleza y/o ubicación y/o finalidad de la obra, un bajo calor de hidratación que evite o disminuya la retracción térmica y la consiguiente fisuración.

Tabla B.1.3.- Recomendaciones prácticas para la utilización del Cemento Portland con Escoria Granulada

Tipo de Cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno (CPEG)	20	Obras de concreto en masa, incluso de gran volumen, que requieran de un bajo calor de hidratación. Pavimentaciones y cimentaciones. Obras subterráneas. Estabilización de suelos, suelo-cemento y gravacemento. Morteros de recubrimiento, agarre y juntas, salvo problemas de coloración. Obras de concreto en masa en ambientes débilmente agresivos por salinidad en general (zonas litorales) o por sulfatos. Obras marítimas masivas de mediana resistencia. Concreto armado. Prefabricación con tratamientos hidrotérmicos e higrotérmicos.	Concreto pretensado con alambres adherentes. Fabricación de concreto a bajas temperaturas o en tiempo de heladas. Obras en que importe el aspecto exterior del concreto (manchas).	Las normales en la dosificación y en el almacenamiento, tratando de que éste no se prolongue más de tres meses. Curar adecuada y prolongadamente, en especial en climas fríos o a temperaturas bajas, evitando al máximo la desecación prematura y empleando productos de curado, si es preciso.
	30, 30R 40 y 40R	Los mismos fines que el Tipo CPEG, Clase Resistente 20, en empleos que exijan resistencias aún más altas y además en: Prefabricación con tratamientos higrotérmicos.	Los mismos fines que el Tipo CPEG, Clase Resistente 20.	Las mismas prácticamente que para el Tipo CPEG, Clase Resistente 20, reduciendo el período de almacenamiento a no más de dos meses. Curado y desecación.

B.1.3.4. Cemento Portland Compuesto (CPC)

En principio, los cementos portland compuesto en general, perteneciente a una misma clase resistente, son equivalentes desde el punto de vista de utilización práctica, a efectos estructurales. Entre el empleo de unos u otros cementos pueden existir algunas ligeras diferencias, en función de las consistencias o de las relaciones agua/cemento de los concretos.

A efectos de durabilidad, resistencia química (excepto corrosión de armaduras), calor de hidratación, retracción y fisuración, o tratamientos higrotérmicos, y a igualdad de todo lo demás, en principio serán preferibles los cementos portland compuesto a los cementos portland ordinario, a no ser que estos tengan alguna de las características especiales incluidas en las mismas, tales como bajo calor de hidratación y/o resistente a los sulfatos.

4.10. Cenizas volantes

Las cenizas volantes se obtienen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas con carbones pulverizados. Se consideran como materiales puzolánicos.

4.11. Clínker portland

Es el producto artificial obtenido por sinterización de los crudos correspondientes, es decir, por la calcinación y sinterización de los mismos a la temperatura y durante el tiempo necesario, y por enfriamiento adecuado, a fin de que dichos productos tengan la composición química y la constitución mineralógica requerida. Los crudos de clínker portland son mezclas suficientemente finas, homogéneas y adecuadamente dosificadas a partir de materias primas que contienen cal (CaO), sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃), óxido férrico (Fe₂O₃) y pequeñas cantidades de otros compuestos minoritarios, los cuales se clinkerizan.

4.12. Escoria granulada de alto horno

Es el subproducto no metálico constituido esencialmente por silicatos y aluminosilicatos cálcicos, que se obtienen por el enfriamiento brusco con agua o vapor y aire, del residuo que se produce simultáneamente con la fusión de minerales de hierro en el alto horno.

4.13. Humo de sílice

El humo de sílice es un material puzolánico muy fino, compuesto principalmente de sílice amorfa, que es un subproducto de la fabricación de silicio o aleaciones de ferro - silicio con arco eléctrico (también conocido como humo de sílice condensado o microsílíce).

4.14. Puzolanas

Las puzolanas son sustancias naturales, artificiales y/o subproductos industriales, silíceas o silicoaluminosas, o una combinación de ambas, las cuales no endurecen por sí mismas cuando se mezclan con agua, pero finamente molidos, reaccionan en presencia de agua a la temperatura ambiente con el hidróxido de calcio y forman compuestos con propiedades cementantes.

4.15. Sulfato de calcio (comúnmente conocido como yeso)

El sulfato de calcio es el producto natural o artificial que se utiliza para regular el tiempo de fraguado y se presenta en diferentes estados: anhidrita (CaSO₄), yeso (CaSO₄ · 2 H₂O) y hemihidrato (CaSO₄ · 1/2 H₂O).

5. CLASIFICACIÓN

5.1. Tipos de cemento

Los cementos conforme a esta norma se clasifican de acuerdo con lo especificado en la Tabla 1:

Tabla 1.- Tipos de cemento (clasificación)

Tipo	Denominación
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno

5.1.2. Los tipos de cemento definidos en la Tabla 1 pueden presentar adicionalmente una o más características especiales, mismas que se clasifican de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2.- Cementos con características especiales

Nomenclatura	Características especiales de los cementos
RS	Resistente a los Sulfatos
BRA	Baja Reactividad Alkali agregado
BCH	Bajo Calor de Hidratación
B	Blanco

5.2 Composición

La composición de los tipos de cemento queda definida de acuerdo con la Tabla 3.

Tabla 3.- Composición de los cementos ⁽¹⁾

Tipo	Denominación	Componentes					minoritarios ⁽²⁾
		Clinker	Principales				
		portland + Yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos ⁽³⁾	Humo de sílice	Caliza	
CPO	Cemento Portland Ordinario	95 - 100	-	-	-	-	0 - 5
CPP	Cemento Portland Puzolánico	50 - 94	-	6 - 50	-	-	0 - 5
CPE G	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno	40 - 94	6 - 60	-	-	-	0 - 5
CPC	Cemento Portland ⁽⁴⁾ Compuesto	50 - 94	6 - 35	6 - 35	1 - 10	6 - 35	0 - 5
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice	90 - 99	-	-	1 - 10	-	0 - 5
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno	20 - 39	61 - 80	-	-	-	0 - 5

Notas.-

- (1) Los valores de la tabla representan el % en masa
- (2) Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales, a menos que estén incluidos ya como tales en el cemento.
- (3) Los materiales puzolánicos incluyen: puzolanas naturales, artificiales y/o cenizas volantes.
- (4) El cemento portland compuesto debe llevar como mínimo dos componentes principales, excepto cuando se adicione caliza, ya que ésta puede ser en forma individual en conjunto con clinker + yeso.

5.3. Clases resistentes

Los cementos se clasifican por su resistencia mecánica a la compresión en cinco clases resistentes de acuerdo con la Tabla 4.

6. ESPECIFICACIONES

6.1. Mecánicas

6.1.1. Resistencia normal

La resistencia normal de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los 28 días y se indica por las clases resistentes 20, 30 ó 40. Esta subclasificación se indica a continuación de la designación normalizada del tipo de cemento de acuerdo con el inciso 5.1. (ver Tabla 4).

Esto se verifica de acuerdo al método de prueba descrito en el inciso 8.1.1.

6.1.2. Resistencia inicial

La resistencia inicial de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los 3 días. Para indicar que un tipo de cemento debe cumplir con una resistencia inicial especificada, se le agrega la letra R después de la clase. Sólo se definen valores de resistencia inicial a 30 R y 40 R (ver Tabla 4).

Esto se verifica de acuerdo al método de prueba descrito en el inciso 8.1.1.

6.2. Físicas

6.2.1. Tiempos de fraguado

Para todos los tipos de cemento y todas las clases resistentes se debe cumplir con las especificaciones de tiempo de fraguado indicados en la Tabla 4.

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba descrito en el inciso 8.2.1.

6.2.2. Estabilidad de volumen

Para todos los tipos de cemento y todas las clases resistentes se debe cumplir con las especificaciones de expansión / contracción de la Tabla 4.

Esto se verifica de acuerdo al método de prueba descrito en el inciso 8.2.2.

Tabla 4.- Especificaciones mecánicas y físicas

Clase resistente	Resistencia a compresión (N/mm ²)			Tiempo de fraguado (min)		Estabilidad de Volumen en autoclave (%)	
	3 días		28 días	Inicial	Final	Expansión	Contracción
	mínimo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	máximo	máximo
20	- (*)	20	40	45	600	0,80	0,20
30	- (*)	30	50	45	600	0,80	0,20
30 R	20	30	50	45	600	0,80	0,20
40	- (*)	40	-	45	600	0,80	0,20
40 R	30	40	-	45	600	0,80	0,20

* Ver 6.1.2. Resistencia inicial

6.2.3. Características de los componentes principales

Los componentes principales usados en los cementos, deben cumplir las características mencionadas en la Tabla 5.

Tabla 5.- Características de los componentes principales

Componentes principales	Índice de actividad de las adiciones a 28 días con cemento CPO 30 (% mínimo)	Carbonato de calcio (CaCO ₃) (% mínimo)
Escoria granulada de alto horno	75	
Materiales puzolánicos	75	
Humo de sílice	100	
Caliza	---	75

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba descrito en el inciso 8.2.3.

6.3. Químicas

6.3.1. Contenido máximo de trióxido de Azufre(SO₃)

La cantidad máxima permitida de Trióxido de Azufre (SO₃) en los cementos hidráulicos será aquella que no cause expansiones mayores a 0,020 % a los 14 días de inmersión en agua.

Esto se verifica de acuerdo al método de prueba descrito en el inciso 8.3.1.

6.4. Características especiales

Cuando se requiera que un cemento tenga alguna característica especial, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2, este debe cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 6.

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba descrito en el inciso 8.4.

Tabla 6. Especificaciones de los cementos con características especiales

Nomenclatura	Característica especial	Expansión por ataque de sulfatos (máx %)		Expansión por la reacción álcali agregado (máx %)		Calor de hidratación (máx) kJ/kg (kcal/kg)		Blancura (mín. %)
		6 meses	1 Año	14 días	56 días	7 días	28 días	
RS	Resistente a los sulfatos	0,05	0,10					
BRA	Baja reactividad álcali agregado			0,020	0,060			
BCH	Bajo calor de hidratación					250 (60)	290 (70)	
B	Blanco							70

6.5. Designación normalizada

Los cementos se identifican por el tipo (ver Tabla 1) y la clase resistente (ver Tabla 4). Si el cemento tiene especificada una resistencia inicial, se añadirá la letra R (ver inciso 6.1.2.). En el caso de que un cemento tenga alguna de las características especiales señaladas en la Tabla 2, su designación se completa de acuerdo con la nomenclatura indicada en dicha tabla; de presentar dos o más características especiales, la designación se hace siguiendo el orden descendente de la Tabla 2, separándolas con una diagonal.

Ejemplo 1: Un cemento portland ordinario de clase resistente 40, con alta resistencia inicial, se identifica como:

Cemento CPO 40 R

Ejemplo 2: Un cemento portland con la adición de escoria, de clase resistente 30, con una resistencia normal y resistente 40 % a los sulfatos, se identifica como:

Cemento CPEG 30 RS

Ejemplo 3: Un cemento portland puzolánico de clase resistente 30, con una resistencia normal, de baja reactividad álcali agregado y de bajo calor de hidratación, se identifica como:

Cemento CPP 30 BRA / BCH

7. MUESTREO

7.1. Procedimientos de muestreo

La obtención de muestras de cemento hidráulico se realiza después de que ha sido fabricado y está listo para ofrecerse en el mercado. Estos procedimientos deben hacerse para verificar si las muestras cumplen con las especificaciones establecidas y/o para efecto de certificación del producto. No son procedimientos de muestreo para propósito de control de calidad durante la fabricación.

7.2. Tipos y tamaño de las muestras

7.2.1. Una muestra de cemento tomada de un transportador, de un almacén a granel, de un saco o de un envío a granel en operación, se denominará como muestra puntual. Una muestra obtenida durante un intervalo de 10 min usando un equipo automático de muestreo que continuamente muestrea una corriente de cemento también puede denominarse muestra puntual. Las muestras de este tipo, tomadas a intervalos preestablecidos dentro de un período de tiempo, pueden integrarse para formar un compuesto (integración de muestras en porciones iguales) representativo del cemento obtenido durante ese tiempo.

7.2.2. Todas las muestras, ya sean las puntuales o en compósito, deben pesar cuando menos 5 kg y deben obtenerse en las instalaciones del fabricante.

7.2.3. Las muestras se empacarán en contenedores a prueba de humedad y aire y deberán ser numeradas consecutivamente en el orden en que fueron tomadas.

Nota 5.- Se ha encontrado, eventualmente, que los contenedores de Cloruro de Polivinilo (PVC) afectan el potencial de inclusión de aire de una muestra de cemento. El mismo problema puede presentarse con contenedores hechos de otros plásticos.

7.3. Métodos de muestreo

El cemento podrá ser muestreado aplicando cualquiera de los métodos que se describen en esta sección.

7.3.1. Del cemento envasado

Insertar diagonalmente en la válvula de la bolsa el tubo muestreador, que consiste de dos tubos concéntricos de bronce con ranuras de registro que se abren o cierran por rotación del tubo interior, el tubo exterior tiene punta aguda para facilitar la penetración. Entonces retirar el muestreador y tomar una muestra cada 5 t (toneladas), no deben tomarse muestras de los sacos rotos.

7.3.2. Muestreo en tolvas y/o camiones

Cuando la profundidad del cemento a muestrear no exceda 2,10 m, se deben obtener las muestras con la ayuda de un tubo muestreador, el cual debe tener dimensiones entre 1,50 a 1,80 m de largo y aproximadamente 35 mm de diámetro exterior, dicho muestreador consiste en dos tubos concéntricos de bronce con ranuras de registro que se abren o cierran por rotación del tubo interior, el tubo exterior tiene punta aguda para facilitar la penetración en el cemento. Se deben tomar las muestras de puntos bien distribuidos y a varias profundidades en el cemento, de tal forma que las muestras tomadas sean representativas.

7.3.2.1 Embarque sencillo

Si solo se está llenando una tolva o camión y la carga es continua y todo de la misma fuente, tomar una muestra de 5 kg. Si dicho embarque no es continuo se deben mezclar 5 o más porciones de diferentes puntos de la carga para formar la muestra de prueba.

7.3.2.2. Embarques múltiples

Cuando el embarque consiste de varias tolvas o camiones cargados de la misma fuente y el mismo día, muestrear el embarque, a razón de una muestra por cada 100 t (toneladas) de cemento o fracción, pero no tomar menos de dos muestras, mezclarlas para formar un compósito.

8. MÉTODOS DE PRUEBA

8.1. Métodos de prueba para determinar las características mecánicas

8.1.1. Para determinar la resistencia normal e inicial de los cementos hidráulicos se debe utilizar el método de prueba establecido en la NMX-C-061 (ver inciso 3. Referencias)

8.2. Métodos de prueba para determinar las características físicas

8.2.1. Para determinar el tiempo de fraguado de los cementos hidráulicos, se debe emplear al método de prueba de Vicat descrito en la NMX-C-059-ONNCCE (ver inciso 3. Referencias)

8.2.2. Para determinar la estabilidad de volumen de los diferentes tipos de cementos hidráulicos, se debe utilizar el método de prueba descrito en la NMX-C-062-ONNCCE (ver inciso 3. Referencias).

8.2.3. Para determinar la actividad de las adiciones con los cementos hidráulicos, se debe utilizar el método de prueba descrito en la NMX-C- 273 (ver inciso 3. Referencias).

Para la determinación del contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), se puede utilizar cualquier método de análisis convencional.

8.3. Métodos de prueba para determinar las características químicas

8.3.1. Para determinar la cantidad máxima permitida de Trióxido de Azufre (SO₃), se debe utilizar el método de prueba estándar para la expansión de barras de mortero de cemento portland sumergidas en agua descrito en la NMX-C-185 (ver inciso 3. Referencias).

8.4. Métodos de prueba para determinar las características especiales

8.4.1. Para determinar la expansión debida al ataque de sulfatos, se debe emplear el método de prueba para determinar el cambio de longitud de morteros con cemento hidráulico expuesto a una solución de sulfato descrito en la NMX-C-401-ONNCCE, cap. 7.1.1.4. (ver inciso 3. Referencias).

8.4.2. Para determinar la expansión por la reactividad potencial de los agregados con los álcalis de cemento se debe emplear el método de prueba descrito en la NMX-C-180 (ver inciso 3. Referencias).

8.4.3. Para determinar el calor de hidratación de los cementos hidráulicos, se debe emplear el método de prueba descrito en la NMX-C-151 (ver inciso 3. Referencias)

8.4.4. Para determinar la blancura de los cementos hidráulicos, se debe seguir el método de prueba descrito en el apéndice normativo A.1. de la presente norma.

9. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los criterios para la conformidad del cumplimiento del producto con la presente norma deben responder a lo dispuesto en las correspondientes normas de métodos de prueba, para el caso del certificado de producto estos criterios deben ser incorporados al procedimiento de certificación de la Institución debidamente acreditada.

10. MARCADO, ETIQUETADO Y ENVASE

10.1. Producto envasado

Cuando el cemento se entrega en sacos debe indicar en forma clara e indeleble los datos siguientes, y cumplir con lo dispuesto en la NOM-050-SCFI (ver inciso 3. Referencias)

- Nombre o denominación genérica del producto
- Denominación o razón social
- Domicilio fiscal
- Leyenda "HECHO EN MÉXICO"
- Marca registrada
- Indicación de cantidad conforme a la NOM-030-SCFI (ver 3. Referencias) en kilogramos
- Tolerancia de contenido neto y método de verificación conforme a NOM-002-SCFI (ver 3. Referencias)
- Nombre y/o ubicación de la planta productora
- Designación normalizada

10.2. Producto a granel

Cuando el cemento se entrega en un envase de cualquier naturaleza y cuyo contenido puede ser variable, se debe incorporar en la factura o remisión la información correspondiente en el inciso 10.1. indicando la cantidad en kg (kilogramos) o en t (toneladas) según convenga.

11. BIBLIOGRAFÍA

NOM-008-SCFI-1993	"Sistema General de Unidades de Medida"
NMX-C-001-1980	"Industria de la Construcción - Cemento Portland"
NMX-C-002-1986	"Industria de la Construcción - Cemento Portland Puzolana"
NMX-C-175-1969	"Cemento Portland de escoria de alto horno"
NMX-Z-013-SCFI-1993	"Guía para la redacción y presentación de normas mexicanas"
ASTM - C - 150 - 1997	"Standard Specification for Portland Cement"
UNE 80 117.87	Método de ensayo de cementos. Ensayos Físicos.- Blancura (Factor de reflectancia luminosa).
UNE 80 300.95	"Recomendaciones para el uso de los cementos"

UNE 80 301.88	"Cementos. Definiciones, clasificación y especificaciones"
UNE 80 301-1M:1988	"Cementos. Definiciones, clasificación y especificaciones"
UNE 80 301.95	"Cementos comunes. Composición, especificaciones y criterios de conformidad"
UNE 80 303:1986	"Cementos. Cementos con características especiales"
UNE 80 303-1M:1986	"Cementos. Cementos con características especiales"
UNE 80 303.95	"Cementos resistentes a sulfatos y agua de mar"
UNE 80 305:1988	"Cementos Portland blancos"
UNE 80 309:1994	"Cementos naturales. Definiciones, clasificación y especificaciones de los cementos naturales"
UNE 80 401.91	"Métodos de ensayo de cementos. Métodos de toma y preparación de muestras de cemento"
UNE 80 403.88	"Cementos. Control de la producción. Criterios de conformidad"
UNE-ENV 197-1:1995	"Cemento. Composición, especificaciones y criterios de conformidad. Cementos comunes"
Proyecto de norma UNE 80 305:95	"Cementos resistentes a sulfatos y/o agua de mar"
Instrucción para la recepción de cementos - Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (España)-1995.	

12. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no tiene equivalente con alguna norma internacional, al momento de su realización.

<p>NORMA MEXICANA (Esta norma cancela y sustituye a las NMX-C-001-1980, NMX-C-002-1986 y NMX-C-175-1969)</p> <p>NMX-C-414-ONNCCCE-1999</p> <p>Declaratoria de vigencia publicada en el D.O.F. el día 22 de abril de 1999 y Aclaración a la misma publicada en el D.O.F. el día 6 de julio de 1999.</p>	<p>A. APÉNDICE NORMATIVO</p> <p>"MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA BLANCURA DE LOS CEMENTOS HIDRÁULICOS"</p>
---	--

A.1. Introducción

La blancura de un cemento blanco se determina por la medida de su reflectancia luminosa direccional para la luz blanca ($45^\circ / 0^\circ$), que se define por la relación existente entre el flujo luminoso que refleja una muestra iluminada con luz incidente de 45° y observada en dirección normal a su superficie (ángulo cero) y el flujo reflejado, en análogas condiciones, por la superficie de una muestra patrón de Carbonato de Magnesio, químicamente puro.

A.2. Aparatos y materiales

A.2.1. Fotocolorímetro

Para la determinación de esta característica, es preciso el uso de cualquier fotocolorímetro que puedan medir la reflectancia luminosa en las condiciones de iluminación y observación de la muestra indicadas en el inciso A.1.

A.2.2. Molde

El molde metálico que puede utilizarse para la preparación de la muestra debe de ser de un diámetro adecuado para que la muestra cubra el orificio que recibe la iluminación del fotocolorímetro. La altura del molde es de 5,0 mm (mínimo).

A.2.3. Chapa de vidrio

Una placa de vidrio de 2 mm (mínimo) de espesor que se utiliza como tapa del molde de la muestra a preparar.

A.2.4. Balanza Analítica

La balanza analítica tendrá una sensibilidad de 0,001 g (gramos)

A.2.5. Carbonato de Magnesio

Para la preparación de la muestra patrón ha de usarse Carbonato de Magnesio en polvo químicamente puro.

A.3. Procedimiento

A.3.1. Preparación de la muestra patrón

Se pesa la cantidad necesaria de Carbonato de Magnesio de acuerdo con el volumen a rellenar de la celda (Nota 1), de forma tal que la muestra comprimida tenga una peso volumétrico de $1,0 \text{ g/cm}^3$. Se vierte el Carbonato de Magnesio en el molde y se coloca encima la placa de vidrio. A continuación se aplica presión manualmente hasta conseguir comprimir totalmente la muestra patrón.

Nota A.1: Para los propósitos de esta prueba, el volumen de la celda se calibra llenándolo con agua destilada a $296 \text{ K} \pm 1,7 \text{ K}$ hasta un punto donde el menisco se extienda apreciablemente sobre la parte superior de la medida, colocando la placa de vidrio sobre la parte superior de la medida y dejando que el exceso de agua sea desplazado hacia afuera. La ausencia de burbujas de aire, vistas a través del vidrio, asegura que la medida esté completamente llena. Se debe tener cuidado de que el exceso de agua sea limpiado de los lados del molde antes de pesar. Divida el peso del contenido de agua entre 0,9976 para determinar el volumen de la celda.

A.3.2. Preparación de la muestra de cemento

Se emplea la misma técnica descrita en 5.1. El peso volumétrico de la muestra prensada ha de ser $1,8 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$.

A.4. Medición de la blancura

Siguiendo las instrucciones de funcionamiento del fotocolorímetro, se calibra el aparato a 100 con el valor que se obtenga para la medida de la reflectancia de la muestra patrón. A continuación se hará una medida similar sobre la muestra de cemento y el resultado obtenido da, directamente en tanto por ciento, la blancura de la muestra ensayada.

<p style="text-align: center;">NORMA MEXICANA (Esta norma cancela y sustituye a las NMX-C-001-1980, NMX-C-002-1986 y NMX-C-175-1989)</p> <p style="text-align: center;">NMX-C-414-ONNCCE-1999</p> <p>Declaratoria de vigencia publicada en el D.O.F. el día 22 de abril de 1999 y Aclaración a la misma publicada en el D.O.F. el día 6 de julio de 1999.</p>	<p>B. APÉNDICE INFORMATIVO</p> <p>"RECOMENDACIÓN GENERAL PARA EL USO DE LOS CEMENTOS"</p>
---	---

B.1. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO DE LOS CEMENTOS

B.1.1. Introducción

Las propiedades y el comportamiento del concreto dependen en gran parte de su componente más activo: EL CEMENTO.

Como consecuencia, la elección del cemento más adecuado en cada caso tiene gran influencia técnica y económica para el concreto.

Ante una gran variedad de cementos disponibles es preciso distinguir entre los de utilización general y los idóneos para usos específicos, y la distinción se debe hacer en términos de la resistencia mecánica desarrollada y la durabilidad que presenta con el tiempo ante los diversos agentes agresivos.

Los cementos para usos específicos han de cumplir requisitos que no tienen por qué ser impuestos innecesariamente y antieconómicamente a los de utilización general.

En la elección de los cementos se debe evitar la incompatibilidad entre exigencias con respecto a características antagónicas, o aceptar un compromiso entre ellas, en relación con el concreto que se pretende obtener.

Si las recomendaciones sobre el empleo de los cementos son suficientemente acertadas, se consiguen concretos más económicos con muy escasa, y siempre tolerables, o ninguna merma de sus características y prestaciones.

B.1.2. Objetivo de estas recomendaciones generales

La elección de un cemento para un fin determinado no es, en general, difícil. En tal sentido es aconsejable utilizar, siempre que se pueda, un cemento de uso general, de producción uniforme y empleo local bien conocidos y acreditados. Por ejemplo, de acuerdo con esta norma mexicana, los cementos CPP y CPO, salvo una decisiva justificación en contrario.

Justificaciones en tal sentido pueden ser:

- La exigencia de altas resistencias iniciales.
- La resistencia a sulfatos del terreno, al agua de mar o a otros medios agresivos químicos.
- La reactividad de los agregados con los álcalis del cemento.
- Obras masivas de concreto en las que la temperatura pueda ocasionar agrietamientos por cambios térmicos.
- La resistencia del concreto a muy altas temperaturas
- El color (blanco) del concreto

El objetivo de estas recomendaciones es informar y ayudar al usuario a utilizar los cementos de empleo general, y a distinguir cuando debe usar otros especiales, en función de sus efectos en las propiedades, comportamiento y prestaciones del concreto. **OTRAS PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTOS DEPENDEN MÁS DE LA CANTIDAD DE CEMENTO QUE DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MISMO.**

B.1.3. Tipos de Cemento

Consideraciones generales acerca de la utilización, contraindicaciones y precauciones a tener en cuenta en el empleo de los cementos contemplados en esta norma mexicana.

B.1.3.1. Cemento Portland Ordinario (CPO)

El Cemento Portland Ordinario tiene, en principio, los mismos empleos que los de otros tipos, con las salvedades y matizaciones de cada caso. Por ejemplo, en condiciones comparables de resistencia mecánica el Cemento Portland Ordinario, en general, desprende un mayor calor de hidratación y es más sensible a los ataques químicos por medios

ácidos y salinos (en particular, por sulfatos). No obstante, este cemento puede ostentar, en determinados casos, las características especiales de bajo calor de hidratación y de resistente a los sulfatos.

Como factor positivo se puede señalar que pueden conferir una mayor protección a las armaduras contra la corrosión metálica, por la cual el Cemento Portland Ordinario es utilizable con ventaja en el caso de concreto pretensado que implique una gran responsabilidad, y siempre que se tenga en cuenta la posibilidad de fisuración por retracción (sobre todo térmica), en particular por lo que pueda afectar a la propia corrosión de armaduras.

El Cemento Portland Ordinario es especialmente apto para la prefabricación, particularmente sin tratamientos higrotérmicos, y concretos de altas resistencias, en obras públicas especiales y de gran responsabilidad como puentes de concreto pretensado, otras estructuras pretensadas, etc. En el caso de concretos con cenizas volantes, sobre todo en proporciones altas, son aconsejables, prácticamente en exclusiva, el Cemento Portland Ordinario.

Tabla B.1.1.- Recomendaciones prácticas para la utilización del Cemento Portland Ordinario

Tipo de Cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Cemento Portland Ordinario (CPO)	20	Obras de concreto en masa, de pequeño o mediano volumen. Obras de concreto armado. Algunas obras o elementos de concreto pretensado. Prefabricación con tratamientos higrotérmicos. Pavimentación y firmes en carreteras. Estabilización de suelos.	Obras en ambientes, aguas y terrenos agresivos. Obras de concreto en masa, de gran volumen, especialmente con dosificaciones altas.	Cuidar el almacenamiento, tratando de que no se prolongue más de tres meses.
	30 y 30R	Obras de concreto armado en las que se requiera un endurecimiento más rápido de lo normal. Obras o elementos de concreto pretensado. Prefabricación, incluso con tratamientos higrotérmicos.	Obras en ambientes, aguas y terrenos agresivos. Obras y piezas de concreto armado, de mediano o de gran volumen o espesor, y estructuras fácilmente fisurables por retracción, tanto plástica como térmica e hidráulica.	Cuidar el almacenamiento, tratando de que no se prolongue más de dos meses. Cuidar la dosificación (en peso), el amasado y, especialmente, el curado. Tomar las medidas necesarias para evitar fisuraciones por retracción, particularmente durante las primeras horas (retracción plástica), y en caso de piezas y elementos voluminosos, o de pequeño espesor.
	40 y 40R	Obras especiales de concreto armado de endurecimiento muy rápido y de muy altas resistencias a toda edad. Obras o elementos de concreto pretensado en los que se de la misma circunstancia. Prefabricación muy cuidada. Fabricación de concreto en tiempo o clima muy frío. Descimbrado, desencofrado y desmoldado muy rápidos.	Obras en ambientes, aguas o terrenos agresivos. Obras de concreto armado de mediano volumen o espesor, y estructuras fisurables por retracción, tanto térmica como hidráulica	Cuidar el almacenamiento, tratando de que no se prolongue más de un mes. Cuidar la dosificación (en peso), el amasado y, muy especialmente, el curado. Tomar medidas para evitar fisuraciones por retracción, particularmente durante las primeras horas (retracción plástica), y en el caso de piezas y elementos voluminosos y/o con dosificaciones incluso bajas.

B.1.3.2. Cemento Portland Puzolánico (CPP)

El Cemento Portland Puzolánico es idóneo para prefabricación mediante tratamientos higrotérmicos del concreto, bien con vapor libre o, mejor todavía, con vapor a presión en autoclave. Asimismo, el Cemento Portland Puzolánico va particularmente bien en el caso forzado de tener que emplear en el concreto, agregados reactivos con los álcalis del Cemento Portland Ordinario, en primer lugar porque la adición de puzolana reduce la proporción de clinker portland y con ella la de los álcalis que éste aporta y en segundo lugar porque la propia puzolana fija álcalis y evita o atenúa la acción sobre los agregados reactivos. Aparte de otros aspectos específicos, de naturaleza y consideración físicas.

También, el Cemento Portland Puzolánico es de bajo calor de hidratación, pudiendo dar la totalidad, o mucho de ellos, sobre todo a cortas edades, calores de hidratación inferiores incluso a los de la generalidad del cemento portland ordinario del tipo CPO-BCH.

Por todas estas circunstancias, los cementos portland puzolánicos son idóneos para obras de concreto en contacto con aguas agresivas de cualquier naturaleza, pero en particular puras, carbónicas y ligeramente ácidas. Son asimismo, aptos para concreto en grandes masas en que interese evitar una gran elevación de temperatura, y con ello la retracción y fisuración de origen térmico. Por ambas circunstancias son especialmente indicados para concreto de presas y cimentaciones masivas. No son en cambio, los más adecuados para concreto pretensado, particularmente con escasos recubrimientos

Tabla B.1.2.- Recomendaciones prácticas para la utilización del Cemento Portland Puzolánico

Tipo de Cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Cemento Portland Puzolánico (CPP)	20	Obras de concreto en masa y armado. Pavimentaciones y cimentaciones. Morteros en general. Prefabricación con tratamientos higrotérmicos. Concretos más susceptibles a ataques por aguas puras, carbónicas agresivas o con débil acidez. Obras de concreto en masa en grandes volúmenes (presas, cimentaciones masivas, muros de contención, etc.). Obras en las que se requiera impermeabilidad, a condición de que la dosificación sea la adecuada. Obras de concreto en masa, con áridos sospechosos de reactividad frente a álcalis. Obras marítimas masivas que no requieran resistencias mecánicas elevadas. Tratamientos hidrotérmicos de higrotérmicos del concreto.	Concreto pretensado con alambres adherentes. Fabricación de concreto en tiempo de heladas.	Las normales en la dosificación y en el almacenamiento, tratando de que no se prolongue más de tres meses. Curar adecuada y prolongadamente, en especial en climas secos y fríos, evitando desecaciones durante el primer período de endurecimiento, en climas cálidos y secos.
	30, 30R 40 y 40R	Los mismos fines que en el Tipo CPP, Clase Resistente 20. Obras de concreto en masa o armado que toleren un moderado calor de hidratación. Obras de concreto en masa o armado en ambientes ligeramente agresivos por aguas puras, carbónicas o con débil acidez mineral. Obras de concreto en masa o armado con agregados sospechosos de reactividad frente a álcalis. Obras de gran impermeabilidad, con dosificaciones adecuadas. Prefabricación con tratamiento hidrotérmico e higrotérmico. Obras de concreto pretensado.	Los mismos fines que el Tipo CPP, Clase Resistente 20, excepto concreto pretensado. Obras en ambientes, aguas y terrenos agresivos.	Los mismos fines que el Tipo CPP, Clase Resistente 20, reduciendo el período de almacenamiento a no más de dos meses.

B.1.3.3. Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno (CPEG)

El Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno es tanto menos vulnerable a la agresión química, en general, cuanto mayor es su contenido de escoria (o cuanto menor es su relación clínker / escoria), y en particular los menos atacables frente a las agresiones de tipo salino por agua de mar o por sulfatos.

En otro aspecto, el cemento portland de escoria granulada de alto horno es de bajo calor de hidratación, tanto menor cuanto mayor sea su contenido de escoria.

El cemento portland de escoria granulada de alto horno, por razón de la escoria, pueden contener sulfuros en determinada proporción, lo cual puede dar lugar a acciones corrosivas sobre las armaduras, especialmente serias en el caso de concreto pretensado.

4.2. Características especiales de los cementos

Se consideran características especiales: la resistencia a los sulfatos, la baja reactividad álcali agregado, el bajo calor de hidratación y el color blanco. Los respectivos cementos deben tener una designación adicional acorde con la(s) característica(s) especial(es) que presente(n).

4.2.1. Cementos resistentes a los sulfatos

Se consideran cementos con resistencia al ataque de los sulfatos, aquellos que por su comportamiento cumplan con el requisito de expansión limitada de acuerdo con el método de prueba establecido.

4.2.2. Cementos de baja reactividad álcali agregado

Se consideran cementos de baja reactividad álcali agregado, aquellos que cumplan con el requisito de expansión limitada en la reacción álcali agregado, de acuerdo con el método de prueba establecido.

4.2.3. Cementos de bajo calor de hidratación

Se consideran cementos de bajo calor de hidratación, aquellos que desarrollen un calor de hidratación igual o inferior al especificado en esta norma.

4.2.4. Cementos blancos

Se consideran cementos blancos todos aquellos cuyo índice de blancura sea igual o superior que el valor de referencia de esta norma.

4.3. Cemento Hidráulico

Es un material inorgánico finamente pulverizado, comúnmente conocido como cemento, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad.

4.4. Cemento con escoria granulada de alto horno

Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clínker portland y mayoritariamente escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio.

4.5. Cemento portland ordinario

Es el cemento producido a base de la molienda de clínker portland y usualmente sulfato de calcio.

4.6. Cemento portland compuesto

Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta del clínker portland que, usualmente contiene sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza. En el caso de la caliza, éste puede ser componente único.

4.7. Cemento portland con escoria granulada de alto horno

Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clínker portland, escoria granulada de alto horno y usualmente sulfato de calcio.

4.8. Cemento portland con humo de sílice

Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clínker portland, humo de sílice y usualmente sulfato de calcio.

4.9. Cemento portland puzolánico

Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clínker portland, materiales puzolánicos y usualmente sulfato de calcio.

Por todo lo que antecede, el cemento portland con escoria granulada de alto horno es idóneo para concreto en masa o armados (con suficiente recubrimiento de armaduras), que hayan de estar en ambientes agresivos (salinos en general, sulfatados en particular, o yesíferos), obras en zonas costeras o sumergidas en el mar, o en aguas, suelos y terrenos salinos, sulfatados o selenitosos. Y mayormente si además de la resistencia química se requiere, por la naturaleza y/o ubicación y/o finalidad de la obra, un bajo calor de hidratación que evite o disminuya la retracción térmica y la consiguiente fisuración.

Tabla B.1.3.- Recomendaciones prácticas para la utilización del Cemento Portland con Escoria Granulada

Tipo de Cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno (CPEG)	20	Obras de concreto en masa, incluso de gran volumen, que requieran de un bajo calor de hidratación. Pavimentaciones y cimentaciones. Obras subterráneas. Estabilización de suelos, suelocemento y gravacemento. Morteros de recubrimiento, agarre y juntas, salvo problemas de coloración. Obras de concreto en masa en ambientes débilmente agresivos por salinidad en general (zonas litorales) o por sulfatos. Obras marítimas masivas de mediana resistencia. Concreto armado. Prefabricación con tratamientos hidrotérmicos e higrótérmicos.	Concreto pretensado con alambres adherentes. Fabricación de concreto a bajas temperaturas o en tiempo de heladas. Obras en que importe el aspecto exterior del concreto (manchas).	Las normales en la dosificación y en el almacenamiento, tratando de que éste no se prolongue más de tres meses. Curar adecuada y prolongadamente, en especial en climas fríos o a temperaturas bajas, evitando al máximo la desecación prematura y empleando productos de curado, si es preciso.
	30, 30R 40 y 40R	Los mismos fines que el Tipo CPEG, Clase Resistente 20, en empleos que exijan resistencias aún más altas y además en: Prefabricación con tratamientos higrótérmicos.	Los mismos fines que el Tipo CPEG, Clase Resistente 20.	Las mismas prácticamente que para el Tipo CPEG, Clase Resistente 20, reduciendo el periodo de almacenamiento a no más de dos meses. Curado y desecación.

B.1.3.4. Cemento Portland Compuesto (CPC)

En principio, los cementos portland compuesto en general, perteneciente a una misma clase resistente, son equivalentes desde el punto de vista de utilización práctica, a efectos estructurales. Entre el empleo de unos u otros cementos pueden existir algunas ligeras diferencias, en función de las consistencias o de las relaciones agua/cemento de los concretos.

A efectos de durabilidad, resistencia química (excepto corrosión de armaduras), calor de hidratación, retracción y fisuración, o tratamientos higrótérmicos, y a igualdad de todo lo demás, en principio serán preferibles los cementos portland compuesto a los cementos portland ordinario, a no ser que estos tengan alguna de las características especiales incluidas en las mismas, tales como bajo calor de hidratación y/o resistente a los sulfatos.

Tabla B.1.4.- Recomendaciones prácticas para la utilización del Cemento Portland Compuesto

Tipo de Cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Cemento Portland Compuesto (CPC)	20	Prácticamente todos los fines de los Tipos CPEG y CPP, de las clases resistentes correspondientes, habida cuenta de que sus propiedades u comportamientos se pueden considerar como suma ponderada, según sea la composición, de las propiedades y comportamientos de dichos tipos de cemento y clases resistentes.	Prácticamente los mismos casos limitativos de los Tipos CPEG y CPP, de las correspondientes clases resistentes, por los mismos motivos.	Prácticamente las mismas que para el resto de los Tipos CPEG y CPP, de las clases resistentes correspondientes por razones análogas.
	30, 30R 40 y 40R	Prácticamente todos los fines de los Tipos CPEG y CPP, ya que sus propiedades y comportamientos se pueden considerar como suma ponderada según las propiedades y comportamientos de dichos tipos de cemento y clases resistentes.	Prácticamente los mismos casos limitativos de los Tipos CPEG y CPP, de las correspondientes clases resistentes, por los mismos motivos.	Prácticamente las mismas que para los Tipos CPEG y CPP, de las clases resistentes correspondientes por razones análogas.

B.1.3.5. Cemento Portland con humo de Sílice (CPS)

La utilización del cemento portland con humo de sílice requiere a veces el uso de enérgicos superfluidificantes reductores de agua en el concreto, a fin de mantener aceptablemente bajas las exigencias de agua del mismo y su retracción hidráulica de secado, esto se debe a que el humo de sílice es un producto que consta de partículas muy finas de sílice amorfa, con una superficie específica 50 veces mayor que la de un cemento portland ordinario.

Tabla B.1.5.- Recomendaciones prácticas para la utilización del Cemento Portland con humo de Sílice

Tipo de Cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Cemento Portland con humo de Sílice (CPS)	20	Obras de concreto en masa y armado. Pavimentaciones y cimentaciones. Morteros en general. Prefabricación con tratamientos higrótérmicos. Obras en las que se requiera impermeabilidad, a condición de que la dosificación sea la adecuada.	Concreto pretensado con alambres adherentes. Fabricación de concreto en tiempo de heladas.	Las normales en la dosificación y en el almacenamiento, tratando de que no se prolongue más de tres meses. Curar adecuada y prolongadamente, en especial en climas secos y fríos, evitando desecaciones durante el primer período de endurecimiento, en climas cálidos y secos.
	30, 30R 40 y 40R	Los mismos fines que en el Tipo CPS, Clase Resistente 20. Obras de gran impermeabilidad, con dosificaciones adecuadas. Prefabricación con tratamiento hidrotérmico e higrótérmico.	Los mismos fines que el Tipo CPS, Clase Resistente 20, excepto concreto pretensado. Obras en ambientes, aguas y terrenos agresivos.	Los mismos fines que el Tipo CPS, Clase Resistente 20, reduciendo el período de almacenamiento a no más de dos meses.

B.1.3.6. Cemento con Escoria Granulada de alto horno (CEG)

El cemento con escoria granulada de alto horno es utilizable en aquellos casos en que, no exigiéndose unas resistencias mínimas altas ni una grande o mediana velocidad de endurecimiento, le pueden afectar al concreto problemas de fuerte agresividad salina por parte de yesos, sulfatos en general o agua de mar. También se podrán utilizar cuando, siendo compatibles con el resto de las circunstancias del caso, éste exija la condición de un calor de hidratación muy bajo.

El cemento con escoria granulada de alto horno no es, en cambio, recomendable para concreto pretensado, ni para armado con armaduras de diámetro pequeño y escaso recubrimiento.

Tabla B.1.6.- Recomendaciones prácticas para la utilización del Cemento con Escoria Granulada

Tipo de Cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno (CEG)	20	Obras de concreto en masa, incluso de gran volumen que requieren un calor de hidratación bajo. Obras de concreto en masa en ambientes húmedo o agresivos por salinidad en general (zonas litorales) o por sulfatos de aguas y terrenos. Pavimentaciones, cimentaciones y obras subterráneas. Estabilización de suelos, sueloconcreto y gravacemento. Obras marítimas.	Concreto armado y pretensado. Concreto a bajas temperaturas. Obras de gran superficie y poco espesor, en las que importe el aspecto externo del concreto (manchas). Concreto en ambientes muy secos.	Las mismas que las del Tipo CPEG, clase resistente 20, sobre todo en lo referente al curado y a la desecación. Extremar las relativas a las dosificaciones mínimas y a la compactación. Evitar su empleo, salvo precauciones extremas de curado, en ambientes muy secos. Fabricación de concreto en tiempo frío y desecación, en el caso de concreto armado.
	30 y 30R	Los mismos fines que el Tipo CEG, clase resistente 20, siempre que se requieran resistencias mecánicas aún mayores.	Los mismos fines que el Tipo CEG, clase resistente 20.	Las mismas que para el Tipo CEG, clase resistente 20.

B.1.4 Características especiales de los cementos

Se consideran características especiales de los cementos: la resistencia a los sulfatos, la baja reactividad álcali agregado, el bajo calor de hidratación y el color blanco. Los respectivos cementos tendrán una designación adicional de acuerdo con la característica especial de cada uno. Estos cementos deberán cumplir todas las especificaciones mencionadas en esta norma mexicana.

B.1.4.1 Resistente a los Sulfatos (RS)

Tabla B.1.7.- Recomendaciones prácticas para la utilización de cemento resistente a los sulfatos

Característica Especial	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Resistente a los Sulfatos (RS)	Concretos en contacto con aguas y terrenos yesíferos o que contienen otros sulfatos, y concretos en contacto con aguas marinas o en ambientes marítimos. Concretos sometidos a la acción de los sulfatos (cálcico y/o magnésico) de aguas o terrenos. Concretos sometidos a la acción del agua de mar (sulfatos y cloruros alcalinos y alcalinotérreos).	No existen contraindicaciones para estos cementos, distintas de las que corresponden a los de su mismo tipo y clase resistente, en cada caso, siempre que se tengan en cuenta las precauciones respectivas.	Emplear siempre los materiales y las dosificaciones adecuadas en cada caso. Cuidar todas las etapas de la tecnología del concreto, y muy especialmente el curado, y, en su caso, la protección adicional o complementaria del material. Tener en cuenta que, a efectos de durabilidad, hace más un buen diseño del concreto (dosificación del cemento, relación agua/cemento, naturaleza y granulometría de los agregados, etc.) y una correcta ejecución del mismo (mezclado, transporte, vertido, puesta en obra, compactación, curado, protección, etc.) que garanticen una suficiente densidad, compactación, impermeabilidad a los fluidos e impenetrabilidad a los iones agresivos, que la selección de unos u otros cementos más o menos adecuados. En otras palabras, con un cemento que no sea el más idóneo para un determinado medio agresivo, un concreto muy compacto e impermeable resistente más y mejor que otro compacto y más vulnerable, aunque éste se haya hecho con el cemento adecuado.

B.1.4.2 Baja Reactividad Álcali agregado (BRA)**Tabla B.1.8.- Recomendaciones prácticas para la utilización de cemento con baja reactividad álcali agregado**

Característica Especial	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Baja Reactividad Álcali agregado (BRA)	Obras de concreto en masa, con agregados sospechosos de reactividad frente a álcalis.	No existen contraindicaciones para estos cementos, distintas de las que corresponden a los de su mismo tipo y clase resistente, en cada caso, siempre que se tengan en cuenta las precauciones respectivas.	Emplear siempre los materiales y las dosificaciones adecuadas en cada caso. Cuidar todas las etapas de la tecnología del concreto, y muy especialmente el curado, y, en su caso, la protección adicional o complementaria del material.

B.1.4.3 Bajo Calor de Hidratación (BCH)**Tabla B.1.9.- Recomendaciones prácticas para la utilización de cemento con bajo calor de hidratación**

Característica Especial	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Bajo Calor de Hidratación (BCH)	Obras en las que intervienen grandes masas de concreto susceptibles de experimentar fuertes retracciones por variaciones térmicas con peligro de fisuración y agrietamiento, tales como grandes macizos de presas, cimentaciones, grandes losas.	Concreto en tiempo frío y prefabricación.	Cuidar mucho el curado, evitando al máximo evaporaciones y desecaciones. Proteger el concreto cuando sea necesario.

B.1.4.4 Blanco (B)**Tabla B.1.10.- Recomendaciones prácticas para la utilización del Cemento Blanco**

Característica Especial	Utilizable para:	No recomendables, salvo precauciones especiales, para:	Precauciones:
Blanco (B)	Los mismos usos que los cementos portland ordinarios de las respectivas clases resistentes, en los casos que se requiera el color blanco o más claro de los morteros o concreto. Concretos estructurales blancos de cara vista. Concretos coloreados (con cemento blanco como base). Prefabricación de piezas o elementos de mortero y concreto, de color blanco o claro.	Obras en ambiente agresivos, especialmente en contacto con aguas o terrenos yesíferos o que contengan sulfato magnésico.	Cuidar el almacenamiento, evitando que se prolongue demasiado, no debiendo pasar de dos meses (30 y 30 R) o de un mes (40 y 40 R). Cuidar la dosificación (en peso), el mezclado y, sobre todo, el curado. Tomar medidas para evitar fisuraciones por retracción, particularmente durante las primeras horas y en el caso de piezas o elementos voluminosos. En el caso de utilizar agregados pigmentados para obtener morteros y concretos coloreados, asegurarse de su idoneidad y compatibilidad con el cemento, a efectos de fraguado, resistencia mecánica, estabilidad de volumen y durabilidad.

B.2. VIGENCIA

Con el fin de facilitar la transición de la presente norma mexicana y tomando en cuenta los cambios que involucra la implementación de la nueva designación normalizada, ésta norma entrará en vigor a los 6 meses después de la publicación de la declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación por parte de la SECOFI.



Standard Specification for Portland Cement¹

This standard is issued under the fixed designation C 150; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This specification covers eight types of portland cement, as follows (see Note 1):

1.1.1 *Type I*—For use when the special properties specified for any other type are not required.

1.1.2 *Type IA*—Air-entraining cement for the same uses as Type I, where air-entrainment is desired.

1.1.3 *Type II*—For general use, more especially when moderate sulfate resistance or moderate heat of hydration is desired.

1.1.4 *Type IIA*—Air-entraining cement for the same uses as Type II, where air-entrainment is desired.

1.1.5 *Type III*—For use when high early strength is desired.

1.1.6 *Type IIIA*—Air-entraining cement for the same use as Type III, where air-entrainment is desired.

1.1.7 *Type IV*—For use when a low heat of hydration is desired.

1.1.8 *Type V*—For use when high sulfate resistance is desired.

1.2 When both SI and inch-pound units are present, the SI units are the standard. The inch-pound units are approximations listed for information only.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C 33 Specification for Concrete Aggregates²

C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)³

C 114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement³

C 115 Test Method for Fineness of Portland Cement by the Turbidimeter³

C 151 Test Method for Autoclave Expansion of Portland Cement³

C 183 Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement³

C 185 Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar³

C 186 Test Method for Heat of Hydration of Hydraulic Cement³

C 191 Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle³

C 204 Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air Permeability Apparatus³

C 226 Specification for Air-Entraining Additions for Use in the Manufacture of Air-Entraining Portland Cement³

C 266 Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement Paste by Gillmore Needles³

C 451 Test Method for Early Stiffening of Hydraulic Cement (Paste Method)³

C 452 Test Method for Potential Expansion of Portland Cement Mortars Exposed to Sulfate³

C 465 Specification for Processing Additions for Use in the Manufacture of Hydraulic Cements³

C 563 Test Method for Optimum SO₃ in Hydraulic Cement Using 24-h Compressive Strength³

C 1038 Test Method for Expansion of Portland Cement Mortar Bars Stored in Water³

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁴

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 *portland cement*—a hydraulic cement produced by pulverizing clinker consisting essentially of hydraulic calcium silicates, usually containing one or more of the forms of calcium sulfate as an interground addition.

3.1.2 *air-entraining portland cement*—a hydraulic cement produced by pulverizing clinker consisting essentially of hydraulic calcium silicates, usually containing one or more of the

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.10 on Portland Cement.

Current edition approved Feb. 10, 2000. Published December 2000. Originally published as C 150 – 40 T. Last previous edition C 150 – 99a.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

⁴ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.

forms of calcium sulfate as an interground addition, and with which there has been interground an air-entraining addition.

4. Ordering Information

4.1 Orders for material under this specification shall include the following:

- 4.1.1 This specification number and date,
- 4.1.2 Type or types allowable. If no type is specified, Type I shall be supplied,
- 4.1.3 Any optional chemical requirements from Table 2, if desired,
- 4.1.4 Type of setting-time test required, Vicat or Gillmore. If not specified, the Vicat shall be used,
- 4.1.5 Any optional physical requirements from Table 3, if desired.

NOTE 1—Cement conforming to the requirements for all types are not carried in stock in some areas. In advance of specifying the use of cement other than Type I, determine whether the proposed type of cement is, or can be made, available.

5. Additions

5.1 The cement covered by this specification shall contain no addition except as follows:

5.1.1 Water or calcium sulfate, or both, if added, shall be in amounts such that the limits shown in Table 1 for sulfur trioxide and loss-on-ignition are not exceeded.

5.1.2 Processing additions used in the manufacture of the

cement shall have been shown to meet the requirements of Specification C 465 in the amounts used or greater.

5.1.3 Air-entraining portland cement shall contain an interground addition conforming to the requirements of Specification C 226.

6. Chemical Composition

6.1 Portland cement of each of the eight types shown in Section 1 shall conform to the respective standard chemical requirements prescribed in Table 1. In addition, optional chemical requirements are shown in Table 2.

NOTE 2—When comparing oxide analyses and calculated compounds from different sources or from different historic times, be aware that they may not have been reported on exactly the same basis. Chemical data obtained by Reference and Alternate Test Methods of Test Methods C 114 (wet chemistry) may include titania and phosphorus as alumina unless proper correction has been made (see Test Methods C 114), while data obtained by rapid instrumental methods usually do not. This can result in small differences in the calculated compounds. Such differences are usually within the precision of the analytical methods, even when the methods are properly qualified under the requirements of Test Methods C 114.

7. Physical Properties

7.1 Portland cement of each of the eight types shown in Section 1 shall conform to the respective standard physical requirements prescribed in Table 3. In addition, optional physical requirements are shown in Table 4.

TABLE 1 Standard Chemical Requirements

Cement Type ^A	I and IA	II and IIA	III and IIIA	IV	V
Silicon dioxide (SiO ₂), min, %	...	20.0 ^{B,C}	...	...	...
Aluminum oxide (Al ₂ O ₃), max, %	...	6.0	...	...	...
Ferric oxide (Fe ₂ O ₃), max, %	...	6.0 ^{B,C}	...	6.5	...
Magnesium oxide (MgO), max, %	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Sulfur trioxide (SO ₃), ^D max, %					
When (C ₃ A) ^E is 8 % or less	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
When (C ₃ A) ^E is more than 8 %	3.5	^F	4.5	^F	^F
Loss on ignition, max, %	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Insoluble residue, max, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Tricalcium silicate (C ₃ S), ^E max, %	...	...	...	35 ^B	...
Dicalcium silicate (C ₂ S), ^E min, %	...	...	...	40 ^B	...
Tricalcium aluminate (C ₃ A) ^E max, %	...	8	15	7 ^B	5 ^C
Tetracalcium aluminoferrite plus twice the tricalcium aluminoferrite ^E (C ₄ AF + 2(C ₃ A)), or solid solution (C ₄ AF + C ₂ F), as applicable, max, %	...	...	...	...	25 ^C

^A See Note 1.

^B Does not apply when the heat of hydration limit in Table 4 is specified.

^C Does not apply when the sulfate resistance limit in Table 4 is specified.

^D There are cases where optimum SO₃ (using Test Method C 563) for a particular cement is close to or in excess of the limit in this specification. In such cases where properties of a cement can be improved by exceeding the SO₃ limits stated in this table, it is permissible to exceed the values in the table, provided it has been demonstrated by Test Method C 1038 that the cement with the increased SO₃ will not develop expansion in water exceeding 0.020 % at 14 days. When the manufacturer supplies cement under this provision, he shall, upon request, supply supporting data to the purchaser.

^E All values calculated as described in this note shall be rounded according to Practice E 29. When evaluating conformance to a specification, round values to the same number of places as the corresponding table entry before making comparisons. The expressing of chemical limitations by means of calculated assumed compounds does not necessarily mean that the oxides are actually or entirely present as such compounds.

When expressing compounds, C = CaO, S = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃. For example, C₃A = 3CaO·Al₂O₃.

Titanium dioxide and phosphorus pentoxide (TiO₂ and P₂O₅) shall not be included with the Al₂O₃ content. See Note 2.

When the ratio of percentages of aluminum oxide to ferric oxide is 0.64 or more, the percentages of tricalcium silicate, dicalcium silicate, tricalcium aluminate, and tetracalcium aluminoferrite shall be calculated from the chemical analysis as follows:

$$\text{Tricalcium silicate} = (4.071 \times \% \text{ CaO}) - (7.600 \times \% \text{ SiO}_2) - (6.718 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (1.430 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{ SO}_3)$$

$$\text{Dicalcium silicate} = (2.867 \times \% \text{ SiO}_2) - (0.7544 \times \% \text{ C}_3\text{S})$$

$$\text{Tricalcium aluminate} = (2.650 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (1.692 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Tetracalcium aluminoferrite} = 3.043 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

When the alumina-ferric oxide ratio is less than 0.64, a calcium aluminoferrite solid solution (expressed as ss(C₄AF + C₂F)) is formed. Contents of this solid solution and of tricalcium silicate shall be calculated by the following formulas:

$$\text{ss(C}_4\text{AF + C}_2\text{F)} = (2.100 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) + (1.702 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Tricalcium silicate} = (4.071 \times \% \text{ CaO}) - (7.600 \times \% \text{ SiO}_2) - (4.479 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (2.859 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{ SO}_3)$$

No tricalcium aluminate will be present in cements of this composition. Dicalcium silicate shall be calculated as previously shown.

^F Not applicable.

TABLE 2 Optional Chemical Requirements^A

Cement Type	I and IA	II and IIA	III and IIIA	IV	V	Remarks
Tricalcium aluminate (C ₃ A), ^B max, %	...	...	8	...	...	for moderate sulfate resistance
Tricalcium aluminate (C ₃ A), ^B max, %	...	...	5	...	...	for high sulfate resistance
Sum of tricalcium silicate and tricalcium aluminate, ^B max, %	...	58 ^C	...	...	...	for moderate heat of hydration
Equivalent Alkalies (Na ₂ O + 0.658K ₂ O), max, %	0.60^{D}	0.60^{D}	0.60^{D}	0.60^{D}	0.60 ^D	low-alkali cement

^A These optional requirements apply only when specifically requested. Verify availability before ordering. See Note 1 in Section 4.

^B All values calculated as described in this note shall be rounded according to Practice E 29. When evaluating conformance to a specification, round values to the same number of places as the corresponding table entry before making comparisons. The expressing of chemical limitations by means of calculated assumed compounds does not necessarily mean that the oxides are actually or entirely present as such compounds.

When expressing compounds, C = CaO, S = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃. For example, C₃A = 3CaO·Al₂O₃.

Titanium dioxide and phosphorus pentoxide (TiO₂ and P₂O₅) shall not be included with the Al₂O₃ content. See Note 2.

When the ratio of percentages of aluminum oxide to ferric oxide is 0.64 or more, the percentages of tricalcium silicate, dicalcium silicate, tricalcium aluminate, and tetracalcium aluminoferrite shall be calculated from the chemical analysis as follows:

$$\text{Tricalcium silicate} = (4.071 \times \% \text{CaO}) - (7.600 \times \% \text{SiO}_2) - (6.718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{SO}_3)$$

$$\text{Dicalcium silicate} = (2.867 \times \% \text{SiO}_2) - (0.7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$\text{Tricalcium aluminate} = (2.650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Tetracalcium aluminoferrite} = 3.043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3$$

When the alumina-ferric oxide ratio is less than 0.64, a calcium aluminoferrite solid solution (expressed as ss (C₄AF + C₂F)) is formed. Contents of this solid solution and of tricalcium silicate shall be calculated by the following formulas:

$$\text{ss}(C_4\text{AF} + C_2\text{F}) = (2.100 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) + (1.702 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Tricalcium silicate} = (4.071 \times \% \text{CaO}) - (7.600 \times \% \text{SiO}_2) - (4.479 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (2.859 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{SO}_3)$$

No tricalcium aluminate will be present in cements of this composition. Dicalcium silicate shall be calculated as previously shown.

^C The optional limit for heat of hydration in Table 4 shall not be requested when this optional limit is requested.

^D Specify this limit when the cement is to be used in concrete with aggregates that are potentially reactive and no other provisions have been made to protect the concrete from deleteriously reactive aggregates. Refer to Specification C 33 for information on potential reactivity of aggregates.

TABLE 3 Standard Physical Requirements

Cement Type ^A	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
Air content of mortar, ^B volume %:								
max	12	22	12	22	12	22	12	12
min	...	16	...	16	...	16	...	...
Fineness, ^C specific surface, m ² /kg (alternative methods):								
Turbidimeter test, min	160	160	160	160	...	...	160	160
Air permeability test, min	280	280	280	280	...	...	280	280
Autoclave expansion, max, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Strength, not less than the values shown for the ages indicated as follows: ^D								
Compressive strength, MPa (psi):								
1 day	...	...	...	...	12.0 (1740)	10.0 (1450)	...	...
3 days	12.0 (1740)	10.0 (1450)	10.0 (1450) 7.0 ^E (1020) ^E	8.0 (1160) 6.0 ^E (870) ^E	24.0 (3480)	19.0 (2760)	...	8.0 (1160)
7 days	19.0 (2760)	16.0 (2320)	17.0 (2470) 12.0 ^E (1740) ^E	14.0 (2030) 9.0 ^E (1310) ^E	...	...	7.0 (1020)	15.0 (2180)
28 days	...	...	...	...	...	...	17.0 (2470)	21.0 (3050)
Time of setting (alternative methods): ^F								
Gillmore test:								
Initial set, min, not less than	60	60	60	60	60	60	60	60
Final set, min, not more than	600	600	600	600	600	600	600	600
Vicat test: ^G								
Time of setting, min, not less than	45	45	45	45	45	45	45	45
Time of setting, min, not more than	375	375	375	375	375	375	375	375

^A See Note 1.

^B Compliance with the requirements of this specification does not necessarily ensure that the desired air content will be obtained in concrete.

^C The testing laboratory shall select the fineness method to be used. However, when the sample fails to meet the requirements of the air-permeability test, the turbidimeter test shall be used, and the requirements in this table for the turbidimetric method shall govern.

^D The strength at any specified test age shall be not less than that attained at any previous specified test age.

^E When the optional heat of hydration or the chemical limit on the sum of the tricalcium silicate and tricalcium aluminate is specified.

^F The time-of-setting test required shall be specified by the purchaser. In case he does not so specify, the requirements of the Vicat test only shall govern.

^G The time of setting is that described as initial setting time in Test Method C 191.

8. Sampling

8.1 When the purchaser desires that the cement be sampled and tested to verify compliance with this specification, perform sampling and testing in accordance with Practice C 183.

8.2 Practice C 183 is not designed for manufacturing quality control and is not required for manufacturer's certification.

TABLE 4 Optional Physical Requirements^A

Cement Type ^A	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
False set, final penetration, min, %	50	50	50	50	50	50	50	50
Heat of hydration:								
7 days, max, kJ/kg (cal/g)	...	...	290 (70) ^B	290 (70) ^B	...	...	250 (60) ^C	...
28 days, max, kJ/kg (cal/g)	...	...	...	...	...	...	290 (70) ^C	...
Strength, not less than the values shown:								
Compressive strength, MPa (psi)								
28 days	28.0 (4060)	22.0 (3190)	28.0 (4060) 22.0 ^B (3190) ^B	22.0 (3190) 18.0 ^B (2610) ^B	...	...	...	...
Sulfate resistance, ^D 14 days, max, % expansion	...	...	...^E	... ^E	...	...	...	0.040

^A These optional requirements apply only when specifically requested. Verify availability before ordering. See Note 1 in Section 4.

^B The optional limit for the sum of the tricalcium silicate and tricalcium aluminate in Table 2 shall not be requested when this optional limit is requested. These strength requirements apply when either heat of hydration or the sum of tricalcium silicate and tricalcium aluminate requirements are requested.

^C When the heat of hydration limit is specified, it shall be instead of the limits of C₃S, C₂S, C₃A, SiO₂, and Fe₂O₃ listed in Table 1.

^D When the sulfate resistance is specified, it shall be instead of the limits of C₃A, C₄AF + 2 C₃A, SiO₂, and Fe₂O₃ listed in Table 1.

^E Cement meeting the high sulfate resistance limit for Type V is deemed to meet the moderate sulfate resistance requirement of Type II.

9. Test Methods

9.1 Determine the applicable properties enumerated in this specification in accordance with the following test methods:

- 9.1.1 *Air Content of Mortar*—Test Method C 185.
- 9.1.2 *Chemical Analysis*—Test Methods C 114.
- 9.1.3 *Strength*—Test Method C 109.
- 9.1.4 *False Set*—Test Method C 451.
- 9.1.5 *Fineness by Air Permeability*—Test Method C 204.
- 9.1.6 *Fineness by Turbidimeter*—Test Method C 115.
- 9.1.7 *Heat of Hydration*—Test Method C 186.
- 9.1.8 *Autoclave Expansion*—Test Method C 151.
- 9.1.9 *Time of Setting by Gillmore Needles*—Test Method C 266.
- 9.1.10 *Time of Setting by Vicat Needles*—Test Method C 191.
- 9.1.11 *Sulfate Resistance*—Test Method C 452 (sulfate expansion).
- 9.1.12 *Calcium Sulfate (expansion of) Mortar*—Test Method C 1038.
- 9.1.13 *Optimum SO₃*—Test Method C 563.

10. Inspection

10.1 Inspection of the material shall be made as agreed upon between the purchaser and the seller as part of the purchase contract.

11. Rejection

11.1 The cement shall be rejected if it fails to meet any of the requirements of this specification.

11.2 At the option of the purchaser, retest, before using, cement remaining in bulk storage for more than 6 months or cement in bags in local storage in the custody of a vendor for more than 3 months after completion of tests and reject the cement if it fails to conform to any of the requirements of this specification. Cement so rejected shall be the responsibility of the owner of record at the time of resampling for retest.

11.3 Packages shall identify the mass contained as net weight. At the option of the purchaser, packages more than 2 % below the mass marked thereon shall be rejected and if the average mass of packages in any shipment, as shown by determining the mass of 50 packages selected at random, is less than that marked on the packages, the entire shipment shall be rejected.

12. Manufacturer's Statement

12.1 At the request of the purchaser, the manufacturer shall state in writing the nature, amount, and identity of any air-entraining addition and of any processing addition used, and also, if requested, shall supply test data showing compliance of such air-entraining addition with Specification C 226 and of such processing addition with Specification C 465.

13. Packaging and Package Marking

13.1 When the cement is delivered in packages, the words "Portland Cement," the type of cement, the name and brand of the manufacturer, and the mass of the cement contained therein shall be plainly marked on each package. When the cement is an air-entraining type, the words "air-entraining" shall be plainly marked on each package. Similar information shall be provided in the shipping documents accompanying the shipment of packaged or bulk cement. All packages shall be in good condition at the time of inspection.

NOTE 3—With the change to SI units, it is desirable to establish a standard SI package for portland cements. To that end 42 kg (92.6 lb) provides a convenient, even-numbered mass reasonably similar to the traditional 94-lb (42.6-kg) package.

14. Storage

14.1 The cement shall be stored in such a manner as to permit easy access for proper inspection and identification of each shipment, and in a suitable weather-tight building that will protect the cement from dampness and minimize warehouse set.

15. Manufacturer's Certification

15.1 Upon request of the purchaser in the contract or order, a manufacturer's report shall be furnished at the time of shipment stating the results of tests made on samples of the material taken during production or transfer and certifying that the cement conforms to applicable requirements of this specification.

16. Keywords

16.1 hydraulic cement; portland cement; specification

APPENDIX

X1. MANUFACTURER'S CERTIFICATION (MILL TEST REPORT)

X1.1 To provide uniformity for reporting the results of tests performed on cements under this specification, as required by Section 15 of Specification C 150 entitled **Manufacturer's Certification**, an example Mill Test Report is shown in Fig. X1.1.

X1.2 The identity information given should unambiguously identify the cement production represented by the Mill Test Report and may vary depending upon the manufacturer's designation and purchaser's requirements.

X1.3 The Manufacturer's Certification statement may vary depending upon the manufacturer's procurement order, or legal requirements, but should certify that the cement shipped is represented by the certificate and that the cement conforms to applicable requirements of the specification at the time it was tested (or retested) or shipped.

X1.4 The sample Mill Test Report has been developed to

reflect the chemical and physical requirements of this specification and recommends reporting all analyses and tests normally performed on cements meeting Specification C 150. Purchaser reporting requirements should govern if different from normal reporting by the manufacturer or from those recommended here.

X1.5 Cements may be shipped prior to later-age test data being available. In such cases, the test value may be left blank. Alternatively, the manufacturer can generally provide estimates based on historical production data. The report should indicate if such estimates are provided.

X1.6 In reporting limits from the tables in Specification C 150 on the Mill Test Report, only those limits specifically applicable should be listed. In some cases, Specification C 150 table limits are superseded by other provisions.

ABC Portland Cement Company
Qualitytown, N. J.

Plant Example Cement Type II Date March 9, 1998

Production Period March 2, 1998 - March 8, 1998

STANDARD REQUIREMENTS
ASTM C 150 Tables 1 and 3

CHEMICAL			PHYSICAL		
Item	Spec. Limit	Test Result	Item	Spec. Limit	Test Result
SiO ₂ (%)	20.0 min	21.3	Air content of mortar (volume %)	12 max	8
Al ₂ O ₃ (%)	6.0 max	4.6	Fineness (m ² /kg)	280 min	377
Fe ₂ O ₃ (%)	6.0 max	3.4	(Air permeability)		
CaO (%)	A	63.2	Autoclave expansion (%)	0.80 max	0.04
MgO (%)	6.0 max	2.2	Compressive strength (MPa)	min:	
SO ₃ (%)	3.0 max	2.7	1 Day	A	
Loss on ignition (%)	3.0 max	1.2	3 Days	7.0	23.4
Na ₂ O (%)	A	0.19	7 Days	12.0	29.8
K ₂ O (%)	A	0.50	28 Days	A	
Insoluble residue (%)	0.75 max	0.27	Time of setting (minutes)		
			(Vicat)		
Potential compounds (%)			Initial	Not less than 45	124
C ₃ S	A	52		Not more than 375	
C ₂ S	A	22			
C ₃ A	8 max	6			
C ₄ AF	A	10			
C ₄ AF+2(C ₃ A)	A	22			

^ANot applicable.

OPTIONAL REQUIREMENTS
ASTM C 150 Tables 2 and 4

CHEMICAL			PHYSICAL		
Item	Spec. Limit	Test Result	Item	Spec. Limit	Test Result
C ₃ S + C ₃ A (%)	58 max	58	False set (%)	50 min	82
Equivalent alkalies(%)	B	0.52	Heat of hydration (kJ/kg)	B	300
			7 days		
			Compressive strength (MPa)		
			28 days	28.0 min	39.7

^BLimit not specified by purchaser. Test result provided for information only.

^CTest result for this production period not yet available.

We certify that the above described cement, at the time of shipment, meets the chemical and physical requirements of the ASTM C 150-97 or (other) _____ specification.

Signature: _____ Title: _____

FIG. X1.1 Example Mill Test Report

 **C 150**

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA EDIFICACIÓN S.C.**

NORMA MEXICANA

NMX-C-083-ONNCCE-2002

(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-083-1997)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 13 de febrero de 2003

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - MÉTODO DE
PRUEBA"**

**"BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - DETERMINATION OF COMPRESSIVE STRENGTH
OF CILINDRICAL CONCRETE SPECIMEN - TEST METHOD"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación S.C.
Constitución No. 50 Col. Escandón C.P. 11800, México, D.F. Tel. 5273 1991 fax . 5661 4659

Correo electrónico: normas@mall.onncce.org.mx Internet: <http://www.onncce.org.mx>

© PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACION POR ESCRITO DEL ONNCCE



NORMA MEXICANA

NMX-C-083-ONNCCE-2002
(Esta norma cancela y sustituye a la
NMX-C-083-1997)

Declaratoria de vigencia publicada en el
D.O.F. el día 13 de febrero de 2003

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN
DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE
CONCRETO - MÉTODO DE PRUEBA"**

**"BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - DETERMINATION OF
COMPRESSIVE STRENGTH OF CILINDRICAL CONCRETE SPECIMEN -
TEST METHOD"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y La Edificación, S.C.

Constitución No. 50 Col. Escandón C.P. 11800, México, D.F. Tel. 5273 1991 fax. 5661 4659

Correo electrónico: normas@mail.onncce.org.mx Internet: <http://www.onncce.org.mx>

© PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL ONNCCE



COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN-1

0. PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ANALISEC
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO, A.C. (AMICPAC)
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- EDAC INGENIEROS, S.A.
- ESTUDIOS, DISEÑOS Y LABORATORIO, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC).
- KAPRA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS DE ALTO NIVEL EN CALIDAD.
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- SECCIÓN CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A.C. (ACI)

	ÍNDICE	Página
0.	PREFACIO	2
1.	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	3
2.	REFERENCIAS	3
3.	DEFINICIONES	3
4.	EQUIPO, APARATOS Y/O INSTRUMENTOS.....	3
4.1.	Máquina de prueba.....	3
4.2.	Dispositivos de lectura de carga.....	5
4.3.	Verificación de carga	5
5.	PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS.....	6
5.1.	Dimensiones	6
5.2.	Cabeceo	6
6.	CONDICIONES AMBIENTALES	6
6.1.	Especímenes húmedos	6
6.2.	Condiciones especiales de humedad	6
7.	PROCEDIMIENTO	6
7.1.	Colocación de especímenes	6
7.2.	Velocidad de aplicación de carga	7
8.	CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	8
9.	PRECISIÓN	8
10.	INFORME DE LA PRUEBA	8
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	8
12.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	8
A.	APÉNDICE INFORMATIVO.....	8
A.1.	Vigencia.....	8

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece los métodos de prueba para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en especímenes cilíndricos moldeados y corazones de concreto con masa volumétrica mayor a 900 kg/m^3 .

2. REFERENCIAS

Esta norma, se complementa con las siguientes normas mexicanas en vigor:

NMX-C-109-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos.
NMX-CH-027-SCFI	Verificación de máquinas de ensaye uniaxiales - Máquinas de ensaye a la tensión.
NMX-C-169-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Obtención y prueba de corazones y vigas extraídas de concreto endurecido.
NMX-C-251-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Terminología.

3. DEFINICIONES

Para mejor comprensión de la presente norma, se utilizaron las definiciones especificadas con la norma NMX-C-251-ONNCCE en vigor.

4. EQUIPO, APARATOS Y/O INSTRUMENTOS

4.1. Máquina de prueba

La máquina de prueba puede ser de tipo a compresión o universal, con capacidad suficiente y que pueda funcionar a la velocidad de aplicación de la carga (especificada en 6.2.), sin producir impactos ni pérdida de carga.

4.1.1. Si la máquina de prueba tiene solamente una velocidad de carga que cumpla con lo indicado en 6.2, 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 debe ser lo suficientemente grande para darle cabida, en una posición cómoda, a estos y al dispositivo de calibración.

4.1.2. La máquina de prueba debe estar equipada con dos bloques sólidos de acero o similar, para la aplicación de la carga, con superficie de contacto endurecida con una dureza rockwell deseable de C-55. Uno de los bloques debe tener asiento esférico y apoyarse en la parte superior del espécimen, y el otro bloque rígido sobre el cual descansará el mismo.

Con excepción de los círculos concéntricos descritos más adelante, la superficie de apoyo no debe diferir de un plano en más de 0,025 mm en una longitud de 150 mm; para los bloques menores de 150 mm, la tolerancia en planicidad es de 0,025 mm. Es recomendable que los bloques nuevos tengan la mitad de estas tolerancias.

Cuando el diámetro de la superficie de carga del bloque 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.

4.1.3. El apoyo inferior puede ser una platina, si ésta es fácilmente desmontable y susceptible de maquinarse o en su defecto, un bloque adicional que puede o no estar fijo a la platina.

En caso de existir el bloque adicional, éste debe cumplir con los siguientes requisitos:

Se debe maquinar cuando se requiera para conservar las condiciones específicas de superficies, las cuales deben ser paralelas entre sí; su dimensión horizontal menor debe ser por lo menos 3 % mayor que el diámetro del espécimen que se va a probar y los círculos concéntricos que se describen en 4.1.2. son opcionales en la cara donde se apoya el espécimen.

4.1.3.1. Cuando el bloque inferior de apoyo se use para centrar el espécimen, el centro de los círculos concéntricos, (cuando se tengan), o el centro del bloque, debe coincidir con el centro de la cabeza esférica y se debe tener la precaución de que dicho bloque no se deslice sobre la platina.

4.1.3.2. El bloque de apoyo inferior debe tener como mínimo 22,5 mm de espesor después de cualquier rectificación de sus superficies.

4.1.4. El bloque superior de carga, con asiento esférico, debe cumplir con los siguientes requisitos:

4.1.4.1. Su diámetro máximo no debe exceder los valores dados en la tabla 1:

Tabla 1.- Diámetro 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

4.1.4.2. Los bloques de apoyo con asiento esférico pueden tener caras cuadradas, siempre y cuando el diámetro del mayor círculo inscrito no exceda de los diámetros señalados de la Tabla 1, sin embargo, se aceptan máquinas con placa de carga superior de dimensiones mayores siempre que garanticen el correcto acoplamiento a la base superior del espécimen por probar, mediante la verificación de la planicidad de la superficie de la placa.

4.1.4.3. El centro de la esfera debe coincidir con el centro de la superficie de la cara de apoyo con una tolerancia de ± 0.05 mm.

4.1.4.4. De preferencia el área de contacto debe ser en forma de anillo, como se muestra en la figura 1, la esfera y el soporte deben ser diseñados de tal manera, que el acero en las áreas de contacto no se deforme permanentemente.

4.1.4.5. La superficie curva del soporte y la porción esférica se deben de conservar limpias y lubricar con aceite mineral delgado y no con grasa lubricante. No se debe reacomodar la placa de carga una vez que se ha iniciado la aplicación de la carga.

4.1.4.6. Si el radio de la esfera es más pequeño que el radio del espécimen de mayor tamaño que se va a probar, la porción de la cara de apoyo del bloque de carga que se extiende más allá de la esfera, debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La dimensión mínima de la cara de apoyo del bloque de carga debe ser la correspondiente al diámetro de la esfera (véase Figura 1).

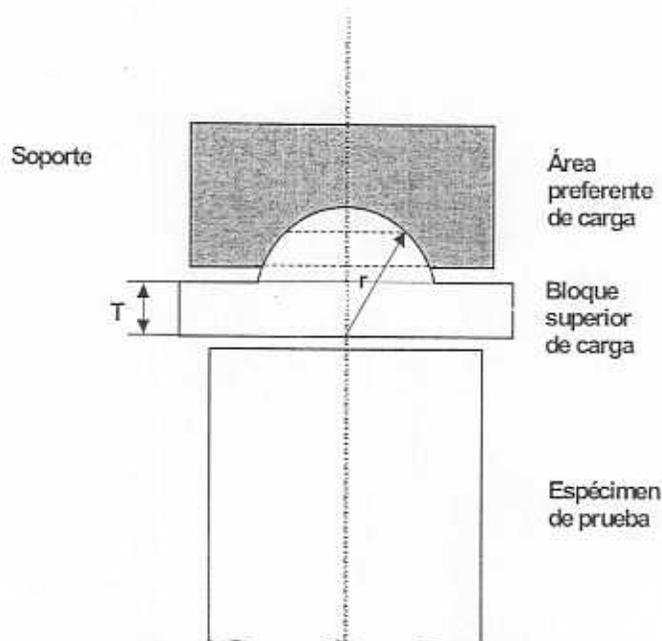


Figura1.- Bloque de carga con asiento esférico

Nota 1: T no debe ser menor que la diferencia $R-r$, se deben tener los dispositivos necesarios para sostener el bloque superior en el soporte.

4.1.4.7. La porción móvil del bloque de carga debe ser sostenida cerca del asiento esférico, pero el diseño debe ser tal, que la cara de apoyo pueda girar libremente por lo menos 4° en cualquier dirección.

4.2. Dispositivos de lectura de carga

Si la carga de una máquina para ensaye a compresión, se registra en una carátula, esta debe estar provista de una escala graduada que se pueda leer 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.

Debe contar con una aguja indicadora, la cual debe tener la longitud suficiente para coincidir con las marcas de graduación y el ancho de su extremo no debe ser mayor que el claro libre entre dos divisiones mínimas.

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.

4.3. Verificación de carga

La verificación de la precisión de la máquina de prueba debe realizarse de acuerdo con la norma NMX-CH-027 (véase Capítulo 2), bajo las condiciones siguientes:

El error permitido en la máquina, para la realización de la prueba 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 acreditado por la entidad de acreditación u organismo acreditador autorizado, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, cada año como máximo o cada 40 000 ensayos.

Además, se debe realizar esta operación inmediatamente después de que se efectúen reparaciones o ajustes en los mecanismos de medición, cada vez que se cambie de sitio la máquina o si por alguna razón se duda de la exactitud de los resultados, sin importar cuando se efectuó la última calibración.

5. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

5.1. Dimensiones

El diámetro y la altura del espécimen de prueba debe determinarse promediando las medidas de 2 diámetros perpendiculares entre sí a una altura media del espécimen y 2 alturas opuestas con una aproximación de 1 mm.

Para medir el diámetro, es suficiente utilizar el compás de punta. 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 tabla No. 2, los valores intermedios que no aparecen en la tabla 2 deben calcularse por interpolación no deberán ensayarse especímenes con relación diámetro a altura menor de 1:1.

Tabla 2.- Factores de corrección por esbeltez

Relación 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

5.2. Cabeceo

Antes del ensayo, las bases de los especímenes o caras de aplicación de carga no se deben apartar de la perpendicular al eje en más de 0,5°, 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 norma NMX-C-109-ONNCCE (véase Capítulo 2).

6. CONDICIONES AMBIENTALES

6.1. Especímenes húmedos

El ensayo a la compresión de los especímenes curados en húmedo debe efectuarse tan pronto como sea posible después de retirarlos de la pileta o del cuarto húmedo y una vez que el material de cabeceo haya adquirido la resistencia requerida verificada de acuerdo a la NMX-C-109-ONNCCE (véase Capítulo 2); durante el tiempo transcurrido entre el retiro del almacenamiento húmedo y el ensayo, se debe prevenir la pérdida excesiva de humedad en los especímenes.

6.2. Condiciones especiales de humedad

En el caso de especímenes sometidos en condiciones de curado especiales, curado a vapor o curado ambiente, los especímenes se deben ensayar con la condición de humedad resultante del curado especificado (a vapor, medio ambiente, etc.).

7. PROCEDIMIENTO

7.1. Colocación de especímenes

Se limpian las superficies de las placas superior e inferior y 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.

7.2. Velocidad de aplicación de carga

Se debe aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, ni pérdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 137 kPa/s a 343 kPa/s (84 kgf/cm²/min a 210 kgf/cm²/min) equivalente para un diámetro estándar de 15 cm a un rango de 2,4 kN/s a 6,0 kN/s (14,8 tonf/min a 37,1 tonf/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; pueden utilizarse máquinas operadas manualmente o motorizadas que permitan cumplir con lo anterior, teniendo en cuenta que sólo se harán los ajustes necesarios en los controles de la máquina de prueba para mantener uniforme la velocidad de aplicación de carga, hasta que ocurra la falla.

7.2.2. Se aplica la carga hasta que aparezca la falla de ruptura, registrándola en el informe. (véase Figura 2).

7.2.3. Es recomendable colocar en la máquina, dispositivos para cumplir con los requisitos de seguridad para los operadores durante el ensayo del espécimen.

7.2.4. Los especímenes para la aceptación o rechazo de concreto deben ensayarse a la edad de 14 días en el caso del concreto de resistencia rápida o 28 días en el caso de resistencia normal con las tolerancias que se indican en la tabla 3, para los especímenes extraídos de concreto endurecido aplicar las edades especificadas en la NMX-C-169-ONNCCE (véase Capítulo 2).



Figura 2.- Diagrama de fallas de cilindros sometidos a compresión

Tabla 3.- Tolerancias

Edad de Prueba	Tolerancia Permisible
24 h	± 0:30 h
3 días	± 2 h
7 días	± 6 h
14 días	± 12 h
28 días	± 24 h

Para aquellos especímenes en los cuales no se tenga una edad de prueba de las prescritas anteriormente, se ensayará con las tolerancias que se fijen en común acuerdo por los interesados.

8. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

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 determinada con el diámetro medido como se describe en el inciso 7.1. El resultado de la prueba se expresa con una aproximación de 100 kPa (1 kgf/cm²).

9. PRECISIÓN

Al momento de revisar el presente documento no se contó con datos necesarios para establecer la precisión del método.

10. 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 mm
- d) Área de la sección transversal en cm² con aproximación al décimo
- e) Masa del espécimen en kg
- f) Carga máxima en N (kgf)
- g) Resistencia a la compresión, calculada con aproximación a 100 kPa (1 kgf/cm²)
- h) Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas
- i) Descripción de falla de ruptura

11. BIBLIOGRAFÍA

- | | |
|-----------------------|---|
| ASTM C-39-86 | Standard Method Of Test "Compressive Strength Of Cylindrical Concrete Specimens". |
| ASTM C-683-76 | Compressive And Flexural Strength Of Concrete Under Field Conditions. |
| NMX-008-SCFI-1993 | "Sistema General de Unidades y Medidas". |
| NMX-Z-013-SCFI-1997 | "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas". |
| NMX-C-251-1997-ONNCCE | Industria de la construcción-concreto-terminología. |

12. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

A. APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Vigencia

La presente norma mexicana entrará en vigor a los sesenta días siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación por parte de la Secretaría de Economía (SE).

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX-C-030-ONNCCE-2004**

(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-030-1997-ONNCCE)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de marzo de 2004.

“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS - MUESTREO”

“BUILDING INDUSTRY - AGGREGATES - SAMPLING”



Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución # 50, Col. Escandón C.P. 11800, México, D.F. Tel. 52 73 19 91 Fax. 52 73 34 31
Correo electrónico: normas@mail.onnccce.org.mx Internet: http://www.onnccce.org.mx

©PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL ONNCCCE



COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN - 1

0. PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO A.C. (AMICPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C. (ANALISEC)
- CEMEX CONCRETOS, S.A. DE C.V.
- CONCRETO DE MORELOS S.A. DE C.V. (COMOSA)
- CONCRETOS APASCO S.A. DE C.V.
- CONCRETOS BAL DE ORIENTE
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INGENIERÍA EXPERIMENTAL, S.A. DE C.V.
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V. (ICA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- KAPRA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONSULTORÍA Y SUPERVISIÓN S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS DE ALTO NIVEL EN CALIDAD, S.C. (LANC)
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. (LACOSA)
- RESISTENCIAS SAN MARINO, S.A. DE C.V.
- SECCIÓN CENTRO Y SUR CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A.C. (ACI)

ÍNDICE

	PAGINA
0. PREFACIO	2
1. OBJETIVO.....	3
2. CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES	4
4.1. Especimen	4
4.2. Muestra compuesta	4
4.3. Muestra parcial	4
4.4. Muestra simple	4
5. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS	4
5.1. Depósitos fluviales.....	4
5.2. Bancos	4
5.3. Arenas y gravas volcánicas	4
5.4. Arena de playas marítimas y lacustres	5
5.5. Canteras	5
6. MUESTREO	5
6.1. Responsabilidad	5

6.2.	Número y tamaño de las muestras	5
7.	PROCEDIMIENTO	5
7.1.	Localización.....	5
7.2.	Estudios preliminares	5
7.3.	Muestreo de campo.....	5
7.3.1.	Muestreo en tajos a cielo abierto.....	6
7.3.2.	Muestreo por medio de pozos	6
7.3.3.	Muestreo por medio de trincheras	6
7.3.4.	Muestreo de material de pepena	8
7.3.5.	Muestreo de brechas y aglomerados	9
7.3.6.	Muestreo en formaciones de roca no explotadas	9
7.3.7.	Muestreo de canteras.....	9
7.3.8.	Muestreo de material almacenado	9
7.3.9.	Muestreo en la corriente de descarga de tolvas o bandas	10
7.3.10.	Muestreo en unidades de transporte	10
8.	PREPARACIÓN, ENVASADO, IDENTIFICACIÓN Y EMBARQUE DE LAS MUESTRAS	11
8.1.	Preparación de las muestras	11
8.2.	Cuartero.....	11
8.3.	Masa mínima de la muestra	11
8.4.	Identificación de la muestra	12
8.5.	Envasado y embarque de la muestra	12
9.	INFORME DE RESULTADOS.....	13
10.	BIBLIOGRAFÍA	13
11.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	13
A.	APÉNDICE INFORMATIVO	13
A.1.	Vigencia.....	13

1. OBJETIVO

Esta norma mexicana establece el muestreo de agregados que se utilizan para la investigación preliminar de fuentes potenciales de suministro; el control de los agregados en la fuente de abastecimiento; el control de las operaciones en el sitio de uso y la aceptación o rechazo de los agregados.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

El muestreo es tan importante como el ensaye, por lo que el muestreador debe tomar todas las precauciones necesarias para que la muestra resulte representativa de la fuente de abastecimiento.

3. REFERENCIAS

Esta norma mexicana se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes:

NMX-B-231	Industria siderúrgica - Cribas de laboratorio para clasificación de materiales granulares - Especificaciones.
NMX-C-071-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales.
NMX-C-072-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Determinación de partículas ligeras.
NMX-C-073-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Masa volumétrica - Método de prueba.
NMX-C-075-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Determinación de la sanidad por medio del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio.
NMX-C-076-ONNCCE	Industrias de la construcción - Agregados - Efecto de las impurezas orgánicas en los agregados finos sobre la resistencia de los morteros - Método de prueba.
NMX-C-077-ONNCCE	Industrias de la construcción - Agregados para concreto - Análisis granulométrico - Método de prueba.

NMX-C-084	Industria de la construcción - Agregados para concreto - Partículas más finas que la criba F 0,075 (No. 200) - Por medio de lavado - Método de prueba.
NMX-C-164-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso.
NMX-C-165	Industria de la construcción - Agregados masa específica y absorción de agua del agregado fino - Método de prueba.
NMX-C-170-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo, al tamaño requerido para las pruebas.
NMX-C-196	Industria de la construcción - Agregados - Resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregado grueso usando la máquina de los Ángeles - Método de prueba.

4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma mexicana se establecen las definiciones siguientes:

4.1. Especímen

Es la cantidad de material obtenida de acuerdo con lo establecido en la NMX-C-170-ONNCCE (véase Capítulo 3.), y en la cual se van a determinar las características del mismo.

4.2. Muestra compuesta

Es la cantidad de material que comprende todas las muestras simples.

4.3. Muestra parcial

Es la cantidad de material cuya masa no debe ser menor de mil gramos, y que es obtenida de una muestra simple o compuesta.

4.4. Muestra simple

Es la cantidad de material que se extrae de un solo sondeo o tamaño, de una sola vez de la fuente de abastecimiento.

5. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS

Las fuentes de abastecimiento de agregados son los depósitos fluviales, eólicos, de glaciación, volcánicos, marítimos, lacustres, canteras y almacenes de plantas de procesamiento o fabricación de agregados artificiales.

5.1. Depósitos fluviales

Se localizan en los playones o cauces de los ríos. Proporcionan agregados redondeados de fácil y económica explotación; sin embargo, en las zonas tropicales, generalmente pueden contener elevados porcentajes de materia orgánica, limos y arcilla que pueden afectar la calidad del material.

5.2. Bancos

Son depósitos de materiales fragmentados que posteriormente fueron cubiertos por otros.

Estas formaciones tienen características similares a las de los depósitos de ríos, pero debido a que están cubiertos por otros materiales se dificulta su explotación.

5.3. Arenas y gravas volcánicas

Suelen encontrarse en las faldas de los volcanes y están formadas por cenizas, basaltos, andesitas y tobas porosas.

5.4. Arena de playas marítimas y lacustres

Estos agregados sufren una constante clasificación por el movimiento del agua; se depositan en zonas, por partículas casi del mismo tamaño, lo cual requiere que, para obtener un agregado con una granulometría adecuada, se haga necesario mezclar los agregados ubicados en diferentes zonas. En estos agregados deben determinarse los contenidos de sales que dañan los concretos, tales como los cloruros y los sulfatos, a fin de determinar si requieren de algún tratamiento.

5.5. Canteras

En estas fuentes de abastecimiento se obtienen agregados por trituración, que generalmente son de buena calidad, pero que deben extraerse de yacimientos parcial o totalmente abiertos, eligiendo zonas sanas de estructura uniforme, debiendo eliminarse rocas foliadas, tales como las pizarras, los esquistos y otras, a fin de evitar que al triturarse se produzcan partículas lajeadas o alargadas.

6. MUESTREO

6.1. Responsabilidad

6.1.1. Las muestras para la investigación preliminar deben ser obtenidas por el responsable de la explotación.

6.1.2. Las muestras para el control de los agregados en la fuente de abastecimiento o el control de las operaciones en el sitio de uso, deben ser obtenidas por el productor o por otros grupos responsables de llevar a cabo el trabajo.

6.1.3. Las muestras para la aceptación o rechazo de los agregados deben ser obtenidas por el comprador o su representante autorizado.

6.1.4. Cuando las muestras vayan a ser probadas a pérdida por abrasión, debe tomarse del producto terminado, y solo se trituran en el caso de que el tamaño no sea el adecuado para el uso de los agregados.

6.2. Número y tamaño de las muestras

El mínimo de muestras de campo obtenidas de la producción debe ser suficiente para que los resultados de las pruebas sean confiables. El tamaño de las muestras de campo que se citan en la tabla 1, es tentativo, y deben obtenerse según el tipo y número de pruebas a las cuales se van a sujetar; la muestra del material debe ser en cantidad suficiente para lograr la ejecución adecuada de las pruebas.

Para agregados procesados, ya sean naturales o artificiales, el tamaño próximo nominal de las partículas es el tamaño mayor de la granulometría indicada en la norma que se vaya a aplicar, y sobre la cual se señale la retención permitida en la criba respectiva.

7. PROCEDIMIENTO

7.1. Localización

De acuerdo con las necesidades del proyecto, se deben localizar las fuentes de abastecimiento de los tipos enumerados que estén cercanos a la obra, así como los caminos o brechas existentes para su acceso.

7.2. Estudios preliminares

Antes de la explotación de un yacimiento de agregados, se deben efectuar estudios preliminares a fin de determinar la calidad de los materiales existentes y su mejor aprovechamiento, de acuerdo con las normas mexicanas aplicables (véase Capítulo 3. Referencias).

7.3. Muestreo de campo

A fin de obtener muestras representativas de un determinado yacimiento, es de mucha importancia efectuar la operación de muestreo, de acuerdo con las recomendaciones, para los diferentes tipos de yacimiento que a continuación se indican.

7.3.1. Muestreo en tajos a cielo abierto

Cuando el yacimiento tiene un frente de ataque, la muestra debe tomarse de éste, haciéndole canales verticales en el espesor útil, los cuales deben localizarse equidistantes, dependiendo su separación de la magnitud y homogeneidad del yacimiento. Para evitar contaminación, se debe eliminar todo el material de despalme y aquel que haya escurrido sobre el frente. Las muestras simples del frente se deben tomar en cantidades aproximadamente iguales, desde la parte superior hasta la parte inferior de los estratos que lo componen en los diferentes canales, mezclándose estas muestras simples para formar una muestra compuesta de cada estrato; esta operación se repite las veces que sea necesario, hasta obtener la muestra representativa del yacimiento (véase figura 1).

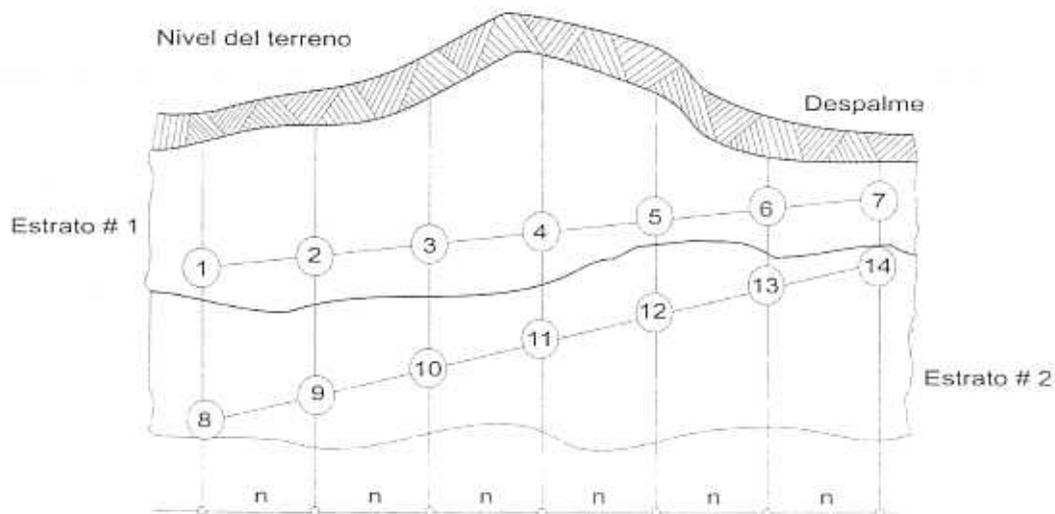


FIGURA 1.- Muestreo en tajo a cielo abierto

7.3.2. Muestreo por medio de pozos

Cuando no se cuenta con un frente de ataque, se debe efectuar el muestreo por medio de pozos, realizando el levantamiento topográfico del yacimiento para localizar los pozos de muestreo, dependiendo el número de ellos, de la uniformidad del yacimiento y de su extensión. Es conveniente que el levantamiento topográfico se haga a través de una cuadrícula que sirva para localizar pozos de prueba en sus intersecciones y conocer de este modo el volumen de agregados que se pueden aprovechar.

Para el muestreo por medio de pozos puede emplearse el siguiente método:

7.3.2.1. Pozos a cielo abierto

Deben tomarse las precauciones necesarias al efectuar la extracción de la muestra, a fin de que no se contamine, extrayendo el material por capas, para lo cual se excavan prismas rectangulares concéntricos, cuya profundidad puede ser de 400 mm x 1 000 mm, dependiendo de las características de cementación del material, dejando un escalón mínimo de 400 mm, en todo el perímetro a medida que se profundiza la excavación, a fin de evitar, hasta donde sea posible, la contaminación de las muestras simples. Se pueden ademar las paredes del pozo a medida que se profundice la excavación. En la etapa final, el prisma debe tener en la base por lo menos 600 mm, con la profundidad que se considere conveniente (véase figura 2); de estas muestras simples se forma la muestra compuesta. Definida la calidad del material, se deben vaciar los resultados en la hoja para registro de la localización de cada pozo, indicando el espesor del despilme, la profundidad explotable y las características del material muestreado, a fin de determinar el volumen potencial del banco y la delimitación de las zonas de explotación (véase figura 4).

7.3.3. Muestreo por medio de trincheras

La explotación por medio de trincheras es aplicable en laderas no escarpadas, las cuales suelen estar cubiertas de material de despilme. Es necesario remover este material haciendo una excavación escalonada de arriba hacia abajo; en cada uno de estos escalones se hacen zanjas de dimensiones apropiadas para la extracción de muestras. Se debe evitar la contaminación del material (véase figura 3).

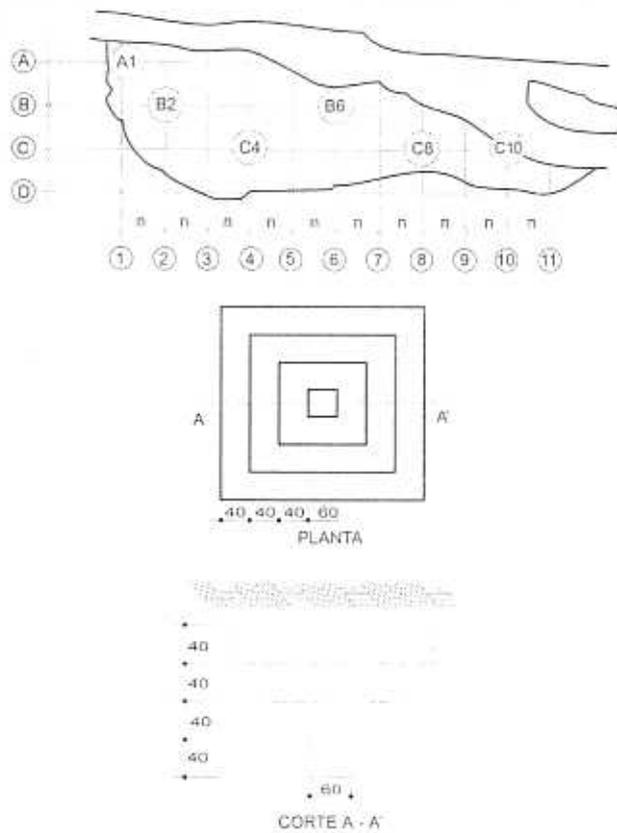


FIGURA 2.- Muestreo en pozos a cielo abierto

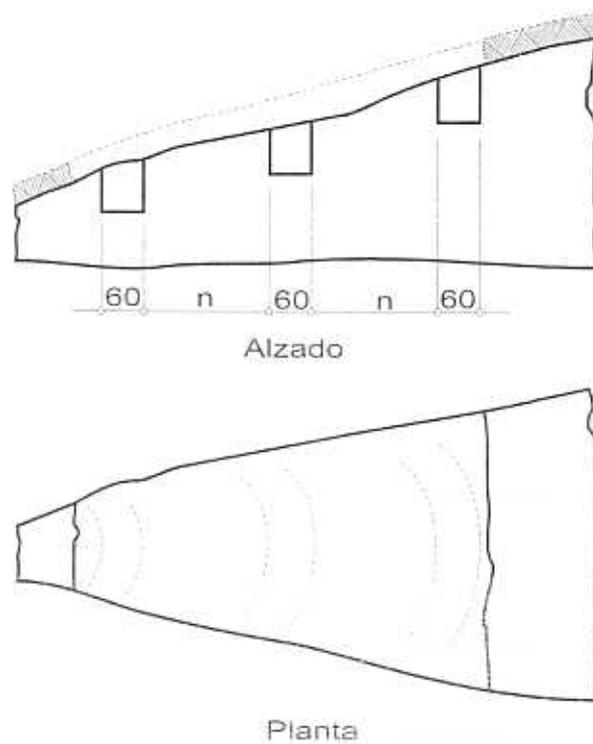


FIGURA 3- Muestreo por trincheras

BANCO: _____ OBRA _____

POZO No. _____ LOCALIZACIÓN _____

PERFIL No. _____ SECCIÓN _____

PROFUNDIDAD _____

TAMAÑO EN PERFIL No.	CANTIDAD PRESENTADA EN kg		MUESTRA No.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (por ciento que pasa)												
	Masa	Por ciento		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
SUPERIOR A 9,5 mm (3/8")																
ENTRE 4,75 mm (No. 4) Y 9,5mm (3/8")																
HASTA 4,75 mm (No. 4)																

OBSERVACIONES _____

Nota 1: En las observaciones se debe indicar la presencia de materia orgánica en el material, material suave, pizarra, arcilla, lodo, gujarros, material descubierto, mica en la arena y otros.

 JEFE DE LABORATORIO

OPERADOR _____

En estas columnas se anota el número de criba correspondiente

FECHA _____

FIGURA 4.- Ejemplo de hoja de registro

7.3.4. Muestreo de material de pepena

Cuando la piedra se localiza en la superficie del terreno, para colectarla no se requiere emplear equipos o procedimientos especiales. Antes de efectuar el muestreo debe hacerse una inspección visual detallada del material localizado sobre el área que se pretende explotar, teniendo la precaución de verificar la calidad de los diferentes tipos de piedra que existan en dicha área.

Se toman muestras separadas y en cantidad suficiente de todas las clases de piedra. Que, como resultado de la inspección visual, se consideren apropiadas para la producción de agregados, estimando la cantidad y el por ciento aproximado de cada una de ellas en el área estudiada.

7.3.5. Muestreo de brechas y aglomerados

Por lo general, estos depósitos están cubiertos por una capa de tierra vegetal que debe removerse antes de iniciar el muestreo, lo cual puede efectuarse por medio de pozos a cielo abierto o excavando trincheras eliminando el material intemperizado y haciendo observaciones sobre los aspectos de la roca, tales como color, estructura y porcentaje aproximado de material útil.

7.3.6. Muestreo en formaciones de roca no explotadas

Para hacer un muestreo correcto de estas formaciones, es conveniente tomar en consideración los siguientes aspectos geológicos del yacimiento.

- a) Configuración, rumbo y echado del depósito.
- b) Estructura de la formación, indicando si está fracturada y si la fractura es abierta o cerrada.
- c) Uniformidad en el sentido vertical.
- d) Indicar la presencia de estratos, lentes, diques y bolsas de material de contaminación del banco, dando las características de los mismos.
- e) Profundidad de la formación estratificada.
- f) Grado de intemperización del yacimiento.
- g) Clasificación petrográfica del material explotable.

Antes de efectuar el muestreo debe eliminarse el material de despilme y la capa de roca intemperizada.

Debe tomarse un número suficientemente grande de muestras para que sean representativas del banco, incluyendo cualquier variación significativa del mismo. Dependiendo de las características de la fuente de abastecimiento, el muestreo puede efectuarse mediante los procedimientos de pozo a cielo abierto o de trincheras, pudiendo emplearse para la recolección de muestras, pulsetas, barrenadoras o rompedoras neumáticas, y en casos especiales, brocas con corona de diamante para extraer corazones.

7.3.7. Muestreo de canteras

Cuando una cantera está en explotación, el muestreo se reduce a tomar muestras representativas del material almacenado.

En el caso de que se trate de canteras abandonadas, debe removerse la capa intemperizada y procederse a tomar las muestras en el frente del banco, siguiendo un criterio similar al indicado en el método de tajeas a cielo abierto (véase 7.3.1). Para remover el material intemperizado se pueden hacer barrenos para volar la roca de las zonas seleccionadas.

7.3.8. Muestreo de material almacenado

Cuando se tenga material almacenado en la zona de explotación en la obra, el muestreo se debe hacer tomando porciones aproximadamente iguales de diferente nivel y directriz al del almacén (véase figura 5). Las muestras simples obtenidas se mezclan para formar una muestra compuesta, que sea representativa del material total almacenado. Una vez analizados los materiales, se deben vaciar los datos en una hoja de registro similar a la de la figura 4, a fin de facilitar su informe.

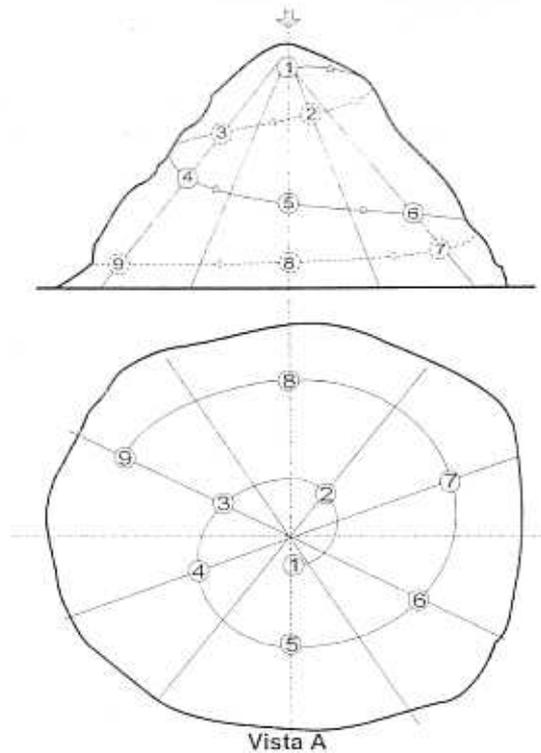


FIGURA 5.- Muestreo de material almacenado

7.3.9. Muestreo en la corriente de descarga de tolvas o bandas

Se utiliza el método aleatorio para seleccionar las unidades que se van a muestrear, considerando tres porciones iguales, tomadas al azar, combinándose para formar una muestra compuesta cuya masa sea igual o mayor al mínimo recomendado en la tabla 1. Se toma cada una de las porciones del material a medida que se va descargando, depositándolo en un recipiente de tamaño adecuado para contener la muestra de la sección transversal completa de la corriente de descarga, sin que ésta se derrame. En caso necesario, el recipiente debe estar provisto de rieles para poder deslizarlo bajo la corriente de descarga, para evitar obtener material segregado. Cuando el muestreo se efectúe en tolvas, las muestras deben tomarse cuando las tolvas estén casi llenas.

Las muestras parciales no deben incluir material de descarga inicial de un transportador o de una tolva recientemente llena.

Cuando se puede detener la banda transportadora, se colocan transversalmente a la longitud de la banda y con una separación adecuada, dos láminas como referencia, que tengan el mismo perfil de la banda y que delimite la zona en que se va a tomar la muestra parcial; se efectúa esta operación en tres diferentes zonas igualmente espaciadas. Se retira el material comprendido entre las dos placas en forma cuidadosa, recolectando el polvo por medio de un cepillo.

7.3.10. Muestreo en unidades de transporte

Se debe evitar el muestreo de agregado grueso o de mezclas de agregado grueso y fino, hasta donde sea posible, particularmente cuando el muestreo se hace con el propósito de determinar las propiedades de los agregados y que puede depender del grado de trituración de la muestra. Si las circunstancias lo hacen necesario, cuando se muestrea un transporte con agregado grueso o con mezcla de agregado grueso y fino, se diseña un plan de muestreo para el caso específico en consideración, que dé resultados confiables, obtenidos de acuerdo a todas las partes interesadas. El plan de muestreo debe definir el número necesario de muestras para representar lotes y sublotos de tamaños específicos.

Los principios generales de muestreo en unidades de transporte, son aplicables a camiones, vagones de tren, barcos y otras unidades de transporte.

8. PREPARACIÓN, ENVASADO, IDENTIFICACIÓN Y EMBARQUE DE LAS MUESTRAS

8.1. Preparación de las muestras

Las muestras pueden ser:

- a) Arena natural.
- b) Grava natural.
- c) Grava - arena.
- d) Fragmentos de roca.
- e) Materiales artificiales.

En algunos casos, antes de enviarse las muestras al laboratorio, éstas deben ser preparadas de acuerdo con lo convenido por las partes, sugiriéndose los casos siguientes:

8.1.1. Cuando la muestra de arena o grava acuse un porcentaje menor de 10 % de partículas, más grandes o más pequeñas del tamaño máximo o mínimo especificado, basta reducirlas por cuarteo.

8.1.2. Cuando las muestras contengan más del 10 % de material con tamaño superior al máximo especificado, y el volumen que se requiera no sea considerable; o bien, que no se pretenda emplear en concretos de alta resistencia, se criba y se reduce por cuarteo el material útil.

8.1.3. Cuando se necesite un volumen considerable, o se requiera elaborar concretos de alta resistencia y la muestra tenga más de 10 % de partículas con tamaño mayor al máximo especificado, se debe hacer una trituración parcial de éstos y reducir el total por cuarteo. Cuando no exista el requisito de alta resistencia, el límite anterior puede alcanzar el 15 %.

8.1.4. Cuando los componentes de las muestras sean fragmentos de roca mayores de 75 mm, procedentes de pepena, formación de roca no explotada o canteras, éstas deben reducirse por cuarteo.

8.1.5. Cuando en la zona de trabajo no exista arena en estado natural o con características físicas apropiadas, el material muestreado (grava - arena, fragmentos de roca y otros) puede molerse parcial o totalmente y reducirse por cuarteos.

8.2. Cuarteo

El cuarteo debe hacerse cuando el volumen es considerable y solo si se requiere una muestra más pequeña que sea representativa para su estudio.

8.3. Masa mínima de la muestra

Las masas mínimas recomendables de las muestras de arena y grava que deben enviarse al laboratorio para su estudio, son las indicadas en la tabla 1.

TABLA 1.- Masa mínima de la muestra

Material	Tamaño máximo nominal (en mm)	Pasa por la malla (Criba No.)	Masa mínima de la muestra de campo* (en kg)
Arena	Hasta 5	4,75 mm (No. 4)	100
Grava	Hasta 75	75 mm (3")	150
Grava	Mayor de 75	- - -	200
Grava	Cualquiera	- - -	300

* En agregados ligeros (aquellos cuya masa específica sea inferior de 2,0) estas masas deben multiplicarse por 0,65.

8.4. Identificación de la muestra

Al hacer el envasado de las muestras para su envío al laboratorio, deben identificarse cada una de ellas, colocándose tarjetas bien aseguradas dentro y fuera del envase, con los datos que a continuación se señalan.

- a) Localización del yacimiento, referido al kilometraje del camino más próximo, indicando el sentido y la longitud de la desviación o refiriéndose a obras, cerros, ríos, pueblos o puntos perfectamente definidos o identificables.
- b) Numeración progresiva de muestras de un mismo depósito o sección del depósito.
- c) Cantidad aproximada de material aprovechable existente en el yacimiento.
- d) Uso que se pretende dar al material.
- e) Nombre de la persona que efectuó el muestreo.
- f) Cantidad aproximada del material enviado.
- g) Fecha del muestreo.
- h) Nombre y dirección del remitente.

8.5. Envasado y embarque de la muestra

Las muestras de agregados finos o gruesos deben envasarse para su transporte en sacos u otros recipientes limpios que impidan pérdida de material.

9. INFORME DE RESULTADOS

Una vez efectuado el muestreo y el envío de la muestra, debe hacerse un informe sobre la explotación y las observaciones primarias que incluyen como mínimo los siguientes datos:

- a) Tipo de la fuente de abastecimiento.
- b) Capacidad potencial probable de agregados que puede suministrar.
- c) Calidad del material, basado en la inspección ocular, describiendo forma, tamaño y uniformidad.
- d) Facilidad y procedimientos recomendables de explotación.
- e) Croquis de localización, marcando en él como se encuentra el banco respecto a la obra; señalando sus accesos, distancias aproximadas al centro de trabajo y superficie explotable del mismo.

10. BIBLIOGRAFÍA

NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida
NMX-C-251-1997-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Terminología
NMX-Z-013-SCFI-1977	Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas

11. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

A. APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Vigencia

La presente norma entra en vigor a los sesenta días siguientes de la declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía (SE) en el Diario Oficial de la Federación.



SECRETARIA DE COMERCIO

Y

FOMENTO INDUSTRIAL

NORMA MEXICANA

NMX-C-157-1987

**INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION – CONCRETO-
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO
FRESCO POR EL METODO DE PRESION.**

*BUILDING INDUSTRY – CONCRETE- DETERMINATION OF THE AIR
CONTENT OF FRESHLY MIXED CONCRETE BY THE PRESSURE
METHOD.*

DIRECCION GENERAL DE NORMAS

P R E F A C I O

En la elaboración de esta Norma participaron las Empresas e Instituciones siguientes:

- LABORATORIO NACIONAL DE LA CONSTRUCCION, S.A.
- EMPRESAS CONSTRUCTORAS, S.A.
- INSPECTEC, S.A.
- CONCRETOS BAL, S.A.
- DIRAC, S.A.
- GRUPO DECAR, S.A.
- ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO.
- COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO.
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA Y TRANSFORMACION.
(Departamento de Normas y Control de Calidad)
- COMITÉ CONSULTIVO DE NORMAS DE LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCION.

INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION – CONCRETO- DETERMINACION DEL
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL METODO DE PRESION.

BUILDING INDUSTRY – CONCRETE- DETERMINATION OF THE AIR CONTENT OF
FRESHLY MIXED CONCRETE BY THE PRESSURE METHOD.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Mexicana establece los procedimientos para determinar el contenido de aire en el concreto fresco, por la observación del cambio de volumen al efectuarse un cambio de presión. El método es adecuado para ser empleado con agregados relativamente densos (con masa específica de 2. 10).

2. REFERENCIAS.

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

NMX-C-158 Industria de la construcción-Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico.

NMX-D-161 Industria de la construcción-Concreto fresco Muestreo.

3. EXISTEN DOS ALTERNATIVAS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE POR PRESION QUE SON:

3.1 Método "A"

3.1.1 Aparatos y equipo.

Medidor de aire incluido tipo "A", del tipo de presión compuesto con recipiente de metal, diseñado para resistir altas presiones en unión con la tapa, la cual debe ser cónica y tener su superficie interior inclinada aproximadamente 20% con respecto de la horizontal. Provista en su centro de un tubo de vidrio graduado, debe presentar una escala en unidades que directamente representen porcentaje de volúmenes de aire incluido en el concreto. Cada unidad indica 1% de aire incluido. El tubo de vidrio graduado debe estar provisto en su extremo de un tapón con cierre hermético, una válvula de aire y una llave de purga en la pared cónica de la tapa; el sistema de ajuste con el recipiente debe ser tal que no permita pérdida de agua o presión.

- Dispositivo de calibración.-Consiste en un cilindro metálico cuyo volumen interior sea de 3 a 6 % del volumen del recipiente, un resorte u otro dispositivo, para sujetar el cilindro calibrador, un embudo y el tubo dispensador que elimine la posibilidad de introducir aire al llenar de agua, el dispositivo.
- Bomba de mano.
- Charola.
- Cronómetro.
- Varilla lisa de 16 mm de diámetro y punta hemisférica.
- Regla para enrasar.
- Martillo de hule.

3.1.2 Calibración del equipo.

El dispositivo debe calibrarse en el sitio de trabajo para tomar en cuenta la altura sobre el nivel del mar. El factor de calibración "K" es la magnitud de descenso de agua sobre la columna de vidrio graduada, originado por la aplicación de la presión "P" requerida. Dicho factor permite conocer el volumen de aire que a la presión "P" introduce el cilindro de calibración en el recipiente lleno de agua. El valor de "K" se calcula con la expresión siguiente:

$$K = H \frac{m}{M} \cdot 100$$

En donde:

M = masa en kg del agua requerida para llenar el cilindro de calibración.

M = masa en kg del agua requerida para llenar el recipiente.

H = relación entre el volumen de aire en el cilindro de calibración, antes de llenar el recipiente con agua, y el volumen de aire después de haberse llenado.

Nota- El valor H disminuye ligeramente a medida que la altura sobre el nivel del mar aumenta, ejemplo:

Al nivel del mar	H =0. 98
A 1525 m sobre el nivel del mar	H = 0. 975
A 4000 m sobre el nivel del mar	H= 0. 970

El error introducido en, la determinación por las distintas alturas sobre el nivel del mar puede causar como máximo un error en $\pm 0.05\%$ por lo que se considera como adecuado el valor de 0.980.

3.1.3 Procedimiento.

Se coloca el recipiente sin su tapa en una superficie rígida horizontal y se introduce en el cilindro de calibración al centro y boca abajo. Se coloca sobre este último el resorte y se cubre cuidadosamente con la tapa cónica, en tal forma que el resorte presione al cilindro de calibración, sin que pierda su posición vertical. Logrado lo anterior, se cierra con las mordazas cuidando que no existan fugas entre la junta del recipiente y la tapa. Una vez cerrado el dispositivo, se llena con agua hasta aproximadamente la marca cero del tubo graduado. Se cierra el tubo de vidrio con el tapón y se inyecta aire a presión mediante la bomba, hasta más o menos la marca 6 del tubo graduado. Se inclina el dispositivo unos 30° de su posición vertical y se usa el fondo del recipiente como centro; se le hace describir círculos con el extremo del tubo, al mismo tiempo se golpea suavemente con el martillo, tanto la tapa como el recipiente mismo, para desprender el aire que pueda haberse retenido por adherencia a las paredes interiores del dispositivo. Si durante esta operación se nota alguna fuga de aire por cambio de posición del dispositivo, deben considerarse nulos todos los pasos de operación llevados hasta el momento. Se vuelve el dispositivo a su posición vertical y deja escaparse poco a poco el aire, y cuando sea nula la presión, se quita el tapón superior del tubo graduado, se agrega agua hasta superar al cero; en estas condiciones se afora a cero con el menisco inferior del agua, se abre poco a poco la válvula de purga de la tapa cónica, se cierra nuevamente y se aplica una presión suficiente para que el agua descienda en la columna graduada, hasta la marca que coincida con el valor de la constante de calibración previamente calculada, más 0.1 a 0.2 % de aire.

Con toda precaución y lentamente, se hace escapar el aire por la válvula de inyección para, abatir la presión, lo necesario, a fin de que el menisco inferior del agua coincida exactamente con el factor de calibración. La presión que indique en ese momento el manómetro, es la presión "P" necesaria de prueba.

3.1.4 Procedimiento de prueba.

Con una muestra representativa del concreto fresco que se va a probar, se llena el recipiente en tres capas iguales; se compactan con la varilla cada una de ellas, 25 veces consecutivas. Se quita el exceso de concreto con una regla metálica, y se enrasa cuidadosamente a los bordes superiores del recipiente.

Se limpia perfectamente el borde del recipiente; se coloca la tapa cónica sobre el recipiente, cuidando que la junta de hule adherida a ella esté en su sitio y limpia; se colocan las abrazaderas y se ajustan las mariposas opuestas; una vez hecho esto, se aprieta lo suficiente para evitar fugas a través de las juntas. Se quita la tapa superior de la columna de vidrio y mediante el embudo y el tubo dispersor, se vierte agua hasta llenar la mitad de la altura del tubo dispersor, se vierte a hasta llenar la mitad de la altura del tubo con escala de vidrio; se retira el embudo y el tubo dispersor, se pone la mano sobre la parte superior de la columna y se apoya el dispositivo sobre su base;

se inclina 30° de la vertical y se describen círculos llevando con la mano el tubo con la escala de vidrio, al mismo tiempo se golpea ligeramente la pared cónica de la tapa, para hacer salir las burbujas de aire que hayan quedado adheridas a la superficie interior.

Se regresa el dispositivo a su posición vertical y mediante el embudo y el tubo dispersor, se llena con agua el tubo con escala de vidrio hasta un poco más arriba de la marca, mediante la válvula de purga, se hace descender el nivel del agua hasta que coincida el menisco inferior exactamente con la marca "cero". Se coloca la tapa del tubo con escala de vidrio y se ajusta lo suficiente para que no haya fuga. Se conecta la bomba y uniformemente se levanta la presión hasta la correspondiente para el valor "P" previamente obtenido en la calibración del dispositivo más 1.428 MPa (14.56 kg/cm²). Se expulsa el aire hasta hacer coincidir la aguja del manómetro exactamente con el valor de "P"; lo anterior se logra al quitar la bomba y hacer presión en la válvula de inyección de aire, para abrirla ligeramente. Con la aguja del manómetro marcando el valor de "P", se hace la lectura de la columna de agua sobre la escala de vidrio graduado, a la altura del menisco inferior, con aproximación de 0.05. Este valor es el correspondiente a "h₁" y debe registrarse. Se afloja la tapa del tubo con la escala de vidrio, para bajar poco a poco la presión hasta llegar a la marca de 7.14 MPa (72.82 kg/cm²) y en el transcurso de un minuto se quita completamente la tapa. Se hace una nueva lectura del nivel del agua, sobre el tubo de vidrio graduado, con aproximación de 0.05. Este valor, corresponde a "h₂"

$$A_1 = h_1 - h_2$$

3.1.5 Factor de corrección por el agregado.

Las partículas del agregado son generalmente porosas y por lo tanto, capaces de retener aire; este aire "A₂" en la determinación del contenido aparente, queda incluido en "A₁", por lo que hay que determinarlo y restarlo al valor "A₁".

En distintos recipientes y por espacio de 5 min se ponen en inmersión en agua los agregados que se vayan a estudiar, en proporción igual de arena y grava a la que tendrán para formar el concreto. A los cinco minutos se retira el exceso de agua; al estar el recipiente a una tercera parte de su volumen con agua, se colocan una capa de arena y una de grava hasta llenarlo, para que mantengan la relación grava-arena dada. Una vez lleno el recipiente, se golpea la pared del mismo, se elimina la espuma, el agua sobrante y se coloca la tapa observando los aspectos marcados en el procedimiento.

El factor de corrección del agregado "A₂" será igual a:

$$A_2 = h_1 - h_2$$

Se repiten las operaciones desde la colocación de la tapa del tubo con escala de vidrio, la operación de la lectura del nivel del agua inclusive, sin restablecer el aforo en "cero", hasta que dos determinaciones consecutivas de aire incluido aparente, no varíen en más de 0.2%.

3.2. Método "B"

3.2.1 Aparatos y equipo.

El medidor de aire tipo B. - Consiste de un recipiente y una cubierta de ensamble de acuerdo a los requerimientos indicados posteriormente. El principio de operación de este medidor consiste en igualar un volumen conocido de aire con una presión conocida en una cámara de aire cerrada, con un volumen desconocido de aire en la muestra de concreto; la carátula del medidor de presión (manómetro) se calibra en términos de porcentaje de aire para la presión observada, la cual se iguala.

El recipiente medidor debe ser cilíndrico, de acero u otro material rígido no reactivo con la pasta de cemento, con un diámetro entre 0.75 y 1.25 m de la altura y una capacidad mínima de 6.0 litros. Debe tener una ceja construida para resistir la presión entre el recipiente y la tapa. La superficie interior del recipiente, la de los bordes, las cejas y otros componentes deben tener un acabado maquinado y pulido. El recipiente y la cubierta deben ser lo suficientemente rígidos para limitar el factor de expansión D de la cubierta del aparato en no más del 0.1 % del contenido de aire indicado en la escala bajo operaciones normales de presión.

Cubierta. - La cubierta debe ser de acero u otro metal no reactivo con la pasta de cemento, debe tener cejas construidas para resistir la presión entre el recipiente y la tapa. La superficie interior del recipiente y la de los bordes, las cejas y otros componentes deben tener un acabado maquinado y pulido. Debe tener en el contorno de la superficie interior un espacio sobre el nivel del recipiente que permita contener alguna cantidad de aire y debe ser lo suficientemente rígido para limitar el factor de expansión D que se indica anteriormente. La cubierta debe ajustarse para medir directamente el contenido de aire. La carátula del manómetro debe calibrarse para medir porcentajes de aire, las graduaciones deben ser para un rango de contenido de aire hasta 8% mínimo, con aproximación de 0.1%.

La cubierta debe estar provista de las válvulas siguientes:

- "A" Válvula de purga de agua.
- "B" Válvula para escape de aire del recipiente.
- "C" Válvula de escape de aire en la cámara de presión, para ajuste del manómetro.
- "D" Válvula para paso de aire de la cámara de presión al recipiente (válvula principal de aire).

Debe estar provista de un sistema de mordazas apropiado para fijarse al recipiente y que selle las cejas de la cubierta herméticamente en él. Para asegurar la hermeticidad puede emplearse una bomba manual.

Vaso de calibración. - Es un vaso con un volumen equivalente al porcentaje aproximado de aire en el concreto que debe ser probado; si es menor, es posible verificar la calibración del medidor como un porcentaje de aire del concreto por probar, al llenar el vaso tantas veces como sea necesario.

Accesorios apropiados de acuerdo al diseño del equipo.

3.2.2 Calibración del dispositivo.

Se llena el recipiente con agua y se determina la masa requerida con una aproximación de 0.1 % de la masa del recipiente. Se desliza un cristal, cuidadosamente, sobre las cejas del mismo, de tal manera que asegure que el recipiente este lleno. Se coloca un poco de grasa en las cejas para asegurar un cierre hermético del recipiente. Se atornilla el tubo corto recto en la parte interior de la válvula "A". Se coloca la cubierta en el recipiente con las válvulas abiertas. Se agrega agua con una jeringa o perilla a través de la válvula "A" con el tubo, de extensión hasta que todo el aire se expulse a través de la válvula "B" que debe encontrarse abierta.

Se bombea un poco de aire hasta la línea inicial de presión; se dejan algunos segundos para que el aire comprimido se enfríe a la temperatura normal y se estabilice el manómetro hasta la línea de presión inicial, bombeando o expulsando según sea necesario. Cerrar las válvulas A y B presionar inmediatamente con el pulgar la válvula D dejando escapar aire hacia el recipiente. Esperar unos segundos hasta que se estabilice el manómetro; si todo el aire se ha eliminado y la línea de presión inicial se ha seleccionado correctamente, el manómetro marcado 0%. Si dos o más pruebas muestran una variación consistente del 0% en el resultado, se cambia la línea de presión inicial para compensar esta variación. Usar la línea de presión establecida para pruebas subsecuentes, Conectar el tubo curvo a la conexión exterior de la válvula "A"; abrir dicha válvula y presionar la válvula "D" para introducir aire al recipiente, con lo que se controla el nivel de flujo para llenar el vaso calibrador. Al estar lleno éste, en el manómetro, debe leerse el porcentaje de aire para el cual está diseñado el vaso calibrador, (véanse figuras 1 y 2).

Si dos o más pruebas muestran que el manómetro da lecturas diferentes, en más de 0.2 %, se ajusta nuevamente la lectura inicial y se vuelve a calibrar.

Cuando en el manómetro se lea correctamente el porcentaje deseado, puede verificarse de la misma, manera para múltiplos del porcentaje anterior.

Fig. 1 y 2
MEDIDOR DE AIRE TIPO A Y B

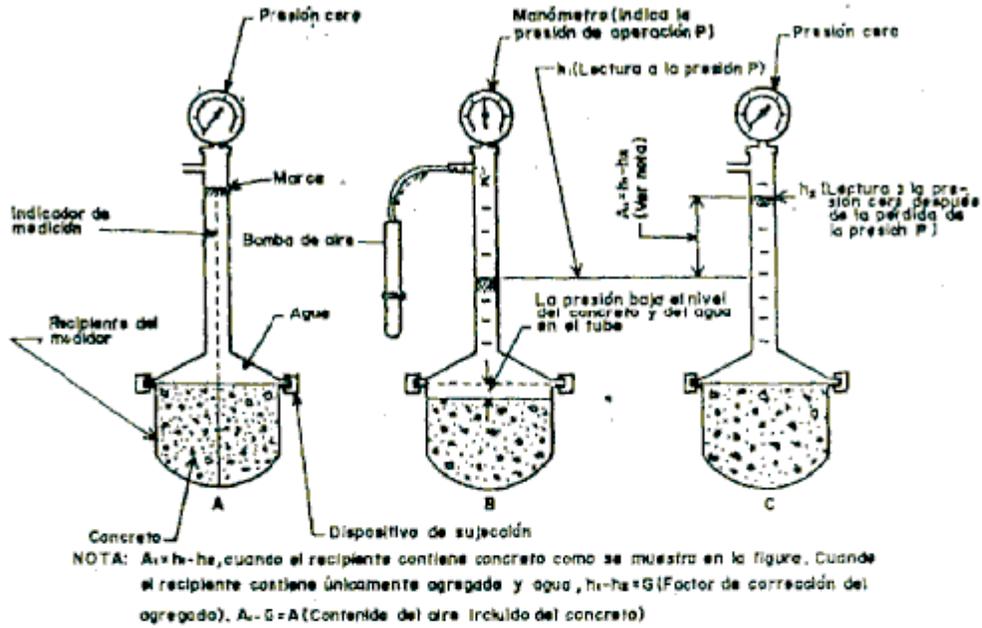


Fig. 1-MEDIDOR TIPO A

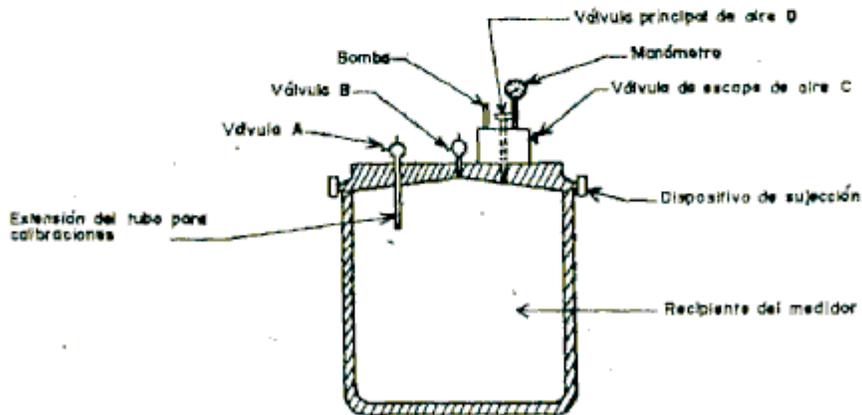


Fig. 2-MEDIDOR TIPO B

3.2.3 Determinación del factor de corrección por el agregado.

3.2.3.1 Procedimiento.

Se coloca el agregado con su humedad en el recipiente como se indica en 3.1.5; se quita la espuma y se mantiene el agregado dentro del recipiente aproximadamente una hora, antes de proceder con la determinación del contenido de aire como se describe en el inciso 3.2.4. Se elimina de la manera descrita en la calibración un volumen de agua equivalente al volumen de aire que pueda contener una muestra de concreto normal de un tamaño igual al volumen del recipiente, se completa la prueba como se describe en el inciso 3.2.4. El factor de calibración del agregado G es igual a la lectura del contenido de aire menos el volumen de agua eliminada del recipiente, expresada en porcentaje de volumen del recipiente.

3.2.4 Procedimiento, para determinar el contenido de aire.

Procedimiento de prueba. - Con una muestra representativa del concreto fresco que va a probarse, se llena el recipiente en tres capas iguales, se compactan con la varilla cada una de ellas, 25 veces consecutivas. Se quita el exceso de concreto con una regla metálica y se enrasan cuidadosamente los bordes superiores del recipiente; se limpian las cejas del recipiente para que la cubierta, al colocarse, tenga un cierre hermético. Se monta el aparato, se cierra la válvula de aire y se abre la válvula de purga para inyectar agua. Se inyecta agua por la válvula "A" hasta que salga por la válvula "B". Golpear suavemente el recipiente hasta que todo el aire se expulse del mismo.

Se cierra la válvula de purga "A" y se bombea aire dentro de la cámara hasta que el indicador este en la posición inicial de presión. Esperar unos segundos para, que se enfríe el aire comprimido hasta la temperatura normal y estabilice a la presión inicial por bombeo o purga de aire necesario. Cerrar ambas válvulas y se abre la válvula de aire "D" entre la cámara y el recipiente. Se golpean los lados del recipiente rápidamente para distribuir las presiones internas. Se espera hasta que se estabilice el indicador; esta lectura representa el contenido en % de aire en el concreto (A₁), Es necesario liberar la presión abriendo, las válvulas A y B antes de quitar la cubierta.

3.2.5 - Cálculos.

Contenido de aire de la muestra probada. - Se calcula el contenido de aire del concreto colocado en el recipiente de medición como sigue:

$$A_s = A_1 - G$$

Donde:

A_s = contenido de aire de la muestra probada en %.

A₁ = contenido de aire aparente de la muestra probada, en %.

G = factor de corrección del agregado en %.

3.2.5.1 Contenido de aire para concreto con tamaño máximo de agregado mayor de 38.1.

Cuando la muestra probada representa una porción de la mezcla que se obtiene de un cribado para remover las partículas de agregado mayores que 38.1 mm en el concreto, el contenido de aire puede ser calculado como sigue:

$$A_T = \frac{100 A_S V_C}{(100 V_t - A_S V_a)}$$

Donde:

A_t = el contenido de aire de la mezcla.

V_C = volumen aparente de ingredientes de la mezcla que pasan la criba G 38.1 (1.5 in) y aire libre, determinados de la masa de la mezcla original expresados en m^3 .

V_t = volumen aparente de todos los ingredientes de la mezcla en m^3 .

V_a = volumen absoluto de agregado grueso de la mezcla retenido en la criba G 38. 1, expresado en m^3 .

3.2.5.2 Contenido de aire en el mortero (material que pasa la criba M 4.75).

Cuando se desea conocer el contenido de aire de la fracción del mortero de la mezcla se calcula como sigue:

$$A_m = \frac{100 A_S V_C}{(100 V_m + A_S (V_C - V_m))}$$

Donde:

A_m = contenido de aire del mortero en %.

V_m = volumen aparente de los ingredientes del mortero en la mezcla y aire libre, expresado en m^3 (material que pasa la criaba M 4.75).

4. BIBLIOGRAFIA.

ASTM-C-231-1982 Air content of freshly mixed concrete by the pressure, Test for.

Instructivo para concreto. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1960).

5. CONCORDANCIA CON NORMAS INIERNACIONALES.

No puede establecerse concordancia por no existir referencia al momento de la elaboración de la presente.

México, D.F., a 12 NOV. 1987

LA DIRECTORA GENERAL DE NORMAS.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above the name of the signatory.

LIC. CONSUELO SAEZ PUEYO.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX-C-073-ONNCCE-2004**

(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-073-1990)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de marzo de 2004.

**“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS - MASA VOLUMÉTRICA -
MÉTODO DE PRUEBA”**

**“BUILDING INDUSTRY - AGGREGATE FOR CONCRETE - VOLUMETRIC MASS -
TEST METHOD”**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.

Constitución #50, Col. Escandón C.P. 11800, México, D.F. Tel. 5273 1991 Fax. 5273 3431

Correo electrónico: normas@mail.onncce.org.mx Internet: <http://www.onncce.org.mx>

©PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL ONNCCE



NORMA MEXICANA

NMX-C-073-ONNCCE-2004

(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-073-1990)

Declaratoria de vigencia publicada en el D.O.F. el día 1 de marzo de 2004

"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS - MASA VOLUMÉTRICA - MÉTODO DE PRUEBA"

"BUILDING INDUSTRY - AGGREGATES FOR CONCRETE - VOLUMETRIC MASS - TEST METHOD"

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución # 50, Col. Escandón C.P. 11800, México, D.F. Tel. 5273 1991 Fax. 5273 3431
Correo electrónico: normas@mail.onncce.org.mx Internet: <http://www.onncce.org.mx>

©PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL ONNCCE



COMITÉ TÉCNICO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1

PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO A.C. (AMICPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN A.C. (ANALISEC)
- CEMEX CONCRETOS, S.A. DE C.V.
- CONCRETO DE MORELOS S.A. DE C.V. (COMOSA)
- CONCRETOS APASCO S.A. DE C.V.
- CONCRETOS BAL DE ORIENTE
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INGENIERÍA EXPERIMENTAL, S.A. DE C.V.
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V. (ICA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- KAPRA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONSULTORÍA Y SUPERVISIÓN S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS DE ALTO NIVEL EN CALIDAD, S.C. (LANC)
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. (LACOSA)
- RESISTENCIAS SAN MARINO, S.A. DE C.V.
- SECCIÓN CENTRO Y SUR CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A.C. (ACI)

ÍNDICE

		PÁG
	PREFACIO	2
	INTRODUCCIÓN.....	3
1.	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
2.	REFERENCIAS	3
3.	DEFINICIONES.....	3
3.1.	Masa seca.....	3
3.2.	Masa volumétrica	3
4.	MATERIALES AUXILIARES.....	4
5.	EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS	4
5.1.	Balanza o báscula	4
5.2.	Horno o fuente indirecta de calor	4
5.3.	Placa de vidrio.....	4
5.4.	Varilla	4
5.5.	Recipiente	4
5.6.	Enrasador (Regla metálica)	4

5.7	Equipo de uso general	
6.	PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA	5
7.	CONDICIONES AMBIENTALES	5
8.	PROCEDIMIENTO	5
8.1.	Calibración del recipiente	5
8.2.	Determinación de la masa volumétrica compactada	6
8.2.1.	Procedimiento de compactación con varilla	6
8.2.2.	Procedimiento de compactación por impactos	6
8.3.	Determinación de la masa volumétrica suelta	6
8.4.	Pruebas rápidas	7
8.4.1.	Secado del material	7
9.	CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	7
10.	PRECISIÓN	7
11.	INFORME DE LA PRUEBA	7
12.	BIBLIOGRAFÍA	8
13.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	8
A.	APÉNDICE INFORMATIVO	8
A1.	Vigencia	8

INTRODUCCIÓN

Esta norma mexicana es parte de una serie de normas destinadas a métodos de prueba, para determinar la masa volumétrica de los agregados.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece el método de prueba para la determinación de la masa volumétrica de los agregados finos y gruesos o de una combinación de ambos. Este método es aplicable a agregados cuyo tamaño máximo nominal no excedan de 150 mm.

2. REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes:

NMX-C-030-ONNCCE	Industria de la Construcción - Agregados - Muestreo
NMX-C-070	Industria de la Construcción - Agregados - Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo, al tamaño requerido para las pruebas.
NMX-C-111-ONNCCE	Industria de la Construcción - Concreto - Agregados - Especificaciones.
NMX-C-166	Industria de la Construcción - Agregados - Contenido total de humedad por secado - Método de prueba.
NMX-B-231	Industria Siderúrgica - Cribas para la clasificación de materiales granulares - Especificaciones.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

3.1. Masa seca

El agregado es considerado seco cuando se ha mantenido a una temperatura de $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) durante el tiempo necesario para lograr masa constante. El material se considera seco cuando la diferencia entre dos pesadas sucesivas es igual o menor que 0,1 % de la masa de material.

3.2. Masa volumétrica

Es la masa del material por unidad de volumen, siendo el volumen el ocupado por el material en un recipiente especificado.

4. MATERIALES AUXILIARES

Grasa mineral.

5. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS

5.1. Balanza o báscula

Dispositivo sensible para determinar la masa de la muestra con una precisión igual o mayor a 0,1 % de la masa por utilizar.

5.2. Horno o fuente indirecta de calor

Horno con termostato ajustable para mantener la temperatura en $383 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$), o plancha eléctrica o de gas que permita el secado del material sin calcinarlo.

Placa de vidrio

Debe ser cuadrada, de 6 mm de espesor y de cuando menos 25 mm mayor con respecto al diámetro del recipiente que se vaya a emplear.

Varilla

Debe ser de acero, de sección circular de $16,0 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$, recta y lisa de $600 \text{ mm} \pm 30,0 \text{ mm}$ de longitud, cuando menos con uno de los extremos semiesféricos, del mismo diámetro.

Recipiente

Debe emplearse un recipiente cilíndrico de metal inoxidable, estanco y suficientemente rígido, para conservar su forma y volumen calibrado bajo uso rudo. Debe ser maquinado de forma tal, que conserve medidas precisas en su parte interior y de preferencia provisto de dos manijas. El borde superior del recipiente debe ser plano, con una tolerancia de 0,25 mm; se considera plano al no poder insertar un calibrador de 0,25 mm entre el borde y una placa de vidrio de por lo menos 6 mm de espesor, colocada encima de dicho borde. Su capacidad y especificaciones deben estar de acuerdo con la tabla 1. La capacidad calibrada del recipiente puede tener una tolerancia de $\pm 10 \%$ respecto a la capacidad indicada en la tabla 1.

La relación entre el diámetro y la altura interior debe estar dentro de 0,8 y 1,2

TABLA 1.- Dimensiones de los recipientes

Capacidad dm ³ (L)	Espesor mínimo (mm)		Tamaño máximo nominal del agregado (mm)
	Fondo	Pared	
5	5,0	2,5	13
10	5,0	2,5	25
14	5,0	3,0	40
28	5,0	3,0	100

Los recipientes de 14 dm³ y 28 dm³ (decímetros cúbicos) deben estar reforzados en el borde superior con una cinta de acero no menor de 5 mm de grueso y 38 mm de ancho

5.6. Enrasador (Regla metálica)

Debe ser una placa rectangular, lisa y rígida, de 3 mm de espesor mínimo, 50 mm de ancho mínimo y una longitud mínima de 100 mm, mayor al diámetro del recipiente que se va a emplear.

Equipo de uso general

Pala cuadrada, cucharón metálico de un litro de capacidad mínima.

6. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

Se toma una muestra de agregado de acuerdo con el método de muestreo descrito en la NMX-C-030-ONNCCE (véase Capítulo 2), y se reduce a un volumen de aproximadamente 1,5 veces la capacidad del recipiente que se va a emplear, de acuerdo con la NMX-C-170 ONNCCE (véase Capítulo 2).

La muestra de agregados debe secarse hasta masa constante en el horno a $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) para lo cual la muestra del material que se va a secar se introduce en el horno y periódicamente se seca, se deja enfriar y se pesa. El material se considera seco cuando la diferencia entre dos pesadas sucesivas es igual o menor que 0,1 % de la masa del material.

7. CONDICIONES AMBIENTALES

- 7.1. El sitio donde se efectúen las pruebas no debe estar expuesto al sol ni a corrientes de aire.
- 7.2. Durante la ejecución de las pruebas, las condiciones ambientales del lugar deben ser estables.

8. PROCEDIMIENTO

8.1 Calibración del recipiente

Colocar el recipiente con la placa de vidrio en la báscula y determinar su masa en kilogramos (kg), con la aproximación que da la precisión de la misma. Engrasar el borde del recipiente para evitar escurrimiento de agua. Llenar el recipiente con agua limpia a la temperatura ambiente y cubrir con la placa de vidrio engrasado el borde del recipiente, de afuera hacia adentro, de tal modo que se elimine el exceso de agua y se seca el exterior del recipiente, si aparecen burbujas de aire, debe repetirse el procedimiento.

Se determina la masa neta del agua con la aproximación que da la precisión de la báscula.

Se mide la temperatura del agua y en función de ella, se obtiene la masa unitaria del agua en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F = \frac{MU}{MA}$$

Donde:

- F es el factor en un metro cúbico ($1/\text{m}^3$)
MU es la masa unitaria del agua que se obtiene de la tabla 2, en kg/m^3
MA es la masa del agua requerida para llenar el recipiente, en kg.

En la pared exterior del recipiente se pueden anotar con tinta indeleble, el factor y la masa del mismo.

El recipiente debe ser calibrado por lo menos una vez al año o cuando se dude de su exactitud.

TABLA 2.- Masa unitaria del agua a varias temperaturas

K	°C	MU (kg/m^3)
273 - 285	0 - 12	1 000,00
288	15	999,10
291	18	998,58
294	21	997,95
296	23	997,50
297	24	997,30
300	27	996,52
302	29	995,97
303	30	995,75

8.2 Determinación de la masa volumétrica compactada

8.2.1 Procedimiento de compactación con varilla

Aplicable a agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 40 mm o menor.

El recipiente se llena hasta la tercera parte de su volumen y la superficie se nivela con los dedos. El material se compacta con la varilla, dándole 25 penetraciones, distribuidas uniformemente sobre la superficie, con una fuerza tal que no triture las partículas del agregado. A continuación se agrega material hasta las dos terceras partes de su volumen y nuevamente se compacta con 25 penetraciones, de acuerdo como se describió anteriormente. El recipiente se llena totalmente hasta que el material sobrepase el borde superior, y se vuelve a compactar con 25 penetraciones.

El enrase, cuando se trata de agregado fino, se hace con el enrasador, mediante una operación de corte horizontal.

Cuando se trata del agregado grueso, se hace visualmente, quitando y poniendo partículas, de tal manera que los salientes sobre la superficie del borde compensen las depresiones por debajo de él.

Se determina la masa total del recipiente con el material.

Se calcula la masa neta del material contenida en el recipiente.

La masa volumétrica del agregado, se obtiene multiplicando la masa neta del agregado en kg, por el factor determinado en 8.1.

Procedimiento de compactación por impactos

Aplicable a los agregados que tengan un tamaño máximo nominal mayor de 40 mm y hasta 100 mm

El recipiente debe llenarse en tres capas aproximadamente iguales, según lo descrito en 8.2.1. y cada una de estas capas se compacta, colocando el recipiente sobre una base firme, tal como un piso de concreto pulido, levantando y dejando caer alternativamente dos lados diametralmente opuestos del recipiente, a una altura de 50 mm sobre el piso, de tal manera que golpee sobre éste firmemente. Mediante este procedimiento, las partículas del agregado se acomodan por sí mismas hasta alcanzar una condición compacta.

Cada una de las capas se compacta, dejando caer el recipiente 50 veces, alternando los golpes de cada lado. La superficie del agregado se nivela después con los dedos, de tal manera que las aristas de las partículas mayores del agregado grueso que sobresalgan del nivel de la parte superior del recipiente, compensen las depresiones situadas por debajo de él.

Se determina la masa total del recipiente con el material.

Se calcula la masa neta del agregado en kg, contenida en el recipiente.

La masa volumétrica del agregado se obtiene multiplicando la masa neta del agregado en kg, por el factor determinado en 8.1.

8.3 Determinación de la masa volumétrica suelta

Aplicable a los agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 100 mm o menor.

El recipiente se llena hasta que el material sobrepase el borde sin derramarse, por medio de una pala o cucharón, dejando caer el agregado de una altura no mayor de 50 mm sobre el borde del recipiente, distribuyéndolo uniformemente, para evitar la segregación.

El enrase se hace de la misma forma que se indicó en 8.2.1. ó 8.2.2.

Se calcula la masa neta del agregado en kg, contenida en el recipiente.

La masa volumétrica del agregado se obtiene multiplicando la masa neta del agregado en kg, por el factor determinado en 8.1.

La masa volumétrica obtenida en kg/m^3 determinada por estos métodos de prueba, es para agregados secos.

8.4. Pruebas rápidas

Cuando los datos obtenidos en estas pruebas son utilizados únicamente en el diseño y control de las mezclas de concreto, se pueden emplear los métodos indicados en 8.4.1.

8.4.1. Secado del material

Se pone el material en una charola o sartén que se coloca sobre una fuente de calor; el estado seco se detecta mediante un vidrio que se pone sobre el material. Si aún tiene humedad, el vidrio se empaña; cuando el material está seco, esto no sucede.

Para evitar el secado inicial del material, si este se encuentra superficialmente seco, puede determinarse la masa volumétrica como se indica en 8.2. y 8.3., sin el secado previo, y se corrige el valor obtenido por la humedad determinada en la siguiente forma:

Se toma una muestra del material aproximadamente de un 5 % del material utilizado en la masa volumétrica; se pesa y se seca por el procedimiento indicado en 6.1., y la humedad se determina mediante la siguiente fórmula:

$$H = \frac{Mh - Ms}{Ms}$$

Donde:

H Es la humedad de la muestra
Mh Es la masa de la muestra húmeda
Ms Es la masa de la muestra seca

La corrección de la masa volumétrica por humedad, se determina como sigue:

$$MV = \frac{mv}{1+H}$$

Donde:

MV es la masa volumétrica corregida
mv es la masa volumétrica obtenida por el procedimiento indicado en los incisos 8.2. ó 8.3.
H es el valor de la humedad obtenida en 8.4.1.

9. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Las masas volumétricas se reportan en kg/m^3 , con aproximación a la unidad.

10. PRECISIÓN

Al momento de revisar el presente documento no se contó con datos necesarios para establecer la precisión del método.

11. INFORME DE LA PRUEBA

El informe de resultados de la masa volumétrica debe incluir lo siguiente:

Masa volumétrica por varillado, ó
Masa volumétrica por impactos, ó
Masa volumétrica Suelta

12. BIBLIOGRAFÍA

NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida.
NMX-C-251-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Terminología.
ASTM C-29-91a	Standard method for test for unitweight of aggregate.

13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

A. APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Vigencia

La presente norma entra en vigor a los sesenta días siguientes de la declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía (SE) en el Diario Oficial de la Federación.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.**

NORMA MEXICANA

NMX - C - 077 - 1997 - ONNCCE

(Esta norma cancela a la NMX-C-077-1987)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de marzo de 1998

**“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS PARA CONCRETO -
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - MÉTODO DE PRUEBA”**

**“BUILDING INDUSTRY - AGGREGATES FOR CONCRETE -
GRANULOMETRIC ANALYSIS -TEST METHOD”**



COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1

0. PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO, A. C. (AMIC)
- CONCRETOS KARYMA, S. A. DE C. V.
- CONCRETOS METROPOLITANOS, S. A. DE C. V.
- CONTROL DE CALIDAD Y MEDICIONES, S. A. DE C. V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S. A. DE C. V. (TRIBASA).
- ICA SOLUM, S. A. DE C. V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A. C. (IMCYC)
- LABORATORIOS LIAC, S. A. DE C. V.
- LADIM, S. A. DE C. V.
- PRECONCRETO ALTA RESISTENCIA, S. A. DE C. V.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)
- TECNOSUELO, S. A. DE C. V.

ÍNDICE

		PAGINA
0.	PREFACIO.....	2
1.	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	2
2.	REFERENCIAS.....	2
3.	APARATOS Y EQUIPO.....	3
4.	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	3
5.	PROCEDIMIENTO.....	4
6.	CÁLCULOS.....	5
7.	INFORME.....	5
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	5
9.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	5
10.	VIGENCIA.....	5

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos, con el fin de determinar la distribución de las partículas de diferentes tamaños por medio de cribas.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas en vigor.

- | | |
|------------------|---|
| NMX-B-231 | Cribas para la clasificación de materiales granulares |
| NMX-C-030-ONNCCE | Industria de la Construcción-Agregados-Muestreo. |

NMX-C-084 Industria de la Construcción-Agregados para concreto, partículas más finas que la criba N 0,075 (200) por medio de lavado-Método de prueba.

NMX-C-170-ONNCCE Industria de la Construcción - Agregados - Reducción de las muestras de agregados, obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas.

3. APARATOS Y EQUIPO

3.1. Charolas

3.2. Cucharón

3.3. Balanza con una aproximación de 0,1% de la masa de la muestra.

3.4. Horno ventilado y que sea capaz de mantener una temperatura de 383 ± 5 K ($110 \pm 5^\circ\text{C}$).

3.5. Cribas. Juego de cribas que cumplan con las especificaciones de la NMX-B-231 (véase 2. Referencias).

3.6. Máquina agitadora para el cribado que sea capaz de sostener el juego completo de cribas para esta determinación. Puede ser accionada por motor o manivela.

4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

4.1. La muestra del agregado que se va a emplear para el análisis granulométrico debe tomarse de acuerdo a la NMX-C-30 y reducirse de acuerdo con lo indicado en la NMX-C-170 (véase 2. Referencias), El agregado fino debe humedecerse antes de iniciar la reducción del tamaño de la muestra para evitar la segregación.

Debe preverse que la muestra seca tenga la masa apropiada para efectuar la prueba de acuerdo con lo indicado en 4.2. ó 4.3.

La muestra por analizarse debe ser el resultado final de la reducción por cuarteo y no debe permitirse el ajuste a una masa predeterminada.

4.2. Agregado fino

La muestra para la prueba de agregado fino se seca en el horno y debe tener una masa aproximada de las cantidades siguientes:

Agregados que tienen por lo menos el 95% que pasa la criba No. 2,36 (8) a 100 g.

Agregados que tienen por lo menos el 85% que pasa la criba No. 4,75 (4) y se retiene más del 5% en la criba No. 2,36 (8) a 500 g.

Debe tenerse especial cuidado al seleccionar el tamaño de la muestra a fin de evitar que al terminar el cribado, se tenga en cualquiera de las cribas un retenido cuya masa sea mayor de $0,6 \text{ g/cm}^2$ de superficie de cribado; este valor equivale a 180 g para las cribas de 203 mm de diámetro (en el marco).

Cuando este caso llegue a presentarse, puede subsanarse mediante la introducción de una criba adicional de abertura mayor a la crítica y menor que la inmediata superior.

4.3. Agregado grueso

La masa de la muestra seca del agregado grueso debe ser de por lo menos lo indicado en la tabla 1.

Para cribar los agregados gruesos se recomienda que se utilicen cribas con marco de 40 cm o mayor.

Tabla 1.- Tamaño nominal del agregado grueso

Tamaño nominal máximo (mm)	Masa mínima de la muestra (kg)
10	2
13	4
20	8
25	12
40	16
50	20
65	25
75	45
90	70

4.4. En el caso de material en greña o contaminación de tamaños, el material debe separarse en dos porciones por medio de la criba No. 4,75 (4).

Las porciones de agregado fino y grueso deben prepararse de acuerdo con el inciso 4.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Se seca la muestra hasta masa constante a una temperatura de $383\text{ K} \pm 5\text{ k}$ ($110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$).

5.2. Se arman las cribas que van a emplearse en la determinación en orden descendente de aberturas, terminando con la charola (fondo) y se coloca la muestra en la criba superior y se tapa bien. Se agitan las cribas a mano o con un aparato mecánico por un tiempo suficiente, que se establece por experiencias o por comprobación, en la muestra que se prueba de tal forma que se satisfaga el criterio de un cribado correcto el cual se describe en 5.3.

5.3. Se continúa el cribado por un período suficiente de tal manera que después de haberse completado, no más del 1% en masa del residuo, en cualquier criba individual, pase esa criba durante un minuto de cribado continuo hecho del modo siguiente:

Se mantiene la criba individual con su charola y tapa bien ajustadas en posición ligeramente inclinada en una mano. Se golpea el lado de la criba con rapidez; se le da un movimiento hacia arriba y golpeando con la palma de la otra mano a una frecuencia de 120 veces por minuto, se gira la criba un sexto de vuelta cada vez que se le dan 25 golpes. Para determinar la eficiencia del cribado de tamaños mayores de la criba No. 4,75 (4) se limita el material sobre la criba de tal forma que sólo haya una capa de partículas. Si el tamaño de las cribas montadas hace impráctico el procedimiento de cribado descrito, se emplean las cribas de 203 mm de diámetro (del marco) para verificar la eficiencia del cribado.

5.4. Usualmente es satisfactorio el cribado en seco para pruebas de rutina de agregados de granulometría normal. Sin embargo, cuando se desea una determinación exacta del total que pasa por la criba F 0,075 (200), primero se criba la muestra por lavado de acuerdo con la NMX-C-84 (véase 2. Referencias).

Agregar el porcentaje que sea más fino que la criba No. 0,075 (200) determinado por el método de lavado de la NMX-C-84 (véase 2. Referencias), al porcentaje que paso por dicha criba en el cribado seco. Después de la operación, se criba en seco la muestra de acuerdo con 5.2 y 5.3.

5.5. Se determina la masa retenida en cada criba por medio de una balanza o báscula que se especifica en 3.3 y se calculan los porcentajes hasta los décimos.

5.6. Método manual para gravas

5.6.1. Cuando se trabaja con gravas, especialmente las de tamaño nominal grande, la muestra obtenida es voluminosa; por tanto, si no se cuenta con juegos de cribas y agitador de tamaño adecuado, puede utilizarse el siguiente método manual, en el que se trabaja cada criba individualmente.

Para este método, se utilizan tres charolas de tamaño adecuado a la muestra; en la primera se coloca la muestra seca con su masa previamente determinada; sobre la segunda se pone la criba de mayor tamaño a utilizar, dentro de ella, con el cucharón, se colocan porciones de la muestra que no cubran la malla en más de una capa de partículas y se agita con las dos manos, cuidando visualmente que todas las partículas tengan movimiento sobre la malla. Cuando ya no pase material, el retenido se pasa a la tercer charola y se continúa con la siguiente porción en la misma forma hasta cribar toda la muestra.

Se determina la masa del retenido total en esa criba y se registra; se continúa con las siguientes cribas en la misma forma hasta la No. 4,75 (4) No. 2,36 (8), según el caso. Por último, se determina la masa y registra el material que pasó la criba inferior.

6. CÁLCULOS

Se calculan los porcentajes basándose en la masa total de la muestra incluyendo el del material que pasó la criba No. 0,075 (200), determinado de acuerdo con lo descrito en el capítulo 5.

7. INFORME

7.1. El informe debe incluir lo siguiente, dependiendo de las exigencias de la norma para el empleo del material que se está probando:

7.1.1. El porcentaje total del material que pasa cada criba, o bien,

7.1.2. El porcentaje del material retenido acumulado en cada criba, o también,

7.1.3. El porcentaje del material retenido entre dos cribas consecutivas.

Consignar los porcentajes en números enteros excepto para el porcentaje que pasa la criba No. 0,075 (200) que debe informarse hasta 0,1 de por ciento.

8. BIBLIOGRAFÍA

ANSI/ASTM C-136-81 Standard test Method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.

NMX-C-251-1997-ONNCCE Industria de la construcción - Concreto - Terminología

NOM - 008 - SCFI - 1993 "Sistema General de Unidades y Medidas"

NMX-Z-013-SCFI-1977 "Guía para la redacción y presentación de la normas mexicanas"

9. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONES

No puede establecerse concordancia por no existir referencia al momento de la elaboración de la presente norma.

10. VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor al día siguiente de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación por parte de la SECOFI

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX-C-155-ONNCCE-2004**
(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-155-1987)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de marzo de 2004.

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN -CONCRETO-CONCRETO HIDRÁULICO
INDUSTRIALIZADO-ESPECIFICACIONES"**

**"BUILDING INDUSTRY -CONCRETE – HIDRAULIC CONCRETE
INDUSTRIALIZED SPECIFICATIONS"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución #50, Col. Escandón C.P. 11800, México, D.F. Tel. 52 73 19 91 Fax. 52 73 34 31
Correo electrónico: normas@mail.onncce.org.mx Internet: <http://www.onncce.org.mx>
©PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL ONNCCE



NORMA MEXICANA
NMX-C-155-ONNCCE-2004
Esta norma cancela y sustituye a la
NMX-C-155-1987
Declaratoria de vigencia publicada en el
D.O.F. el día 1 de marzo de 2004.

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONCRETO- CONCRETO
HIDRÁULICO INDUSTRIALIZADO-ESPECIFICACIONES"**
**"BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - HIDRAULIC CONCRETE-
STANDARD SPECIFICATION"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución #50, Col. Escandón C.P. 11800, México, D.F. Tel. 5273 1991 Fax. 5273 3431
Correo electrónico: normas@mail.onncce.org.mx Internet: http://www.onncce.org.mx
©PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL ONNCCE



COMITÉ TÉCNICO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1

0. PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO A.C. (AMICPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C. (ANALISEC)
- CÁMARA MEXICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (CMIC)
- CEMEX CONCRETOS, S.A. DE C.V.
- CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED)
- CONCRETO DE MORELOS S.A. DE C.V. (COMOSA)
- CONCRETOS APASCO S.A. DE C.V.
- CONCRETOS BAL DE ORIENTE S.A. DE C.V.
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- CORPORACIÓN GEO S.A. DE C.V.
- ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA (ESIA – IPN)
- ESTUDIOS, DISEÑOS Y LABORATORIO, S.A. DE C.V. (EDYL)
- ETA CONSULTORES, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V. (ICA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM (II – UNAM)
- INSTITUTO DEL FONDO NACIONAL DE LA VIVIENDA DE LOS TRABAJADORES (INFONAVIT)
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL (IMSS)
- KAPRA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONSULTORÍA Y SUPERVISIÓN S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- LANC S.C./LABORATORIOS DE ALTO NIVEL EN CALIDAD
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. (LACOSA)
- POLARCRETO, S.A. DE C.V.
- RESISTENCIAS SAN MARINO, S.A. DE C.V.
- SECCIÓN CENTRO Y SUR CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A.C. (ACI)
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)
- SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS (GDF – SGOS)

ÍNDICE

	Página
0. PREFACIO.....	2
1. OBJETIVO	4
2. CAMPO DE APLICACIÓN	4
2.1. Responsabilidad.....	4
3. REFERENCIAS.....	5
4. DEFINICIONES.....	5

4.1.	Adicionantes para concreto.....	6
4.2.	Aditivos para concreto.....	6
4.3.	Agregados.....	6
4.4.	Cemento hidráulico.....	6
4.5.	Cenizas volantes.....	6
4.6.	Coficiente volumétrico.....	6
4.7.	Complementos cementantes.....	6
4.8.	Concreto con aire incluido.....	6
4.9.	Concreto de masa normal.....	6
4.10.	Concreto hecho en obra.....	6
4.11.	Concreto hidráulico.....	6
4.12.	Concreto hidráulico en estado endurecido.....	7
4.13.	Concreto hidráulico en estado fresco.....	7
4.14.	Concreto hidráulico para uso estructural.....	7
4.15.	Concreto industrializado.....	7
4.16.	Curado.....	7
4.17.	Director responsable en obra(perito de obra o equivalente).....	7
4.18.	Diseño o proporcionamiento del concreto.....	7
4.19.	Dosificación.....	7
4.20.	Durabilidad.....	7
4.21.	Estructura.....	7
4.22.	Estructurista.....	8
4.23.	Humo de sílice.....	8
4.24.	Intemperismo.....	8
4.25.	Junta fría.....	8
4.26.	Masa unitaria.....	8
4.27.	Mezclado.....	8
4.28.	Modulo de elasticidad de diseño(característico).....	8
4.29.	Modulo de elasticidad o de Young.....	8
4.30.	Muestra.....	8
4.31.	Pie de obra.....	8
4.32.	Productor.....	8
4.33.	Recubrimiento.....	8
4.34.	Relacion agua/cementante.....	8
4.35.	Resistencia a la compresión.....	9
4.36.	Resistencia especificada (característica) a la compresión f_c	9
4.37.	Revenimiento.....	9
4.38.	Revoltura.....	9
4.39.	Segregación de los agregados.....	9
4.40.	Sitio de colocación.....	9
4.41.	Sitio de elaboración.....	9
4.42.	Tamaño máximo nominal del agregado.....	9
4.43.	Usuario.....	9
5.	ESPECIFICACIONES.....	9
5.1.	Materiales componentes.....	9
5.1.1.	Cemento hidráulico.....	9
5.1.2.	Agregados.....	9
5.1.3.	Agua de mezclado.....	10
5.1.4.	Aditivos.....	11
5.1.5.	Complementos cementantes.....	11
5.2.	Requisitos del concreto en estado fresco.....	11
5.2.1.	Revenimiento.....	11
5.2.2.	Masa unitaria.....	12
5.2.3.	Temperatura del concreto fresco en climas extremos.....	12
5.2.4.	Tamaño máximo nominal del agregado.....	12
5.2.5.	Volumen.....	13
5.2.6.	Aire incluido.....	13
5.3.	Requisitos del concreto en estado endurecido.....	14
5.3.1.	Resistencia a la compresión.....	14
5.3.2.	Módulo de elasticidad.....	15
5.3.3.	Determinación de la resistencia del concreto mediante ensaye de núcleos.....	15
5.3.4.	Durabilidad.....	15

6.	MUESTREO.....	16
7.	MÉTODOS DE PRUEBA.....	17
7.1.	Para los materiales y componentes.....	17
7.2.	Requisitos para el concreto en estado fresco.....	17
7.3.	Requisitos para el concreto en estado endurecido.....	17
8.	MARCADO, ETIQUETADO, ENVASE Y EMBALAJE.....	18
A.	APENDICE NORMATIVO.- Precisión de la dosificación.....	18
A.1.	Cemento.....	18
A.2.	Agregados.....	18
A.3.	Agua de mezclado.....	18
A.4.	Complementos cementantes y aditivos.....	18
B.	APENDICE NORMATIVO.- Requisitos para el equipo de dosificación.....	18
B.1.	Depósito y tolvas.....	18
B.2.	Básculas.....	19
B.3.	Medidores de agua.....	19
B.4.	Medidores de aditivos y complementos cementantes.....	19
B.5.	Mezcladoras y revolvedoras.....	19
B.5.1.	Mezcladoras estacionarias.....	19
B.5.2.	Camión mezclador o agitador.....	19
C.	APENDICE NORMATIVO.- Requisitos de mezclado.....	20
C.1.	Concreto mezclado en planta.....	20
C.2.	Concreto mezclado parcialmente en la planta.....	20
C.3.	Concreto mezclado en camión.....	20
D.	APENDICE NORMATIVO.- Transporte y entrega.....	22
E.	APENDICE NORMATIVO.- Bases de contratación para concreto industrializado.....	22
E.1.	Clasificación.....	22
E.2.	Datos del pedido.....	23
E.3.	Datos opcionales para el pedido.....	23
E.4.	Bases de entrega y aceptación.....	23
E.4.1.	Entrega.....	23
E.4.2.	Aceptación.....	23
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	23
11.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	24
A.	APÉNDICE INFORMATIVO.....	24
A.1.	Vigencia.....	24

1. OBJETIVO

Esta norma mexicana establece las especificaciones que debe cumplir el concreto hidráulico fresco y endurecido; el cual es utilizado como materia para construcción y es entregado en estado fresco a pie de obra.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana es aplicable al concreto hidráulico industrializado o hecho en obra por medios mecánicos para uso en la construcción.

2.1. Responsabilidad

El responsable de la calidad del producto a pie de obra conforme a las especificaciones solicitadas por el usuario, es el productor del mismo; el responsable de mantener la calidad del concreto entregado a pie de obra, del transporte dentro de la obra, de su colocación, acomodo, consolidación y curado, es el usuario.

Ante las autoridades correspondientes, el propietario de la obra puede delegar la responsabilidad de la verificación del cumplimiento de los requerimientos mínimos especificados en esta norma al director responsable de obra, o en su equivalente según el reglamento de construcciones de la región de que se trata, quienes pueden evidenciar el cumplimiento de los requerimientos de esta norma a través de un certificado otorgado por un organismo debidamente reconocido y apoyado en los informes de ensaye emitidos por un laboratorio de competencia reconocida y debidamente autorizado por el responsable.

3. REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas, vigentes:

NMX-AA-008	Aguas - Determinación del pH
NMX-AA-074	Análisis de aguas - Determinación del ion sulfato
NMX-C-059-ONNCCE	Industria de la construcción - Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (Método de VICAT).
NMX-C-061-ONNCCE	Industria de la construcción - Cementos - Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
NMX-C-083-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto - Método de prueba
NMX-C-109-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos.
NMX-C-111-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados para concreto hidráulico - Especificaciones y métodos de prueba
NMX-C-122-ONNCCE	Industria de la construcción - Agua para concreto-Especificaciones
NMX-C-128-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto sometido a compresión - Determinación del módulo de elasticidad estático y relación de Poisson.
NMX-C-146-ONNCCE	Industria de la construcción - Aditivos para concreto - Puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante para usarse como aditivo mineral en concreto de cemento portland - Especificaciones.
NMX-C-148-ONNCCE	Industria de la construcción - Cementos hidráulicos - Gabinetes y cuartos húmedos y tanques de almacenamiento para el curado de especímenes de mortero y concreto de cementantes hidráulicos
NMX-C-154	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del contenido de cemento en concreto endurecido
NMX-C-156-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del revenimiento en el concreto fresco.
NMX-C-157	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión.
NMX-C-158	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico.
NMX-C-159-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio.
NMX-C-160	Industria de la construcción - Concreto - Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
NMX-C-161-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto fresco - Muestreo.
NMX-C-162-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.
NMX-C-169-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido.
NMX-C-179	Industria de la construcción - Ceniza volante o puzolana natural para usarse como aditivo mineral en concreto de cemento portland - Muestreo y pruebas.
NMX-C-180-ONNCCE	Industria de la construcción - Cementos hidráulicos - Determinación de la reactividad potencial de los agregados con álcalis de cementantes hidráulicos por medio de barras de mortero
NMX-C-185-ONNCCE	Industria de la construcción - Morteros de cemento Portland - Determinación de la expansión potencial debido a la acción de los sulfatos
NMX-C-251-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Terminología.
NMX-C-255	Industria de la construcción - Aditivos químicos para concreto - Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-C-273-ONNCCE	Industria de la construcción - Cemento - Determinación de la actividad hidráulica de las adiciones con cemento Portland ordinario
NMX-C-283	Industria de la construcción - Agua para concreto - Análisis.
NMX-C-403-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto hidráulico para uso estructural.
NMX-C-414-ONNCCE	Industria de la construcción - Cementos hidráulicos - Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-C-435-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Método para determinar la temperatura del concreto fresco.

4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se establecen las siguientes definiciones, además de las indicadas en la NMX-C-251-ONNCCE (véase Capítulo 3).

4.1. Adicionantes para concreto

Son materiales como las fibras que se utilizan como refuerzo o los pigmentos, que no tienen propiedades cementantes.

4.2. Aditivos para concreto

Son materiales diferentes al agua, a los agregados y al cemento, que se pueden emplear como componentes del concreto y se agregan en pequeñas cantidades a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, interactuando con el sistema hidratante – cementante mediante la acción física, química o físico-química, modificando una o más de las propiedades del concreto o mortero en sus etapas de fresco, fraguando, endureciéndose y endurecido.

No se consideran como aditivos los suplementos del cemento como escorias, puzolanas naturales o humo de sílice, ni las fibras empleadas como refuerzo, los cuales pueden ser constituyentes del cemento, mortero o concreto.

4.3. Agregados

Materiales naturales, naturales procesados o artificiales, que se mezclan con los cementos y agua para hacer morteros o concretos.

4.4. Cemento hidráulico

Es el cementante producido por la pulverización de clinker y sulfato de calcio en algunas de sus formas.

4.5. Cenizas volantes

Son residuos que se obtienen por precipitación electrostática o por captación mecánica, de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores en centrales termoeléctricas alimentadas por carbón mineral.

4.6. Coeficiente volumétrico

Índice relativo a la esfericidad de un agregado empleado para calificar la forma de los agregados gruesos. Es la relación entre el volumen aparente de las partículas seleccionadas en condición saturada y superficialmente seca respecto al volumen de las esferas que las circunscriben.

4.7. Complementos cementantes

Son materiales que desarrollan características cementantes, como la puzolana natural, escorias, humo de sílice, ceniza volante o ceniza de cáscara de arroz, que se pueden emplear como constituyentes del cemento o del concreto. La cal no se considera como adición cementante.

4.8. Concreto con aire incluido

Es el concreto que tiene un contenido de aire mayor del 3 % del volumen absoluto.

4.9. Concreto de masa normal

Es el concreto que tiene una masa unitaria de 1 800 kg/m³ a 2 400 kg/m³.

4.10. Concreto hecho en obra

Es el concreto hidráulico para uso estructural, no industrializado, elaborado por medios mecánicos en el sitio de utilización y generalmente dosificado por volumen.

4.11. Concreto hidráulico

Es una mezcla de materiales, naturales, procesados o artificiales, cementante y agua, a la que además se le pueden agregar algunos aditivos y adicionantes.

4.12. Concreto hidráulico en estado endurecido

Es la condición en la que el concreto hidráulico es capaz de resistir las acciones para las cuales fue especificado.

4.13. Concreto hidráulico en estado fresco

Es la etapa inicial del proceso de fraguado del concreto durante la cual presenta una trabajabilidad que permite realizar las operaciones de transporte, colocación, compactación y acabado.

4.14. Concreto hidráulico para uso estructural

Es el concreto hidráulico empleado para soportar esfuerzos y formar parte integral de una estructura o edificación. Los requisitos de resistencia y durabilidad los debe indicar el estructurista.

4.15. Concreto industrializado

Es el concreto hidráulico elaborado en planta, ya sea fuera o en el sitio de utilización, dosificado según se indica en 4.19., en donde el productor y el usuario generalmente son personas distintas, físicas o morales, y donde puede existir un contrato de compraventa del producto.

4.16. Curado

Es el proceso mediante el cual, en un ambiente especificado de humedad y temperatura, se favorece la hidratación del cemento hidráulico y en su caso, de los materiales cementantes en la mezcla.

4.17. Director responsable de obra (perito de obra o equivalente)

Es la persona física que acredita fehacientemente su conocimiento de las leyes y disposiciones reglamentarias relativas a la construcción, que cuenta con cédula profesional y que, ante las autoridades correspondientes y el propietario de la obra se hace responsable de la calidad del proyecto, especificaciones, supervisión y/o ejecución de la obra cuidando que se cumpla con las normas, los reglamentos de construcción y las especificaciones del proyecto a fin de realizar una obra de calidad definida, para la cual otorga su responsiva profesional.

Algunas regulaciones locales requieren además para ciertas edificaciones un corresponsable en seguridad estructural (CSE), que es la persona física que se hace responsable de la calidad del proyecto, especificaciones, supervisión y/o ejecución de la obra desde el punto de vista estructural.

4.18. Diseño o proporcionamiento del concreto

Es el cálculo de las cantidades de materiales por unidad de masa o volumen que se requieren para fabricar un concreto que tenga las características especificadas.

4.19. Dosificación

Operación mediante la cual se pesan o miden en volumen los sólidos y los líquidos, de acuerdo al diseño.

4.20. Durabilidad

Es la capacidad del concreto hidráulico para resistir satisfactoriamente durante un tiempo determinado (vida útil) la acción ambiental, ataque químico o abrasión y de proteger al acero de refuerzo y demás elementos metálicos de la corrosión o cualquier otro proceso de deterioro, para mantener su forma original, condición de servicio y propiedades mecánicas.

4.21. Estructura

Conjunto de elementos de una construcción cuya función es la de resistir las cargas o acciones para las que fue diseñada, incluyendo los efectos del medio ambiente al que esté sometido.

4.35. Resistencia a la compresión

Es la capacidad de carga por unidad de área del concreto hidráulico, medida en ensayos de especímenes elaborados, curados y probados en las condiciones estándar especificadas, generalmente expresada en MPa (kgf/cm^2).

4.36. Resistencia especificada (característica) a la compresión, f'_c

Es la resistencia a compresión especificada en el diseño estructural.

4.37. Revenimiento

Es una medida de la consistencia del concreto fresco.

4.38. Revoltura

Es el conjunto de los componentes del concreto, que intervienen en una sola operación de mezclado.

4.39. Segregación de los agregados

Fenómeno por el cual se separa el agregado grueso del resto de la masa del concreto, afectando su homogeneidad.

4.40. Sitio de colocación

Es el lugar o elemento de la estructura donde se vacía el concreto para tomar su forma definitiva.

4.41. Sitio de elaboración

Es el lugar donde se encuentra el equipo y se efectúa el mezclado de los materiales constituyentes del concreto

4.42. Tamaño máximo nominal del agregado

Es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa o se requiere que pase la totalidad de un agregado con tolerancias en cuanto al retenido en dicha criba.

4.43. Usuario

Es el constructor, propietario de la obra o su representante, responsable del empleo apropiado del concreto en la obra.

5. ESPECIFICACIONES

5.1. Materiales componentes

5.1.1. Cemento hidráulico

El cemento empleado en la elaboración del concreto hidráulico para uso en la construcción, debe cumplir con las características y especificaciones descritas en la NMX-C-414-ONNCCE (véase Capítulo 3).

El cemento debe almacenarse, de tal forma que quede protegido contra humedad que le pueda causar hidratación.

Estas especificaciones se verifican de acuerdo con el método de prueba indicado en 7.1.1.

5.1.2. Agregados

5.1.2.1. Deben cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-111-ONNCCE (véase Capítulo 3). El tamaño máximo del agregado se selecciona de acuerdo con las características del elemento estructural en que se utilice y con lo dispuesto en el reglamento de construcciones de cada localidad y debe ser indicado por el usuario.

Esta especificación se verifica de acuerdo con el método de prueba indicado en 7.1.2.

NOTA 1: Para el usuario: El tamaño máximo nominal no debe ser mayor de un quinto de la menor distancia horizontal entre caras de los moldes, ni de un tercio del espesor de las losas, ni dos tercios de la separación horizontal libre mínima entre barras, paquete de barras o tendones de preesfuerzo.

NOTA 2: Es recomendable que el productor de concreto conserve registros estadísticos de las propiedades de los agregados que utilice. Así mismo, informe al usuario cuando se realice cualquier cambio en los agregados empleados (características y lugar de extracción) que satisfaga las especificaciones indicadas en la NMX-C-111-ONNCCE. (Véase Capítulo 3).

5.1.3. Agua de mezclado

5.1.3.1. Debe cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-122. (Véase Capítulo 3).

El agua de dudosa calidad se acepta si cumple con el criterio de la tabla 1.

El agua de lavado del interior de las revolventoras montadas en camión puede ser utilizada como agua de mezclado si cumple con los requisitos físicos indicados en la tabla 1. Los límites químicos opcionales indicados en la tabla 2 deben ser especificados si son necesarios.

5.1.3.2. El director responsable de obra o equivalente, debe constatar que el agua empleada esté almacenada en depósitos limpios y cubiertos.

TABLA 1.- Criterio de aceptación para aguas de dudosa calidad

Concepto	Límites	Método de prueba
Resistencia a la compresión Con respecto al agua de control, a 7 días. El agua de control puede ser agua destilada o agua de la red municipal.	90 %, mínimo	NMX-C-061-ONNCCE, (véase Capítulo 3).
Tiempo de Fraguado Desviación respecto al tiempo de fraguado del control,	No más de 1 h del inicial No más de 1 h 30 min en el final	NMX-C-059-ONNCCE, (véase Capítulo 3)

TABLA 2.- Límites químicos opcionales para el agua de lavado

Concepto Requisitos químicos	Límites de concentración máxima en el agua de mezclado, mg/L (ppm). (Véase nota 4)	Método de prueba
Cloruros como Cl Concreto reforzado en ambiente húmedo o que haya elementos ahogados de aluminio o de metales similares o que esté en contacto con cimbras de metal galvanizado. Para el caso de concreto presforzado	1 000 (véase nota 5) 500	NMX-C-283 (véase Capítulo 3)
Sulfatos como SO₄	3 000	NMX-C-283 (véase Capítulo 3)
Álcalis totales	600	NMX-C-283 (véase Capítulo 3)
Sólidos totales	50 000	NMX-C-283 (véase Capítulo 3)

Esta especificación se verifica de acuerdo con los métodos de prueba indicados en 7.1.3.

NOTA 3: El agua de lavado recuperada para usarse en la mezcla de concreto, puede exceder en las concentraciones listadas, si en el agua total de mezclado no se exceden los límites establecidos.

NOTA 4: Si se permite usar cloruro de calcio (CaCl₂) como aditivo acelerante, la limitación del contenido de cloruros puede ser omitida por el usuario.

NOTA 5: El agua de lavado del interior de las mezcladoras, debe ser verificada semanalmente por un periodo de un mes, posteriormente el intervalo de muestreo es de un mes; durante este periodo, ninguna muestra debe exceder los límites señalados.

5.1.4. Aditivos

Se permite la utilización de aditivos en el concreto para satisfacer los requisitos especificados para concreto fresco y endurecido.

Cuando se requiera transportar el concreto se permite la inclusión de aditivos reductores de agua y retardantes de fraguado que permitan la entrega del producto en las condiciones acordadas.

Para concretos de más de 100 mm de revenimiento nominal, se deben usar aditivos superfluidificantes o de reducción de agua en lugar de agua, para alcanzar el revenimiento.

Para la selección y uso de los aditivos para concreto se debe consultar la norma mexicana NMX-C-255-ONNCCE (véase Capítulo 3) y cumplir con los requisitos especificados. En caso de utilizarlos en la obra, el responsable de la misma, debe solicitar al fabricante o distribuidor información técnica e instrucciones para su almacenamiento, uso correcto y evidencias de su calidad satisfactoria para aprobar su empleo e informar al productor del concreto para su consentimiento.

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba establecido en 7.1.4.

5.1.5. Complementos cementantes

Los complementos cementantes que se utilicen en el concreto deben cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-146-ONNCCE (véase Capítulo 3), estos deben incorporarse a la mezcla de concreto mediante el uso de cementos que ya los contengan integrados en el proceso de fabricación de conforme a la NMX-C-414-ONNCCE (véase Capítulo 5 de la Norma NMX-C-414-ONNCCE), para garantizar sistemáticamente la uniformidad y por consecuencia la calidad y durabilidad del concreto.

5.2. Requisitos del concreto en estado fresco

5.2.1. Revenimiento

El contenido máximo de agua debe limitarse de manera que el revenimiento nominal del concreto no exceda de 100 mm. Si se requiere aumentar el revenimiento, este incremento se debe obtener mediante el uso de los aditivos mencionados en 5.1.4.

Para que el concreto cumpla con el requisito de revenimiento, el valor determinado debe concordar con el nominal especificado en la Tabla 3, con sus respectivas tolerancias:

TABLA 3.- Valor nominal del revenimiento y tolerancias

Revenimiento nominal (mm)	Tolerancia (mm)
menor de 50	± 15
de 50 a 100	± 25
mayor de 100	± 35

Al concreto en estado fresco, antes de su colocación en las cimbras, se le deben hacer pruebas para verificar que cumple con los requisitos especificados para su aceptación. La prueba de revenimiento al concreto muestreado en obra se hace de acuerdo con la NMX-C-156-ONNCCE (véase Capítulo 3).

En caso de que el revenimiento sea inferior al límite especificado, puede aceptarse el concreto si no existen dificultades para su colocación.

Cuando se llegue al lugar de la obra y el revenimiento del concreto sea menor que el solicitado, incluyendo su tolerancia, el fabricante puede agregar aditivo para obtener un revenimiento dentro de los límites requeridos, mezclando adicionalmente para cumplir con los requisitos de uniformidad especificados (véase Tabla 10), para lo cual, la olla o las espas deben girar 30 revoluciones adicionales como mínimo a la velocidad de mezclado. Es conveniente no llevar el revenimiento arriba del solicitado; además, no debe añadirse agua a la revolvedora en el lugar de la obra.

5.2.1.1. El revenimiento del concreto debe estar dentro de los valores permisibles, durante los primeros 30 min medidos a partir de que llega a la obra, a excepción del primero y último medio metro cúbico. El periodo máximo de espera en el sitio de entrega es de 30 min, a la velocidad de agitación. En caso de que la entrega se haga en equipo no agitador puede reducirse el tiempo de espera, de común acuerdo entre el fabricante y el consumidor (véase Tabla 10).

Si existe duda sobre el valor obtenido, puede solicitarse una segunda prueba, la que debe hacerse inmediatamente con otra porción de la misma muestra o de otra muestra de la misma entrega, la cual es definitiva para aceptación o rechazo.

En caso de una segunda falla, debe considerarse que el concreto no ha cumplido con los requisitos de esta especificación y el consumidor se responsabiliza íntegramente de su utilización, en caso de aceptar el mismo.

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba establecido en 7.2.1.

NOTA 6: Cuando se especifique en la obra un revenimiento con valor máximo, como es el caso de obras con cimbra deslizante, la tolerancia para su aceptación es de acuerdo entre productor y consumidor.

5.2.2. Masa unitaria

El concreto debe tener una masa unitaria entre 1 800 kg/m³ y 2 400 kg/m³

Esta especificación se verifica de acuerdo al método de prueba indicado en 7.2.2.

5.2.3. Temperatura del concreto fresco en climas extremos

En el caso de climas fríos, el consumidor debe procurar mantener la temperatura del concreto arriba de los límites indicados en la Tabla 4.

TABLA 4.- Temperatura del concreto fresco durante su colocación en clima frío

1) Dimensión de la sección, en mm	2) Temperatura mínima del concreto, °C
Menos de 300	13
300 a 900	10
901 a 1 800	7
Mayor que 1 800	5

Para aquellos casos en que se proceda a calentar los materiales para compensar las bajas temperaturas ambientales, la temperatura máxima del concreto hidráulico en el momento de la producción y colocación no debe exceder en ningún momento de 305 K (32 °C).

En climas cálidos, la temperatura del concreto hidráulico en el momento de su producción y colocación debe ser la más baja posible alcanzable en forma práctica, de común acuerdo con el comprador.

No es conveniente exceder la temperatura de 311K (38 °C).

Para contrarrestar el efecto de las temperaturas ambientales altas el director responsable de obra debe determinar la pertinencia de enfriar los materiales y la posibilidad de enfriar el agua, sin que la temperatura del concreto fresco descienda a menos de 283 K (10 °C).

Estas especificaciones se verifican de acuerdo al método de prueba indicado en 7.2.3.

NOTA 7: En algunas ocasiones se pueden encontrar dificultades cuando la temperatura del concreto se aproxima a los 32 °C.

5.2.4. Tamaño máximo nominal del agregado

El concreto de la muestra obtenida, como se indica en la NMX-C-161-ONNCCE (véase Capítulo 3), debe pasar por las cribas correspondientes.

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba establecido en 7.2.6.

5.3. Requisitos del concreto en estado endurecido

El productor de concreto debe tener información de ensayos que respalden el cumplimiento con los requisitos especificados.

Cuando la resistencia es la base de la aceptación del concreto, deben elaborarse especímenes de acuerdo con la NMX-C-160-ONNCCE (véase Capítulo 3).

El número de muestras debe estar de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 6, que considera para la prueba de resistencia como mínimo dos especímenes a la edad especificada, de la muestra obtenida según la NMX-C-161-ONNCCE (véase Capítulo 3).

El resultado de una prueba debe ser el promedio de las resistencias obtenidas en los especímenes compañeros, excepto que si en algunos de ellos se observó una deficiencia de muestreo, elaboración, manejo, curado o prueba, no se toman en cuenta y el promedio de las resistencias de los especímenes restantes debe ser considerado como el resultado de la prueba. No es motivo para rechazar el espécimen el que se obtenga una resistencia inferior a la especificada.

Para cumplir los requisitos de resistencia de esta norma, con un nivel de confianza del 98%, los resultados de las pruebas de resistencia deben cumplir con los requisitos que se indican.

5.3.1. Resistencia a compresión

La resistencia debe ser igual o mayor a 19,6 MPa (200 kgf/cm²), a menos que de común acuerdo productor, estructurista y usuario establezcan otra.

El concreto debe alcanzar la resistencia especificada a la compresión (f_c) a la edad de 28 días u otra edad convenida y cumplir con lo siguiente:

- a) Se acepta que no más del 10% del número de pruebas de resistencia a compresión, tengan valores inferiores a la resistencia especificada f_c .

Se requiere un mínimo de 30 pruebas.

- b) Se permite no más del 1% de los promedios de 3 pruebas de resistencia a compresión consecutivas, puede ser inferior a la resistencia especificada.

Se requiere un mínimo de 30 pruebas.

Para eliminar la ocurrencia de resultados excesivamente bajos, es conveniente tener como valor máximo para operación de producción de concreto, una desviación estándar (s) de 3,43 MPa (35 kgf/cm²) en el caso de resistencia a la compresión.

Además, debe cumplirse con todos los promedios consecutivos de las muestras anotadas en la tabla 6.

Una planta que cubra los requisitos de operación y materiales enunciados en esta norma, obtener generalmente valores de " s " alrededor de 2,45 MPa a 3,92 MPa (25 kgf/cm² a 40 kgf/cm²), a medida que los valores sean menores, se logra con economía al reducir la probabilidad de resultados bajos. Este valor " s " debe calcularse utilizando información de una sola clase de concreto surtida por una sola planta, con más de 100 valores de pruebas de resistencia de muestras tomadas al azar por un mismo laboratorio y cubriendo un período lo más amplio posible cuando se trata del caso de productor y con más de 30 valores, cuando se trata de una sola obra específica.

NOTA 9: Debido a la variación en los materiales, operaciones y pruebas, la resistencia promedio para alcanzar estos requisitos, debe ser considerablemente más alta que la resistencia especificada.

Esta resistencia es más alta a medida que las variaciones aumentan y más baja en la medida que éstas disminuyen.

5.3.1.1. Criterio de aceptación de la resistencia para un número de pruebas insuficiente

Cuando el número de pruebas es insuficiente (menos de 30), para el cálculo del promedio de pruebas consecutivas establecidas según la calidad del concreto, todos los promedios de pruebas consecutivas posibles de resultados obtenidos, deben ser igual o mayores que las cantidades indicadas en la tabla 6 (fp min).

TABLA 6.- Valores fp mín

Número de pruebas consecutivas	Resistencia a la compresión promedio	
	MPa	(kgf/cm ²)
1	f'c - 3,43	(f'c - 35)
2	f'c - 1,27	(f'c - 13)
3	f'c	(f'c)

Cada uno de estos valores se calculó utilizando las siguientes expresiones:

$$f_{p \text{ mín}} = f'c - s \left(\frac{t_1}{\sqrt{n}} - t_{10} \right)$$

Donde:

$f_{p \text{ mín}}$ es el valor mínimo aceptable del promedio de pruebas consecutivas, en MPa (kgf/cm²).
 $f'c$ es la resistencia a la compresión especificada en MPa (kgf/cm²)
 t_{10} es 1,282
 t_1 es 2,326
 s es la desviación estándar para resistencia a la compresión, 3,43 MPa (35 kgf/cm²)
 n es el número de pruebas consecutivas.

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba establecido en 7.3.1.

5.3.2. Módulo de elasticidad

Se observa lo indicado en 5.3.2 de la NMX-C-403-ONNCCE (véase Capítulo 3).

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba establecido en 7.3.2.

5.3.3. Determinación de la resistencia del concreto mediante el ensaye de núcleos

Se observa lo indicado en el primer párrafo de 5.3.3 de la NMX-C-403-ONNCCE (véase Capítulo 3).

En el caso de que exista duda de la calidad del concreto en la estructura, ya sea porque el resultado del ensaye de los especímenes estándar indique que no se alcanzó la resistencia esperada (responsabilidad del productor), o porque existan evidencias de incumplimiento sobre los procedimientos de colocación, acomodo o curado del concreto (responsabilidad del usuario) se permite la comprobación de dicha calidad mediante el ensaye de núcleos de concreto (corazones) extraídos de la parte de la estructura en la que se colocó el concreto cuya calidad se cuestiona.

Por cada incumplimiento con la calidad especificada se deben probar tres núcleos, como mínimo tomados de la zona en duda. La humedad de los núcleos al probarse debe ser representativa de la que tenga la estructura en condiciones de servicio.

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba establecido en 7.3.3.

5.3.4. Durabilidad

En el apéndice normativo A de la norma NMX-C-403-ONNCCE se incluyen las especificaciones, que en su caso, el estructurista y el director responsable de obra deben considerar según el tipo de exposición ambiental a que está sujeta la construcción (véase Tabla A-1 de la NMX-C-403-ONNCCE), además de observar todo lo indicado en 5.4. de dicha norma

Cuando se usen complementos cementantes con el fin de cumplir los requisitos de durabilidad especificados, estos deben cumplir lo indicado en 5.1.5.

A efecto de garantizar la producción de concretos con un mínimo de durabilidad y considerando que la resistencia mínima a producir debe ser de 19,6 MPa (200 kgf/cm²), el contenido mínimo de cemento por metro cúbico nunca

debe ser menor a 270 kg/m^3 para concreto reforzado y 300 kg/m^3 para concreto presforzado o postensado, de acuerdo con la tabla A.2.a Requisitos de Durabilidad según la clase de exposición de la NMX-C-403-ONNCCE.

El uso de concretos con resistencia o contenido de cemento por debajo de estos límites implican riesgos de durabilidad y por ello debe ser justificado por el responsable del diseño del elemento estructural.

6. MUESTREO

El productor debe facilitar en la planta la toma de muestras necesarias al comprador o al laboratorio autorizado por las partes que intervienen en la obra, a fin de determinar si el concreto está produciéndose de acuerdo con los requisitos señalados en esta norma, con la frecuencia de muestreo sugerida en la tabla 7.

Las pruebas y visitas de inspección no deben interferir en la producción.

El muestreo para cada tipo de concreto, se sugiere realizar con la frecuencia indicada en la tabla 8, por día de colado y con el mínimo de muestras señalado para cada caso, con el fin de que resulte efectivo.

Las pruebas de contenido de aire, si el concreto es con aire incluido, deben hacerse por lo menos en aquellas entregas para pruebas de resistencia a compresión.

TABLA 7.- Frecuencias mínimas de muestreo para control de producción

Prueba y método	Concreto industrializado y dosificado en planta en masa
Revenimiento (NMX-C-156-ONNCCE véase Capítulo 3.)	Al inicio del colado y cuando se detecte visualmente cambio de consistencia, pero no menos de una por cada 100 m^3 o fracción
Masa unitaria (NMX-C-162-ONNCCE véase Capítulo 3)	Una por cada día de colado
Temperatura Si la temperatura ambiente es menor de 280K (7°C) o mayor de 305K (32°C).	No menos de una por cada 60 m^3 o fracción. Una por cada entrega
Contenido de aire (NMX-C-162), en concretos con aire incluido (véase Capítulo 3)	Cada entrega. En caso de producción continua, cada 12 m^3
Resistencia a la compresión (NMX-C-083-ONNCCE véase Capítulo 3)	Cada 100 m^3 o fracción
Módulo de elasticidad (NMX-C-128-ONNCCE véase Capítulo 3)	Cuando lo solicite el usuario (cliente).

Para la prueba de resistencia a la compresión, de la muestra obtenida de acuerdo con la NMX-C-161-ONNCCE (véase Capítulo 3), deben hacerse como mínimo, 2 especímenes para probar a la edad especificada.

Al concreto en estado fresco, antes de su colocación en las cimbras de una obra específica, se le deben hacer pruebas para verificar que cumple con los requisitos especificados para su aceptación. Se le deben hacer las pruebas de revenimiento y masa unitaria, y cuando se especifique aire incluido, se debe hacer la prueba correspondiente.

Cuando las condiciones del medio ambiente lo ameriten, además se le debe hacer la prueba de temperatura. Las muestras se toman de acuerdo con la norma NMX-C-161-ONNCCE (véase Capítulo 3). Estas pruebas se realizan al concreto obtenido de la obra, mediante el muestreo realizado con la frecuencia mínima sugerida en la Tabla 8, o la que indique el Director Responsable de Obra o su equivalente, considerando el tipo de obra.

TABLA 8.- Frecuencias mínimas de muestreo en obra

Prueba y método	Concreto dosificado por masa
Revenimiento (NMX-C-156-ONNCCE véase Capítulo 3)	En todas las entregas, o de acuerdo con especificaciones de obra.
Masa unitaria (NMX-C-162-ONNCCE véase Capítulo 3)	Una por cada día de colado
Temperatura Si la temperatura ambiente es menor de 280 K (7°C) o mayor de 305 K (32°C).	Cada entrega. En caso de producción continua, cada 12,0 m ³
Contenido de aire (NMX-C-162-ONNCCE véase Capítulo 3), en concretos con aire incluido.	Cada entrega. En caso de producción continua, cada 12,0 m ³
Resistencia a la compresión	Cada 40 m ³ o fracción
Resistencia a la compresión en columnas y muros (NMX-C-083-ONNCCE véase Capítulo 3)	Cada 14 m ³ o fracción
Módulo de elasticidad (NMX-C-128-ONNCCE véase Capítulo 3)	Tres determinaciones por obra como mínimo y cuando lo solicite el director responsable de obra.

7. MÉTODOS DE PRUEBA

Para verificar las especificaciones que se establecen en esta norma, deben utilizarse los métodos de prueba señalados en las referencias (véase Capítulo 3).

7.1. Para los materiales y componentes

7.1.1.	Cemento	Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-414-ONNCCE (véase Capítulo 3)
7.1.2.	Agregados	Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-111-ONNCCE (véase Capítulo 3)
7.1.3.	Agua de mezclado	Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-122-ONNCCE (véase Capítulo 3)
7.1.4.	Aditivos	Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-255-ONNCCE (véase Capítulo 3)
7.1.5.	Adicionantes	Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-146-ONNCCE (véase Capítulo 3)

7.2. Requisitos para el concreto en estado fresco

7.2.1.	Revenimiento	De acuerdo con la NMX-C-156-ONNCCE (véase Capítulo 3).
7.2.2.	Masa Unitaria	De acuerdo con la NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 3).
7.2.3.	Temperatura del concreto	De acuerdo con la NMX-C-435 -ONNCCE (véase Capítulo 3).
7.2.4.	Tamaño máximo del agregado	De acuerdo con la NMX-C-111-ONNCCE (véase Capítulo 3).
7.2.5.	Volumen	De acuerdo con la NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 3).
7.2.6.	Aire incluido	De acuerdo con la NMX-C-157-ONNCCE (véase Capítulo 3), De acuerdo con la NMX-C-158-ONNCCE (véase Capítulo 3). y De acuerdo con la NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 3).

7.3. Requisitos para el concreto en estado endurecido

7.3.1.	Resistencia a la compresión	De acuerdo con la NMX-C-083-ONNCCE (véase Capítulo 3).
7.3.2.	Módulo de elasticidad	De acuerdo con la NMX-C-128-ONNCCE (véase Capítulo 3).
7.3.3.	Ensayo de núcleos	De acuerdo con la NMX-C-169-ONNCCE (véase Capítulo 3).
7.3.4.	Durabilidad	De acuerdo con la NMX-C-403-ONNCCE (véase Capítulo 3).

8. MARCADO, ETIQUETADO, ENVASE Y EMBALAJE

Para los requisitos de marcado, etiquetado, envase y embalaje, véanse los apéndices normativos C, D y E.

A. APÉNDICE NORMATIVO.- Precisión de la dosificación

A.1. Cemento

La masa del cemento debe determinarse en una tolva báscula. Cuando la cantidad de cemento de una revoltura de concreto sea igual o exceda el 30% de la capacidad total de la tolva báscula, la tolerancia máxima debe ser $\pm 1\%$ de la masa requerida. Para revolturas menores con un mínimo de 1m^3 donde la cantidad de cemento es menor del 30% de la capacidad total de la tolva báscula, la cantidad de cemento cuya masa se determinó no debe ser menor que la requerida, ni mayor en 4%.

Bajo circunstancias especiales, el cemento puede ser dosificado en sacos, previamente verificados; no deben usarse fracciones de sacos de cemento a menos que se determine la masa del contenido.

A.2. Agregados

Cuando los agregados se dosifiquen individualmente, la cantidad indicada por la tolva báscula debe tener una tolerancia de $\pm 2\%$ de la masa requerida.

Cuando se dosifiquen en forma acumulada y su masa sea del 30% o más de la capacidad de la tolva báscula, la tolerancia máxima debe ser de $\pm 2\%$ de la masa requerida, y si la masa es menor del 30% la tolerancia máxima debe ser de $\pm 0,3\%$ de la capacidad total de la báscula o de $\pm 3\%$ de la masa acumulada requerida, aceptando el valor que sea menor.

A.3. Agua de mezclado

Se considera como agua de mezclado, el agua agregada a la revoltura, el hielo añadido si es el caso, el agua libre de los agregados y aditivos.

El agua agregada debe ser medida por masa o por volumen con una tolerancia de $\pm 1\%$ del agua de mezclado total requerida. Al hielo agregado se le determina su masa. La tolerancia de pesaje del hielo es la misma que la del agua.

En los equipos mezcladores, el agua de lavado incluida, debe determinarse antes de cargar la siguiente revoltura de concreto para hacer el ajuste correspondiente.

A.4. Complementos cementantes y aditivos

Cuando se haga uso de puzolanas y otros complementos cementantes, éstos deben cumplir con la NMX-C-146-ONNCCE (véase Capítulo 3).

A las puzolanas y complementos cementantes en polvo se les dosifica por masa con una tolerancia de 0% en menos y 4% en más de la cantidad requerida y los aditivos en pasta o líquidos pueden dosificarse, por masa o por volumen, ambos con una tolerancia de $\pm 3\%$ de la cantidad requerida.

B. APÉNDICE NORMATIVO.- Requisitos para el equipo de dosificación

B.1. Depósito y tolvas

Las plantas dosificadoras deben estar provistas de depósitos con compartimentos 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 a 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.

B.2. Básculas

El error máximo permitido o error lineal en el rango de uso, es de $\pm 0,4\%$ de su capacidad total. Para la verificación y calibración de las básculas, se requiere de equipo certificado.

Deben estar equipadas con un indicador suficientemente sensible para mostrar movimientos, cuando una masa igual al 0,1% de la capacidad nominal de la báscula se coloque sobre ella a partir del 10% de la capacidad de la báscula.

La longitud y espaciado de las marcas de la escala para instrumentos analógicos debe estar diseñada y numerada de tal manera que las lecturas de las pesadas sean hechas fácilmente y sin ambigüedades, los trazos de la escala deben consistir de líneas de igual espesor; este espesor debe ser constante y estar entre 1/10 y 1/4 del espaciado de la escala.

Para instrumentos digitales, las cifras que forman los resultados deben ser de un tamaño, forma y claridad que puedan leerse fácilmente.

Los instrumentos de pesaje electrónico o híbridos deben ser diseñados y fabricados de tal forma que, cuando se exponga a perturbaciones:

- a) No ocurran fallas evidentes.
- b) Las fallas significativas sean detectadas y corregidas por un sistema de verificación y ajuste.

B.3. Medidores de agua

Los aparatos para la medición del agua añadida deben ser capaces de proporcionar la cantidad requerida a la revoltura, con la tolerancia establecida en 5.1.3. Deben estar arreglados de tal forma que las mediciones no sean afectadas por variaciones de presión en la tubería de abastecimiento del agua y los tanques de medición deben estar equipados con vertederos y válvulas para su calibración, a menos que se proporcionen otros medios para determinar rápidamente y con exactitud la cantidad de agua en el tanque.

B.4. Medidores de aditivos y complementos cementantes

El equipo de medición de los aditivos y los complementos cementantes debe proporcionar a la revoltura la cantidad requerida con la tolerancia establecida en el apéndice A.4. y debe contar con válvulas y vertederos para su calibración, a menos que se proporcionen otros medios para determinar rápidamente y con exactitud, la cantidad de aditivo en el dispositivo.

B.5. Mezcladoras y revolvedoras

Las mezcladoras pueden ser estacionarias o camiones mezcladores.

B.5.1. Mezcladoras estacionarias

Es recomendable que tengan una o más placas metálicas en las cuales esté claramente marcada la velocidad de mezclado de la olla o de las espas, y la capacidad máxima en términos de volumen de concreto mezclado cuando es utilizado para mezclar totalmente el concreto. Las mezcladoras estacionarias deben estar equipadas con un dispositivo que permita controlar el tiempo de mezclado.

B.5.2. Camión mezclador o agitador

Se recomienda que una o más placas de metal sean colocadas en un lugar visible del camión mezclador o agitador, en las cuales estén claramente marcadas las capacidades de la unidad en términos del volumen, como mezclador y como agitador y la velocidad mínima de rotación de la olla, espas o paletas.

Cuando el concreto es parcialmente mezclado como se describe en el apéndice C.2, o mezclado en camión como se describe en el apéndice C.3, el volumen de concreto no debe exceder del 63% del volumen total de la unidad.

Cuando el concreto es agitado únicamente en la unidad, como se describe en el apéndice C.1, el volumen del concreto no debe exceder del 80% del volumen total de la unidad.

C. APÉNDICE NORMATIVO.- Requisitos de mezclado

El concreto debe ser mezclado por medio de una de las combinaciones de operación que se señalan en los incisos siguientes y de acuerdo con los requisitos de uniformidad de mezclado del concreto indicados en la tabla 9.

La aprobación de las mezcladoras puede ser otorgada con el cumplimiento cuando menos, de los requisitos 1, 3 y 5 indicados en la tabla antes mencionada.

C.1. Concreto mezclado en planta

Las mezcladoras deben ser operadas dentro de los límites de capacidad y velocidad designados por el fabricante del equipo. El tiempo de mezclado debe ser medido desde el momento en que estén todos los materiales en el interior de la mezcladora, incluyendo el agua.

Cuando no se hacen pruebas de uniformidad de mezclado (Tabla 9), el tiempo aceptable para revolvedoras que tengan una capacidad de 1,0 m³ o menos y cuyo revenimiento del concreto sea mayor de 5 cm, no debe ser menor de 1,0 min. Para mezcladoras de mayor capacidad, el tiempo mínimo indicado debe ser aumentado en 15 s por cada metro cúbico o fracción de capacidad adicional.

Deben hacerse pruebas de uniformidad a los concretos con revenimiento inferior de los 5 cm, para determinar el tiempo de mezclado con el equipo que vaya a emplearse de acuerdo con la Tabla 9.

Cuando se hayan hecho pruebas de uniformidad de mezclado y las mezcladoras sean de la capacidad estipulada para esas circunstancias en particular, el tiempo de mezclado aceptable puede ser reducido al punto en el cual un mezclado satisfactorio puede ser logrado.

C.2. Concreto mezclado parcialmente en la planta

En esta operación se inicia el mezclado del concreto en una revolvedora estacionaria y se completa en el camión mezclador.

El tiempo de mezclado en la revolvedora estacionaria puede ser exclusivamente el requerido para entremezclar los ingredientes y después de cargar el camión mezclador es recomendable un mezclado adicional a la velocidad de mezclado (normalmente de 10 r/min a 12 r/min), recomendada por el fabricante, para que el concreto alcance los requisitos indicados en la tabla 9. Si se requieren revoluciones adicionales en el camión mezclador previo a la descarga, estas deben desarrollarse a la velocidad de agitación recomendada por el fabricante (normalmente de 2 r/min a 6 r/min).

Ocasionalmente deben hacerse pruebas en el concreto para verificar que se cumplan con los requisitos de uniformidad que se indican en la tabla 9.

C.3. Concreto mezclado en camión

Cuando el concreto sea mezclado totalmente en el camión mezclador, se requieren de 70 revoluciones a 100 revoluciones a la velocidad de mezclado recomendada (normalmente de 10 r/min a 12 r/min), véase apéndice B.5.

TABLA 9.- Requisitos de uniformidad de mezclado del concreto

Prueba	Diferencia máxima permisible entre resultados de prueba con muestras obtenidas de dos porciones diferentes de la revoltura ó descarga (*)
1.- Masa unitaria según la NMX-C-162-ONNCCE, en kg/m ³ .	± 15
2.- Contenido de aire en por ciento del volumen de concreto determinado según la NMX-C-157 para concretos con aire incluido.	± 1
3.- Revenimiento: en cm Si el revenimiento promedio es menor de 5 cm. Si el revenimiento promedio está comprendido entre 5 cm y 10 cm Si el revenimiento es superior a 10 cm.	± 1,5 ± 2,5 ± 3,5
4.- Contenido del agregado grueso retenido en la criba 4.75 (No. 4) expresado en por ciento de la masa de la muestra.	6
5.-Masa del mortero por unidad de volumen, determinada sobre el promedio de todas las muestras comparativas ensayadas, en por ciento. (a)	1,6
6.- Promedio de la resistencia a la compresión a 7 días de edad de cada muestra, expresando en por ciento (**), determinado de acuerdo a la NMX-C-83-ONNCCE. En por ciento.	7,5

(*) Las dos muestras para efectuar las determinaciones de esta tabla deben obtenerse de dos porciones diferentes tomadas al principio y al final de la descarga.

(Principio: del 10 al 15% del volumen aproximadamente. Final: del 85% al 90% del volumen aproximadamente).

(a) La masa por unidad de volumen del mortero, libre de aire, se determina como sigue:

$$M = \frac{B - C}{V \cdot \left(\frac{V \times A}{100} + \frac{C}{G} \right)}$$

Donde:

M es la masa por unidad de volumen del mortero libre de aire, en kg/m³
 B es la masa de la muestra de concreto en el recipiente, en kg
 C es la masa del agregado saturado y superficialmente seco, retenido en la malla N° 4, en kg
 V es el volumen de la masa por unidad de volumen del recipiente, en m³
 A es el contenido de aire del concreto determinado en la muestra en estudio, en por ciento
 G es la densidad del agregado grueso.

(**) La aprobación tentativa de la mezcladora puede ser otorgada antes de obtener los resultados de la prueba de resistencia.

Si se requieren revoluciones adicionales en el camión mezclador, éstas deben desarrollarse a la velocidad de agitación indicada por el fabricante (normalmente de 2 r/min a 8 r/min). En caso de duda sobre la uniformidad de mezclado, el supervisor puede realizar las pruebas indicadas en la tabla 9 y con base en los resultados, aceptar o rechazar el uso de la unidad, la cual no puede utilizarse hasta que la condición sea corregida. Cuando se encuentre satisfactorio el mezclado de alguna revolvedora, puede considerarse el mezclado de revolvedoras del mismo diseño y con el mismo estado de espas, igualmente satisfactorio.

D. APÉNDICE NORMATIVO.- Transporte y entrega

La descarga total del concreto debe hacerse dentro de la hora y media posterior a la introducción inicial del agua del mezclado.

En condiciones especiales de temperatura ambiente, empleo de aditivo y otros, esta limitación del tiempo de descarga puede modificarse de común acuerdo entre el fabricante y consumidor.

Cuando un camión mezclador o agitador se utiliza para transportar concreto mezclado completamente en revolventadoras estacionarias, durante el transporte la olla debe girar a la velocidad de agitación (véase apéndice C.2.).

El concreto mezclado en la planta puede ser transportado en equipo no agitador, el cual debe satisfacer los requisitos siguientes: La caja del equipo de transporte debe ser metálica, lisa e impermeable y equipada con compuertas que permitan controlar la descarga del concreto y que eviten la segregación, fuga de mortero o lechada. Debe cubrirse la caja del camión para proteger el concreto. El concreto debe ser entregado en el lugar de trabajo con un grado satisfactorio de uniformidad (véase Tabla 9).

E. APÉNDICE NORMATIVO.- Bases de contratación para concreto industrializado

E.1. Clasificación

La contratación del concreto industrializado (premezclado) se clasifica en tres grupos, según la forma de cómo se deslindan responsabilidades del diseño entre fabricante y usuario.

Los tres grupos en los que se clasifica el concreto hidráulico industrializado son:

Grupo 1.- El usuario asume la responsabilidad del diseño y debe especificar, además de lo indicado en el apéndice E.2, lo siguiente:

- a) Las fuentes probables de abastecimiento de los componentes del concreto.
- b) El contenido de cemento en kg por m^3 de concreto fresco.
- c) El contenido de agua, en litros por m^3 de concreto con agregados en condición de saturados y superficialmente secos.
- d) Dosificación de arena y grava.
- e) Cuando se requiere el empleo de un aditivo, debe especificarse el tipo, el nombre y la dosificación del mismo.

El responsable de seleccionar las cantidades de los materiales que intervienen en el concreto, debe considerar los requisitos de trabajabilidad, colocación, durabilidad, textura superficial y masa unitaria en adición a aquellos de diseño estructural.

La información proporcionada por el usuario y aceptada por el fabricante, debe archivar en la planta, asignándole una clave, la cual debe incluirse en la remisión de entrega.

Grupo 2.- El fabricante asume la responsabilidad del diseño.

El usuario debe especificar los requisitos del concreto solicitado de acuerdo al apéndice E.2.

Grupo 3.- El fabricante asume la responsabilidad del diseño y el consumidor fija el contenido mínimo de cemento.

El usuario debe especificar, además de lo aplicable en el apéndice E.2, el contenido mínimo de cemento, en kg por m^3 de concreto fresco.

El contenido mínimo de cemento, debe ser mayor o igual al que se requiere ordinariamente en la resistencia, tamaño de agregado y revenimiento especificado. Esta cantidad se elige para mejorar la durabilidad bajo las condiciones de servicio esperado, así como para obtener una textura superficial y masa específica satisfactoria.

Cualquiera que sea la resistencia que alcance el concreto, no debe disminuirse la cantidad mínima de cemento especificado. Sin la aprobación escrita del consumidor, no debe considerarse a las adiciones como sustitutos de una porción de la cantidad mínima de cemento especificado.

NOTA 10: Para los grupos 2 y 3, el fabricante debe proporcionar evidencia satisfactoria de que los materiales que emplea, producen un concreto de la calidad especificada según capítulo 5.

E.2. Datos de pedido

Los datos para el pedido de concreto deben ser los siguientes y aparecer además en las notas de remisión de las entregas.

- Nombre del solicitante.
- Lugar de entrega.
- Número de esta norma.
- Cantidad de m³ de concreto fresco.
- Grupo correspondiente (1, 2 ó 3).
- Resistencia especificada a compresión en MPa (kgf/cm²).
- Edad a la que se garantiza la resistencia (28 días, a menos de que se establezca otra diferente).
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Revenimiento solicitado en el lugar de entrega.

E.3. Datos opcionales para el pedido

Opcionalmente a solicitud del consumidor, en el cuerpo del contrato de suministro, pueden señalarse los datos siguientes y aparecer en las notas de remisión de las entregas.

- Contenido de aire en el sitio de descarga, cuando se especifique concreto con aire incluido.
- Tipo o tipos requeridos de cemento, pero si no lo especifica, el cemento empleado queda a elección del fabricante.
- Uso de agregado ligero que satisfaga los requisitos del proyecto.
- Uso de aditivos.
- Uso de agregados especiales o adicionantes, como barita, mármol, fibra y otros.
- Requisitos adicionales a lo indicado en esta norma.

E.4. Bases de entrega y aceptación

E.4.1. Entrega

En caso de que el consumidor no esté preparado para recibir el concreto, el fabricante no tiene responsabilidad por las limitaciones de revenimiento mínimo y contenido de aire después de un periodo total de espera de 30 min a la velocidad de agitación y de aquí en adelante, el consumidor asume la responsabilidad sobre las condiciones del concreto.

E.4.2. Aceptación

En caso de que la resistencia a la compresión sea la base de aceptación y cuando las pruebas de resistencia obtenidas por un laboratorio autorizado por las partes que intervienen en la obra, en muestras obtenidas de la unidad de transporte, en el punto de entrega y realizadas siguiendo las normas correspondientes, no cumplan con las especificaciones de 5.3., el fabricante de concreto y el consumidor deben entablar pláticas para llegar a un acuerdo satisfactorio. En caso de no llegar a un acuerdo, la decisión debe partir de un grupo de tres técnicos, con capacidad reconocida en la materia, uno de los cuales debe ser nombrado por el consumidor, otro por el fabricante y el tercero escogido de común acuerdo por los dos anteriores. La responsabilidad del costo de dicho arbitraje debe ser definida por el grupo. La decisión es inapelable, excepto que se modifique por una disposición legal.

10. BIBLIOGRAFÍA

Los documentos que sirvieron para la elaboración de esta norma son los siguientes:

MX-C-251-1997-ONNCCE	Industria de la construcción – Concreto – Terminología.
MX-C-403-1999-ONNCCE	Industria de la construcción – Concreto Hidráulico para uso estructural.
ASTM-C-94-2000	Standard specification for ready mixed concrete.
ACI- SP-2	Manual for concrete inspection.
ACI-214	Recommended practice for evaluation of strength test results of concrete.
ACI-305	Hot weather concreting.
ACI-306	Cold weather concreting.

ACI-318

Building Code Requirements for Reinforced Concrete.

Recommended Practice for Measuring the Uniformity of Concrete.
Produced in Truck Mixers N.R.M.C.A.

Concrete Plant Mixer Standards of the Concrete Manufacturers Bureau.

Recommendations for the treatment of the Variations of the Concrete Strength, in Codes of Practices. Report of Working groups CB/CIB/FIB/RILEM Committee.

Recommended Guide Specification Covering Plant and Accessory.
Equipment for Ready Mixed Concrete in Construction for Highway.
T.M.M.B: C.P.M.B. y N.R.M.C.A.

11. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

A. APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Vigencia

La presente norma mexicana entra en vigor a los sesenta días siguientes de su declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía (SE) en el Diario Oficial de la Federación.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE**

(Esta norma cancela a la NMX-C-156-1988)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de marzo de 1998

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN
DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO"**

**"BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - SLUMP DETERMINATION
OF FRESH CONCRETE"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución # 50 Col. Escandón C.P. 11800 México, D.F. Tel. 273 33 99 y 273 19 91 Fax: 273 34 31
Email: onncce@mext.clubinter.net

© Derechos reservados REPRODUCCIÓN PROHIBIDA



NORMA MEXICANA

NMX-C-156-1997-ONNCCE

Esta norma cancela a la NMX-C-156-1988)
Declaratoria de vigencia publicada en
el D.O.F. el Día 19/marzo/1998

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN
DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO"**

**"BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - SLUMP
DETERMINATION OF FRESH CONCRETE"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución # 50 Col. Escandón C.P. 11800 México, D.F. Tel. 273 33 99 y 273 19 91 Fax: 273 34 31
Email: onncce@mext.clubinter.net

© Derechos reservados REPRODUCCIÓN PROHIBIDA



**COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE
MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1**

0. PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO, A.C. (AMIC)
- COMINDE PRESTACIONES Y SERVICIOS
- COMISIÓN DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS METROPOLITANOS, S.A. DE C.V.
- CONTROL DE CALIDAD Y MEDICIONES, S.A. DE C.V.
- EQUIDISEÑO, S.A. DE C.V.
- EUROESTUDIOS
- GRUPO BAL, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V.
- GRUPO MOGA, S.A. DE C.V.
- IMPULSORA TLAXCALTECA DE INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.
- INGENIERÍA EXPERIMENTAL, S.A. DE C.V.
- INGENIERÍA EXPERIMENTAL, S.A. DE C.V.
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V. (ICA-SOLUM)
- INSPECTEC, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, S.C. (IMCYC)
- LABORATORIO DE CALIDAD TOTAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO NACIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN, S.A.
- LADIM, S.A. DE C.V.
- LATINOAMERICANA DE CONCRETO, S.A. DE C.V.
- LIAC, S.A. DE C.V.
- PRECONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, S.A. DE C.V.
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA (UAM)

ÍNDICE

		PAGINA
0.	PREFACIO.....	2
1.	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
2.	REFERENCIAS.....	3
3.	DEFINICIONES.....	3
4.	EQUIPO APARATOS E INSTRUMENTOS.....	3
5.	PROCEDIMIENTOS.....	4
6.	PRECISIÓN.....	4
7.	INFORME DE LA PRUEBA.....	4
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	5
9.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	5
10.	VIGENCIA.....	5

1. OBJETIVO Y/O CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece los procedimientos para determinar la consistencia del concreto fresco mediante el revenimiento. Esta prueba no es aplicable en concreto con tamaño máximo nominal del agregado mayor de 50 mm.

2. REFERENCIAS

Esta Norma, se complementa con las siguientes Normas Mexicanas:

NMX-C-161-ONNCCE Industria de la construcción - Concreto fresco - Muestreo.

3. DEFINICIONES

3.1. Revenimiento

Es una medida de la consistencia del concreto fresco en término de la disminución de altura.

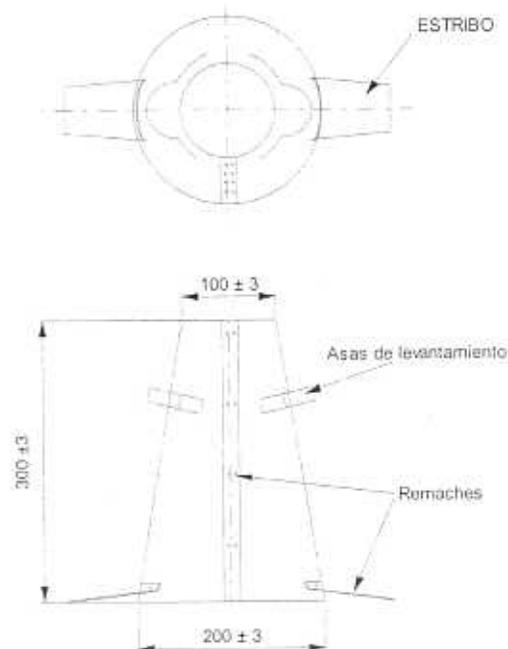
4. EQUIPO APARATOS E INSTRUMENTOS

4.1. 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 tronco de cono de 20 cm de diámetro en la base inferior, 10 cm en la parte superior y 30 cm de altura, con una tolerancia de ± 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 levantarlo. 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 (véase figura 1).

El molde puede estar provisto de abrazaderas o bridas en la parte inferior para sujetarlo a una base de material no absorbente, en lugar del tipo mostrado en la figura 1. El sistema de sujeción debe ser tal que pueda aflojar sin mover el molde.



Nota: Las dimensiones se refieren a las medidas interiores

Figura 1.- Cono de revenimiento

4.2. Varilla para la compactación

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

4.3. Equipo auxiliar

Pala, cucharón, guantes de hule y escala.

5. PROCEDIMIENTOS

La muestra debe obtenerse de acuerdo con lo indicado en la NMX-C-161 (véase 2. Referencias).

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 molde; 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 aproximada 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 introduciéndola 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, 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.

La operación para levantar completamente el molde de los 30 cm de su altura, debe hacerse en $5 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$, 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, determinando 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 de revenimiento.

Para confirmar esta situación, es recomendable obtener una nueva muestra de la misma entrega.

6. PRECISIÓN

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

7. INFORME DE LA PRUEBA

El informe debe incluir los siguientes datos:

- Revenimiento obtenido en cm.
- Revenimiento de proyecto.
- Tamaño máximo del agregado.
- Identificación del concreto.

8. BIBLIOGRAFÍA

ASTM-C-143-78 Slump of Portland cement concrete.
NOM-008-SCFI-1993 "Sistema General de Unidades de Medida"
NMX-C-251-1997-ONNCCE Industria de la construcción - Concreto - Terminología.
NMX-Z-013-SCFI-1977 "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas"

9. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

La presente norma no coincide con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

10. VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor al día siguiente de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación por parte de la SECOFI.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX-C-159-ONNCCE-2004**

(Esta norma mexicana cancela y sustituye a la NMX-C-159-1985)
Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de marzo de 2004.

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN -CONCRETO- ELABORACIÓN Y CURADO DE
ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO"**

**"BUILDING INDUSTRY CONCRETE - MAKING AND CURING SPECIMENS IN THE
LABORATORY"**

<p>NORMA MEXICANA</p> <p>NMX-C-159-ONNCCE-2004</p> <p>Esta norma mexicana cancela y sustituye a la NMX-C-159-1985</p> <p>Declaratoria de vigencia publicada en el D. O. F. el día 1 de marzo de 2004.</p>	<p>"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - CONCRETO - ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO"</p> <p>"BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - MAKING AN CURING SPECIMENS IN THE LABORATORY"</p>
--	---

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
 Constitución #50, Col. Escandón C.P. 11800, México, D.F. Tel. 5273 1991 Fax. 5273 3431
 Correo electrónico: normas@mail.onncce.org.mx Internet: http://www.onncce.org.mx
 © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL ONNCCE



COMITÉ TÉCNICO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN -1

0. PREFACIO

En la elaboración de esta norma mexicana, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO A.C. (AMICPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C. (ANALISEC)
- CEMEX CONCRETOS, S.A. DE C.V.
- CONCRETO DE MORELOS S.A. DE C.V. (COMOSA)
- CONCRETOS APASCO S.A. DE C.V.
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- ESTUDIOS, DISEÑOS Y LABORATORIO, S.A. DE C.V. (EDYL)
- ETA CONSULTORES, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V. (ICA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- KAPRA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE ALTO NIVEL EN CALIDAD S.C. (LANC)
- LABORATORIO DE CONSULTORÍA Y SUPERVISIÓN S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. (LACOSA)
- POLARCRETO, S.A. DE C.V.
- RESISTENCIAS SAN MARINO, S.A. DE C.V.
- SECCIÓN CENTRO Y SUR CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A.C. (ACI)

ÍNDICE

		PAG.
0.	PREFACIO	2
1.	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
2.	REFERENCIAS	4
3.	DEFINICIONES	4
3.1.	Curado.....	4
4.	MATERIALES AUXILIARES.....	4
4.1.	Cemento.....	5
4.2.	Agregados	5
4.3.	Agregado ligero	6
4.4.	Aditivos.....	6
5.	EQUIPO, APARATOS Y/O INSTRUMENTOS	6
5.1.	Moldes en general.....	6
5.2.	Moldes cilindricos.....	6
5.2.1.	Moldes cilindricos verticales.....	6

5.2.2.	Moldes cilíndricos horizontales para prueba de deformación diferida (flujo plástico)	7
5.3.	Moldes prismáticos	7
5.4.	Varillas para la compactación	7
5.4.1.	Varilla larga	7
5.4.2.	Varilla corta	7
5.5.	Vibradores	7
5.6.	Herramienta auxiliar	8
5.7.	Equipo de revenimiento	8
5.8.	Charola para el mezclado de la muestra	8
5.9.	Equipo para determinar el contenido de aire	8
5.10.	Báscula	8
5.11.	Mezcladora de concreto	8
6.	PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS	9
6.1.	Criterios para determinar el tipo de especímenes a elaborarse	9
6.1.1.	Especímenes cilíndricos	9
6.1.2.	Especímenes prismáticos	9
6.1.3.	Especímenes de otra forma	9
6.2.	Dimensión del espécimen en relación al tamaño del agregado	9
6.3.	Número de especímenes	9
6.4.	Edad de prueba de los especímenes	10
7.	CONDICIONES AMBIENTALES	10
8.	PROCEDIMIENTO	10
8.1.	Elaboración de la mezcla	10
8.1.1.	Mezclado mecánico	10
8.1.1.1.	Preparación de la revolvedora	10
8.1.1.2.	Mezclado	10
8.1.2.	Mezclado a mano	11
8.2.	Obtención de la muestra	11
8.3.	Pruebas al concreto fresco	11
8.3.1.	Consistencia	11
8.3.2.	Contenido de aire	11
8.3.3.	Rendimiento	11
8.3.4.	Tiempos de fraguado	11
8.4.	Elaboración de especímenes	11
8.4.1.	Sitio de elaboración	11
8.4.2.	Colocación	12
8.5.	Número de capas	12
8.6.	Compactación	12
8.6.1.	Métodos de compactación	12
8.6.2.	Varillado	12
8.6.3.	Vibrado	13
8.7.	Acabado	14
8.7.1.	Cilindros	14
8.7.2.	Cilindros moldeados horizontalmente para flujo plástico	14
8.8.	Curado	14
8.8.1.	Protección después de acabado	14
8.8.2.	Descimbrado	14
8.8.3.	Ambiente de curado	14
8.8.4.	Especímenes para pruebas de resistencia a la flexión	15
9.	CALCULO Y EXPRESION DE LOS RESULTADOS	15
10.	PRECISION	15
11.	INFORME DE LA PRUEBA	15
12.	BIBLIOGRAFIA	15
13.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	15
A.	APENDICE INFORMATIVO	15
A.1.	Vigencia	15

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar en el laboratorio, los especímenes de concreto utilizados para las pruebas de resistencia a la compresión, a la flexión y a la tensión diametral.

2. REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de la presente norma mexicana se deben consultar las siguientes normas mexicanas vigentes:

NMX-C-109-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos.
NMX-C-148-ONNCCE	Industria de la construcción - Cementos hidráulicos - Gabinetes y cuartos húmedos y tanques de almacenamiento para el curado de especímenes de mortero y concreto de cementantes hidráulicos.
NMX-C-156-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del revenimiento en el concreto fresco.
NMX-C-157	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión.
NMX-C-158	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico.
NMX-C-160-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
NMX-C-162-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.
NMX-C-164-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso.
NMX-C-165-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado fino - Método de prueba.
NMX-C-166	Industria de la construcción - Agregados - Contenido total de humedad por secado - Método de prueba.
NMX-C-177-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto, mediante la resistencia a la penetración.
NMX-C-245	Industria de la construcción - Agregados - Determinación de las correcciones en masa por la humedad de los agregados en dosificaciones de mezclas de concreto.
NMX-C-281	Industria de la construcción - Concreto - Moldes para elaborar especímenes cilíndricos de concreto verticalmente para pruebas-Especificaciones.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma mexicana se establece la siguiente definición:

3.1. Curado

Es el proceso mediante el cual, en un ambiente especificado de humedad y temperatura, se favorece la hidratación del cemento o de los materiales cementantes en la mezcla.

4. MATERIALES AUXILIARES

Estos materiales deben mantenerse a una temperatura uniforme, de preferencia entre 293 K y 298 K (20 °C y 25 °C), antes del mezclado del concreto.

4.1. Cemento

Se debe almacenar en un lugar seco, en recipientes impermeables, de preferencia metálicos, debe mezclarse perfectamente para lograr uniformidad de la muestra en todas las pruebas y pasarse por la criba 0,85 mm (No. 20) o por la criba 0,60 mm (No. 30), eliminando todos los grumos.

4.2. Agregados

Para evitar la segregación del agregado grueso, este debe ser clasificado en fracciones de cada tamaño nominal y dosificado por cada revoltura en la proporción adecuada, para obtener la composición granulométrica deseada. En contadas ocasiones es posible dosificar el agregado grueso como una sola fracción de un tamaño.

El número de fracciones puede ser generalmente de 2 a 5 para agregado menor de 63,5 mm (2 ½ "). Cuando una de las fracciones por dosificarse es de un contenido mayor de 10 %, la relación de aberturas entre la criba mayor y la menor no debe exceder de 2,0. Se aconseja, en ocasiones, emplear fracciones de menor variación granulométrica.

4.2.1. A menos que el agregado fino sea dividido en fracciones de tamaños individuales (o sea en porciones retenidas en diferentes cribas), debe ser puesto o mantenido en condiciones húmedas hasta el momento de ser empleado para evitar segregación, exceptuando el caso en que el material con granulometría uniforme sea subdividido en porciones dosificadas para prueba, empleando un cuarteador mecánico con la abertura apropiada. Si se requiere estudiar granulometrías poco usuales, puede ser necesario secar y separar el agregado fino. En este caso si la cantidad total que se requiere del agregado fino es mayor de la que se pueda mezclar en una misma revoltura, se deben determinar las masas en las cantidades requeridas de cada porción para cada revoltura individual. Cuando sea posible, la cantidad total del agregado fino que se requiere para la investigación completa debe ser mezclada perfectamente, dosificada y mantenida en condición húmeda.

La masa específica y la absorción de los agregados deben ser determinadas de acuerdo con las normas mexicanas NMX-C-164-ONNCCE y NMX-C-165-ONNCCE (véase Capítulo 2).

Los agregados deben ser preparados antes de incorporarlos al concreto, asegurándose una condición definida y uniforme de humedad. La masa de los agregados por emplearse en la revoltura debe ser determinada por los procedimientos señalados en los siguientes incisos.

4.2.2. A los agregados con absorción de 1,0 % se les debe determinar su masa en condiciones de ambiente seco, haciendo la corrección por la cantidad de agua que es absorbida por el agregado antes de fraguar el concreto. Este procedimiento es particularmente útil para el agregado grueso, el cual debe ser dosificado en tamaños individuales. Debido a que el agregado fino puede producir segregación, solamente debe ser empleado cuando se hayan separado también en porciones de tamaños individuales.

Cuando se empleen estos agregados, la absorción puede ser estimada en un 80 % de la diferencia entre la absorción a 24 h de los agregados, determinada de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-164-ONNCCE (véase Capítulo 2) y la cantidad de agua en los poros de los agregados, en su condición seca, determinada por de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-166 (véase Capítulo 2).

4.2.3. A las porciones de tamaños individuales del agregado se les puede determinar su masa por separado, recombinadas en un recipiente tarado con la dosificación requerida y sumergidas en agua durante 24 h antes de ser usadas. Después de la inmersión, el exceso de agua se decanta y se determina la masa combinada del agregado y del agua de mezclado. Se debe hacer ajuste por la cantidad de agua absorbida por el agregado. El contenido de humedad del agregado se debe determinar de acuerdo con las normas mexicanas NMX-C-245 y NMX-C-166 (véase Capítulo 2).

4.2.4. El agregado debe ser saturado y mantenido en esa condición, con humedad superficial en cantidades suficientemente pequeñas para evitar la pérdida por drenado, por lo menos durante 24 h antes de ser usado. Cuando se emplee este método, para permitir el cálculo de la cantidad correcta del agregado húmedo, el contenido de humedad del agregado debe ser determinado de acuerdo con las normas mexicanas NMX-C-245 y NMX-C-166 (véase Capítulo 2), haciendo los ajustes necesarios por el agua absorbida. La humedad superficial determinada debe ser considerada como parte del agua de mezclado requerida.

Este método no se recomienda para el agregado grueso por la dificultad para determinar con precisión el contenido de humedad, pero si se emplea, cada porción de tamaños se debe procesar por separado para asegurar la composición granulométrica considerada.

4.2.5. El agregado fino o grueso, debe ser puesto y mantenido en condiciones de saturado y superficialmente seco hasta el momento de su uso en masa. Este método debe ser usado únicamente cuando se prepara material para revolturas no mayores de 7 L. Deben observarse precauciones para evitar el secado del material durante la determinación de su masa y demás operaciones.

4.3. Agregado ligero

Los procedimientos para obtener la masa específica y la absorción, y para el manejo de los agregados mencionados en esta norma mexicana, se refieren a materiales con capacidad normal de absorción. Los agregados ligeros, la escoria granulada por aire y algunos agregados naturales de alta porosidad o vesiculares, pueden ser tan absorbentes que se puede dificultar el procedimiento para medir el contenido de humedad del agregado ligero; al momento de mezclarlo puede tener efectos importantes sobre las características de los concretos ya sean recién mezclados o endurecidos, tales como pérdida del revenimiento, de la resistencia a la compresión y de la resistencia a la congelación y deshielo.

4.4. Aditivos

Los aditivos en polvo que sean completamente o en gran parte insolubles, que no contengan sales higroscópicas y que deban agregarse en pequeñas cantidades, deben ser mezclados con una porción del cemento antes de introducir los materiales a la revolvedora, para asegurar una mezcla uniforme en todo el concreto, materiales esencialmente insolubles que sean empleados en cantidades mayores de un 10 % en masa del cemento, tales como puzolánas, deben ser manejados y agregados a la revoltura en la misma forma que el cemento. Los adicionantes en polvo que sean en gran parte insolubles pero que contengan sales higroscópicas, pueden producir grumos en el cemento por lo cual deben ser mezclados con la arena. Los aditivos solubles en agua y los de consistencia líquida, deben ser agregados a la revoltura en forma de solución, en el agua de mezclado. La cantidad que se emplee de tal solución se debe incluir en el cálculo del contenido de agua de concreto. Los aditivos que sean incompatibles en forma concentrada, tales como soluciones de cloruro de calcio, algunos inclusores de aire y retardantes, no deben ser mezclados entre sí antes de ser agregados al concreto. El tiempo y el método para agregar algunos aditivos a una revoltura de concreto pueden ocasionar efectos de importancia sobre algunas de las propiedades del mismo, tales como el tiempo de fraguado y el contenido de aire. El método escogido debe ser uniforme para todas las revolturas y debe reproducir las condiciones óptimas de la obra.

Se debe tener precaución especial para limpiar la revolvedora y demás equipo, a fin de asegurar que las sustancias químicas o aditivos que se hayan empleado en ciertas revolturas de concreto no afecten a las revolturas subsecuentes.

5. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS

5.1. Moldes en general

Los moldes y los accesorios para elaborar los especímenes de concreto deben ser de acero, fierro fundido, o cualquier otro material no absorbente y no reactivo con el cemento Portland u otros cementantes hidráulicos. Los moldes deben cumplir con las dimensiones y tolerancias que se especifican en esta norma mexicana y deben mantener estas dimensiones y sus formas bajo condiciones severas de trabajo. Deben ser no permeables durante su empleo y si es necesario se puede usar un material de sello por la parte externa con el fin de evitar fugas de agua por las juntas, tal como grasa, plastilina o parafina. Deben estar provistos de los elementos necesarios para fijarlos firmemente en sus bases. A los moldes de uso repetitivo se les debe aplicar un desmoldante que facilite sacar el espécimen del molde.

5.2. Moldes cilíndricos

5.2.1. Moldes cilíndricos verticales

Los moldes deben ser de lámina metálica gruesa, o de cualquier otro material rígido y no absorbente. El plano definido por el borde del cilindro debe ser perpendicular a su eje. Las dimensiones del molde no deben variar de los valores especificados, en más de 1 % en su diámetro, ni en 1 % del valor nominal en su altura, ningún diámetro nominal debe diferir de cualquier otro en más del 2 %. Deben estar provistos de una base metálica maquinada, en el caso de moldes metálicos, o en el caso de otros materiales, la base debe ser del mismo material que el de las paredes del molde o metálicas; con planos lisos y con elementos para sujetarla firmemente al molde, con su plano perpendicular al eje del molde, además debe de cumplir con lo especificado en la norma mexicana NMX-C-281 (véase Capítulo 2).

5.2.1.1. Moldes cilíndricos verticales desechables

Los moldes desechables deben cumplir con las características y tolerancias establecidas en 5.2.1.

Se requiere una atención especial para garantizar que las deformaciones se mantengan dentro de las tolerancias especificadas y que los materiales no sean absorbentes. Los moldes hechos con lámina delgada o de otro material deben ser empleados con la preparación necesaria para asegurar que no se deformen más de la tolerancia especificada.

5.2.2. Moldes cilíndricos horizontales para prueba de deformación diferida (flujo plástico)

Estos moldes deben tener la forma y cumplir con las dimensiones y tolerancias indicadas en 5.2.1. y se emplean únicamente para aquellos especímenes que contengan deformímetros ahogados axialmente. Deben tener una ranura horizontal con un ancho de medio diámetro del espécimen y a todo lo largo del molde, a fin de recibir el concreto con el molde en posición horizontal. Si es necesario los bordes de la ranura deben estar reforzados para mantenerlos indeformables.

Deben contar con dos placas metálicas, torneadas, de cuando menos 25 mm de espesor para las bases del cilindro, cuando la superficies se aparten de la perpendicular al eje en más de $0,5^\circ$, aproximadamente 3 mm en 300 mm o presenta irregularidades respecto de un plano que exceda 0,05 mm se prepararan las bases de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-109-ONNCCE (véase Capítulo 2). Deben contar con dispositivos para fijar firmemente las bases al molde y los necesarios para colocar en posición correcta el medidor de deformaciones; la superficie interior de cada base debe contar cuando menos con tres pernos de 25 mm de longitud, firmemente sujetos a la placa, a fin de quedar ahogados en el concreto. A una de las bases se le hará una perforación de adentro hacia afuera, con un ángulo tal, que permita el paso del alambre del medidor de deformaciones a través del borde de la placa y del menor diámetro posible.

5.3. Moldes prismáticos

Los moldes para las pruebas de flexión, u otras que requieran especímenes de forma prismática deben ser rectangulares, a menos que se especifique otra forma, y de las dimensiones que estipule el método de prueba correspondiente. Las superficies interiores deben ser lisas y libres de imperfecciones. Los lados y el fondo deben formar ángulos rectos entre sí y deben ser superficies planas. La máxima variación que se permite en cualesquiera de las dimensiones de su sección transversal nominal es de ± 3 mm, para moldes con una profundidad de 150 mm o más, y de $\pm 1,5$ mm para moldes con profundidades menores. Los moldes no deben variar de la longitud especificada en $\pm 1,5$ mm, excepto para los especímenes de flexión.

Los moldes de los especímenes para las pruebas de flexión no deben ser más cortos de 1,5 mm de la longitud requerida, pero sí pueden tener mayor longitud.

5.4. Varillas para la compactación

Según el tipo de prueba se especifican dos tamaños de varillas; cada una debe consistir en una barra lisa cilíndrica de acero, cuando menos con un extremo semiesférico, de diámetro igual al de la barra. Si se prefiere, los dos extremos pueden ser redondeados.

5.4.1. Varilla larga

Consiste en una barra lisa de $16 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$ de diámetro y $600 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$ de longitud.

5.4.2. Varilla corta

Consiste en una barra lisa de $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ de diámetro y aproximadamente $300 \text{ mm} \pm 15 \text{ mm}$ de longitud.

5.5. Vibradores

5.5.1. Vibradores de inmersión

Pueden ser de flecha flexible o rígida, de preferencia accionada por un motor eléctrico. Su frecuencia de vibración dentro del concreto debe ser de 7 000 o más vibraciones por minuto. El diámetro externo, o la dimensión lateral del

cabezal, no debe ser menor de 20 mm ni mayor de 40 mm. La longitud combinada de la flecha y el cabezal debe exceder cuando menos en 100 mm a la profundidad máxima de la sección que se esté vibrando.

5.5.2. Vibradores externos

Pueden ser de dos tipos: de mesa o de plancha. Su frecuencia de vibración no debe ser menor de 3 600 vibraciones por minuto y de preferencia mayor. Se debe contar con dispositivos adecuados para fijar firmemente los moldes al aparato vibrador y se debe emplear un tacómetro para verificar la frecuencia de vibración.

Los impulsos vibratorios frecuentemente se imparten por medio de vibradores electromagnéticos, o por masas excéntricas accionadas directa o indirectamente con motores eléctricos.

5.6. Herramienta auxiliar

Se debe contar con herramientas auxiliares, tales como palas, recipientes, llanas, enrasadores, cucharones, reglas, guantes de hule, mazo con cabeza de hule y charolas de lámina.

5.7. Equipo de revenimiento

El equipo para medir el revenimiento debe cumplir con los requisitos de la norma mexicana NMX-C-156-ONNCCE (véase Capítulo 2).

5.8. Charola para el mezclado de la muestra

La charola debe ser de lámina metálica gruesa o de material no reactivo con la pasta de cemento portland, de fondo plano, impermeable, con una profundidad conveniente y de una capacidad suficiente que permita un mezclado eficiente de toda la revoltura con la pala o cuchara, o si la mezcla se hace mecánicamente, esta capacidad debe ser suficiente para recibir toda la revoltura directamente de la descarga de la mezcladora y permitir un remezclado fácil con la pala o cuchara.

5.9. Equipo para determinar el contenido de aire

El equipo para medir el contenido de aire debe cumplir con lo especificado por las normas mexicanas NMX-C-157, NMX-C-158 y NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 2), respectivamente.

5.10. Báscula

La báscula debe tener una aproximación de 0,3 % de la carga de prueba en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

En general, no se debe determinar la masa de cantidades pequeñas en básculas de gran capacidad. En todos los casos, la menor masa por determinar debe ser mayor que el 10 % de la capacidad de la báscula, sin embargo, esto puede variar de acuerdo a la sensibilidad y funcionamiento de cada báscula, y de la aproximación deseada. Las básculas aceptables para determinar la masa de materiales para concreto deben tener una aproximación de 0,1 %. Cuando se determine la masa de una pequeña cantidad de material se debe tener un cuidado muy especial, determinándola por diferencia entre dos cantidades mayores.

5.11. Mezcladora de concreto

Consiste de un tambor rotatorio, de una mezcladora de espas con eje horizontal o de una mezcladora de espas con eje vertical, capaz de mezclar las revolturas del tamaño y revenimiento requerido homogéneamente.

Para mezclar concreto con revenimiento menor de 25 mm puede ser más eficiente una mezcladora de espas con eje horizontal o vertical que un tambor rotatorio. En cuanto a las revolvedoras basculantes, no son adecuadas para mezclar concretos en el laboratorio, aun cuando se pueda regular la velocidad de rotación, el ángulo de inclinación respecto a la horizontal y la capacidad de mezclado.

6. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

6.1. Criterios para determinar el tipo de especímenes a elaborarse

Para los efectos de esta norma mexicana se pueden emplear tres tipos de especímenes:

- a) Cilíndricos
- b) Prismáticos
- c) De otra forma

Deben de cumplir con lo especificado en 5.1, 5.2. y 5.3.

6.1.1. Especímenes cilíndricos

Se elaboran para las pruebas de compresión, módulo de elasticidad, flujo plástico y compresión diametral, con un diámetro mínimo de 50 mm y una longitud mínima de 100 mm.

Cuando se desee correlacionar o comparar los resultados de estos cilindros con los cilindros elaborados en obra, de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-160 (véase Capítulo 2), los cilindros deben ser de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. De lo contrario las dimensiones deben ser las especificadas en 6.2. y por el método de prueba correspondiente.

Los especímenes cilíndricos para las pruebas anteriores, excepto para la de flujo plástico, deben elaborarse y dejarse endurecer con el eje del cilindro en posición vertical.

Los especímenes para la prueba de flujo plástico se pueden elaborar con el eje del cilindro horizontal o vertical y se deben dejar endurecer en la posición original que fueron elaborados.

6.1.2. Especímenes prismáticos

Especímenes tales como vigas para la prueba de flexión, cubos para la de compresión, barras para ciclos de congelación-deshielo, adherencia, cambios de longitud, cambios de volumen y otros se deben elaborar con su eje mayor horizontal, excepto que otra posición sea requerida por el método de prueba correspondiente, y deben cumplir con las dimensiones especificadas en dichos métodos de prueba.

6.1.3. Especímenes de otra forma

Se pueden elaborar especímenes de otras formas, para pruebas especiales, siguiendo el procedimiento que se establezca en la prueba.

6.2. Dimension del espécimen en relación al tamaño del agregado

El diámetro de los especímenes cilíndricos o la dimensión menor de una sección transversal rectangular debe ser cuando menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso empleado en el concreto.

El tamaño máximo nominal es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa la totalidad de un agregado con tolerancias en cuanto al retenido en dicha criba.

6.3. Número de especímenes

La cantidad de especímenes y de mezclas de prueba depende de los objetivos establecidos y de la naturaleza del programa de pruebas. Comúnmente se proporcionan las indicaciones adecuadas para determinar estas cantidades en los métodos o en las especificaciones de prueba correspondientes. En general se deben preparar dos o más especímenes para cada edad y para cada condición de prueba, a menos que otra cosa se especifique (véase 6.2).

Aquellos especímenes que involucren una variable determinada se deben hacer con tres revolturas diferentes, mezcladas en distintos días. En cada día se debe hacer un número igual de especímenes por cada variable. Cuando sea imposible hacer cuando menos una muestra por cada variable en un determinado día, la elaboración de toda la serie de especímenes se debe completar en el menor número posible de días, y una de las mezclas se debe repetir cada día como patrón de comparación.

6.4. Edad de prueba de los especímenes

Las edades de prueba comúnmente empleadas son: 7 días y 28 días para las pruebas de resistencia a la compresión, ó 14 días y 28 días para la de resistencia a la flexión. Los especímenes elaborados con cemento de resistencia rápida, se prueban frecuentemente a 1 días, 3 días, 7 días, 14 días y 28 días de edad. Para las pruebas de resistencia a la compresión y a la flexión a edades posteriores, se emplean a menudo 3 meses, 6 meses y 12 meses. Para otros tipos de especímenes se pueden requerir otras edades.

7. CONDICIONES AMBIENTALES

Este método de prueba se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar en el que se ejecutan las pruebas, sin embargo se debe evitar la evaporación excesiva de agua y cumplir con lo especificado en 8.8.3 y 8.8.4.

8. PROCEDIMIENTO

8.1. Elaboración de la mezcla

Se mezcla el concreto en una revolvedora apropiada, o a mano, en revolturas de cantidad suficiente para dejar un remanente de aproximadamente 10 % después de moldear los especímenes de prueba. El mezclado a mano no debe ser empleado para concreto con aire incluido o concreto de revenimiento cero, en revolturas tentativas con volumen máximo de 7 L. Los procedimientos de mezclado se describen en 8.1.1. y 8.1.2. Sin embargo, otros procedimientos pueden ser empleados cuando se pretenda reproducir condiciones o sistemas especiales, o cuando los métodos especificados no resulten prácticos. Se describe un procedimiento de mezclado mecánico, apropiado para revolvedoras de tipo olla mezcladora.

Es importante que no se alteren las secuencias de mezclado ni el procedimiento de revoltura a revoltura, a menos que se pretenda estudiar el efecto de tales variaciones.

8.1.1. Mezclado mecánico

8.1.1.1. Preparación de la revolvedora

Inmediatamente antes de iniciar el mezclado de la revoltura de prueba, la revolvedora debe prepararse con una revoltura de mortero o concreto proporcionada aproximadamente igual a la de prueba en cantidad suficiente para cubrir las paredes internas de la revolvedora. El mortero que se adhiere a la revolvedora después de la descarga compensa la pérdida de mortero en la revoltura de prueba.

Se deben tener precauciones especiales para limpiar la revolvedora y demás equipo, a fin de asegurar que las sustancias químicas o aditivos que se hayan empleado anteriormente en ciertas revolturas de concreto no afecten a las revolturas subsiguientes.

8.1.1.2. Mezclado

Antes de iniciar la operación de la revolvedora se añade el agregado grueso, parte del agua de mezclado y la solución de aditivos, cuando ésta se requiera, de acuerdo con 4.4. Cuando sea factible, el aditivo puede ser disuelto en el agua de mezclado antes de agregarla. Se inicia la operación de la revolvedora y luego se añade el agregado fino, el cemento y el agua mientras gira la olla. Si no resulta práctico, para algún tipo particular de revolvedora o para alguna prueba especial, el agregar los componentes descritos mientras se encuentra en operación, pueden ser adicionados a la revolvedora parada, después de haber permitido que gire unas cuantas revoluciones conteniendo el agregado grueso y parte del agua.

Se mezcla el concreto durante 3 min, después de haber cargado todos los ingredientes, seguido de un descanso de 3 min; se termina con otro período de mezclado de 2 min. Se tapa la boca de la revolvedora con un paño húmedo durante el período de descanso para evitar la evaporación.

Para eliminar la segregación, se deposita el concreto mezclado por la revolvedora en una charola limpia y húmeda y se remezcla con pala o cucharón hasta obtener una apariencia uniforme.

8.1.2. Mezclado a mano

Se mezcla la revoltura con un cucharón en una charola o recipiente metálico liso, limpio y húmedo, empleando el siguiente procedimiento, cuando los agregados han sido preparados de acuerdo con 4.2.2., 4.2.3. y 4.2.4.

Se mezcla el cemento, el aditivo insoluble en caso de requerirse, y el agregado fino, hasta lograr una combinación uniforme.

Se añade el agregado grueso y se mezcla toda la revoltura, hasta lograr su distribución uniforme.

Se agrega el agua y la solución del aditivo en caso de emplearse, y se mezcla hasta obtener un concreto homogéneo en apariencia y de la consistencia deseada. Si se requiere un mezclado prolongado para ajustar la consistencia a base de incrementos de agua, se desecha esta revoltura y se elabora una nueva, en la cual no se interrumpa el mezclado.

8.2. Obtención de la muestra

De la revoltura del concreto se obtiene la fracción representativa para las pruebas y para elaborar los especímenes. Cuando el concreto no esté en proceso de mezclado o de muestreo, se cubre para evitar la evaporación del agua con un paño húmedo.

8.3. Pruebas al concreto fresco

8.3.1. Consistencia

La medida de la consistencia de cada mezcla de prueba debe realizarse inmediatamente después del mezclado, de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-156-ONNCCE (véase Capítulo 2) o con cualquier otro método normalizado.

La prueba de revenimiento no es apropiada para concretos con revenimiento inferior a 20 mm ni mayores de 200 mm.

8.3.2. Contenido de aire

Se determina el contenido de aire, cuando se requiera, de acuerdo con cualquiera de los métodos establecidos en las normas mexicanas NMX-C-157-ONNCCE, NMX-C-158 o NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 2). El método de la NMX-C-157-ONNCCE no debe emplearse en concretos fabricados con agregados ligeros, escoria de alto horno o agregados de alta porosidad. El concreto empleado en la determinación del contenido de aire se desecha.

8.3.3. Rendimiento

Se determina el rendimiento de cada revoltura de concreto, si es necesario, de acuerdo con la NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 2). El concreto empleado en las determinaciones de la consistencia y rendimiento puede ser incorporado a la revoltura remezclándolo.

8.3.4. Tiempos de fraguado

Cuando se requiera la determinación de los tiempos de fraguado del concreto debe realizarse de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-177-ONNCCE (véase Capítulo 2).

8.4. Elaboración de especímenes

8.4.1. Sitio de elaboración

Se elaboran los especímenes lo más cerca posible al lugar en donde se almacenan durante 24 h. Si no es posible su elaboración en el mismo lugar de almacenaje, se deben transportar cuidadosamente los moldes con los especímenes a dicho lugar inmediatamente después de su enrasado. Se colocan en una superficie rígida y horizontal, que no esté sujeta a vibraciones u otras perturbaciones. Se deben evitar los movimientos bruscos, los golpes y las inclinaciones o rayados de la superficie de los especímenes.

8.4.2. Colocación

Se coloca el concreto en los moldes usando un cucharón. Es necesario el remezclado del concreto en la charola, para evitar la segregación durante el moldeo de los especímenes. Se toma el concreto del recipiente de mezclado en tal forma que sea representativo de la revoltura. Se mueve el cucharón alrededor del borde superior del molde al descargar el concreto, para asegurar una distribución uniforme y reducir la segregación del agregado grueso.

Se distribuye el concreto colocado, empleando la varilla, antes de iniciar la compactación. Al colocar la última capa el operador debe procurar que la cantidad de concreto llene el molde rebozándolo después de su compactación.

8.5. Número de capas

Se elaboran los especímenes llenando y compactando en capas, según lo indicado en la Tabla 1.

Tabla 1.- Número de capas requeridas para los especímenes

Tipo y tamaños del espécimen en mm	Método de compactación	Número de capas	Espesor aproximado de la capa en mm
Cilindros:			
Hasta 300	varillado	3 iguales	--
más de 300	varillado	según se requiera	100
Hasta 450	vibrado	2 iguales	--
más de 450	vibrado	3 ó más	150 o lo más cercano posible
Prismas y cilindros horizontales para flujo plástico:			
Hasta 200	varillado	2 iguales	--
más de 200	varillado	3 ó más	100
Hasta 200	vibrado	1	--
más de 200	vibrado	2 ó más	200 o lo más cercano posible

8.6. Compactación

8.6.1. Métodos de compactación

8.6.1.1. La elaboración de especímenes adecuados requiere el empleo de diferentes métodos de compactación. Los métodos de compactación son el varillado y el 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 estructurales. Se varillan los concretos con revenimiento mayor de 80 mm. Se varillan o se vibran los concretos con revenimiento entre 30 mm y 80 mm. Se compactan con vibración los concretos con revenimiento menor de 30 mm (véase 8.6.1.2). No se debe emplear la vibración interna en cilindros de diámetro de 100 mm o menor, o en vigas o prismas de 100 mm de ancho o altura, o menos.

8.6.1.2. El concreto de contenido de agua tan bajo, que no pueda ser consolidado por los métodos aquí descritos, no se incluye en esta norma mexicana. Los procedimientos para la elaboración de especímenes y los métodos de prueba deben consultarse en las normas mexicanas correspondientes. Hay concretos que pueden ser compactados con vibración externa, pero se requieren fuerzas adicionales en la superficie para acomodar completamente el agregado grueso y consolidar la revoltura.

8.6.2. Varillado

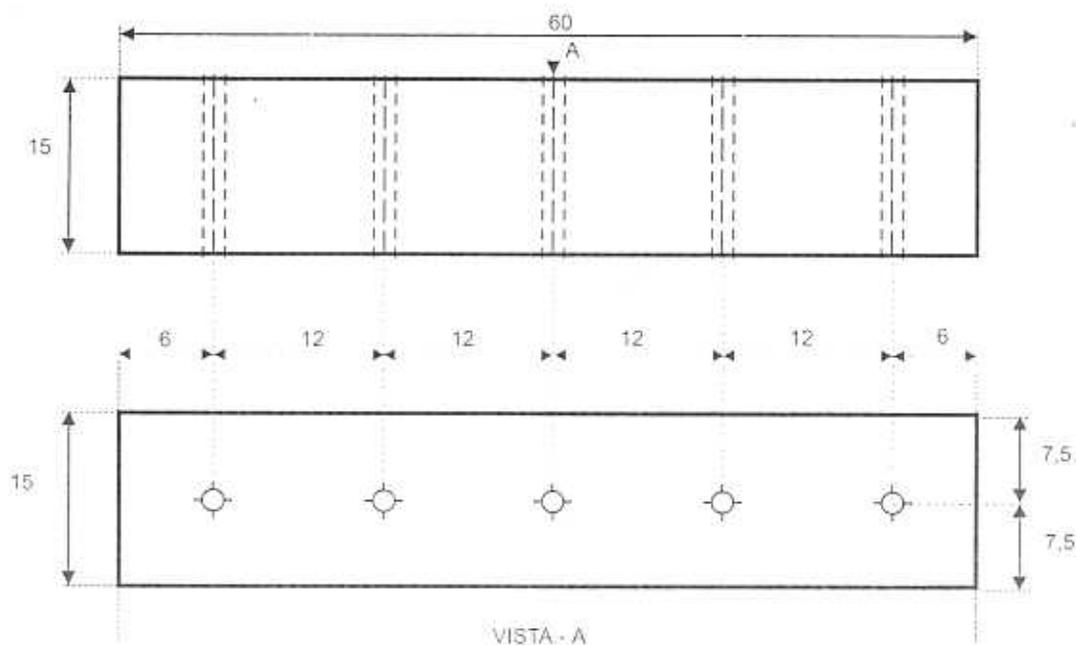
Se coloca el concreto dentro del molde, en el número de capas especificado, de aproximadamente igual espesor. Se varilla cada capa con el extremo redondeado empleando el número de penetraciones y tamaño de varilla especificado en la Tabla 2. Se compacta la capa inferior en todo su espesor. Se distribuyen los golpes uniformemente en toda la sección transversal del molde y para cada capa superior, permitiendo que la varilla penetre aproximadamente 10 mm dentro de la capa inmediata inferior, cuando el espesor de esa capa sea menor a 100 mm, y aproximadamente 20 mm cuando su espesor sea de 100 mm o más. Después de compactar cada capa se debe golpear ligeramente con el mazo de hule las paredes del molde para eliminar hasta donde sea posible las oquedades que deja la varilla. En el caso de los moldes prismáticos, después de que cada capa se ha varillado, debe introducirse y sacarse repetidamente una cuchara de albañil u otra herramienta adecuada en la zona de contacto del concreto y el molde en todo su perímetro.

8.6.3. Vibrado

La duración requerida para la vibración depende de la consistencia del concreto, la efectividad del vibrado y las dimensiones del molde. Se efectúa la vibración sólo el tiempo necesario para lograr una compactación apropiada del concreto, la cual se logra en el momento en que la superficie del concreto empieza a tener un aspecto relativamente liso. El exceso de vibración puede producir segregación. Se debe procurar que el tiempo de vibrado en moldes similares y en el mismo tipo de concreto sea siempre el mismo. Se coloca dentro del molde todo el concreto de una capa antes de iniciar la vibración de la misma. Se coloca la última capa de tal forma que se evite rebasar el molde en más de 5 mm, se enrasa la superficie, ya sea durante la vibración, cuando ésta se aplique externamente o después cuando se aplique interiormente.

8.6.3.1. Vibración interna

En el caso de vigas o prismas, el diámetro de la flecha del vibrador interno debe ser, como máximo, la tercera parte del ancho del molde. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al del vibrador debe ser de 4 o mayor. Al compactar el espécimen, el vibrador no debe descansar o tocar el fondo o los lados del molde, o golpear los elementos ahogados en el concreto, tales como los deformímetros. Se extrae cuidadosamente el vibrador, en tal forma que no produzca oquedades en el espécimen. Después de vibrar cada capa se golpean ligeramente con el mazo de hule los lados del molde, para asegurar la eliminación de burbujas de aire atrapado.



8.6.3.1.1. Cilindros

Para cada capa, se introduce tres veces el vibrador en diferentes puntos, permitiendo que penetre la capa en proceso y aproximadamente 20 mm en la capa inmediata inferior.

8.6.3.1.2. Vigas, prismas y cilindros horizontales para flujo plástico

Se introduce el vibrador en separaciones que no excedan de 150 mm, a lo largo del eje longitudinal del espécimen, en ambos lados, pero sin hacer contacto con el deformímetro, en el caso de cilindros para flujo plástico. Para especímenes de ancho mayor de 150 mm, se introduce el vibrador en forma alternada a lo largo de dos líneas, permitiendo que penetre aproximadamente 20 mm en la capa inmediata inferior (véase figura 1).

8.6.3.2. Vibración externa

Al emplear vibración externa se debe cuidar que el molde esté sujeto firmemente contra el elemento vibrador o a la superficie vibradora. El molde debe ser lo suficientemente rígido para asegurar la transmisión de las vibraciones al concreto y no perder su forma durante el vibrado.

Tabla 2.- Diámetro de la varilla y número de penetraciones empleados para moldear los especímenes de prueba

Diámetro del cilindro en cm	Diámetro de la varilla mm	Número de penetraciones por capa
Cilindros verticales		
Entre 5 y menos de 15	10	25
15	16	25
20	16	50
25	16	75
Cilindros horizontales (para flujo plástico)		
15	16	50 en total, 25 de cada lado del eje
Vigas y prismas:		
Área superficial superior del espécimen en cm ²		25
160 o menos	10	Uno por cada 7 cm ² de superficie
Entre 165 y 310	10	Uno por cada 10 cm ² de superficie
320 ó más	16	

8.7. Acabado

Después de la compactación con cualquiera de los métodos anteriores, a menos que el enrasado se haya efectuado durante la vibración (véase 7.8.3.2), se enrasa la superficie del concreto. Si no se especifica el tipo de acabado, se termina la superficie con un enrasador rígido 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 mayores de 3 mm.

8.7.1. Cilindros

Después de la compactación, se termina la superficie superior enrasándola con un enrasador de metal. Si se desea, se puede cabecear la superficie del cilindro recién elaborado con una capa delgada de pasta de cemento, que se endurezca y se cure con el espécimen de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-109-ONNCCE (véase Capítulo 2).

8.7.2. Cilindros moldeados horizontalmente para flujo plástico

Después de compactado se termina el espécimen con un enrasador curvo, con el mismo radio del espécimen, para terminar con precisión la superficie del concreto en la abertura del molde.

8.8. Curado

8.8.1. Protección después del acabado

Para evitar la evaporación del agua en los especímenes de concreto sin fraguar, se deben cubrir inmediatamente después de terminados, de preferencia, con una placa no absorbente y no reactiva, o con una tela de plástico durable impermeable. Se puede emplear yute húmedo, pero debe cuidarse de mantenerse con humedad y evitar el contacto con el concreto hasta que los especímenes sean extraídos de los moldes. El colocar una tela de plástico sobre el yute facilita mantenerlo húmedo.

8.8.2. Descimbrado

Los especímenes deben ser descimbrados no antes de 20 h ni después de 48 h de su elaboración.

8.8.3. Ambiente de curado

A menos que en otro método se especifique lo contrario, todos los especímenes deben ser curados en humedad a temperatura de 296 K \pm 3 K (23 °C \pm 3 °C) durante las primeras 24 h después de ese tiempo deben mantenerse a una temperatura de 296 K \pm 2 K (23 °C \pm 2°C), con una humedad relativa de 95 % mínima, hasta el momento de la prueba.

El almacenaje durante las primeras 48 h debe ser en un sitio libre de vibraciones. Con relación a los especímenes extraídos de los moldes, el curado húmedo significa que los especímenes de prueba pueden mantenerse con agua

libre en su superficie en todo tiempo. Esta condición se logra por inmersión en agua saturada con cal, o por almacenamiento en un cuarto húmedo o gabinete que cumpla con los requisitos de la NMX-C-148-ONNCCE (véase Capítulo 2). Los especímenes no deben ser expuestos a goteo directo o agua corriente.

8.8.4. Especímenes para pruebas de resistencia a la flexión

Los especímenes para prueba de flexión deben ser curados en la forma descrita en 8.8., 8.8.1, 8.8.2, y 8.8.3, con la excepción de que durante el almacenaje, por un periodo mínimo de 20 h inmediatamente antes de la prueba, sean sumergidos en una solución de agua saturada con cal a $296\text{ K} \pm 2\text{ K}$ ($23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$). Al final del periodo de curado, entre el momento en que se suspende dicho curado y el inicio de la prueba, debe mantenerse húmeda la superficie del espécimen, pues zonas secas aún pequeñas producen esfuerzos de tensión en las fibras extremas que reducen dicha resistencia.

9. CALCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Esta norma mexicana no comprende ningún cálculo, pues solamente aplica a la elaboración de los especímenes de prueba en el laboratorio, sin embargo las cantidades de los componentes del diseño para las mezclas de pruebas deben ser registradas en un informe.

10. PRESIÓN

Al momento de revisar el presente documento no se contó con datos necesarios para establecer la precisión del método.

11. INFORME DE LA PRUEBA

Cuando sea procedente se debe especificar en el informe lo siguiente:

- Propiedades físicas de los agregados utilizados.
- Tipo de aditivo utilizado y su dosificación.
- Tipo de cemento.
- Tipo de agregado.
- Revenimiento obtenido de la mezcla.
- Relación agua / cemento.
- Relación grava / arena.
- Y toda información que haga posible repetir el diseño en igualdad de condiciones.

12. BIBLIOGRAFÍA

NOM-008-SCFI-1993	"Sistema General de Unidades y Medidas."
NMX-B-231	Industria Siderúrgica. Cribas de Laboratorio para Clasificación de Materiales Granulares. Especificaciones.
NMX-C-251-ONNCCE-1997	Industria de la Construcción - Concreto - Terminología.
NMX-Z-013-SCFI-1977	"Guía para la Redacción y Presentación de las Normas Mexicanas."
ASTM-C-192-81	Standard Method Of Making And Curing Concrete Test Specimens In The Laboratory

13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

A. APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Vigencia

La presente norma mexicana entra en vigor a los sesenta días siguientes de la declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía (SE) en el Diario Oficial de la Federación.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX-C-160-ONNCCE-2004**

(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-160-1987)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 27 de julio de 2004.

**“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONCRETO - ELABORACIÓN
Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO”**

**“BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - MAKING AND CURING
CONCRETE SPECIMENS IN THE FIELD”**

COMITÉ TÉCNICO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1

0. PREFACIO

Se contó con el valioso apoyo de las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO A.C. (AMICPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C. (ANALISEC)
- CEMEX CONCRETOS, S.A. DE C.V.
- CONCRETO DE MORELOS S.A. DE C.V. (COMOSA)
- CONCRETOS APASCO S.A. DE C.V.
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- ESTUDIOS, DISEÑOS Y LABORATORIO, S.A. DE C.V. (EDYL)
- ETA CONSULTORES, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V. (ICA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- KAPRA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE ALTO NIVEL EN CALIDAD S.C. (LANC)
- LABORATORIO DE CONSULTORÍA Y SUPERVISIÓN S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S. A. DE C.V. (LACOSA)
- POLARCRETO, S.A. DE C.V.
- RESISTENCIAS SAN MARINO, S.A. DE C.V.
- SECCIÓN CENTRO Y SUR CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A.C. (ACI)

ÍNDICE

	Página
0. PREFACIO	2
1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
2. REFERENCIAS.....	3
3. DEFINICIONES.....	3
3.1. Curado.....	4
3.2. Tamaño máximo nominal del agregado	4
4. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS	4
4.1. Moldes.....	4
4.2. Moldes cilíndricos.....	4
4.3. Moldes para vigas	4
4.4. Varilla para la compactación	4
4.5. Vibradores.....	4
4.6. Herramienta auxiliar	5
4.6.1. Equipo para revenimiento.....	5
4.6.2. Recipiente para mezclado de la muestra	5

4.6.3.	Equipo para determinar el contenido de aire.....	5
4.6.4.	Mazo de goma.....	5
5.	PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA.....	5
5.1.	Prueba de resistencia a la compresión.....	5
5.2.	Pruebas de resistencia a la flexión.....	5
6.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	5
6.1.	Lugar para el moldeo.....	5
6.2.	Curado inicial.....	6
7.	ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES.....	6
7.1.	Moldeo.....	6
7.1.1.	Vaciado del concreto.....	6
7.2.	Compactación.....	6
7.2.1.	Método de compactación.....	6
7.3.	Acabado.....	8
7.3.1.	Cilindros.....	8
7.4.	Curado y protección inicial después del acabado.....	8
8.	CURADO DE ESPECÍMENES.....	8
8.1.	Curado de especímenes cilíndricos.....	8
8.2.	Curado de vigas.....	8
8.2.1.	Curado de vigas para determinar cuando puede ponerse en servicio una estructura.....	8
9.	TRASLADO AL LABORATORIO.....	9
10.	PRECISIÓN.....	9
11.	INFORME DE LA PRUEBA.....	9
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	9
13.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	9
A.	APÉNDICE INFORMATIVO.....	10
A.1.	Control interno.....	10
A.2.	Moldes.....	10
A.3.	Concreto con bajo contenido de agua.....	10
A.4.	Temperatura de sacos.....	10
A.5.	Muestreo de concreto.....	10
A.6.	Pruebas de revenimiento.....	10
B.	VIGENCIA.....	10

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar en obra, especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto.

2. REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes:

NMX-C-109-ONNCCE	Industria de la Construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos.
NMX-C-148-ONNCCE	Industria de la construcción - Cementos hidráulicos - Gabinetes y cuartos húmedos y tanques de almacenamiento para el curado de especímenes de mortero y concreto de cementantes hidráulicos.
NMX-C-156-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del revenimiento en el concreto fresco.
NMX-C-157	Industria de la construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión
NMX-C-159-ONNCCE	Industria de la construcción -Concreto- Elaboración y curado en el laboratorio de especímenes en el laboratorio.
NMX-C-161-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto fresco - Muestreo.
NMX-C-162-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.
NMX-C-281	Industria de la construcción - Concreto - Moldes para elaborar especímenes cilíndricos de concreto verticalmente para pruebas.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

3.1. Curado

Es el proceso mediante el cual, en un ambiente especificado de humedad y temperatura, se favorece la hidratación del cemento o de los materiales cementantes en la mezcla.

3.2. Tamaño máximo nominal del agregado

Es aquel en cuya criba se retiene como máximo el 10 %.

4. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS

4.1. 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 Pórtland 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 vierta en ellos. En caso contrario debe usarse un material sellador adecuado, tal como una grasa pesada, arcilla moldeable o parafina microcristalina para prevenir filtraciones a través de las juntas (véase Apéndice A.2). 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.

4.2. Moldes cilindricos

El plano definido por el borde del cilindro debe ser perpendicular a su eje. Las dimensiones del molde no deben variar de los valores especificados, en más de 1 % en su diámetro, ni en 1% del valor nominal en su altura, ningún diámetro nominal debe diferir de cualquier otro en más del 2 %. Deben estar provistos de una base metálica maquinada, en el caso de moldes metálicos, o en el caso de otros materiales, la base debe ser del mismo material que el de las paredes del molde o metálicas, con planos lisos y con elementos para sujetarla firmemente al molde, con su plano perpendicular al eje del molde, además debe de cumplir con lo especificado en la NMX-C-281 (véase Capítulo 2.).

4.3. Moldes para vigas

Los moldes para vigas deben ser horizontales de forma rectangular y de las dimensiones requeridas para producir los especímenes estipulados en el inciso 5.2. La superficie interior de los moldes debe ser lisa y estar libre de protuberancias. Los lados, la parte inferior y los extremos deben formar ángulos rectos entre sí y deben ser planos y libres de alabeos. La variación máxima de la sección transversal nominal no debe exceder de 3 mm para moldes de 150 mm o más de peralte o ancho. Los moldes no deben tener una longitud menor en 1,5 mm de la longitud requerida (véase 5.2). Deben satisfacer los requisitos de permeabilidad expresados en A.2.

4.4. Varilla para la compactación

La varilla debe ser lisa, de sección circular, de acero, recta, de 16 mm \pm 1,5 mm de diámetro y 600 mm \pm 30 mm de longitud, cuando menos con uno de los extremos semiesféricos, del mismo diámetro.

4.5. Vibradores

Los vibradores de inmersión pueden ser de flecha flexible o rígida, de preferencia accionados por un motor eléctrico. La frecuencia de vibración debe ser 7 000 o más vibraciones por minuto, dentro del concreto. El diámetro externo o la dimensión lateral del cabezal no deben ser menores de 20 mm ni mayor de 40 mm. La longitud combinada de la flecha y el cabezal debe exceder la profundidad máxima de la sección que se vibre en por lo menos 100 mm. Los vibradores externos pueden ser de dos tipos; de masa o de plancha. Su frecuencia de vibración no debe ser menor de 3 600 vibraciones por minuto.

Debe contarse con dispositivos adecuados para fijar firmemente los moldes al aparato vibrador y se debe emplear un tacómetro para verificar la frecuencia de vibración.

Los impulsos vibratorios frecuentemente se imparten por medio de vibraciones electromagnéticas y por masas excéntricas, accionadas directa o indirectamente con motores eléctricos.

4.6. Herramienta auxiliar

Se debe contar con herramientas auxiliares, tales como palas, recipientes, llanas, enrasadores, cucharones, reglas, guantes de hule, mazo con cabeza de hule y charolas de lámina.

4.6.1. Equipo para revenimiento

El equipo para medir el revenimiento debe cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-156-ONNCCE (véase Capítulo 2.).

4.6.2. Recipiente para mezclado de la muestra

Esta 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.

4.6.3. Equipo para determinar el contenido de aire

El equipo para medir el contenido de aire cuando así se requiera debe cumplir con lo especificado en la NMX-C-157-ONNCCE o por la NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 2.).

4.6.4. Mazo de goma

Es un martillo con cabeza de hule, que pese $600 \text{ g} \pm 20 \text{ g}$.

5. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

5.1. Prueba de resistencia a la compresión

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. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado 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 150 mm x 300 mm (véase A.3.).

5.2. Pruebas de resistencia a la flexión

Los especímenes para determinar la resistencia a la flexión deben ser vigas rectangulares de concreto, coladas con el eje longitudinal en posición horizontal. La longitud debe ser por lo menos 50 mm mayor que tres veces el peralte en la posición de ensaye. No exceder de 1,5 la relación del ancho peralte. La viga estándar debe ser de 150 mm x 150 mm de sección transversal y debe usarse para concreto con tamaño máximo del agregado hasta 50 mm.

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 menor de 150 mm.

Los especímenes deben moldearse inmediatamente después de obtenida y remezclada la muestra en un lapso de tiempo no mayor a 15 min.

6. CONDICIONES AMBIENTALES

6.1. Lugar para el moldeo

Los especímenes deben ser elaborados, sobre una superficie horizontal rígida, nivelada, libre de vibraciones y otras perturbaciones, en el lugar donde se almacenen cubiertos durante las primeras 24 h y deben evitarse golpes, inclinaciones del espécimen o alteraciones de su superficie.

6.2. Curado inicial

Durante las primeras 24 h después del moldeado, todos los especímenes de prueba deben almacenarse bajo condiciones que mantengan la temperatura adyacente a los especímenes en el intervalo 289 K a 300 K (16 °C a 27 °C) y prevenir pérdidas de humedad de los especímenes. La temperatura de almacenamiento puede regularse por medio de ventilación, o por evaporación del agua de la arena o sacos de yute (véase A.4), o usando dispositivos de calentamiento tales como estufas, focos o cables de calefacción controlados termostáticamente.

Un registro de la temperatura de los especímenes puede establecerse por medio de termómetros de máxima y mínima. Los especímenes pueden almacenarse en cajas cerradas, en pozos con arena húmeda, en construcciones temporales o en lugares de edificación, bajo sacos de yute húmedos en climas favorables, o en sacos de plástico cerrados; o usar otros métodos adecuados siempre y cuando cumplan los requerimientos anteriores que limiten la temperatura del espécimen y la pérdida de la humedad.

7. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES

7.1. Moldeo

7.1.1. Vaciado del concreto

Debe vaciarse con un cucharón en los moldes, cada porción de concreto contenido en 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 uniforme 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. El número de capas para llenar el molde y compactarlas debe efectuarse según lo indicado en la tabla 1.

7.2. Compactación

7.2.1. 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 80 mm. Los revenimientos de 30 mm a 80 mm pueden varillarse o vibrar. Deben vibrarse los concretos con revenimientos menores de 30 mm.

TABLA 1.- Número de capas requeridas por los especímenes

Tipo y altura del espécimen (mm)	Forma de compactación	Número de capas	Espesor aproximado de la capa (mm)
Cilindros			
300	Varillado	3 iguales	100
Más de 300	Varillado	Las que se requieran	100 o fracción
De 300 a 450	Vibrado	2 iguales	La mitad de la profundidad del espécimen
Más de 450	Vibrado	3 ó más	150 ó lo más cercano posible
Vigas			
De 150 a 200	Varillado	2 iguales	La mitad de la profundidad del espécimen
Más de 200	Varillado	3 ó más	100 ó fracción
De 150 a 200	Vibrado	1	Profundidad del espécimen
Más de 200	Vibrado	2 ó más	200 ó lo más cercano posible

7.2.1.1. 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 en la tabla 2. En el caso de vigas, el número de compactaciones con la varilla por capa requerida es uno por cada 1 000 mm² de superficie del espécimen. 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 100 mm, y aproximadamente de 20 mm, cuando el espesor de la capa sea de 100 mm o más. Si la varilla produce oquedades se golpean ligeramente las paredes del molde para eliminarlas. En el caso de las vigas, después de que cada capa se ha varillado, debe introducirse y sacarse repetidamente una cuchara de albañil u otra herramienta adecuada en la zona de contacto del concreto y el molde en su perímetro.

TABLA 2.- Número de penetraciones de la varilla para el moldeado de especímenes cilíndricos

Diámetro del cilindro (mm)	Número de penetraciones por capa
150	25
200	50
250	75

7.2.1.2. Vibrado

Se mantiene una duración especificada de vibrado para cada clase de concreto, de vibrador y de molde de espécimen empleado, la duración requerida para la vibración depende de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador. Se efectúa la vibración solo el tiempo necesario para lograr una compactación apropiada del concreto; generalmente la vibración es suficiente cuando el agregado grueso comienza a desaparecer de la superficie y esta empieza a tener un aspecto relativamente liso. El exceso de vibración puede producir segregación. Al llenar los moldes se vibran empleando el número de capas especificadas en la tabla 1, con volúmenes aproximadamente iguales. Se coloca dentro del molde todo el concreto de una capa antes de iniciar la vibración de la misma. Se coloca la última capa en tal forma que se evite rebosar el molde en más de 5 mm, se enrasa la superficie ya sea durante la vibración, cuando esta se aplique exteriormente, o después cuando se aplique interiormente. Cuando se enrasa después de la vibración, se agrega solamente la cantidad de concreto necesario con el cucharón, para rebosar el molde en 3 mm aproximadamente, distribuyéndolo y enrasándolo en la superficie.

7.2.1.3. Vibración interna

El diámetro de la flecha del vibrador interno debe ser, como máximo, la tercera parte del ancho del molde, en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al del vibrador debe ser de 4 ó mayor. Al compactar el espécimen el vibrador no debe tocar el fondo o los lados del molde. Se extrae cuidadosamente el vibrador en tal forma que no produzca oquedades en el espécimen. Después de vibrar cada capa se golpean ligeramente los lados del molde para asegurar la eliminación de burbujas de aire atrapadas en el espécimen.

7.2.1.4. Cilindros

Debe introducirse el vibrador siempre en forma vertical, tres veces en diferentes puntos de cada capa. Se deja que el vibrador penetre a través de la capa que se está vibrando y dentro de la capa inferior aproximadamente 20 mm.

7.2.1.4.1. Vigas

Debe introducirse el vibrador siempre en forma vertical en distancias que no excedan de 150 mm a lo largo de la línea central de la dimensión longitudinal del espécimen. Para especímenes cuyo ancho sea mayor que 150 mm se hacen inserciones en forma alternada a lo largo de dos líneas de referencia.

Para ambos casos, se deja que la flecha del vibrador penetre 20 mm aproximadamente en la capa interior.

7.2.1.4.2. Vibración externa

Cuando se use el vibrador externo, debe tenerse cuidado para asegurar que el molde este firmemente fijado o asegurado contra el elemento vibratorio. El molde debe ser lo suficientemente rígido para asegurar la transmisión de vibración al concreto y no perder su forma durante el vibrado.

7.3. Acabado

Después de la compactación con cualquiera de los métodos anteriores, a menos que el enrasado se haya efectuado durante la vibración descrita en 7.2.1.2, 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 metal, se efectúa el acabado con el mínimo de pasadas necesarias para producir una superficie plana y uniforme, que este a nivel con las orillas del molde y que no tenga depresiones o promontorios de más de 3 mm.

7.3.1. Cilindros

Después del compactado se termina la superficie superior enrasándola con un enrasador de metal, si se desea puede cabecearse la superficie del cilindro recién elaborado con una capa de pasta de cemento, de consistencia rígida, que se endurezca y se cure con el espécimen, como se describe en la NMX-C-109-ONNCCE (Véase Capítulo 2.).

7.4. Curado y protección inicial después del acabado

Para evitar la evaporación del agua de los especímenes de concreto sin fraguar deben cubrirse inmediatamente después de terminados, de preferencia con una placa no absorbente y no reactiva o con una tela de plástico resistente, durable e impermeable. Puede emplearse yute húmedo, pero debe cuidarse de mantenerlo con humedad evitando el contacto con el concreto hasta que los especímenes sean extraídos de los moldes.

El colocar una tela de plástico sobre el yute ayuda a mantenerlo húmedo.

8. CURADO DE ESPECIMENES

8.1. Curado de especímenes cilíndricos

Los especímenes de prueba elaborados para comprobar las proporciones de la mezcla para propósitos de resistencia, o como base para la aceptación, deben retirarse de los moldes, de preferencia a las 24 h después del moldeo, permitiéndole un margen de entre 20 h y 48 h y almacenarse de inmediato en una condición húmeda a la temperatura de $296\text{ K} \pm 2\text{ K}$ ($23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) hasta el momento de la prueba (véase A.4).

El tratamiento de curado húmedo de los especímenes debe cumplir con lo especificado en la norma mexicana NMX-C-148-ONNCCE (véase Capítulo 2.).

Curado de especímenes para determinar el tiempo de retiro de la cimbra o cuando puede ponerse en servicio una estructura.

Los especímenes elaborados para determinar cuando puede retirarse la cimbra o cuando puede ponerse en servicio una estructura, deben almacenarse en o sobre la estructura o lo más cerca que sea posible y recibir la misma protección que los elementos de la estructura que representen. Los especímenes deben probarse en la condición húmeda que resulte del tratamiento de curado especificado. Para cumplir estas condiciones los especímenes hechos con el propósito de determinar cuando puede ponerse en servicio una estructura deben quitarse de los moldes en el momento de retiro de la cimbra. Deben seguirse las disposiciones de 8.2. donde sean aplicables para quitar los especímenes de los moldes.

8.2. Curado de vigas

Los especímenes de prueba elaborados para comprobar las proporciones de la mezcla para resistencia a la flexión, como base de aceptación o para control de calidad, deben retirarse del molde entre 24 h y 48 h después del moldeo, y deben curarse de acuerdo con las disposiciones del 8.1. Excepto que deben almacenarse durante un periodo mínimo de 20 h inmediatamente antes de la prueba, en agua saturada de cal a $296\text{ K} \pm 2\text{ K}$ ($23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$).

Debe prevenirse el secado de la superficie del espécimen al final del periodo, entre el momento del retiro del espécimen de su curado, hasta el inicio de la prueba. Zonas secas de la superficie de los especímenes para flexión inducen esfuerzos de tensión en las fibras extremas que marcadamente reducen resistencia a la flexión de los especímenes.

8.2.1. Curado de vigas para determinar cuando puede ponerse en servicio una estructura.

Para determinar cuando puede ponerse en servicio una estructura deben curarse los especímenes en la misma forma que el concreto en la obra. A las 48 h + 4 h después de haberse moldeado, deben transportarse los especímenes en los moldes a un lugar seguro, de preferencia cercano al laboratorio de campo y retirarse los moldes. Los especímenes que representan pavimentos o losas apoyadas sobre el suelo deben almacenarse colocándolos en el suelo donde se moldearon con su superficie superior hacia arriba. Los lados y extremos de los especímenes deben resguardarse con tierra o arena que debe mantenerse húmeda, dejando la superficie superior expuesta al tratamiento de curado. Los especímenes que representan concreto estructural deben almacenarse lo más cerca posible a la estructura que representen y deben recibir la misma protección de temperatura del medio ambiente y curado de ésta. Al final del período del curado, los especímenes deben dejarse en el lugar expuesto a la intemperie en las mismas condiciones que la estructura. Todos los especímenes de vigas deben retirarse del almacenamiento en el campo y almacenarse en agua saturada de cal a una temperatura de $296\text{ K} \pm 2\text{ K}$ ($23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$), durante 24 h + 4 h inmediatamente antes de la prueba para asegurar una condición uniforme de humedad. Deben tomarse las precauciones dadas en 8.1. Para prevenir el secado entre el momento de retiro del curado hasta el inicio de la prueba.

9. TRASLADO AL LABORATORIO

Los especímenes que van a transportarse del campo al laboratorio, para su prueba, deben empacarse en cajas resistentes de madera u otros recipientes adecuados, rodeados con arena, aserrín u otros materiales de empaque adecuados en condición húmeda y protegerse de la congelación durante su transporte. Al recibirlos en el laboratorio deben colocarse inmediatamente en el cuarto de curado, las vigas deben transportarse con el eje longitudinal en posición vertical. La base de apoyo de los especímenes debe tener el amortiguamiento necesario para evitar dañarlos.

10. PRECISIÓN

Al momento de revisar el presente documento no se contó con datos necesarios para establecer la precisión del método.

11. INFORME DE LA PRUEBA

El informe de resultados debe contener como mínimo:

- Identificación de los especímenes.
- Localización del concreto representado por las muestras.
- Fecha y hora de la elaboración de las muestras individuales.
- Revenimiento.
- Resultado de cualquier otra prueba hecha al concreto.
- Método de curado.

12. BIBLIOGRAFÍA

ASTM-C-31-1998	Making and curing concrete test specimens in the field
ASTM-C-33-71a	Standard Specification for concrete aggregates.
ASTM-C-470-1998	Standard Specification for molds for forming concrete test cylinders vertically.
ASTM-C-617-1998	Standard practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
NMX-C-251-1997-ONNCCE	Industria de la construcción - Concreto - Terminología.
NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida
NMX-Z-013-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas

13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

A. APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Control interno

En caso de control interno, en donde el resultado no se emplee para aceptación o rechazo del concreto, es posible utilizar especímenes de concreto de 100 mm x 200 mm, cuando el tamaño máximo nominal del agregado no exceda de 25 mm.

A.2. Moldes

Los moldes, para considerarse estancos, deben llenarse con agua en un 90% a 95% de su altura. Después de una hora debe examinarse el molde para determinar si hay fugas visibles. La pérdida del agua estancada, expresada en por ciento de volumen inicial, no debe ser mayor de 2 %.

A.3. Concreto con bajo contenido de agua

No se consideran en este método los concretos de tan bajo contenido de agua que no sea posible compactarlos adecuadamente por los métodos aquí descritos o que requieran de otros tamaños y formas de especímenes para representar el producto o la estructura. Los especímenes para tales concretos deben hacerse de acuerdo con los requerimientos de la NMX-C-159-ONNCCE (véase Capítulo 2.), con relación al tamaño y forma del espécimen y método de compactación.

A.4. Temperatura de sacos

Debe tomarse en cuenta que la temperatura debajo de los sacos de yute o materiales similares, siempre es menor que la temperatura del medio ambiente que lo rodea si se presenta evaporación.

A.5. Muestreo de concreto

Las muestras de concreto para elaborar los especímenes se deben tomar de acuerdo con la NMX-C-161-ONNCCE (véase Capítulo 2.). El lugar de destino de la revoltura de concreto muestreada debe registrarse en forma clara y precisa.

A.6. Prueba de revenimiento

El revenimiento y rendimiento de cada revoltura de concreto, del cual se hacen los especímenes, debe determinarse inmediatamente después del mezclado, de acuerdo con las disposiciones de las NMX-C156-ONNCCE y NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 2.). El concreto sobrante usado para la prueba de revenimiento y rendimiento puede emplearse remezclándolo en la obra.

La determinación del aire incluido debe efectuarse de acuerdo a la NMX-C-162-ONNCCE (véase Capítulo 2.) y el concreto sobrante utilizado en la prueba debe desecharse.

B. VIGENCIA

La presente norma mexicana entra en vigor a los sesenta días siguientes de su declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía (SE) en el Diario Oficial de la Federación.

Índice de Temático.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

Objetivos del proyecto

Antecedentes del proyecto

Marco teórico.

CAPÍTULO II. CONCRETO

Propiedades del concreto

El Cemento

Características del cemento

Propiedades químicas del cemento

Propiedades físicas del cemento

Tipos de cemento

Clasificación de Cementos

Especificaciones físicas

Especificaciones químicas

Especificaciones especiales

Agregados Pétreos

Rocas

Áridos

Agregados para el concreto

Características de los agregados

Granulometría

Forma y textura de la partícula

Masa volumétrica y vacíos

Masa específica

Absorción y humedad superficial

Abundamiento del agregado fino.

Resistencia a la congelación y al deshielo

Humedecimiento y secado

Resistencia al desgaste y al agrietamiento

Resistencia al desgaste y al agrietamiento

Resistencia a los ácidos y otras sustancias corrosivas

Resistencia al fuego

Reactividad álcali-agregado

Manejo de los agregados

Clasificación del Concreto

Determinación de la resistencia del concreto a compresión

Predicción de la resistencia

Determinación del Modulo de Elasticidad del concreto



CAPÍTULO III DESARROLLO.

Granulometría y Pesos Volumétricos

Material y equipo

Procedimiento

Muestreo y Cuarteo

Granulometría

Peso Volumétrico Compacto (PVC)

Peso Volumétrico Suelto (PVS)

Humedad (H)

Pesos específicos y Absorción

Material y equipo

Procedimiento

Peso específico saturado superficie seca de la grava

Absorción de la grava

Peso específico seco de la grava

Peso específico saturado superficie seca de la arena

Absorción de la arena

Peso específico seco de la arena

Diseño y fabricación de concreto

Material y equipo

Procedimiento

CAPÍTULO IV RESULTADOS.

Pruebas a los agregados

Granulometría

PVS PVC y %H

Diseño y fabricación de la mezcla de prueba

Pesos específicos y absorción

Dosificaciones de campo

Resultados del ensaye de los cilindros de concreto

Predicciones de resistencia para los cilindros de concreto

Calculo del modulo de elasticidad

CONCLUSIONES

REFERENCIAS.



Índice de Figuras.

Fig. 1. Concreto con bajo revenimiento

Fig. 2. Resistencia a compresión, referida en por ciento respecto a la del concreto a 28 días con curado húmedo Fig. 3. Relación Edad- Resistencia típica del concreto basada en ensayos a compresión de cilindros de 15 x 30 cm., empleando cemento Portland tipo 1 y curado Húmedo a 21° C

Fig. 4. Influencia de la edad en la resistencia a compresión del concreto hecho con cemento Portland ordinario tipo 1 para diferentes relaciones Agua/cemento

Fig. 5. Tendencia predecible en la evolución de resistencia mecánica del concreto con diversos tipos de cemento Portland

Fig. 6. Resistencia a la compresión de cilindros de diferente tamaño

Fig. 7. Efecto de la edad sobre la resistencia a la compresión de especímenes de diferentes formas y tamaños

Fig. 8. Curva típica esfuerzo-deformación para concreto de 350 kg/cm².

Fig. 9. Comparación entre los módulos de elasticidad calculados con la expresión de la norma ACI 318 y los de la norma CAN 3-A23.



Índice de tablas.

Tabla 1. Recomendaciones para la selección de los cementos

Tabla 2 Principales componentes del cemento Portland

Tabla 3. Límites aproximados de la composición del cemento

Tabla 4. Composición química y finura de cementos tipo I, II, III, IV, V y Blanco.

Tabla 5. Tipos de cementos (Clasificación)

Tabla 6. Cementos con características especiales

Tabla 7. Composición de los cementos

Tabla 8. Especificaciones mecánicas y físicas

Tabla 9. Especificaciones de los cementos con características diferentes

Tabla 10. Factores de corrección por esbeltez

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO



Anexos (PDF)

NMX-C-414-ONNCCE-2004.

ASTM-C-150.

NMX-C-083-ONNCCE-2002.

NMX-C-030-ONNCCE-2004.

NMX-C-073-ONNCCE-2004.

NMX-C-077-ONNCCE-1997.

NMX-C-155-ONNCCE-2004.

NMX-C-156-ONNCCE-1997.

NMX-C-157-ONNCCE-1987.

NMX-C-159-ONNCCE-2004.

NMX-C-160-ONNCCE-2004.

NMX-C-164-ONNCCE-2002.

NMX-C-165-ONNCCE-2004.

NMX-C-170-ONNCCE-1997.



**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA EDIFICACIÓN, S.C.**

NORMA MEXICANA

NMX-C-164-ONNCCE-2002

(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-164-1986)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 13 de febrero de 2003

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS - DETERMINACIÓN DE LA
MASA ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO"**

**"BUILDING INDUSTRY - AGGREGATES - DETERMINATION OF THE SPECIFIC
MASS AND WATER ABSORTION OF COARSE AGGREGATE"**

COMITÉ TÉCNICO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1

PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO, A.C. (AMICPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN A.C. (ANALISEC)
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- EDAC, S.A.
- ESTUDIOS, DISEÑOS Y LABORATORIO, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- KAPRA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS DE ALTO NIVEL EN CALIDAD.
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- SECCIÓN CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A.C. (ACI)

ÍNDICE

	Página
0.	PREFACIO 2
1.	INTRODUCCIÓN 3
1.	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN 3
2.	REFERENCIAS 3
3.	DEFINICIONES 3
3.1.	Masa específica saturada y superficialmente seca (Messs) 3
3.2.	Masa específica aparente seca (Mes) 3
3.3.	Absorción 4
3.4.	Agregados ligeros 4
3.5.	Tara 4
3.6.	Masa seca (Ms) 4
4.	EQUIPO, APARATOS Y/O INSTRUMENTOS 4
4.1.	Balanza y/o báscula 4
4.2.	Canastilla de malla 4
4.3.	Cribas 4
4.4.	Dispositivo para sujeción de la canastilla 4
4.5.	Horno y/o fuente indirecta de calor 4
4.6.	Picnómetro de sifón 4
4.7.	Probeta graduada 5
4.8.	Tanque o recipiente 5
5.	PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS 5
5.1.	Muestreo 5
5.1.1.	Tamaño mínimo de la muestra 6
5.2.	Preparación y acondicionamiento de la muestra 6

6.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	6
7.	PROCEDIMIENTO.....	6
7.1.	Determinación de la masa específica saturada superficialmente seca (Messs).....	6
7.1.1.	Primer método.....	7
7.1.2.	Segundo método.....	7
7.1.3.	Método del picnómetro tipo sifón.....	8
7.1.4.	Determinación de la absorción.....	8
8.	CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.....	8
8.1.	Masa específica saturada y superficialmente seca (Messs).....	8
8.2.	Cálculo de la absorción promedio ($\bar{\alpha}$).....	8
8.3.	Cálculo de la masa específica seca (Mes).....	9
8.4.	Primer método.....	9
8.5.	Segundo método.....	9
8.6.	Método del picnómetro tipo sifón.....	10
8.7.	Determinación de la absorción con fuente indirecta de calor.....	10
9.	PRECISIÓN.....	10
10.	INFORME DE LA PRUEBA.....	10
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	11
12.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	11
A.	APÉNDICE INFORMATIVO.....	11
A1.	Vigencia.....	11

0. INTRODUCCIÓN

Una porción del agregado seco se sumerge en agua aproximadamente 24 h, con una tolerancia de ± 4 h, con el fin de saturarlo y se seca superficialmente con una franela o papel absorbente. Se toma una muestra a la cual se le determina la masa sumergiéndola en agua. A la misma muestra u otra de la misma porción se le determina su masa inicialmente, se seca a masa constante y se registra está. Con estos datos se pueden calcular las masas específicas y la absorción del agua.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece el método de prueba para la determinación de la masa específica y la absorción del agregado grueso.

2. REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas en vigor:

NMX-B-231	Cribas para clasificación de materiales granulares.
NMX-C-030-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Muestreo.
NMX-C-170-ONNCCE	Industria de la construcción - Agregados - Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo, al tamaño requerido para las pruebas.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

3.1. Masa específica saturada y superficialmente seca (Messs)

Es la relación de masa - volumen, considerando la masa de las partículas saturadas de agua y superficialmente secas y el volumen de las partículas que incluyen los volúmenes de los poros que se encuentran dentro de las mismas.

3.2. Masa específica aparente seca (Mes)

Es la relación de masa - volumen considerando la masa de las partículas secas y el volumen sólido que incluye los volúmenes de los poros dentro de las mismas.

Las masas específicas pueden expresarse como masa específica seca (Mes) y como masa específica saturada y superficialmente seca (Messs).

3.3. Absorción

Es el incremento en la masa de un agregado seco, cuando es sumergido en agua durante un tiempo determinado a temperatura ambiente; este aumento de masa es debido al agua que se introduce en los poros del material y no incluye el agua adherida a la superficie de las partículas. Se expresa como por ciento de la masa seca (y es índice de la porosidad del material.)

3.4. Agregados ligeros

Son agregados ligeros aquellos que son productos preparados por expansión, manipuleo o sintetizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas, diatomita, ceniza volante, shale o slate; así como agregados preparados de materiales naturales procesados tales como la pumicita, espuma volcánica, pizarras o tuff.

3.5 Tara

Masa del recipiente utilizado para contener el agregado.

3.6. Masa seca (MS)

El agregado es considerado seco cuando se ha mantenido a una temperatura de $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) durante el tiempo necesario para lograr masa constante. El material se considera seco cuando la diferencia entre dos pesadas sucesivas es igual o menor que 0,1 % de la masa de material.

4. EQUIPO, APARATOS Y/O INSTRUMENTOS

4.1. Balanza y/o báscula

Dispositivo sensible para determinar la masa de la muestra con una aproximación igual o mayor al 0,1 % de la masa por utilizar.

4.2. Canastilla de malla

Canastilla de alambre con separación del tejido menor de 3 mm, con dispositivo de alambre delgado para suspenderse; la altura debe ser aproximadamente igual al diámetro o base de la misma y debe poder contener en su totalidad a la masa de la muestra de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado, (véase Tabla 1).

4.3. Cribas

Las cribas que se empleen deben estar de acuerdo con las especificaciones de la norma NMX-B-231, (véase Capítulo 2).

4.4. Dispositivo para sujeción de la canastilla

Mecanismo que permita suspender la canastilla dentro del recipiente con agua sin tocar las paredes laterales y el fondo del recipiente.

4.5. Horno y/o fuente indirecta de calor

Horno con termostato ajustable a $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$), con capacidad suficiente para secar las muestras y sus fracciones, o plancha eléctrica o de gas que permita el secado del material sin calcinarlo.

4.6. Picnómetro de sifón

Un recipiente con sifón soldado con dimensiones y forma según se muestra en la Figura 1, o similar, de tal modo que se pueda obtener una aproximación de $0,001\text{ kg/dm}^3$ de la masa específica del material envasado.

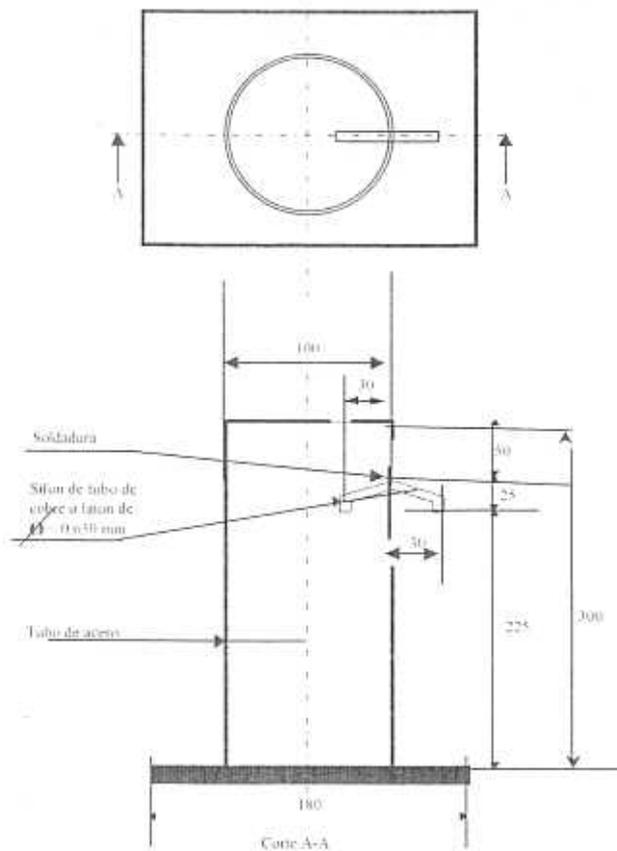


Figura 1.- Pícnometro de sifón

Nota 1: Para un espécimen con diámetro mayor de 150 mm las dimensiones deben ser 1,5 veces mayores de las que se anotan y para uno de 200 mm serán del doble de las mismas.

4.7. Probetas graduadas

Probeta graduada con capacidad de 0,5 L y 1,0 L. Con divisiones mínimas del 10 % de escala total.

4.8. Tanque o recipiente

Debe ser estanco, con la capacidad suficiente, que mantenga sumergida totalmente en agua la canastilla.

5. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

5.1. Muestreo

La muestra del agregado se obtiene de acuerdo con la norma NMX-C-030-ONNCCE (véase Capítulo 2).

5.1.1. Tamaño mínimo de la muestra

Se debe mezclar la muestra perfectamente y reducir a la cantidad necesaria para la prueba, de acuerdo a la tabla 1, aplicando los procedimientos que se indican en la NMX-C-170-ONNCCE (véase Capítulo 2).

Tabla 1.- Tamaño mínimo de la muestra

Tamaño máximo nominal en mm	Masa mínima de la muestra de prueba en kg	Tamaño máximo nominal en mm	Masa mínima de la muestra de prueba en kg
13	2	76	18
20	3	90	25
25	4	100	40
40	5	112	50
50	8	125	75
64	12	150	125

5.2. Preparación y acondicionamiento de la muestra

Se lava todo el material sobre la criba 4.75 (No. 4) véase NMX-B-231, (véase Capítulo 2), para eliminar los tamaños menores, el polvo o cualquier otro material adherido a la superficie. En muchos casos y en especial para los tamaños nominales mayores conviene dividir la muestra por tamaños, y determinar las masas específicas y la absorción en cada una de las fracciones obtenidas.

Se seca a masa constante la muestra total o las diferentes fracciones a una temperatura de $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$) y se deja enfriar a temperatura ambiente; se determina su masa M_s .

Si la muestra se prueba en dos ó más fracciones de tamaños diferentes, se determina la masa seca de cada una de ellas M_{s1} , M_{s2} , M_{s3} ..., M_{sn} llamando "M" a la masa total.

A continuación, sumergir las porciones en agua a la temperatura ambiente por un periodo de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

Cuando los valores de la absorción y la masa específica se van a emplear en la dosificación del concreto, y si el agregado está saturado y la superficie de las partículas ha permanecido húmeda, puede suprimirse el secado inicial y la inmersión en agua, esta circunstancia debe indicarse en el informe.

Se sacan del agua las porciones del agregado; se secan superficialmente con una tela húmeda hasta que las superficies pierdan el brillo acuoso, con lo que el material queda saturado y superficialmente seco y se determina su masa saturada y superficialmente seca (M_{ss}).

6. CONDICIONES AMBIENTALES

El sitio donde se efectúen las pruebas no deberá estar expuesto al sol ni a corrientes de aire.

Durante la ejecución de las pruebas, las condiciones ambientales del lugar deberán ser estables.

7. PROCEDIMIENTO

7.1. Determinación de la masa específica saturada superficialmente seca (M_{ss})

Inicialmente se determina la masa de la muestra o fracción preparada según el Capítulo 6, (M_{ss}). Al tratarse de agregados ligeros, en todas las operaciones en que se debe sumergir la muestra, se coloca encima una rejilla metálica para evitar que floten los agregados.

La determinación de la masa específica saturada y superficialmente seca, M_{ss} , puede hacerse en la muestra o en cada una de sus fracciones, por cualquiera de los métodos que se describen a continuación:

7.1.1. Primer método

Para agregados ligeros se utilizará el presente método:

Se prepara el arreglo de báscula, soporte y canastilla que incluya una rejilla metálica cuando sea necesaria. La canastilla debe quedar totalmente sumergida en el recipiente con agua, sin que roce las paredes y fondo como se muestra en la Figura 2, se hace la primer lectura "masa + tara" (t).

Se introduce la muestra o fracción en la canastilla y ambas en el recipiente con agua; se elimina el aire atrapado girando la canastilla ligeramente y se hace la segunda lectura "masa bruta" (b).

La diferencia entre b y t corresponde a la masa de la muestra sumergida en el agua.

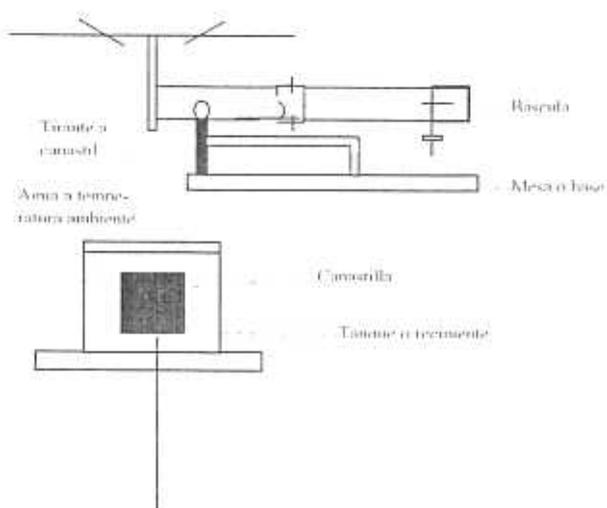


Figura 2.- Arreglo de la rejilla

7.1.2. Segundo método

Se determina la masa de la muestra o porción saturada y superficialmente seca.

Se monta el arreglo de la balanza con el recipiente con agua sobre ella y la canastilla colgada de un soporte externo que incluya la rejilla metálica cuando sea necesaria, y que quede totalmente sumergida en el agua del recipiente sin que roce con las paredes y el fondo como se muestra en la Figura 3; se hace la primera lectura, masa de la tara (t).

Se introduce la muestra en la canastilla y ambas en el recipiente con agua; se hace la segunda lectura masa bruta (b).

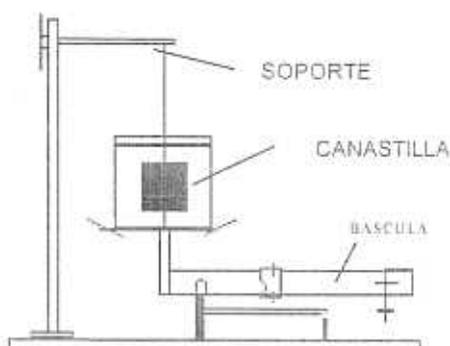


Figura 3.- Arreglo del aparato

7.1.3. Método del picnómetro tipo sifón

El picnómetro tipo sifón debe llenarse con agua a una temperatura de $295. K \pm 1 K$ ($22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) y dejar que fluya el agua hasta que deje de gotear, (véase Figura 1).

Se determina la masa de la muestra o fracción preparada (M_{ss}) según el Capítulo 6, que no sea menor de 5 kg, para picnómetros cuyo diámetro sea de 15 cm y 8 kg para los de 20 cm; pueden interpolarse o extrapolarse estos valores.

Se tapa la salida del sifón y se va introduciendo la muestra evitando que arrastre burbujas de aire. Cuando la superficie libre del agua quede en reposo, se destapa el sifón y se recibe el agua en una probeta graduada o en un recipiente previamente tarado; este volumen (V_a) se mide en la probeta o bien se determina su masa.

Cuando se utilice al presente método debe realizarse la prueba por lo menos dos veces y reportarse el promedio obtenido.

7.1.4. Determinación de la absorción

7.1.4.1. Determinación de la absorción con horno

Se toma el total de la muestra o cada una de las fracciones empleadas en la determinación de la masa específica y se seca a masa constante a una temperatura de 383 K ± 5 K (110 °C ± 5 °C); se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina su masa M_s.

7.1.4.2. Determinación de la absorción con fuente indirecta de calor

Se toma el total de la muestra o cada una de las fracciones empleadas en la determinación de la masa específica y se seca a masa constante agitando el material, cuidando que no se calcinen ni desgasten las partículas; se comprueba el secado del material colocando un cristal sobre la muestra hasta que no haya empañamiento, o a masa constante.

8. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1. Masa específica saturada y superficialmente seca (M_{esss})

Cuando la muestra ha sido dividida en fracciones, la masa específica saturada y superficialmente seca, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$M_{esss} = \frac{M_{s1} \times M_{esss1} + M_{s2} \times M_{esss2} + \dots + M_{sn} \times M_{esssn}}{M}$$

En donde:

M_{esss} es la masa específica saturada superficialmente seca en kg/dm³

M_{s1}, M_{s2}, ..., M_{sn} son las masas secas parciales en kg

M_{esss1}, M_{esss2}, ..., M_{esssn} es la masa específica "sss" determinadas en cada una de las correspondientes fracciones en kg/dm³

M es la masa total

8.2. Cálculo de la absorción promedio \bar{A}

Cuando la muestra se ha dividido en fracciones, la absorción total se calcula por el promedio pesado, según la expresión:

$$\bar{A} = \frac{M_{s1} \times A_1 + M_{s2} \times A_2 + \dots + M_{sn} \times A_n}{M}$$

En donde:

A₁, A₂ son cada una de las absorciones

M_{s1}, M_{s2} son cada una de las fracciones de la muestra

M es la masa total

8.3. Cálculo de la masa específica seca, Mes

La masa específica seca Mes, se calcula según la fórmula siguiente:

$$Mes = \frac{Ms_1 \times Messs_1 + Ms_2 \times Messs_2 + \dots + Ms_n \times Messs_n}{M}$$

8.4. Primer método

La Masa específica saturada y superficialmente seca se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Messs = \frac{Msss}{V}$$

Como la diferencia entre la masa de la muestra en el aire Msss menos la masa de la muestra sumergida en agua (b - t), equivale a la masa del agua desalojada, que es su volumen a razón de dm^3/kg .

$$V = Msss - (b + t)$$

Entonces:

$$Messs = \frac{Msss}{Msss - (b + t)}$$

En donde:

Msss es la masa específica saturada y superficialmente seca en kg/dm^3

V es el volumen de agua desalojada en dm^3

Msss es la masa de la muestra sss en kg

b es la masa bruta en kg

t es la masa de la tara en kg

8.5. Segundo método

La masa específica saturada y superficialmente seca (Messs) se calcula dividiendo la masa de la muestra saturada y superficialmente seca entre su volumen.

$$Messs = \frac{Msss}{V}$$

Como la diferencia entre la masa bruta y la tara, en este caso corresponde al empuje que el agua le da a la muestra sumergida, correspondiente a la masa del agua desalojada por ella, que a su vez es su volumen a razón de dm^3 por kg.

$$V = b - t$$

$$Messs = \frac{Msss}{b - t}$$

Entonces:

En donde:

Msss es la masa específica saturada y superficialmente seca en kg/dm^3

V es el volumen de agua desalojada en dm^3

Msss es la masa de la muestra sss en kg

b es la masa bruta en kg

t es la masa de la tara en kg

8.6. Método del picnómetro tipo sifón

La masa específica M_{ss} se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$M_{ss} = \frac{M_{sss}}{V_a}$$

En donde:

M_{sss} es la masa de la muestra sss en kg

V_a es el volumen de la muestra en dm^3 o la masa del agua desalojada que corresponde al volumen en dm^3 por kg.

M_{ss} es la masa específica saturada y superficialmente seca en kg/dm^3

8.7. Determinación de la absorción con fuente indirecta de calor

En cada caso la absorción se calcula con la siguiente expresión:

$$A = \frac{M_{sss} - M_s}{M_s} \times 100$$

En donde:

A es la absorción, expresada hasta décimos en por ciento de la masa seca.

M_{sss} es la masa de la muestra en estado saturado y superficialmente seco, expresado en kg

M_s es la masa seca en kg

9. PRECISIÓN

Al momento de revisar el presente documento no se contó con datos necesarios para establecer la precisión del método.

10. INFORME DE LA PRUEBA

Los resultados de las masas específicas deben expresarse en kg/dm^3 , con aproximación de centésimos de unidad e indicar:

- Si es, masa específica seca; masa específica saturada y superficialmente seca o masa específica aparente.
- Informe de los resultados de la absorción hasta el 0,1 %.

Si la masa específica y la absorción se determinan sin secar previamente el agregado, como se describe en el Capítulo 6, debe hacerse notar en el informe.

11. BIBLIOGRAFÍA

NOM-008-SCFI-1993	"Sistema general de unidades de medida"
NMX-C-073-1990	"Industria de la Construcción- Agregados- Masa volumétrica- Método de prueba"
NMX-C-077-1997-ONNCCE	"Industria de la Construcción - Agregados para concreto - Análisis granulométrico - Método de prueba"
NMX-C-165-1984	"Industria de la Construcción - Agregados masa específica y absorción de agua del agregado fino - Método de prueba"
NMX-C-166-1990	"Industria de la Construcción - Agregados - Contenido total de humedad por secado método de prueba"
NMX-C-251-ONNCCE-1997	"Industria de la construcción - Concreto - Terminología"
NMX-Z-013-1977	"Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas"
ASTM -C-127-88 (R93)	"Standard test method Specific gravity and absorption of coarse aggregates" Manual of testing procedures physical test method tex-403-a -74a saturated dry. Section 400-a series rev. 1-1-1974

12. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

A. APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Vigencia

La presente norma entrará en vigor a los sesenta días siguientes de la declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía (SE) en el Diario Oficial de la Federación.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX-C-165-ONNCCE-2004**

(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-165-1984)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de marzo de 2004.

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS - DETERMINACIÓN DE
LA MASA ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO FINO -
MÉTODO DE PRUEBA"**

**"BUILDING INDUSTRY - AGGREGATES - DETERMINATION OF THE
SPECIFIC MASS AND WATER ABSORTION OF FINE AGGREGATE-
TEST METHOD"**



**COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES
Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN-1****0. PREFACIO**

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO A.C. (AMICPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C. (ANALISEC)
- CEMEX CONCRETOS, S.A. DE C.V.
- CONCRETO DE MORELOS S.A. DE C.V. (COMOSA)
- CONCRETOS APASCO S.A. DE C.V.
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- ESTUDIOS, DISEÑOS Y LABORATORIO, S.A. DE C.V. (EDYL)
- ETA CONSULTORES, S.A. DE C.V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S.A. DE C.V. (TRIBASA)
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V. (ICA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- KAPRA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE ALTO NIVEL EN CALIDAD S.C. (LANC)
- LABORATORIO DE CONSULTORÍA Y SUPERVISIÓN S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. (LACOSA)
- POLARCRETO, S.A. DE C.V.
- RESISTENCIAS SAN MARINO, S.A. DE C.V.
- SECCIÓN CENTRO Y SUR CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A.C. (ACI)

ÍNDICE

	PAGINA
0. PREFACIO	2
1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
2. REFERENCIAS.....	3
3. DEFINICIONES.....	3
3.1. Masa específica saturada y superficialmente seca (Messs).....	3
3.2. Masa específica aparente seca (Mes).....	3
3.3. Absorción	3
4. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS	3
4.1. Balanza o báscula	3
4.2. Horno de secado	4
4.3. Molde.....	4
4.4. Pícnómetro	4
4.5. Pisón	4
5. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS	5
5.1. Muestreo	5

5.2.	Secado y saturación	5
5.3.	Condición saturado y superficialmente seco (sss)	5
6.	CONDICIONES AMBIENTALES	6
7.	PROCEDIMIENTO	6
7.1.	Determinación de la masa específica saturada y superficialmente seca (Messs).....	6
7.2.	Determinación de la absorción	7
8.	CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	7
8.1.	Masa específica saturada y superficialmente seca (Mess)	7
8.2.	Masa específica aparente seca (Mes).....	7
8.3.	Absorción	7
9.	PRECISIÓN.....	7
10.	INFORME DE LA PRUEBA.....	7
11.	BIBLIOGRAFÍA	8
12.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	8
A.	APÉNDICE INFORMATIVO	8
A.1.	Vigencia.....	8

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece el método de prueba para la determinación de la masa específica aparente y la absorción del agregado fino en la condición saturado y superficialmente seco. Estos datos se emplean para el cálculo y la dosificación del concreto elaborado con cemento hidráulico.

2. REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes:

NMX-C-030-ONNCCE Industria de la construcción - Agregados - Muestreo.

NMX-C-170-ONNCCE Industria de la construcción - Agregados - Reducción de las muestras de agregados, obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas.

3. DEFINICIONES

Para la correcta aplicación de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

3.1. Masa específica saturada y superficialmente seca (Messs)

Es la relación de masa a volumen, considerando la masa de las partículas saturadas de agua y superficialmente secas y el volumen sólido de las partículas que incluye los volúmenes de los poros que se encuentran dentro de las mismas.

3.2. Masa específica aparente seca (Mes)

Es la relación de masa a volumen considerando la masa de las partículas secas y el volumen sólido de las partículas, que incluyen los volúmenes de los poros dentro de las mismas.

3.3. Absorción

Es el incremento en la masa de un agregado seco, cuando es sumergido en agua durante 24 h a temperatura ambiente; este aumento de masa es debido al agua que se introduce en los poros del material y no incluye el agua adherida a la superficie de las partículas. Se expresa como por ciento de la masa seca y es índice de la porosidad del material.

4. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS

4.1. Balanza o báscula

Dispositivo para determinar la masa de la muestra con una sensibilidad de 0,1 g y con una precisión del 0,1% de la masa de prueba.

4.2. Horno de secado

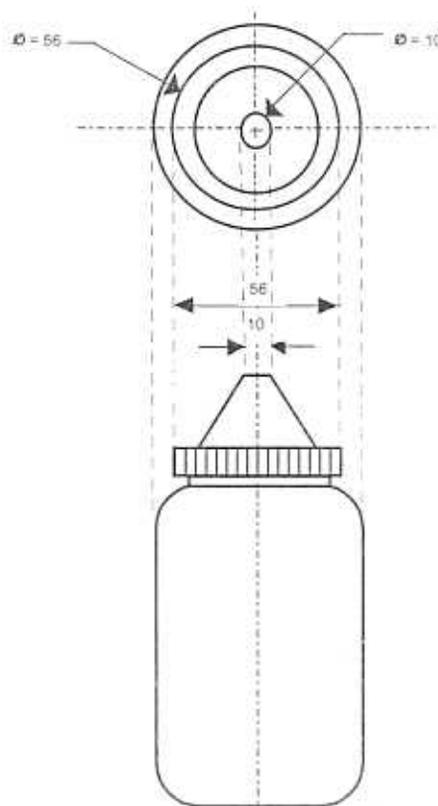
Debe estar equipado con un termostato para mantener la temperatura en $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$), contar con un termómetro, ventilación suficiente y adecuada.

4.3. Molde

El molde debe ser de lámina de metal tipo inoxidable (latón, bronce, aluminio, etc.) con un espesor mínimo de 0,8 mm y forma troncocónica, sin fondo; con medidas interiores de 40 mm de diámetro superior, 90 mm de diámetro inferior, 75 mm de altura y una tolerancia en cada una de las dimensiones de $\pm 3\text{ mm}$.

4.4. Picnómetro

Es un recipiente en el cual se puede introducir fácilmente el agregado fino y cuyo diseño asegura que el volumen contenido puede determinarse con una precisión de 0,05% del volumen del picnómetro. Un tipo de picnómetro se logra empleando un frasco de vidrio, provisto de tapón cónico con una abertura superior de diámetro aproximado a un centímetro, que tenga un cierre hermético. Es necesario esmerilar el borde de la boca del frasco en la forma siguiente: Colocar una hoja de lija fina de esmeril sobre una superficie plana y dura, mantener el frasco en posición vertical con su boca contra la hoja de esmeril; lijar el borde mediante giros, ejerciendo presión sobre el frasco contra la lija hasta que el borde quede perfectamente liso, (véase Figura 1).



Cotas en mm

FIGURA 1. - Picnómetro

4.5. Pisón

Debe ser metálico, cilíndrico con una masa de $340\text{ g} \pm 15\text{ g}$ y con una superficie de apisonamiento plana y normal al eje longitudinal, con un diámetro de $25\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$.

5. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

5.1. Muestreo

Se toma una muestra del agregado fino de acuerdo con el método de muestreo descrito en la NMX-C-030-ONNCCE (véase Capítulo 2), y se reduce de acuerdo con la norma NMX-C-170-ONNCCE (véase Capítulo 2), a un volumen de por lo menos el doble del volumen del picnómetro que se va a emplear en la determinación.

5.2. Secado y saturación

Se coloca la muestra en una charola o recipiente adecuado y se seca a una temperatura de $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$), hasta alcanzar masa constante. Se deja enfriar hasta alcanzar una temperatura confortable para su manejo, se cubre con agua por inmersión del agregado fino, manteniendo un tirante de agua de al menos 20 mm y se deja reposar por $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

5.3. Condición de saturado y superficialmente seco (sss)

Se decanta el exceso de agua cuidando que los finos no se pierdan, la muestra se extiende en una superficie lisa no absorbente, expuesta a una corriente de aire tibio que no arrastre los finos de la muestra y se remueve con frecuencia para asegurar un secado homogéneo. Esta operación se continúa hasta que se acerque a la condición de saturado y superficialmente seco, que se detecta por el flujo libre del agregado, (sss). Después se fija firmemente el molde con una mano, con su diámetro mayor hacia abajo sobre una superficie lisa, no absorbente y se llena con una porción de la muestra hasta copetear el molde, se compacta por la masa propia del pisón, colocándolo suavemente 10 veces sin altura de caída, sobre la superficie de la muestra, volviendo a llenar el molde, se compacta 10 veces por la masa del propio pisón, nuevamente se llena el molde, se compacta tres veces con el pisón, se vuelve a llenar el molde y se aplica dos veces la compactación con el pisón para completar las 25 compactaciones, si al final el material rebasa el borde del molde, se enrasa con el mismo pisón deslizándolo y cuidando de no ejercer presión sobre el material.

A continuación se levanta el molde verticalmente; si el material conserva la forma del molde, es que el agregado todavía tiene humedad superficial.

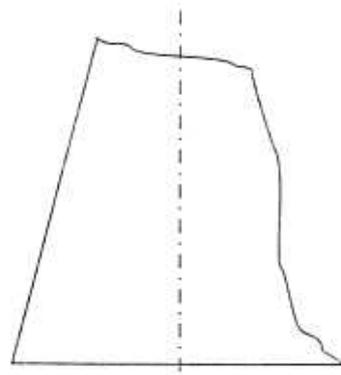
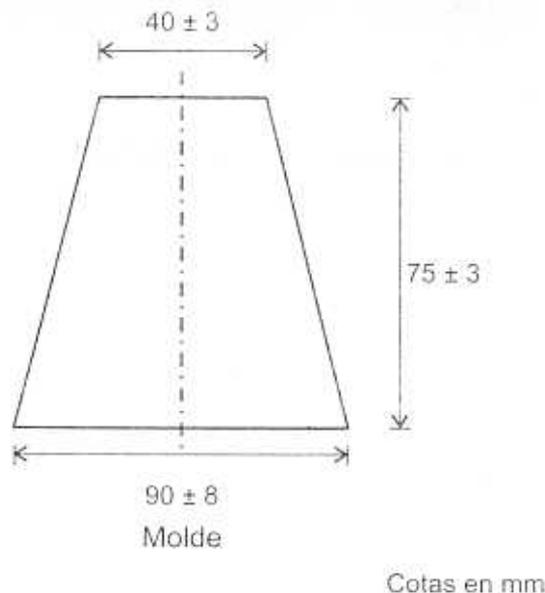
Se continúa revolviendo la muestra y evaporando; se repite el procedimiento hasta lograr que el agregado llegue a la condición de saturado y superficialmente seco, que es cuando al retirar el molde, el material de la muestra se disgrega un poco perdiendo parcialmente la forma (véase Figura 2). Para lograr la condición de saturado y superficialmente seco de la muestra de agregado fino, se pueden usar medios mecánicos, tales como la agitación.

El procedimiento descrito en este mismo inciso, presupone que se va llegar a la condición de saturado y superficialmente seco por aproximación, por lo que no debe obtenerse en el primer intento, sino lograrse en intentos sucesivos.

Cuando la muestra se seque más de la condición de saturado y superficialmente seco (sss), se observa que al retirar el cono se abate más de lo indicado. Se añade agua al material y se remezcla, se introduce en un recipiente, tapándolo y dejándolo reposar 30 min se repite el procedimiento hasta alcanzar la condición deseada.

Cuando los valores de la absorción y de la masa específica se usen para el proporcionamiento de mezclas de concreto, en las que los agregados van a estar en su condición natural de humedad, el requerimiento del secado inicial hasta alcanzar masa constante puede ser eliminado y si las superficies de la muestra han permanecido continuamente húmedas hasta la prueba, la saturación en agua, puede suprimirse.

Los valores de la absorción y de la masa específica en la condición de saturado y superficialmente seco (Messs), pueden ser considerablemente más altos para el agregado que no se secó en el horno antes de sumergirlo, que la misma muestra tratada como se indicó en 5.1, y 5.2. Por lo tanto cualquier cambio en la relación a lo tratado en esos mismos incisos debe hacerse notar en el informe de los resultados.



Muestra después de remover el molde

FIGURA 2. - Muestra saturada y superficialmente seca

6. CONDICIONES AMBIENTALES

Este método de prueba se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar en el que se lleven a cabo las pruebas.

7. PROCEDIMIENTO

7.1. Determinación de la masa específica saturada y superficialmente seca (Messs)

Se determina la masa del picnómetro lleno con agua hasta su nivel de aforo.

Se determina la masa de un volumen de muestra, preparada según el Capítulo 5, cuyo volumen sea entre un tercio o dos tercios del picnómetro que se va a emplear. Esta se introduce en el picnómetro y se agrega agua hasta que cubra la muestra en exceso. El picnómetro bien tapado, se gira, agita e invierte para eliminar todas las burbujas de aire. Si es necesario se ajusta la temperatura sumergiéndolo en agua circulante hasta alcanzar la temperatura de $296 \text{ K} \pm 2 \text{ K}$ ($23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$); después se llena con agua hasta el nivel de aforo, se seca superficialmente y se determina su masa con una aproximación de 0,1% de la masa de la muestra empleada.

7.2. Determinación de la absorción

Se toma otra muestra con una masa no menor de 200 g, preparada como se indica en el Capítulo 5, se determina la masa de la muestra saturada superficialmente seca y se seca a masa constante a una temperatura de $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$), se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina la masa de la muestra seca.

8. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1. Masa específica saturada y superficialmente seca (Messs)

Se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{Messs} = \frac{D}{C + D - E}$$

Donde:

Messs es la masa específica saturada superficialmente seca en g/cm^3
C es la masa del picnómetro lleno de agua, en g
D es la masa de la muestra usada, en g
E es la masa del picnómetro, muestra y agua hasta nivel de aforo, en g

8.2. Masa específica aparente seca (Mes)

Se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{Mes} = \frac{\text{Messs}}{1 + \frac{A}{100}}$$

Donde:

Mes es la masa específica aparente seca en g/cm^3
Messs es la masa específica saturada superficialmente seca en g/cm^3
A es el porcentaje de absorción, en por ciento (%)

8.3. Absorción

Se calcula con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{F - G}{G} \times 100$$

Donde:

A es el porcentaje de absorción en base a la masa del agregado seco, en por ciento (%)
F es la masa de la muestra saturada superficialmente seca, en gramos (g)
G es la masa de la muestra seca, en gramos (g)

9. PRECISIÓN

Al momento de revisar el presente documento no se contó con los datos necesarios en México para establecer la precisión del método.

10. INFORME DE LA PRUEBA

El informe de las pruebas debe incluir como mínimo los siguientes resultados:

- Masa específica saturada y superficialmente seca Messs en g/cm^3 aproximando hasta 0,01
- Masa específica aparente seca Mes en g/cm^3 , aproximando hasta 0,01
- Absorción en por ciento (%), aproximando al 0,1

Cuando el tiempo de inmersión en agua sea distinto de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, debe indicarse.

11. BIBLIOGRAFÍA

NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida
NMX-C-251-ONNCCE-1997	Industria de la construcción - Concreto - Terminología
NMX-Z-013-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas
ASTM -C-128-1997	Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate.

12. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

A. APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Vigencia

La presente norma entra en vigor a los sesenta días siguientes de la declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía (SE) en el Diario Oficial de la Federación.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.**

NORMA MEXICANA

NMX - C - 170 - 1997 - ONNCCE

(Esta norma cancela a la NMX-C-170-1986)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de marzo de 1998

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS - REDUCCIÓN DE LAS
MUESTRAS DE AGREGADOS OBTENIDAS EN EL CAMPO AL TAMAÑO
REQUERIDO PARA LAS PRUEBAS"**

**"BUILDING INDUSTRY - AGGREGATES - REDUCING FIELD SAMPLES OF
AGGREGATES FOR TESTING SIZE"**

NORMA MEXICANA

NMX-C-170-1997-ONNCCE

(Esta norma cancela a la NMX-C-170-1986)

Declaratoria de vigencia publicada en el
D.O.F. el día 19 / marzo / 1998

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN -AGREGADOS - REDUCCIÓN DE
LAS MUESTRAS DE AGREGADOS OBTENIDAS EN EL CAMPO AL
TAMAÑO REQUERIDO PARA LAS PRUEBAS"**

**"BUILDING INDUSTRY - AGGREGATES - REDUCING FIELD SAMPLES
OF AGGREGATES FOR TESTING SIZE"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución # 50 Col. Escandón C.P. 11800 México, D.F. Tel. 273 33 99 y 273 19 91 Fax: 273 34 31
Email: onncce@mext.clubinter.net

© Derechos reservados REPRODUCCIÓN PROHIBIDA



**COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE
MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1**

0. PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO, A. C.(AMIC)
- CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACIÓN (DEPARTAMENTO DE NORMAS Y CONTROL DE CALIDAD) (CANACINTRA)
- COMITÉ CONSULTIVO DE NORMAS DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
- CONCRETO BAL, S. A. DE C. V.
- CONCRETOS KARYMA, S. A. DE C. V.
- CONCRETOS METROPOLITANOS, S. A. DE C. V.
- CONTROL DE CALIDAD Y MEDICIONES, S. A. DE C. V.
- GRUPO CORPORATIVO INTERESTATAL, S. A. DE C. V. (TRIBASA)
- ICA SOLUM, S. A. DE C. V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A. C. (IMCYC)
- LABORATORIOS LIAC, S. A. DE C. V.
- LADIM, S. A. DE C. V.
- POLIOLES, S. A. DE C. V.
- PRECONCRETO ALTA RESISTENCIA, S. A. DE C. V.
- PRODUCTOS DE CONCRETO TOLTECA, S. A. DE C. V.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)
- TECNOSUELO, S. A. DE C. V.
- TRITURADOS BASÁLTICOS Y DERIVADOS, S. A. DE C. V.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, UNIDAD AZCAPOTZALCO (UAM)

ÍNDICE

	PAGINA
0. PREFACIO.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
3. REFERENCIAS.....	3
4. PROCEDIMIENTO.....	3
5. SELECCIÓN DEL MÉTODO.....	4
6. TAMAÑO DE LA MUESTRA DE CAMPO.....	4
7. BIBLIOGRAFÍA.....	5
8. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	5
9. VIGENCIA.....	6

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de esta Norma es la de establecer los métodos para reducir las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas y que se conserven representativas como la muestra de campo. Estos

métodos son aplicables a muestras más o menos homogéneas; en caso contrario o de duda, la muestra completa de campo debe ser estudiada.

2. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece los métodos para la reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo hasta el tamaño apropiado para la prueba; empleando en cada caso una técnica para minimizar las variaciones en características medibles entre la muestra probada y la muestra de campo. Estos métodos se designan con las letras "A" y "B".

3. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas en vigor:

NMX-B-231	Cribas para clasificación de materiales granulares.
NMX-C-030-ONNCCE	Industria de la Construcción - Agregados - Muestreo.
NMX-C-164	Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso.
NMX-C-165	Industria de la Construcción - Agregados masa específica y absorción de agua del agregado fino - Método de prueba.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Método "A" Cuarteo Mecánico

4.1.1. Equipo (Cuarteador de Muestras)

El cuarteador de muestras debe contar con un número igual de conductos, todos del mismo ancho y que descarguen alternadamente a ambos lados del cuarteador; el número de conductos no debe ser menor de ocho para agregado grueso y no menor de 12 para agregado fino. El ancho mínimo para los conductos individuales, debe ser mayor en aproximadamente un 50 % del tamaño máximo de las partículas de la muestra que se pretende cuartear.

Nota 1: El cuarteador debe estar equipado con dos receptáculos para recibir las dos mitades de la muestra al cuartearse. También debe contar con una tolva o un cucharón de fondo recto, con un ancho igual o ligeramente menor al ancho total del conjunto de conductos, por medio de la cual se alimenta la muestra a dichos conductos, a velocidad controlada.

Por lo general se pueden adquirir cuarteadores mecánicos en tamaños apropiados para agregados gruesos con tamaño máximo de partículas de 40 mm. Para agregados finos, un cuarteador con conductos de 13 mm de ancho es satisfactorio cuando toda la muestra pase por una criba G 9,5 (véase 3 referencias).

4.1.2. Procedimiento

Se coloca la muestra de campo en la tolva o en el cucharón alimentador, distribuyéndola uniformemente en toda su longitud para que al verter sobre los conductos, fluyan por cada uno de ellos cantidades aproximadamente iguales de material. La velocidad a la que se alimenta la muestra debe ser tal que permita un flujo continuo por los conductos hacia los receptáculos inferiores. Se vuelve a introducir la porción de muestra de uno de los receptáculos al cuarteador cuantas veces sea necesario, hasta reducir la muestra al tamaño requerido para la prueba programada. La porción de muestra que se recolectó en el otro receptáculo puede ser conservada para reducción de tamaño para otras pruebas.

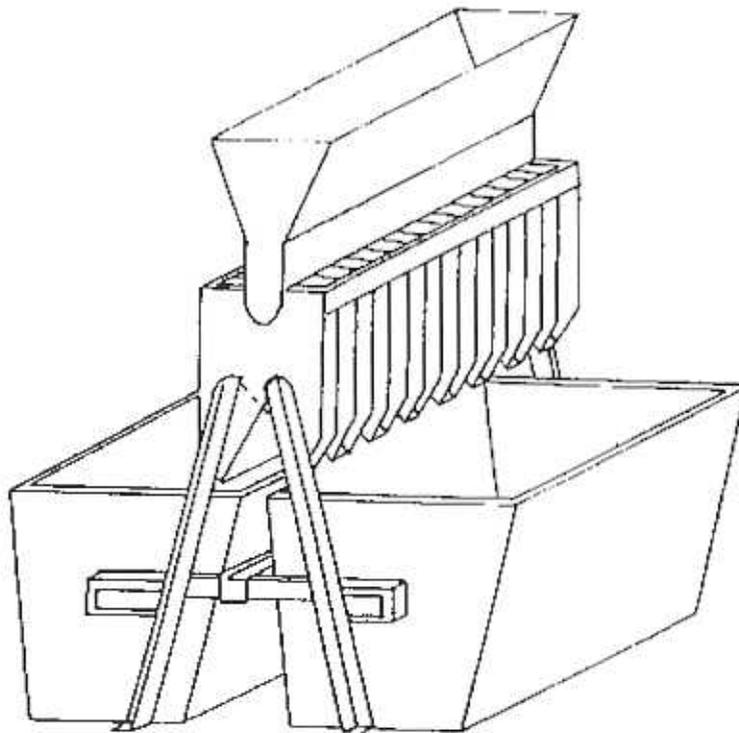


Figura 1.- Muestreo mecánico con tolva

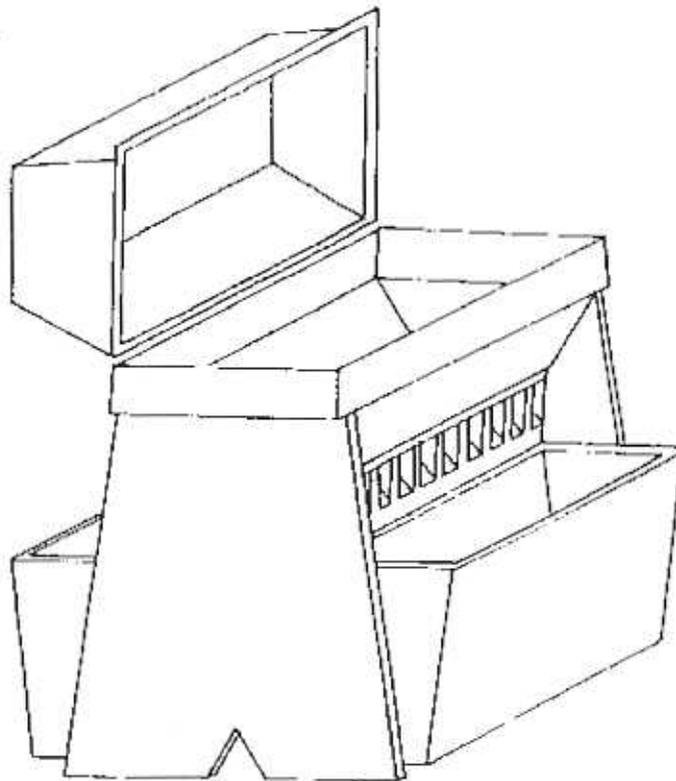


Figura 1a.- Muestreador mecánico

4.2. Método "B", Cuarteo manual

4.2.1. Equipo

El equipo consiste de una pala, un cucharón de punta recta o cuchara de albañil, una escoba o cepillo, y una lona de aproximadamente 2,0 m x 2,5 m, cuando se utilice el método 4.2.2.2.

4.2.2. Procedimiento

Se usa cualquiera de los dos procedimientos descritos a continuación en los incisos 4.2.2.1 y 4.2.2.2.

4.2.2.1. Se coloca la muestra de campo sobre una superficie plana, dura y limpia, donde no pueda haber pérdida de material ni contaminación con materias extrañas. Se mezcla el material completamente traspaleando toda la muestra en una pila cónica, depositando cada paleada sobre la anterior. Por medio de la pala se ejerce presión sobre el vértice, se aplanan con cuidado la pila hasta que se obtenga un espesor y un diámetro uniformes, cuidando de que cada sector que abarque una cuarta parte de la pila resultante no se mezcle con los otros. El diámetro debe ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor. Se divide la pila aplanada en cuatro partes iguales con la pala o la cuchara de albañil y se eliminan dos de las partes diagonalmente opuestas, incluyendo todo el material fino cepillando los espacios vacíos para limpiarlos. Se mezcla el material restante y se cuarteo sucesivamente hasta reducir la muestra al tamaño requerido para las pruebas (véase fig. 2).

4.2.2.2. Como alternativa al procedimiento descrito en el inciso anterior (4.2.2.1) cuando el material del piso pueda contaminar a la muestra de campo ésta puede ser colocada sobre una lona y mezclada con una pala como se describió en el mismo inciso, o levantando cada esquina de la lona alternadamente y jalándola sobre la muestra hacia la esquina diagonalmente opuesta, obligando al material a ser volteado. Se aplanan la pila como se describió en el inciso 4.2.2.1. Luego se divide la muestra como se indicó en el mismo inciso, o bien, si la superficie bajo la lona es dispereja, puede introducirse una varilla o un tubo entre la lona y el piso, al centro de la pila, alzándolo de ambos extremos para dividir la muestra en dos partes iguales.

Se extrae el tubo dejando un doblez de la lona entre las porciones divididas. Se vuelve a introducir, el tubo bajo la lona, a 90° con relación a la primera división, y se vuelve a alzar por ambos extremos para dividir la muestra en cuatro partes iguales. Se eliminan dos cuartas partes diagonalmente opuestas, teniendo cuidado de recoger todos los finos que quedaron en esas porciones de lona. Se mezcla y cuarteo sucesivamente el material restante hasta reducir la muestra al tamaño requerido para las pruebas.

5. SELECCIÓN DEL MÉTODO

5.1. Agregado fino

Las muestras de campo de agregado fino se encuentran superficialmente secas se deben reducir en tamaño por el método "A". Las muestras de campo que se reduzcan por el método "B" deben encontrarse húmedas superficialmente de no ser así se deben humedecer y después deben ser remezcladas.

Si la muestra de campo es muy grande y se encuentra húmeda superficialmente, se puede efectuar un cuarteo preliminar con un cuarteador mecánico que tenga abertura de conductos de 40 mm ó mayor y se reduce la muestra a no menos de 5 kg. La porción así obtenida se cuarteo por el método "B" o se seca y se emplea el método "A" utilizando temperaturas que no excedan a cualquiera de las pruebas que se pretenden efectuar.

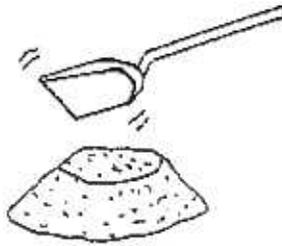
5.2. Agregado grueso

Se debe usar cualquiera de los dos métodos "A" ó "B" siendo el "A" el más efectivo.

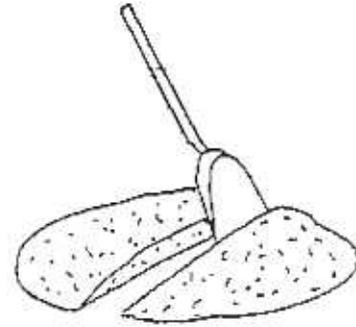
5.3. El método para determinar la condición de saturados y superficialmente seco se describe en las Normas Mexicanas NMX-C-164 y NMX-C-165 (véase 3. referencias). Como criterio aproximado, si el agregado fino puede mantener su forma cuando se moldea en la mano, puede considerarse que tiene humedad superficial. Para el agregado grueso la humedad superficial presenta el brillo del agua en la superficie de las partículas.



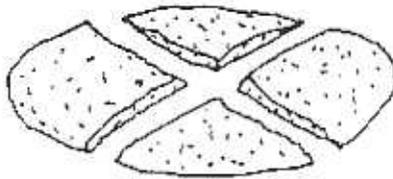
Muestra en forma de cono



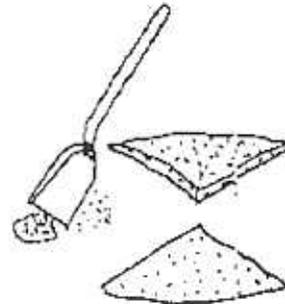
Aplanado de la mezcla



Cuarteado después de aplanar el cono



Muestra dividida en cuartos



Retenga los cuartos opuestos y retire los otros dos cuartos

Figura 2.- Cuarteo manual

6. TAMAÑO DE LA MUESTRA DE CAMPO

Cuando se pretenden efectuar únicamente pruebas de granulometría, el tamaño de la muestra de campo debe apegarse a lo establecido en la Norma Mexicana NMX-C-30 (véase 2). Cuando se requieran pruebas adicionales el operario debe cerciorarse de que el tamaño inicial de la muestra de campo sea suficiente para cubrir todas las pruebas programadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

ASTM-C-702-75	"Reducing field samples of aggregates to testing size."
NOM-008-SCFI-1993	"Sistema General de Unidades de Medida"
NMX-Z-013-SCFI-1977	"Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas"
NMX-C-251-1997-ONNCCE	"Industria de la Construcción - Concreto - Terminología."

8. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no coincide con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

11. VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor al día siguiente de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación por parte de la SECOFI.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.**

**NORMA MEXICANA
NMX - C - 128 - 1997 - ONNCCE**

(Esta norma cancela a la NMX-C-128-1982)

Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de marzo de 1998

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO SOMETIDO A
COMPRESIÓN - DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON"**

**"BUILDING INDUSTRY - COMPRESSION SUBMITTED CONCRETE -
DETERMINATION OF MODULE OF STATIC ELASTICITY AND POISSON RATIO"**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Constitución # 50 Col. Escandón C.P. 11800 México, D.F. Tel. 273 33 99 y 273 19 91 Fax: 273 34 31
Email: onncce@mext.clubinter.net

© Derechos reservados REPRODUCCIÓN PROHIBIDA



<p>NORMA MEXICANA</p> <p>NMX-C-128-1997-ONNCCE</p> <p>(Esta norma cancela a la NMX-C-128-1982)</p> <p>Declaratoria de vigencia publicada en el D.O.F. el día 19/marzo/1998</p>	<p>"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN - DETERMINACIÓN DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON"</p> <p>"BUILDING INDUSTRY - COMPRESSION SUBMITTED CONCRETE - DETERMINATION OF MODULE OF STATIC ELASTICITY AND POISSON RATIO"</p>
---	--

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
 Constitución # 50 Col. Escandón C.P. 11800 México, D.F. Tel. 273 33 99 y 273 19 91 Fax: 273 34 31
 Email: onncce@mext.clubinter.net
 © Derechos reservados REPRODUCCIÓN PROHIBIDA



COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN - 1

0. PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO (AMIC)
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS METROPOLITANOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- PRECONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, S.A. DE C.V
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)

ÍNDICE

		PAGINA
0.	PREFACIO.....	2
1.	OBJETIVO Y/O CAMPO DE APLICACIÓN.....	2
2.	REFERENCIAS.....	2
3.	DEFINICIONES.....	3
4.	EQUIPO APARATOS E INSTRUMENTOS.....	3
5.	PREPARACION Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRA.....	8
6.	PROCEDIMIENTOS.....	9
7.	CÁLCULO.....	10
8.	INFORME DE LA PRUEBA.....	11
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	11
10.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	11
11.	VIGENCIA.....	11
A.1.	APÉNDICE NORMATIVO.....	11

1. OBJETIVO Y/O CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece el método de prueba para la determinación del Módulo de Elasticidad Estático Secante (Módulo de Young) y de la relación de Poisson en especímenes cilíndricos de concreto, cuando se someten a esfuerzos de compresión longitudinal.

2. REFERENCIAS

Esta Norma, se complementa con las siguientes Normas Mexicanas:

NMX-C-083-ONNCCE	Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
NMX-C-109-ONNCCE	Industria de la Construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos.
NMX-C-159	Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto.
NMX-C-160	Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
NMX-C-169-ONNCCE	Industria de la Construcción - Concreto - Prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido.

3. DEFINICIONES

3.1. Módulo de elasticidad estático secante

Relación que existe entre el esfuerzo y la deformación unitaria axial, al estar sometido el concreto a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico. Es la pendiente de la secante definida por dos puntos de la curva del esfuerzo - deformación, dentro de ésta zona elástica.

3.2. Relación de Poisson

Relación entre las deformaciones transversal y longitudinal al estar sometido el concreto a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico.

4. EQUIPO APARATOS E INSTRUMENTOS

4.1. Máquina de prueba

4.1.1. Debe cumplir con lo especificado en la NMX-C-083 (véase 2. Referencias); contar con dispositivos para aplicar cargas a velocidad constante, con un error menor o igual al 1%. Para poder calcular el esfuerzo correspondiente a 50 millonésima de deformación unitaria, la división mínima en su dispositivo indicador de carga no debe ser mayor de 0,5 t y permitir la apreciación de fracciones de 0,25 t

4.2. Deformímetros

Dispositivos que se adaptan a los especímenes y sirven para medir su deformación bajo la carga aplicada.

Para medir las deformaciones longitudinales en los especímenes, debe usarse un dispositivo que pueda o no adherirse al espécimen cilíndrico y que permita realizar lecturas con exactitud de 0,002 5 mm (una diezmilésima de pulgada) como mínimo en dos líneas de medición diametralmente opuestas, paralelas al eje longitudinal del cilindro y centradas con respecto a la altura media del espécimen. La longitud efectiva de cada línea de medición no debe ser menor a 3 veces el tamaño máximo del agregado en el concreto y no mayor de dos tercios de la altura del espécimen; es conveniente que esta longitud de medición sea de un medio de la altura del espécimen.

En caso de emplearse especímenes de 15 cm x 30 cm, normales (estándar), esta longitud de medición debe ser de 15 cm a 20 cm.

De estos dispositivos de medición existen varios tipos:

4.2.1. Dos anillos y dos micrómetros

Estos son los más empleados; los anillos deben ser rígidos, de preferencia metálicos y estar separados entre sí como se indica en el párrafo anterior. Los anillos deben contar con dos barras separadoras que permitan centrarlos perfectamente al espécimen y conservar ésta separación fija. Cada anillo debe tener como mínimo 3 tornillos de punta para poder centrar y sujetar perfectamente al espécimen y evitar deslizamientos.

Los anillos deben contar con elementos diametralmente opuestos (véase figura 1), que permita la sujeción de los micrómetros empleados para registrar las deformaciones longitudinales.

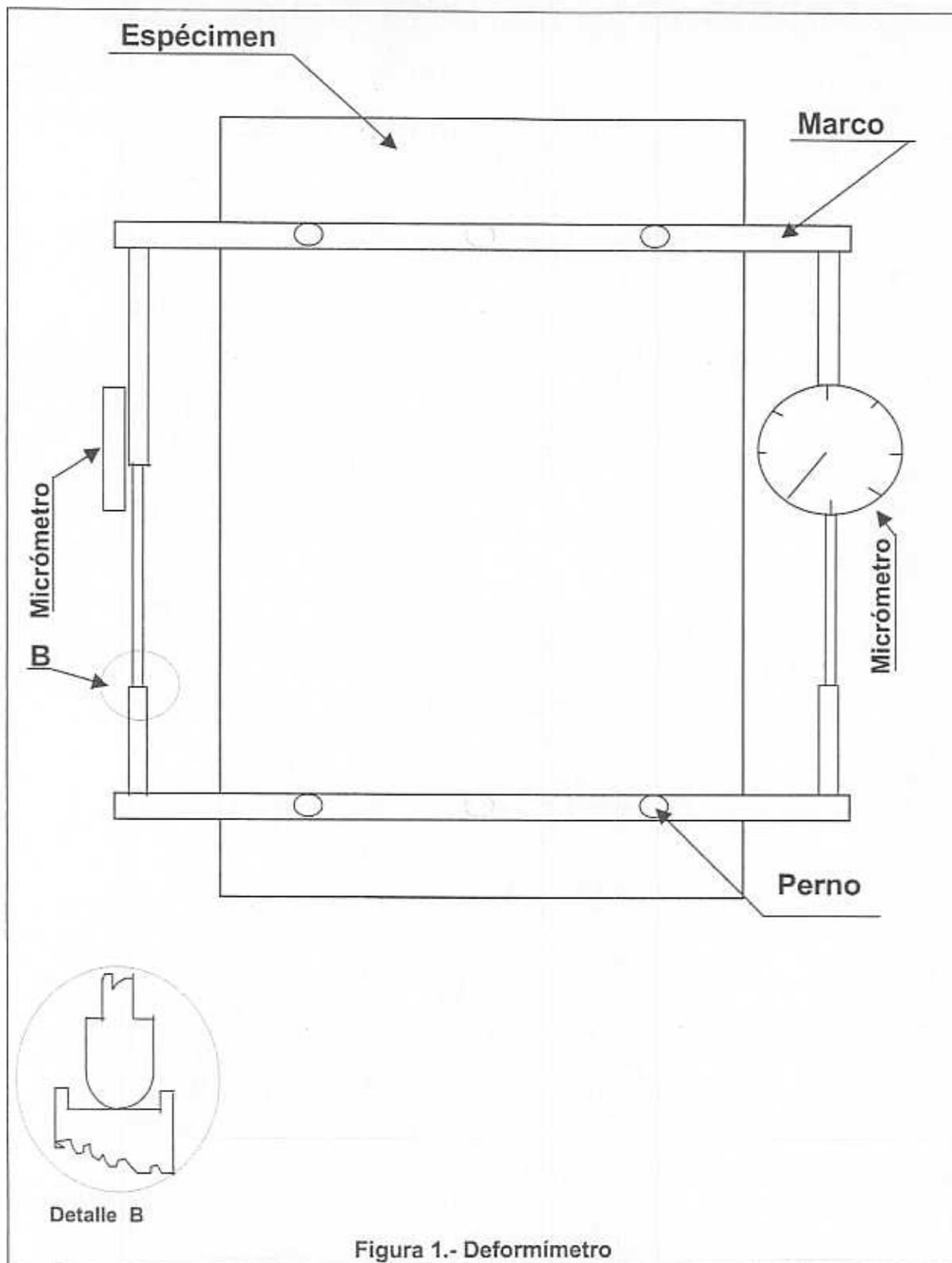
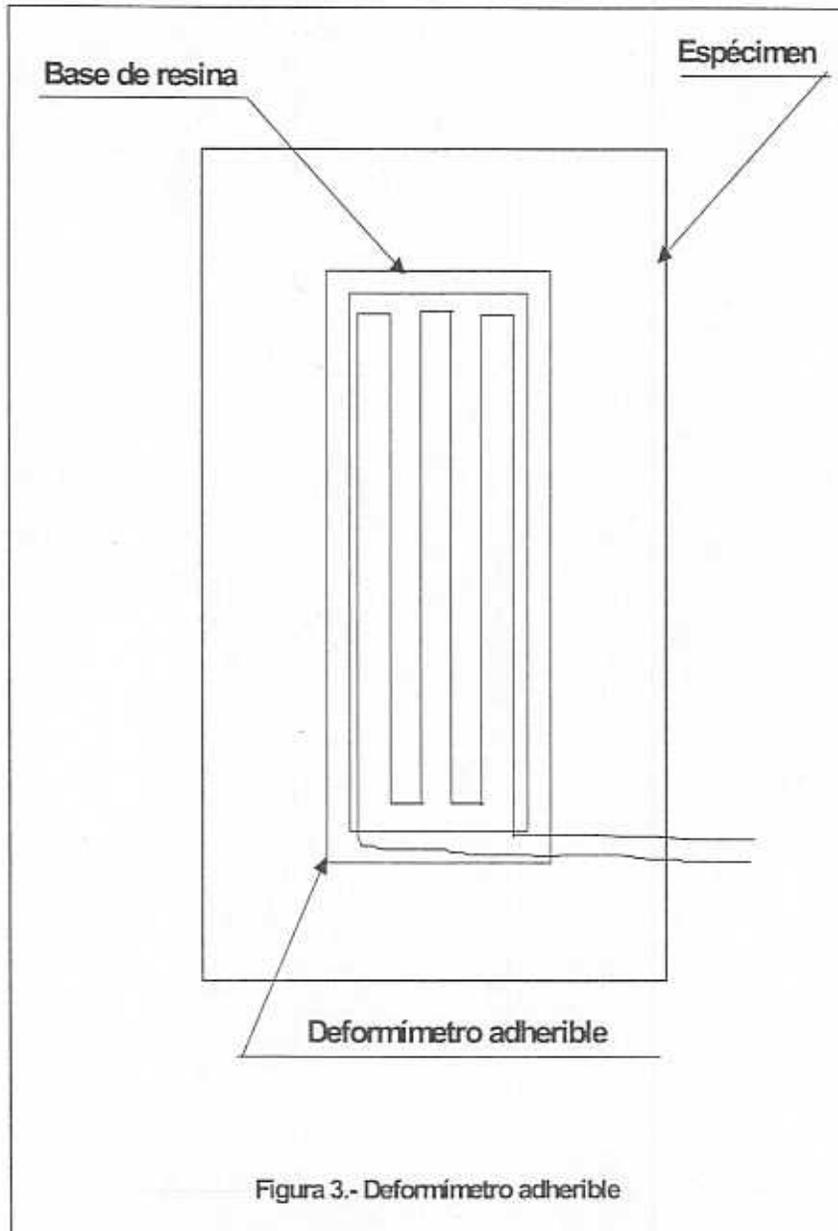


Figura 1.- Deformímetro

4.2.3. Deformímetros adheribles

Son dispositivos en los cuales se lee el cambio de la resistividad eléctrica de una resistencia al variar el diámetro por cambio de su longitud (STRAINING GAGE). (véase figura 3).

Existen inconveniente de que estos dispositivos no se adhieran adecuadamente cuando el concreto se encuentra en estado húmedo y además se requiere preparar el espécimen aplicando una base de resina.



4.3. Medidor de deformación transversal

Si se desea obtener la relación de Poisson debe determinarse además de la deformación longitudinal, la transversal, con un dispositivo capaz de medir el cambio en diámetro a la altura media del espécimen, con exactitud de 0,000 5 mm. Existen 2 tipos:

4.3.1. Anillos y micrómetros (3 anillos y 2 micrómetros)

Este es el dispositivo indicado en el inciso 4.2.2 para medir la deformación longitudinal, al cual se le coloca un tercer anillo formado por dos segmentos iguales, colocado a la mitad de los dos anillos del dispositivo. Este anillo se sujeta al espécimen en dos puntos diametralmente opuestos y debe tener elementos que permitan la sujeción del segundo micrómetro para leer la deformación transversal. (véase figura 4).

El anillo central debe estar unido al pivote para permitir la rotación de los dos segmentos del anillo plano horizontal. En el lado opuesto del pivote o articulación deben ser conectados los dos segmentos a través de un medidor de carátula (micrómetro) u otro elemento sensor capaz de medir con exactitud de 0,001 mm, de tal forma que ésta deformación será el doble de la real cuando las distancias del eje de los apoyos del cilindro al centro de la articulación y al centro del medidor sean iguales. En caso contrario debe emplearse la fórmula siguiente:

$$h = L \frac{A}{(A + B)}$$

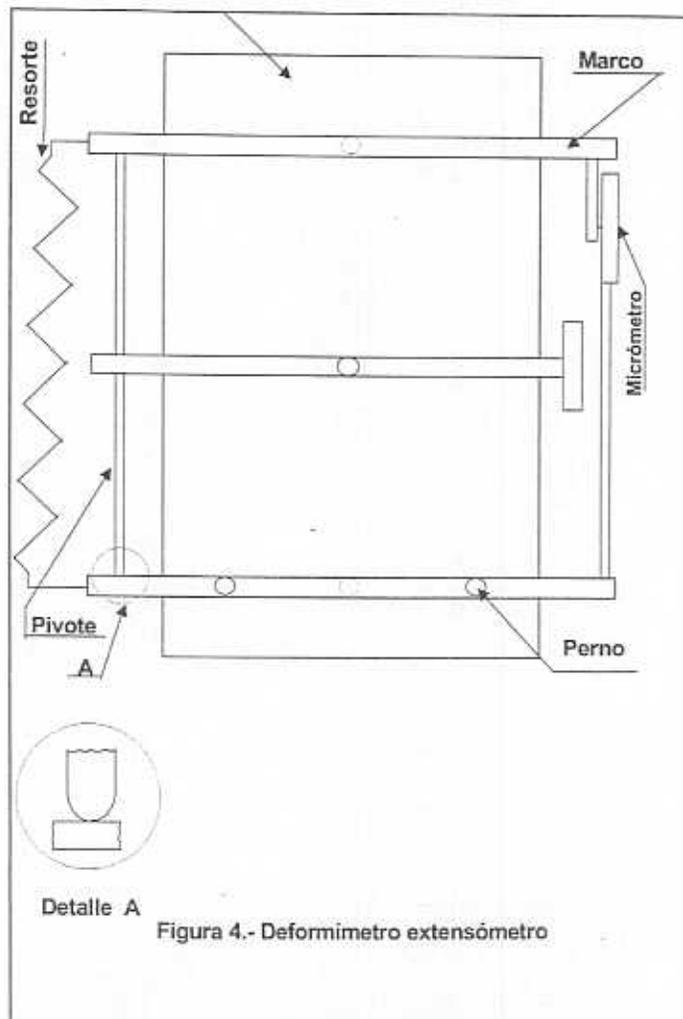
En donde:

h es la deformación diametral del espécimen.

L es la lectura del deformímetro.

A es la distancia entre la articulación y el eje que pasa por los apoyos, en cm

B es la distancia entre el deformímetro y el eje que pasa por los apoyos, en cm (figura 4).



4.3.2. Medidor adherible

Es un sistema formado por dos medidores de deformación adheribles (Strain Gage), colocados circunferencialmente en puntos diametralmente opuestos a la altura media del espécimen.

La deformación obtenida es la deformación unitaria de la circunferencia, en base a la cual debe calcularse la deformación diametral como sigue:

$$H = \frac{C}{\pi}$$

En donde:

H es la deformación unitaria transversal.

C es la deformación unitaria de la circunferencia.

5. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

5.1. Especímenes cilíndricos moldeados

Estos especímenes deben elaborarse y curarse de acuerdo a los procedimientos descritos en la NMX-C-159 o en la NMX-C-160 (véase 2. Referencias).

La edad de prueba podrá ser de 14 días o 28 días dependiendo del tipo de concreto o la edad que se requiera conocer el módulo de elasticidad.

5.2. Especímenes extraídos con broca de diamante (Corazones)

Estos especímenes deben obtenerse de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-169 (véase 2. Referencias) y la relación de altura a diámetro debe ser igual a 2, en el caso de valores inferiores, mínimo 1,5, los esfuerzos deben corregirse por esbeltez; la edad de prueba será a la que requiera conocer el módulo de elasticidad, pero nunca será menor de 14 días o 28 días, dependiendo del tipo de concreto.

El ensaye podrá realizarse en seco o húmedo, dependiendo de las condiciones de trabajo de la estructura, conforme lo establece la NMX-C-169 (véase 2. Referencias).

No existe información relativa a la diferencia de valores que puedan presentarse, entre el módulo de elasticidad determinado en cilindros normales (Estándar) y especímenes de características diferentes, como lo son los corazones; por lo tanto, no deben correlacionarse los valores entre cilindros moldeados y corazones.

5.3. Medición de especímenes

El diámetro y la altura se determinan con el promedio de dos lecturas registrándose con una exactitud de 1 mm, como lo indica la NMX-C-083 y NMX-C-169 (véase 2. Referencias) para especímenes normales (Estándar) y especímenes extraídos con broca de diamante, respectivamente.

5.4. Número de especímenes

5.4.1. Especímenes cilíndricos moldeados

Para determinar el módulo de elasticidad de un concreto, debe disponerse como mínimo de 5 especímenes, dos de ellos se ensayarán a compresión, de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-083 (véase 2. Referencias), con el objeto de conocer el esfuerzo máximo del concreto en condiciones normales (Estándar) de ensaye; en los tres restantes se determinará el módulo de elasticidad estático.

5.4.2. Especímenes extraídos con broca de diamante (Corazones)

El número de especímenes en este caso dependerá de la finalidad para el cual se extrae: tipo de obra, elemento u otros casos. Es conveniente emplear un mínimo de dos corazones extraídos de una misma zona para determinar el módulo de elasticidad y un tercer corazón para determinar la resistencia máxima a la compresión

6. PROCEDIMIENTOS

6.1. Preparación

6.1.1. Especímenes cilíndricos moldeados

Durante el tiempo que transcurra entre el retiro de los especímenes del cuarto de curado y el ensaye, deben protegerse cubriéndolos con una jerga húmeda para evitar que pierda humedad, evitando a la vez cambios en la temperatura en el área de ensaye; en el caso de existir variaciones importantes, éstas deben anotarse.

Una vez retirados los especímenes del cuarto de curado, determinar su masa (Peso), medir y cabecear de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-109 (véase 2. Referencias).

6.1.2. Especímenes extraídos con broca de diamante (Corazones)

En el caso de ensaye en condiciones húmedas, se procede en forma similar a los especímenes cilíndricos moldeados como se indica en el párrafo anterior.

En el caso de ensaye en seco, mantenerlos a temperatura ambiente como se indica en la NMX-C-169 y determinar su masa, medirlos y se cabecean de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-109 (véase 2. Referencias).

6.2. Ensaye

Efectuando lo anterior, iniciar el ensaye de los especímenes en los que se determinará el módulo de elasticidad, procediendo de la forma siguiente para el caso de los dispositivos indicados en los puntos 4.2.1. y 4.2.2. de esta norma, por ser el más empleado en nuestro medio.

Tomar lecturas de deformación y carga en tal cantidad que pueda definirse mediante interpolación, calculado o gráficamente, el esfuerzo (S_1) correspondiente a la deformación unitaria de 50 millonésima (e_1), así como la deformación unitaria (e_2) correspondiente al 40 % del esfuerzo máximo (S_2). Si se desea obtener la curva esfuerzo-deformación, será conveniente tomar un mayor número de lecturas.

No deberá interrumpirse la carga en la toma de cada lectura, para lo cual, normalmente es necesario contar cuando menos con 3 personas para la realización de la prueba. El procedimiento de ensaye es el siguiente:

6.2.1. Colocar el espécimen en una superficie horizontal plana y firme, donde se le monte el dispositivo de medición, debe tenerse la precaución de que al colocar el dispositivo en el espécimen éste quede exactamente al centro de los anillos, fijándolos firmemente mediante los anillos de punta, para evitar que existan deslizamientos.

Es importante verificar que los micrómetros del deformímetro queden perfectamente verticales, paralelos al eje longitudinal del espécimen, asegurándose que el vástago del micrómetro tenga la carrera suficiente para la deformación que deba registrarse.

6.2.2. Una vez ajustados los micrómetros, retirar cuidadosamente las barras que separan los anillos, observando que los indicadores de los micrómetros no registren movimientos importantes, si esto sucede es indicativo de que los anillos no se fijaron adecuadamente, por lo que será necesario desarmar y volver a montar el deformímetro o dispositivo de medición.

6.2.3. Colocar el espécimen con el deformímetro sobre la platina de la prensa, centrándolo adecuadamente antes de proceder a la aplicación de la carga.

6.2.4. Colocar la carátula de los micrómetros en 0,0 (Cero)

6.2.5. Aplicar la primera precarga de 10 % al 15 % del promedio de la resistencia de ruptura, obtenida en los especímenes compañeros ensayados a compresión, como se indica en el punto 5.4. de esta norma. Durante esta precarga verificar el correcto funcionamiento de los micrómetros del deformímetro.

6.2.6. Aplicar una segunda precarga hasta el mismo nivel que la anterior que la anterior, registrando cargas y deformaciones cada tonelada hasta 5, después se incrementa a cada 5 t. Al retirar la carga se observa si las agujas de los micrómetros regresaron a 0,0 (cero) y si la deformación leída en ellos es similar, si no es así, verificar el centrado y ajustar los micrómetros. Realizar otras precargas hasta lograrlo.

6.2.7. Posteriormente aplicar la carga de ensaye, registrando deformaciones cada tonelada hasta una carga de 5. Si la carátula de la prensa lo permite en las primeras 2 t, registrar las deformaciones cada 0,5 t, de no se así, las lecturas deben registrarse cada tonelada hasta llegar a 5.

De 5 t en adelante, las deformaciones deben registrarse cada 5 toneladas, hasta llegar al 60 % del esfuerzo máximo obtenido en los especímenes ensayados de acuerdo a la NMX-C-083 (véase 2. Referencias). La velocidad de la carga en las primeras 5 t debe ser de 1 min, de ahí en adelante 20 s por cada 5 t.

En el apéndice A, se proporciona un ejemplo de la forma de registro que podría emplearse en estas pruebas y una forma usual del reporte del módulo de elasticidad estático.

6.2.8. Una vez alcanzada la carga que representa el 60 % de la máxima obtenida en el ensaye a compresión, es importante reducir la velocidad de aplicación de la carga para permitir que se aflojen los tornillos que fijan los anillos y de ser posible, para evitar deterioro se retiran los micrómetros, después de lo cual se proseguirá con la aplicación de la carga a la velocidad indicada en la NMX-C-083 (véase 2. Referencias) hasta llegar a la carga máxima o falla del espécimen.

6.2.9. Si se desea determinar la relación de Poisson, deben registrarse la deformación transversal en los mismos puntos en que se registra la deformación longitudinal.

6.2.10. En el caso de corazones, el procedimiento a seguir es similar al escrito en los párrafos anteriores, excepto que las cargas aplicadas serán proporcionales al área transversal del espécimen.

7. CÁLCULO

7.1. Para calcular el módulo de elasticidad se procede de la forma siguiente:

7.1.1. Con el área del espécimen, las cargas, las lecturas de deformación y la longitud de medición, deben calcularse los esfuerzos y las deformaciones unitarias correspondientes a cada carga, así como el esfuerzo máximo.

7.1.2. Trazar la curva de esfuerzo - deformación unitaria.

7.1.3. Determinar el esfuerzo " S_1 ", en kg/cm^2 correspondiente a la deformación unitaria (e_1) de 0,000 050.

7.1.4. Determinar el esfuerzo " S_2 " correspondiente al 40 % del esfuerzo máximo.

7.1.5. Determinar la deformación unitaria " e_2 " correspondiente al esfuerzo " S_2 ".

7.1.6. Calcular el módulo de elasticidad empleando la fórmula siguiente:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - 0.000050}$$

En donde:

E es el módulo de Elasticidad, en kg/cm^2

7.2. Para calcular la relación de Poisson se procede con la fórmula siguiente:

$$M = \frac{e_{t2} - e_{t1}}{e_2 - 0.000050}$$

En donde además de lo establecido en 7.1:

M es la relación de Poisson.

e_{t2} es la deformación transversal unitaria a la altura media del espécimen, producida por el esfuerzo S_2 .

e_{t1} es la deformación transversal unitaria a la altura media del espécimen, producida por el esfuerzo S_1 .

8. INFORME DE LA PRUEBA

Deberán registrarse los datos siguientes:

- a) Número de muestra o identificación.
- b) Resistencia de proyecto del concreto ($f'c$), tamaño máximo del agregado y el revenimiento del proyecto.
- c) Localización del concreto en la estructura.
- d) Revenimiento obtenido del concreto, en cm
- e) Diámetro y longitud promedio del espécimen, en cm
- f) Edad del concreto, en días.
- g) Cargas y deformaciones, en t y en mm respectivamente.
- h) Longitud de medición (distancia entre centros de anillos), en mm
- i) Carga máxima, en t.
- j) Forma de falla y observaciones en cuanto al aspecto del concreto.
- k) Esfuerzo máximo a compresión simple de los especímenes que sirvieron de referencia.

9. BIBLIOGRAFÍA

ASTM-C-469-87	Static Module of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression
NOM-008-SCFI-1993	"Sistema General de Unidades y Medidas"
NMX-Z-013-SCFI-1977	"Guía para la redacción y presentación de la normas mexicanas"

10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

No se puede establecer concordancia por no existir referencia al momento de la elaboración de la presente.

11. VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor al día siguiente de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación por parte de la SECOFI

A.1. APÉNDICE NORMATIVO

Para verificar el cumplimiento del concreto con los valores de reglamentos o especificaciones, se proceden de la forma siguiente:

1. Obtener el coeficiente numérico de elasticidad usando la expresión siguiente:

$$K = \frac{E}{\sqrt{f'c}}$$

En donde:

E es el módulo de elasticidad obtenido en el ensaye.

K es el coeficiente numérico del módulo de elasticidad

$f'c$ es la resistencia del concreto a la compresión de proyecto.

2. Una vez calculado el coeficiente numérico, presentar en el informe de resultados el valor numérico del coeficiente (K) y solo como literales los demás datos de la expresión.

$$E = K \sqrt{f'c}$$