



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DE UNA ALTERNATIVA AL MÉTODO DE PRUEBA
DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NMX-C-083-ONNCCE-2002”**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION

PRESENTA:

ING. FABIAN DARIO GONZALEZ ESCALONA

DIRECTOR DE TESINA: **M.I. MENDOZA ESCOBEDO CARLOS JAVIER**

MÉXICO, D.F.

MARZO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



EVALUACIÓN DE UNA ALTERNATIVA AL MÉTODO DE PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NMX-C-083-ONNCCE-2002

ASESOR: M.I. CARLOS JAVIER MENDOZA ESCOBEDO

OBJETIVO.

Proponer una alternativa al método de Prueba para la determinación de la Resistencia a la Compresión, mediante el cambio de tipo de espécimen, corroborando esto con pruebas de laboratorio.

ALCANCE.

La propuesta de cambios que se presentan en este trabajo de investigación, solo tendrán aplicación para la Norma NMX-C-083 que establece el ONNCCE. La metodología original prevalecerá en casi todos los puntos de la norma, salvo donde se proponen cambios que son sustanciales para implementarse la alternativa el método.

Se espera que esta modificación pueda ser ampliamente aceptada en beneficio de la industria de la construcción y de la sustentabilidad en México

CONTENIDO.

1. Objetivo y campo de aplicación de las Normas ONNCCE. [pág. 3]
2. Introducción al control de calidad en la obra. [pág. 5]
3. Especificaciones y métodos de prueba. [pág. 6]
4. Método de la Norma C-083, Resistencia a la Compresión con Cilindros de Concreto. [pág. 26]
5. Alternativa al Método convencional de la Norma C-083, cambio de especímenes cilíndricos a especímenes prismáticos. [pág. 30]
6. Comparación y diferencias estadísticas de ambos procedimientos. [pág. 39]
7. Impacto del Método de Resistencia a la compresión con especímenes prismáticos. [pág. 52]
8. Conclusiones. [pág. 54]
9. Bibliografía. [pág. 57]



1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN DE LAS NORMAS ONNCCE.

El Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE), pone a disposición de las empresas constructoras, normas que permiten establecer los requisitos de calidad en la elaboración de productos para la construcción, procesos constructivos y servicios, con campo de aplicación a nivel nacional.

Dichas normas son reconocidas nacionalmente entre laboratorios y constructoras debido a que en su elaboración han participado diversos laboratorios especializados de todo el país y expertos en los temas normalizados.

Las normas establecen reglas, procesos, métodos de producción, terminología, simbología, etc. La Norma Mexicana (NMX) es una norma de aplicación y observancia voluntaria como es el caso de las normas ONNCCE, mientras que las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) incluyen normas de aplicación y observancia obligatoria, de carácter federal, en temas relacionados con seguridad, salud, protección al medio ambiente y al consumidor, en las que se puede citar como Normas de Referencia a las NMX, lo cual les atribuye cierta acreditación de su uso por parte de la federación.

Las NMX del ONNCCE cubren temas directamente relacionados con la construcción, donde se tratan entre otras cosas, especificación de calidad, determinación de métodos de muestreo, métodos de prueba, determinación de parámetros, en temas tales como: asfaltos, terracerías, mampostería, cimbra, agregados, mezclas, varilla, cemento, aditivos, adicionantes, morteros, fibras, instalaciones, etc. y dichas normas pueden tener una interrelación entre ellas; por ejemplo, en el caso del concreto fresco se debe acudir a un conjunto de 14 normas NMX ONNCCE, tales como la “Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco, NMX-C-156-ONNCCE-2010” y



“Elaboración y Curado en Obra de especímenes de Concreto NMX-C-160-ONNCCE-2004” por mencionar solo algunas.

El ONNCCE cuenta con la acreditación de la Secretaria de Economía, Comisión Nacional del Agua, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (antes CONAE) y principalmente de la Entidad Mexicana de Acreditación, con lo que se autoriza la función de emitir estos documentos que son aprobados por el mismo organismo.

Estas normas están disponibles para cualquier persona en las oficinas del ONNCCE y se encuentran en constante actualización y revisión debido a la innovación tecnológica que se alcanza con el paso de los años, por lo que la propuesta presentada en esta tesina puede determinar un posible cambio sustancial en beneficio de la industria de la construcción.



2. INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE CALIDAD EN LA OBRA.

El control de calidad es un aspecto fundamental que deberá ser cubierto con la finalidad de otorgar al cliente que requiere de estos servicios, la garantía de calidad del producto o servicio solicitado. Este factor incrementa el valor agregado al producto final y conduce a la empresa hacia el éxito al mejorar la perspectiva de ésta en el mercado.

Durante la construcción, se tiene la obligación de asegurar la calidad del producto que se está construyendo y es necesario cubrir ciertas áreas específicas que garanticen el proyecto; es por eso que la industria de la construcción se apoya constantemente en diversos laboratorios quienes brindan sus servicios para garantizar que lo que se adquiere, compra o construye, cumpla con los estándares mínimos de calidad que las normas especifican.

La prueba de resistencia a la compresión del concreto representa un requisito de calidad muy importante que está directamente relacionado con el diseño estructural y el comportamiento de la estructura, la resistencia a compresión puede ser un criterio de aceptación de una mezcla de concreto elaborada para determinado proyecto.

Para cumplir con este requisito mínimo se deberá observar la norma NMX-C-083-ONNCCE-2002, de la cual los constructores y laboratorios deberán tener un conocimiento preciso, así como del grupo de normas que engloban a este procedimiento. Las principales especificaciones y métodos de prueba que

son aplicadas durante la construcción, para el control de calidad del concreto, se presentan en el capítulo siguiente y se añade una breve reseña del procedimiento de cada una.



3. ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA

1. NMX-C-155-ONNCCE-2004. Industria de la Construcción. Concreto. Concreto Hidráulico Industrializado. Especificaciones.

✚ **Objetivo.** *“Esta norma mexicana establece las especificaciones que debe cumplir el concreto hidráulico fresco y endurecido, el cual es utilizado como material para la construcción y es entregado en estado fresco a pie de obra.”*

✚ **Relación con la Norma C-083 del ONNCCE.** El concreto industrializado también deberá cumplir con el requisito de resistencia que sea establecido y el cual será obtenido a través de la implementación de la norma C-083.

✚ **Uso y Aplicación del método.**

Es importante hacer del conocimiento del personal encargado de la obra, las especificaciones básicas con las que deberá cumplir una mezcla de concreto industrializado que ha sido ordenado para utilizarse en el proyecto.

La NMX-155 es una de las normas de mayor importancia para la industria de la construcción, se relaciona directamente con un conjunto de normas que deberán llevarse a cabo para la elaboración de concreto hecho por la industria del concreto premezclado o en plantas montadas en obra.

Se deberá de cumplir con las pruebas, los materiales, maquinaria y procedimientos necesarios para la elaboración del concreto hidráulico



industrializado. De manera general, se mencionan a continuación los requisitos señalados por esta norma.

Materiales:

- ✚ **Cemento:** almacenaje, protección contra la humedad, características y especificaciones de cada tipo de cemento que mejor funcione para el proyecto o elemento estructural de acuerdo con lo descrito en la NMX-C-414.

- ✚ **Agregados:** el tamaño máximo del agregado, se selecciona de acuerdo con el tipo de elemento estructural donde se destine el concreto, las especificaciones se dan en la NMX-C-111.

- ✚ **Agua:** existen diversos requisitos por cumplir, descritos en las tablas 1 y 2 de esta norma y de la norma NMX-C-122. Como conclusión, el agua es un elemento importante para la mezcla de concreto, deberá encontrarse libre de contaminantes, si se duda de su calidad lo mejor será utilizar agua potable.

- ✚ **Aditivos:** en ocasiones se deberán satisfacer algunas condiciones propias de cada obra, las cuales pueden ser solucionadas por medio de aditivos que se emplean en la mezcla del concreto fresco. Los más comunes son los que facilitan el transporte, entre los que se encuentran reductores de agua o retardantes de fraguado, y cuando se requiere mayor revenimiento se utilizan superfluidificantes y reductores de agua.

Requisitos en estado fresco:

- ✚ **Revenimiento:** La norma NMX-C-153 establece el método para realizar la prueba de revenimiento; se trata de una estimación de la consistencia del concreto y se determina por la diferencia de las alturas inicial y final



de una mezcla de concreto fresco alcanzada al retirar el molde tronco-cónico utilizado; en caso de no cumplir con el revenimiento adecuado, también se puede agregar aditivo a la mezcla con la finalidad de conseguir la fluidez necesaria dentro del tiempo establecido para la prueba, se deberá girar la olla 30 revoluciones adicionales antes de tomar otra muestra. Por ningún motivo se aceptará agregar agua a la mezcla ya que se afecta directamente la relación agua/cemento y en consecuencia la calidad pero sobre todo se adquirirá una baja ganancia de resistencia.

- ✚ **Temperatura:** en condiciones ambientales con bajas temperaturas, se podrán calentar los materiales sin exceder los 32 [°C]. Por el contrario en condiciones ambientales con temperaturas altas se podrá enfriar agregados o agregar hielo al agua de mezclado entre otros métodos, para enfriar el agua y consecuentemente la mezcla, evitando descender a menos de 10 [°C].

- ✚ **Tamaño Máximo Nominal del Agregado:** No debe retenerse más del 5 [%] en masa del concreto en la criba que se fije como tamaño máximo para el concreto diseñado.

- ✚ **Volumen:** Se determina a partir del cociente de la masa total de los materiales de la mezcla entre la masa unitaria del mismo concreto, los lineamientos se especifican en la NMX-C-162.

- ✚ **Aire incluido:** Su volumen lo determina el estructurista de acuerdo con las condiciones de cada obra con la finalidad de mejorar la resistencia al congelamiento y deshielo. Las condiciones se fijan en la tabla 5 de la norma NMX-C-165.



Requisitos en estado endurecido:

✚ **Prueba de resistencia a la compresión:** Se elaborarán especímenes de acuerdo como se especifica en la NMX-C-160, las muestras se obtendrán de acuerdo con la NMX-C161 y se ensayarán los especímenes a la edad especificada y el resultado será el promedio de estos. Para concreto estructural se espera tener una desviación estándar no mayor de 35 [kg/cm²]. Los resultados de la prueba deberán arrojar una resistencia promedio mayor que la resistencia especificada.

La resistencia promedio de ensaye de tres muestras consecutivas, deberá ser mayor o igual que la resistencia especificada en el diseño.

En caso de existir duda sobre la calidad del concreto y la resistencia del elemento se pueden extraer núcleos del concreto endurecido para ser sometidos a dicha prueba en laboratorio. Se deberán tomar 3 muestras como mínimo del elemento en duda.

Un elemento de concreto deberá ser fabricado para que cumpla con la vida útil para la que fue diseñado, en condiciones satisfactorias de desempeño.

La resistencia mínima de cualquier elemento de concreto estructural deberá ser de 250 [kg/cm²] según las NTCDCEC y RCDF.



Resumen de la tabla 7 Control de producción

Revenimiento	Al inicio del colado. Una prueba por cada 100 m³.
Masa Unitaria	Una por cada día de colado.
Temperatura	Una por cada 60 m ³ . Una por cada entrega.
Contenido de Aire	En cada entrega y en producción continua una por cada 12 m ³ .
Resistencia a la Compresión	Cada 100 m ³ .
Módulo de elasticidad	Cuando sea solicitado por el cliente.

Las muestras deberán ser proporcionadas por el fabricante del concreto a fin de corroborar su calidad:

Resumen de la tabla 8, Control en Obra.

Revenimiento	Al inicio del colado. Todas las entregas.
Masa Unitaria	Una por cada día de colado.
Temperatura	En cada entrega y en producción continua una por cada 12 m ³ .
Contenido de Aire	En cada entrega y en producción continua una por cada 12 m ³ .
Resistencia a la Compresión	Cada 40 m ³ .
Resistencia a la compresión en columnas y muros	Cada 14 m ³
Módulo de elasticidad	3 por cada Obra y Cuando sea solicitado por el DRO.

- Depósito y Tolvas:** Deberán ser adecuadas para separar los diferentes tamaños de agregado fino y grueso, deberán evitar segregación y encontrarse completamente limpias sin propiciar la acumulación de residuos.



- ✚ **Básculas:** Su lectura deberá ser fácilmente interpretada y el error lineal máximo deberá encontrarse en un rango de 4 [%] de su capacidad total.

- ✚ **Medidores de agua:** Deberán estar equipados con vertederos y válvulas que permitan calibrar la cantidad de agua en el tanque.

- ✚ **Mezcladoras estacionarias:** Se deberá colocar en un lugar visible la velocidad de mezclado de la olla y contar con un dispositivo que permita controlar el tiempo de mezclado.

- ✚ **Camión mezclador o agitador:** Deberá indicar la capacidad y la velocidad de rotación de la olla.

- ✚ **Concreto mezclado en planta:** El tiempo de mezclado inicia cuando se agregan todos los componentes de la mezcla y se incluye el agua. En concreto normal con revenimiento mayor a 5 [cm] se deberá mezclar por un tiempo mínimo de 1 [min] y 15 [seg] por cada metro cúbico adicional.

- ✚ **Concreto mezclado parcialmente en planta:** Se inicia el mezclado en una revolvedora estacionaria y se completa en un camión mezclador. Después de cargar el camión se recomienda mezclar adicionalmente de 10 a 12 [rpm] y previo a la descarga de 2 a 6 [rpm].


- ✚ **Concreto mezclado en camión:** Se recomienda mezclar de 70 a 100 revoluciones a una velocidad de 10 a 12 [rpm] una vez lleno el camión.



Uniformidad de Mezclado:

Resumen Tabla 9

Prueba	Diferencia máxima permisible
Masa unitaria	± 15 [kg/cm ²]
Contenido de aire	± 1 [%]
Revenimiento: menor que 5 cm	± 1.5 [cm]
Entre 5 y 10 cm	± 2.5 [cm]
Mayor que 10 cm	± 3.5 [cm]
Agregado Grueso en la Criba No.4	6 [%]
Masa de mortero por unidad de volumen.	1.6 [kg/cm ²]
Promedio de resistencia a la compresión a 7 días de edad.	7.5 [%]

 **Transporte y Entrega:** Se deberá entregar dentro de la primera hora y media posterior a la incorporación de agua para mezclado. El tiempo de entrega podrá ser modificado bajo previo acuerdo y conforme a las condiciones ambientales existentes.

Contratación de concreto Industrializado:

Grupo 1: El usuario asume la responsabilidad del diseño; deberá indicar fuentes de abastecimiento de materiales para la elaboración del concreto, contenido de cemento y contenido de agua.

Grupo 2: El fabricante asume la responsabilidad del diseño; se deberá indicar nombre, lugar de entrega, cantidad de volumen de concreto, grupo correspondiente, resistencia a la compresión, edad que garantiza esta resistencia, TMA, Revenimiento solicitado en lugar de la entrega.

Grupo 3: El fabricante asume la responsabilidad del diseño y el consumidor fija el contenido mínimo de cemento.



- ✚ **Aceptación:** La resistencia a la compresión es el criterio principal de aceptación o rechazo de la mezcla en juego, de no cumplirse se procederá a un peritaje para lograr un convenio donde se pueda acordar la solución más pertinente al problema.

2. NMX-C-161-1997-ONNCCE. Industria de la Construcción. Concreto Fresco. Muestreo.

- ✚ **Objetivo.** *“Esta norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar en obra, especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto.”*
- ✚ **Relación con la Norma C-083 del ONNCCE.** Para obtener una muestra del concreto que se está utilizando, es necesario seguir el procedimiento establecido por esta norma, ya que un muestreo inadecuado podría repercutir en una muestra no representativa del total.
- ✚ **Uso y Aplicación del método.**

Durante el periodo de construcción se deberán realizar colados en diferentes elementos, los cuales deberán tomar ciertas características indispensables para cumplir con los requisitos mínimos de calidad de la estructura; el constructor responsable deberá estar informado de las pruebas necesarias que deberán realizarse a partir del muestreo correcto durante la colocación del concreto fresco.



Con esta norma se indica el procedimiento correcto para obtener muestras representativas de concreto fresco. Se podrá utilizar una charola, carretilla o cubeta de 19 litros impermeable y limpia y un cucharón.

En mezcladora estacionaria se obtendrá una muestra de la parte media de la descarga. En pavimentadoras se obtendrá de 5 puntos diferentes de la descarga. En olla de camión mezclador o agitador se interceptará la muestra de entre el 15 [%] y 85 [%] de la descarga. En cajas de camión se podrá utilizar cualquier procedimiento evitando la segregación.

El intervalo para tomar la primera y la última porción de la muestra deberá ser de no más de 15 minutos y las pruebas de revenimiento y aire incluido se realizarán durante los 5 minutos posteriores al haber realizado el muestreo. Una vez tomada la muestra se deberá remezclar para homogeneizar.

3. NMX-C-162-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico. Determinación de la Masa Unitaria, Cálculo del Rendimiento y Contenido de Aire del Concreto Fresco por el Método Gravimétrico.

🚦 **Objetivo.** *“Esta norma mexicana establece el procedimiento para la determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire por el método gravimétrico, es aplicable al concreto fresco industrializado o hecho en obra.”*

🚦 **Relación con la Norma C-083 del ONNCCE.** Se tratan distintas pruebas que son realizadas al concreto para conocer el rendimiento, masa, contenido de aire y otros datos que deberán acompañar a la prueba de resistencia a la compresión para determinar ciertos parámetros requeridos para el control de calidad.



Uso y Aplicación del método.

El rendimiento es una medida que indica el volumen de concreto que se ha producido en relación a la cantidad estimada en la compra y producción, para lo cual es necesario conocer la masa unitaria, el contenido de aire e indirectamente la temperatura.

Esta norma define el método para la obtención del contenido de masa de concreto por cada metro cúbico elaborado, el cálculo del contenido óptimo de materiales que generarán el rendimiento especificado, el cálculo del contenido de vacíos de la mezcla elaborada.

Es necesario conocer la masa unitaria de la mezcla de concreto para el proyecto; una masa unitaria baja puede ser indicador de:

- Un mayor contenido de aire, el cuál tiende a ocupar parte del volumen de la mezcla;
- Un mayor contenido de agua, la cual tiene un menor peso volumétrico con respecto a los demás elementos de mezclado.
- Un menor contenido de cemento.

E inversamente, una masa unitaria con valores más altos indicará lo contrario, menor contenido de aire, menor contenido de agua y mayor cantidad de cemento, entre las características principales.

Masa Unitaria:

La prueba de masa unitaria ayuda a controlar la calidad de concretos tanto ligeros como pesados. Se deberá conocer el peso y volumen exacto del recipiente y pesarlo completamente lleno, retirando previamente todos los derrames y el concreto posiblemente adherido en el exterior. Este valor



requiere del cálculo de un factor de recipiente para el cual se ve involucrada la temperatura, la cual produce una variación del volumen. Una vez obtenido este factor, es necesario conocer la masa neta del concreto, restando la masa del recipiente de la masa bruta para proceder a calcular la masa unitaria y finalmente poder multiplicarla por el factor de recipiente.

Rendimiento:

El rendimiento se define como el volumen real de concreto obtenido en una mezcla, y podrá ser calculado como la masa de todos los materiales empleados por mezcla (incluyendo el agua de mezclado), entre la masa unitaria. Por medio de este valor se podrá conocer también el rendimiento relativo que es la relación entre el volumen real de concreto entre el volumen teórico de diseño de una mezcla de concreto.

Contenido de Aire:

El contenido de aire en el concreto ayuda a la estructura a resistir ciclos de congelación y deshielo y en consecuencia ser más durable, aunque sus características de resistencia a la compresión, tensión, agrietamiento, abrasión y ataque de químicos se verán afectadas; es por eso que se requiere encontrar un balance de las características anteriores.

Este método se puede emplear para determinar el contenido de aire incluido y atrapado en cualquier tipo de concreto. Para obtenerlo es necesario contar con todos los datos de Masa Unitaria (M_u), Masa Teórica de concreto sin aire incluido (M_t), Rendimiento (R), el Volumen absoluto de los materiales que componen la mezcla (V_a) y se calcula:

$$A = \frac{M_t - M_u}{M_t} \times 100, \quad A = \frac{R - V_a}{R} \times 100$$



El aire incluido se puede proporcionar a través de aditivos añadidos durante el mezclado y aportan un fuerte alivio a la presión interna del concreto originada por la congelación del agua. Sin el contenido de aire apropiado, el concreto podría desarrollar grietas, escamas, astillas, etc. y posteriormente presentar despostillamientos que afectarán su durabilidad. Es importante encontrar un balance que proporcione un contenido de aire adecuado, ya que se presenta una reducción de la resistencia del orden del 3 al 5 [%] por cada 1[%] de contenido de aire cuando se encuentra por encima del valor de diseño.

Temperatura:

La temperatura es uno de los factores más importantes que influyen en la calidad del concreto, tales como el tiempo de fraguado y principalmente la adquisición de resistencia. Un concreto colado y curado a bajas temperaturas desarrollará su resistencia más lentamente pero al final tendrá valores de resistencia superiores, mientras que al realizarlo a temperaturas mayores a las establecidas, se desarrollará una resistencia a edad temprana mucho más alta pero con resistencias definitivas inferiores.

4. NMX-C-435-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico. Determinación de la temperatura del concreto fresco.

- ✚ **Objetivo.** *“Esta norma mexicana establece el método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco y es aplicable para verificar el cumplimiento de un requisito específico de la temperatura del concreto hidráulico.”*

- ✚ **Relación con la Norma C-083 del ONNCCE.** La aplicación del método establecido por esta norma ayudará a conocer la temperatura actual




del concreto y contar con un parámetro que nos indique la fase actual de reacción del concreto fresco.

Uso y Aplicación del método.

Controlar la temperatura durante todas las etapas de fabricación del concreto es de vital importancia, ya que se afecta el comportamiento de los aditivos químicos, inclusive de aire, calor de hidratación, tiempo de fraguado y principalmente la resistencia y durabilidad del concreto.

Se deberá tomar la medición en condiciones ambientales estables y sin exposición directa al sol, durante los primeros 5 minutos después de tomar la muestra; podrá ser efectuada en el transporte o durante la colocación del concreto en obra, de no ser así se podrá utilizar un recipiente que contenga una muestra y permita la inmersión del dispositivo medidor de temperatura en un volumen de concreto que diste al menos 75 [mm] en todas las externas del recipiente, la inmersión del medidor será al menos de 2 minutos, buscando estabilizar la lectura.

5. NMX-C-156-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico. Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco.

 **Objetivo.** *“Esta norma mexicana establece el procedimiento para determinar la consistencia del concreto hidráulico en estado fresco mediante el método de ensayo conocido como revenimiento. En este se obtienen valores confiables de revenimiento en el intervalo de 2 a 20 [cm], es aplicable al concreto fresco industrializado o hecho en obra con tamaño máximo nominal del agregado menor de 50 [mm].”*



✚ **Relación con la Norma C-083 del ONNCCE.** Durante el muestreo del concreto fresco se deberá realizar esta prueba, que también es uno de los criterios de aceptación de la mezcla que se ha diseñado y elaborado para el proyecto.

✚ **Uso y Aplicación del método.**

La selección de la consistencia de la mezcla del concreto fresco depende mucho de la estructura que se esté construyendo; es por eso que existen normas que indican la fluidez necesaria para poder bombear, colar, vibrar y alcanzar a cubrir todas las zonas de la estructura con el objetivo de evitar la presencia de oquedades en el elemento estructural.

Se emplea una varilla, un molde trunco rígido de 30 [cm], con asas para poder ser manipulado y una base que servirá de descanso y apoyo; generalmente son elaborados con materiales metálicos que no son fácilmente atacados por el concreto, que son más durables y menos susceptibles al intemperismo, desgaste y posible mal trato.

La prueba deberá realizarse inmediatamente después de tomar la muestra del concreto fresco, en condiciones ambientales estables y sin permitir la contaminación de la muestra.

El procedimiento deberá realizarse en un periodo cercano a los 2.5 minutos; consiste en colocar y fijar la base sobre una superficie plana, se deberá vaciar el concreto por la parte superior en 3 capas, permitiendo compactar la mezcla al penetrar con la varilla 25 ocasiones cada capa, realizándolas desde el perímetro hacia el centro dibujando una espiral, permitiendo que la varilla penetre también la capa inferior hasta lograr la homogeneidad entre ambas



capas; la última capa deberá ser vaciada hasta derramar un poco, permitiendo el acomodo y llenado completo del molde para poder realizar un enrasado parejo. Finalmente el molde deberá ser retirado verticalmente y en un lapso cercano a los 5 segundos permitiendo un asentamiento gradual; la diferencia de alturas inicial menos final, será la medida de revenimiento calculado en cm.

6. NMX-C-160-ONNCCE-2004. Industria de la Construcción. Concreto. Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Concreto.

✚ **Objetivo.** *“Esta norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar en obra, especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto.”*

✚ **Relación con la Norma C-083 del ONNCCE.** El curado inicial es parte fundamental de la ganancia de resistencia durante el periodo de hidratación del concreto, el cual deberá ser controlado como se indica en esta norma.

✚ **Uso y Aplicación del método.**

El curado inicial evita la evaporación del agua en un tiempo de vital importancia durante el periodo de hidratación del concreto, durante el cual se intenta estabilizar el incremento acelerado de temperatura que se genera durante la reacción del cemento al hidratarse. Durante este tiempo además de evitar la pérdida de humedad, evita también la contracción por secado que origina agrietamiento a una edad en la que el concreto es poco resistente.



Con este método se pretende establecer el procedimiento correcto para la elaboración de los especímenes que son probados a compresión, y de vigas que serán probadas a flexión.

Los moldes a utilizar serán preferentemente metálicos; de acero o fierro fundido tales que no permitan la filtración ni la contaminación del concreto, es decir, que sean herméticos resistentes y no deformables; la varilla de compactación permite compactar la mezcla y garantizar el llenado del molde. Se podrá utilizar vibradores internos y/o externos con el cuidado necesario para no vibrar en exceso y evitar segregación.

Se preparará la mezcla sobre una superficie horizontal rígida, impermeable y nivelada donde se colocará el molde, se vaciará lentamente la muestra representativa de la mezcla utilizando un cucharón, evitando la segregación, se varillan las capas de acuerdo con el tipo y altura del espécimen o se utiliza algún método vibratorio para compactar, garantizando así el llenado total del molde y facilitar el enrasado.

El curado inicial requiere que los moldes sean almacenados en obra y guarden una temperatura de 16 [°C] a 27 [°C] y cubiertos con membranas que garanticen la humedad adecuada durante las primeras 24 horas. Posteriormente los especímenes serán protegidos y empacados cuidadosamente para mantenerlos en buenas condiciones hasta su traslado al laboratorio; el molde deberá ser retirado y se deberán almacenar bajo condiciones de humedad y temperatura de 23 [°C] en un cuarto de curado hasta el momento de ser sometidos a la prueba.



7. NMX-C-148-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Cementos y Concretos Hidráulicos. Gabinetes, Cuartos Húmedos y Tanques de Almacenamiento. Condiciones de Diseño y Operación.

✚ **Objetivo.** *“Esta norma mexicana establece las condiciones de diseño y operación aplicables a los gabinetes, cuartos húmedos y tanques de almacenamiento que se utilizan para conservar especímenes de ensayo de pasta, mortero o concreto elaborados con cementantes hidráulicos.”*

✚ **Relación con la Norma C-083 del ONNCCE.** Se deberá cumplir con las condiciones ambientales y periodo de curado que contribuyan a lograr la máxima resistencia potencial del concreto al ser sometidos a la prueba. El proceso de curado del concreto puede ser alterado por el de calor de hidratación, durante el cual se incrementa su temperatura.

✚ **Uso y Aplicación del método.**

El periodo de hidratación del concreto es una de las actividades de mayor importancia para el concreto. Durante este periodo se provee la temperatura y humedad adecuadas que permite al concreto, durante los periodos de fraguado y endurecimiento que se realicen las reacciones químicas entre sus componentes en condiciones óptimas, situación que no se alcanza si no se realiza el curado.

Se deberá contar con cuartos denominados húmedos debido a que la humedad del ambiente es tal que se formará una capa de niebla; dentro de este cuarto se podrá encontrar estanques de almacenamiento o gabinetes construidos de materiales que permitan mantener la estanqueidad de ellos. Dichos gabinetes o estanques deberán ser mantenidos a una temperatura de 23 [°C] y contener una cantidad de cal de 3 [kg/m³] que deberá ser sustituida cada año



para evitar problemas de descomposición, estancamiento y lixiviado del agua que se emplea para mantener los elementos saturados; para comprobar que se cumpla con las condiciones se tomarán 3 lecturas diarias de los parámetros. Las muestras se encontrarán saturadas durante los periodos establecidos para cada muestra, la separación entre cada espécimen deberá ser mínima de 1 [cm] y el tirante de agua deberá cubrir la parte superior de los elementos por lo menos 2 [cm].

8. NMX-C-109-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico. Determinación del cabeceo de Especímenes.

✚ **Objetivo.** *“Esta norma Mexicana determina los procedimientos de cabeceo en especímenes con el fin de obtener la planicidad y perpendicularidad en sus bases para su ensayo y es aplicable al concreto hidráulico endurecido.”*

✚ **Relación con la Norma C-083 del ONNCCE.** Se debe comprobar que la superficie de aplicación de la carga, sea plana, horizontal y paralelas para que los resultados sean óptimos.

✚ **Uso y Aplicación del método.**

Si un espécimen de concreto cumple con las condiciones de superficies planas y paralelismo de las caras de carga, podrá ser probado sin necesidad de ser preparado con cabeceo.

Para el cabeceo se emplean platos preferentemente metálicos que deberán estar en condiciones adecuadas para no afectar la superficie plana, libre de



ranuras, estrías o depresiones, dispositivos de alineamiento y recipientes para fundir el azufre.

Si se decide realizar el cabeceo con mortero, se empleará una placa de vidrio o de metal de 6 [mm] o hasta de 12 [mm] de otro material; si se emplea mortero de azufre, se emplearán platos metálicos 5 [mm] mayores que el espécimen por cabecear. Los materiales no deberán ser reactivos con la pasta de mortero empleada.

El mortero de azufre que se aplicará podrá ser reutilizado hasta en 10 ocasiones y deberá cumplir con las condiciones de resistencia y espesor siguientes:

Resumen de la tabla 1

Resistencia del concreto kg/cm^2	Resistencia mínima de mortero de azufre kg/cm^2	Espesor de capa de cabeceo (mm)	Espesor máximo de capa de cabeceo (mm)
35 a 350	350	6	8
Más de 350	No menor que la Resistencia del concreto.	3	5

Los especímenes provenientes del curado deberán estar completamente secos para evitar que se formen burbujas durante el cabeceo y con esto, evitar la pérdida de sus propiedades.

Se precalentarán los platos para el cabeceo, se calentará el azufre a 140 [°C], en la cantidad necesaria a utilizar y en el periodo más breve posible, ya que se trata de un material tóxico. Una vez que el mortero de azufre está listo



para su aplicación y los platos se encuentran calientes, se añadirá suficiente mortero al plato con una cuchara y enseguida se colocará el cilindro por cabecear. El elemento deberá permanecer en reposo por unos minutos para endurecer y despegarlo del plato y proceder al cabeceo del otro extremo del elemento.

Se deberá revisar la perpendicularidad del elemento cabeceado con una escuadra de albañil que contenga una muesca que libere las orillas del cabeceo, con una regla rígida de bordes rectos y calibradores de laminillas para espesores, corroborando que no se aparte del plano en más de 0.05 [mm] del plano.



4. MÉTODO DE LA NORMA C-083, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON CILINDROS DE CONCRETO.

El objetivo principal de esta norma es verificar que el concreto empleado en un elemento estructural cumpla con el requisito de resistencia para el cual fue diseñado. Para comprobarlo, se deberán tomar muestras a pie de obra elaboradas previas al colado, para posteriormente ser ensayadas en laboratorio o en campo, de ser posible.

Máquina de prueba:

Se empleará una máquina de compresión o universal, la cual debe tener la capacidad suficiente para ensayar los elementos sin ser sometida a un desgaste excesivo y con placas de apoyo de diámetro mayor al del cilindro de concreto; para cilindros de 15 [cm] se utilizan placas de hasta 25 [cm] de diámetro procurando que al colocar el elemento se encuentren alineados los centros de la máquina y del cilindro y así evitar excentricidades. La superficie de soporte deberá estar limpia y se verificará que sea una superficie horizontal. Generalmente se utilizan máquinas de 120 [ton] y con pantallas electrónicas que permiten obtener los datos de manera más fácil y precisa. Se podrá permitir un error de hasta ± 3 [%] en la estimación.

Registro del espécimen:

Se deberán tomar los datos del cilindro, altura y diámetro; para hacerlo, es necesario contar con un compás de punta o un vernier calibrado. Se medirá en dos secciones diferentes, tanto el diámetro como la altura. Para determinar



cada valor se realizará un promedio de ambas medidas. La relación de altura entre diámetro deberá ser igual a 2; si la relación es menor que 1.8 se deberá corregir la prueba por esbeltez:

Altura/Diámetro	Factor de Corrección a la Resistencia
2	1
1.75	0.99
1.5	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

Tabla 2, Corrección por esbeltez

Tiempo de curado:

Los elementos de resistencia rápida deberán probarse a los 14 días de edad y los de resistencia normal a los 28 días.

Curado y cabeceo:

Cuando el cilindro es proveniente de la condición de curado, es decir, recién salido de la pileta, se deberá cabecear y ensayar el elemento tan pronto como sea posible procurando realizar estas acciones en condición superficialmente seca.

Preparación de la prueba:

Los elementos listos para ser sometidos a prueba, se colocarán en la máquina de compresión, alineando el eje del cilindro con el centro de la placa con asiento esférico. Se bajará lentamente la placa superior hacia el espécimen asegurando el contacto uniforme y suave entre ambas partes.

Aplicación de la carga:

La velocidad de aplicación de la carga oscila entre los 14.8 y 37.1 [ton/min] para especímenes de diámetros de 15 [cm].



Resumen del proceso:

El procedimiento general para realizar la prueba de resistencia a la compresión, se muestra a continuación:

1. Toma de muestras en el sitio de colocación del concreto en moldes cilíndricos.
2. Reposo de 1 día en el sitio, protección contra intemperismo y pérdida de humedad.
3. Traslado a Laboratorio donde se probará el elemento.
4. Registro y toma de datos de los elementos que llegan al laboratorio.
5. Determinación de la duración del tiempo de curado y traslado a cuartos húmedos.
6. Secado y análisis dimensional.
7. Preparación de cabeceo del espécimen.
8. Periodo de enfriamiento y reposo.
9. Ensaye del espécimen en la máquina de compresión.
10. Registro de resultados y cálculo de la resistencia.

Una falla en “cruz” denota una carga correctamente aplicada, sin excentricidades en un elemento correctamente preparado para su prueba.

La Resistencia a la Compresión se determinará en unidades de presión, comúnmente en México se utiliza $[\text{kgf}/\text{cm}^2]$, no como el Sistema Internacional sugiere utilizar. Para el cálculo se sabe que la presión es igual a una fuerza aplicada por unidad de área, para lo cual se deberá conocer la carga aplicada a la cual falló el elemento y se deberá calcular el área de aplicación de la prueba, que en este caso se trata del área de un círculo y finalmente, el resultado de este cociente será la resistencia a la compresión del concreto.

Algunos de los datos que se deben añadir al informe son:

- Clave de identificación del espécimen.
- Edad nominal del espécimen.



- Diámetro y altura en centímetros, con aproximación en [mm].
- Área de la sección transversal en [cm²] con aproximación al décimo.
- Masa del espécimen en [kg].
- Carga máxima en [kgf].
- Resistencia a la compresión calculada con aproximación a 1 [kgf/cm²].
- Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.
- Descripción del tipo de falla.

5. ALTERNATIVA AL MÉTODO CONVENCIONAL DE LA NORMA C-083, CAMBIO DE ESPECÍMENES CILINDRICOS A ESPECÍMENES PRISMÁTICOS.

La presente alternativa no solo establece las bases para el método de prueba, sino también retoma algunos puntos de la manera correcta de realizar la toma de muestras, elaboración de prismas, protección, traslado, curado, así como el ensaye a la compresión de especímenes prismáticos de concreto hidráulico.

El tipo de elemento sometido a prueba cambia de un cilindro de 15 [cm] de diámetro y 30 [cm] de altura, a un espécimen prismático de 10 [cm] de base cuadrada por 20 [cm] de altura, manteniendo la relación de esbeltez de 2 y procurando no recurrir a la necesidad de modificación de otras normas.

Moldes:

Los moldes y accesorios para elaborar los especímenes prismáticos, están integrados por una placa base para sujetar firmemente un juego de 4 piezas prismáticas de 10 x 20 [cm]. Se emplean moldes de acero para conservar su forma y estanqueidad, aunque también se pudiesen elaborar de cualquier otro material no absorbente, no adherente y no reactivo con la mezcla de concreto. Cuenta con dispositivos para sujetar firmemente la placa



Se utilizará una varilla lisa y recta de sección circular, de acero, de diámetro de 13 [mm] \pm 1,5 [mm] y 60 [cm] \pm 10 [mm] de longitud, con uno de los extremos semiesféricos, del mismo diámetro. También se deberá contar con herramientas auxiliares, tales como palas, enrasadores, reglas y guantes de hule, mazo de goma, hule o neopreno, cucharón limpio, no absorbente, no impermeable y no reactivo de capacidad aproximada de 500 [ml] y de forma que evite pérdida de material por sus costados.

Máquina de prueba:

La Prensa Hidráulica será exactamente la misma empleada para someter a prueba los cilindros de 15x30 [cm], tal que también se pueda emplear para dichos elementos.



Cajas de traslado:

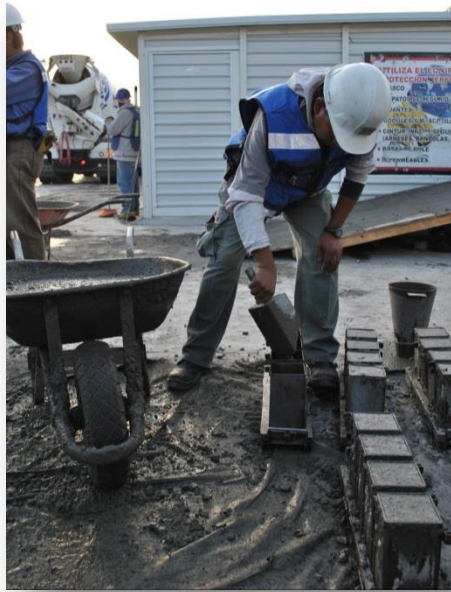
En la base del contenedor, se coloca una placa de neopreno de $\frac{1}{4}$ " para protección y amortiguamiento necesario para evitar dañarlos y en el interior de la tapa un hule espuma de 2" de espesor manteniéndola ligeramente mojada para prevenir la pérdida de humedad de los especímenes durante el traslado. Son diseñadas en fibra de vidrio con

cuatro compartimientos y con las dimensiones acordes con los prismas rectangulares.



Muestreo:

La toma de la muestra se realiza conforme a la norma de muestreo, y se toma por medio de una charola de lámina gruesa de metal o una carretilla limpia, no absorbente, de capacidad suficiente para permitir un remezclado fácil de la muestra total con una cuchara o pala. La muestra debe ser tomada en cantidad suficiente para realizar todas y cada una de las pruebas requeridas, transportarse sin pérdida de material al lugar donde se efectúan las pruebas y remezclándola para asegurar su homogeneidad. El periodo entre tomar la muestra y usarla no debe exceder los 25 [min]. Los moldes deben ser llenados sobre una superficie horizontal rígida, o en mesa de trabajo nivelada, libre de vibraciones y otras perturbaciones. En el lugar donde se almacenen debe ser horizontal, evitarse golpes e inclinaciones para evitar alteraciones de su superficie, alejado del intemperismo y del flujo de personal y maquinaria que pudiera golpearlos a una temperatura entre 16 y 27 [°C].



Se realizará un remezclado de la muestra tomada con una pala donde se deberá prevenir la segregación y el concreto se distribuirá homogéneamente en el molde.



Compactación y enrasado:

Para la compactación se colocará la primera capa de concreto dentro del molde efectuando 20 penetraciones con la varilla lisa y con el extremo redondeado sin tocar el fondo de la placa, las penetraciones deben ser repartidas uniformemente y en toda el área del molde. La segunda capa de concreto se varilla de igual manera, permitiendo que la varilla penetre aprox. 1 [cm] dentro de la capa inmediata inferior; si la varilla produce oquedades se deberá golpear ligeramente con el mazo de hule las paredes

externas del molde para eliminarlas y permitir el acomodo. Durante el llenado de la capa final se añade una cantidad de concreto que sobrepase el borde superior del molde, eliminando el sobrante con un enrasador de metal efectuando 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 montículos prominentes.



Almacenamiento en obra y 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 16 [C°] a 27 [C°] y prevenir pérdidas de humedad de los especímenes protegiéndolos con bolsas de polietileno.

El desmolde de los especímenes debe realizarse a las 24 [h] después de haber realizado el moldeo, con un margen de 24 [h] adicionales.

Transporte:

Los especímenes que se elaboran en campo requieren ser cuidadosamente tratados, los golpes, despostillamientos u otros incidentes pueden ocasionar una alteración en sus propiedades, particularmente su resistencia y condición de falla. Los especímenes que



van a transportarse del campo al laboratorio para su ensaye, deben ser empacados en los contenedores anteriormente descritos. Pueden utilizarse otros aditamentos o empaques que garanticen la integridad de los especímenes.

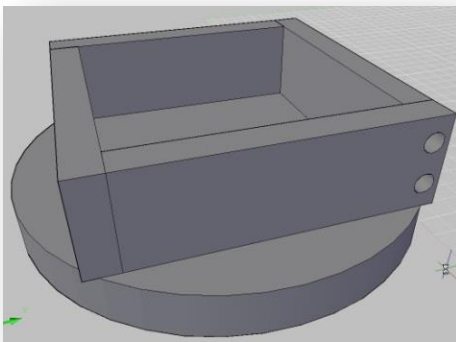
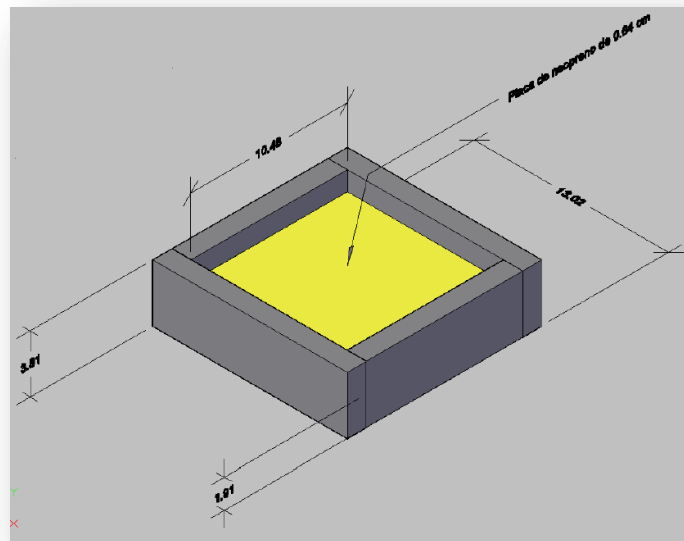
Recepción y curado:

Posteriormente se realizará la toma de datos necesarios de las muestras recibidas, los elementos serán transportados al cuarto de curado y posteriormente se tomarán las dimensiones del elemento; los especímenes prismáticos no son sometidos a cabeceo, en su lugar se emplean placas de neopreno durante la aplicación de la carga.



Colocación del elemento en la máquina de prueba:

Para determinar la resistencia a compresión de los especímenes prismáticos de concreto, se les colocan los dispositivos de cabeceo, los cuales consisten en capsulas de acero con fondo de neopreno de 12,7 [mm] con una dureza shore "A" de 50 ± 5 , y utilizados hasta por 50 usos, o cuando exista una disminución significativa en su espesor o presente algún tipo de deterioro, se coloca sobre la placa inferior de la prensa alineando cuidadosamente su eje con el centro de la platina de carga con asiento esférico, bajando lentamente el cabezal hasta que se tenga un contacto suave y uniforme que permita alinear el espécimen.



Ensayo:

La aplicación de la carga para determinar la resistencia a compresión, debe ser a una velocidad constante y uniforme sin producir impacto ni pérdida de carga. La velocidad de la carga es entre los 110 - 180 [kgf/cm²/min].



Calculo de la Resistencia a la Compresión:

La resistencia a la compresión del espécimen se obtiene dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba, entre el área de aplicación. De la misma manera que se obtiene este valor para un cilindro, se dividirá la fuerza entre el área, tomando en cuenta que la superficie de aplicación es aproximadamente cuadrada. El resultado de la prueba se expresa con una aproximación de 1 [kgf/cm²]. Entre prismas de la misma muestra, la diferencia en el resultado no debe ser mayor a 10 [kgf/cm²].

Tipos de falla:

La falla que deberá encontrarse en los prismas, se presenta de igual manera que en los cilindros de 15 x 30 [cm]; de manera diagonal o en cruz, aun cuando en algunas ocasiones pueda aparecer cerca de una esquina sin definir su trayectoria.



Datos registrados durante el ensayo:

- a. Fecha de ensaye
- b. Temperatura ambiente
- c. Humedad relativa
- d. Clave de ensaye
- e. Número de muestra
- f. Fecha de colado
- g. Edad de ensaye
- h. Masa del espécimen
- i. Altura 1 en cm
- j. Altura 2 en cm
- k. Lado 1 en cm
- l. Lado 2 en cm
- m. Defecto
- n. Intensidad del defecto
- o. Carga en kgf
- p. Resistencia en kgf/cm²
- q. Promedio de las resistencias en kgf/cm²
- r. Masa Volumétrica del concreto endurecido kg/m³
- s. Tipo de Falla (1 de cada 10 especímenes ensayados)

Datos que contiene el informe de resultados:

- a. Fecha de informe
- b. Clave de obra
- c. Cliente
- d. Obra
- e. Procedencia
- f. Fecha de colado
- g. Elemento
- h. Dosificación
- i. Nombre de la persona a la que se dirige el informe
- j. Tipo de concreto
- k. Revenimiento de proyecto
- l. Tamaño Máximo del agregado de proyecto
- m. Resistencia a compresión del proyecto.
- n. Datos de la unidad de descarga
- o. Volumen de concreto suministrado
- p. Revenimiento obtenido en cm
- q. N° de muestra
- r. Localización
- s. Resistencia a edad temprana
- t. Resistencia a edad de calificación
- u. Masa volumétrica obtenida
- v. Calificación del concreto, en base al dato particular obtenido
- w. Métodos de prueba empleados
- x. Leyendas “este reporte solo representa las muestras ensayadas” y “este reporte solo podrá reproducirse en su totalidad”
- y. Nombre de quién formula
- z. Nombre de quien recibe.



6. COMPARACIÓN Y DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS DE AMBOS PROCEDIMIENTOS.

Existen claras semejanzas entre ambos métodos que son fundamentales para mantener la prueba dentro de la normatividad existente, con las cuales se comprueba la validez del método.

- ✚ **GEOMETRÍA:** Se sustituye la forma geométrica del espécimen inicial, cambiando de un cilindro de 15 [cm] de diámetro y 30 [cm] de altura a un prisma con base aproximadamente cuadrada de 10 [cm] de lado por 20 [cm] de altura; lo fundamental a destacar es que la relación de esbeltez se mantiene constante, altura entre diámetro o en este caso altura entre base igual a dos.

$$[\text{cilindro}] \frac{H}{\phi} = \frac{30}{15} = 2; \quad [\text{prisma rectangular}] \frac{H}{B} = \frac{20}{10} = 2$$

La reducción de la dimensión máxima a 10 [cm] limita el empleo de estos moldes a concretos con agregados de 25 [mm] de tamaño máximo.

- ✚ **COMPACTACIÓN:** Se mantiene el mismo procedimiento de compactación, la diferencia es el número de capas necesarias para realizarlo. Se utiliza una varilla de acero lisa de sección circular con extremo redondeado, de 13 [mm] de diámetro y 60 [cm] de longitud, a diferencia de la varilla utilizada en cilindros de 16 [mm] de diámetro y 60 [cm] de longitud. Para el espécimen cilíndrico se requiere una compactación aplicada en 3 capas de llenado, varillando 25 veces cada capa, distribuidas de manera uniforme y penetrando aproximadamente 1 [cm] en la capa inferior, mientras que para el espécimen prismático se deberá realizar la compactación en 2 capas de llenado, penetrando la



varilla en 20 ocasiones distribuidas uniformemente y penetrando 1 [cm] sobre la capa inferior para lograr continuidad.

✚ **CABECEO:** es necesario realizar un lijado de las caras superior e inferior del cilindro o la aplicación de una capa de mortero base cemento o el método más común que consiste en la aplicación de una capa de mortero de azufre sobre ambas caras para garantizar la planicidad y paralelismo en las caras de aplicación de carga del elemento; la diferencia consiste en la eliminación del cabeceo, sustituyéndolo con dispositivos de cabeceo elaborados de acero con fondo de neopreno colocados de manera temporal sobre el prisma, mientras éste es ensayado en la prensa, dispositivo que garantiza el paralelismo y distribución uniforme de la carga.

✚ **CÁLCULO:** se mantiene la base de cálculo que indica que la resistencia a la compresión es igual a la carga aplicada sobre la superficie de aplicación, es decir una presión de carga; para lo cual será necesario conocer la cantidad de carga medida en kilogramos fuerza que indique la máquina de compresión al momento de fallar el espécimen y el área exacta de aplicación del elemento que se está ensayando.

$$f'c = \frac{\text{carga aplicada por la prensa [Kgf]}}{\text{area de la cara [cm}^2\text{]}}$$

Donde el área de la cara circular: $A = \pi\phi^2/4$

Mientras que para el prisma será: $A = B^2$

✚ **MÁQUINA DE PRUEBA:** El método con especímenes prismáticos emplea la misma máquina de compresión utilizada para especímenes cilíndricos; la diferencia y mejora radica en la disminución de la cantidad



de carga aplicada, ya que el área de la sección disminuye y consecuentemente la carga de aplicación también disminuirá.

Por ejemplo, si se quisiera probar un cilindro para el cuál se estima una resistencia $f'c = 250$ [kg/cm²], se deberá de aplicar una carga de 44.18 [ton] sobre la superficie del cilindro, mientras que para la superficie del prisma, se deberá aplicar una carga de solo 25 [ton] para la misma resistencia, reduciendo 43 [%] la carga original.

Con esto se podrá alargar la vida útil de la prensa al desarrollar menor desgaste, menor fatiga y menor costo por mantenimiento.

✚ **TIPOS DE FALLA:** Se encuentran los mismos tipos de falla que se desarrollan en la compresión de cilindros debido a que se mantiene una relación de esbeltez constante que propicia que los prismas se comporten estructuralmente de la misma manera. Una correcta aplicación de la carga, sin excentricidades inclinaciones ni rugosidad excesiva, con una mezcla homogénea y correctamente compactada desarrollará una falla en cruz en sobre la cara lateral del elemento.

✚ **DESARROLLO DE PRUEBAS EN PARALELO CON LA MISMA COLADA PARA PRISMAS Y CILINDROS:** Se efectuaron múltiples ensayos verificar la validez del método correspondiente a cada tipo de espécimen.

Los diferentes tipos de espécimen fueron almacenados en obra durante las primeras 24 horas para el curado inicial previniendo la pérdida de humedad. Fueron trasladados cuidadosamente bajo los términos de cada norma, evitando golpes y despostillamientos. Se realizó la recepción de cada espécimen y se procedió al marcado y etiquetado de



cada uno. Se introdujeron las muestras en los cuartos de curado para ser ensayados a la edad correspondiente. Se realizó el cabeceo de los especímenes cilíndricos y se colocaron dispositivos de cabeceo en los especímenes prismáticos. Posteriormente se realizó el ensaye de compresión de cada uno y el análisis de resultados correspondiente.

Se realizó el muestreo con muestras de diferente procedencia, diferente revenimiento, diferente resistencia de proyecto, diferente TMA para realizar muestras en paralelo; es decir se elaboraron especímenes cilíndricos y prismáticos al mismo tiempo, obteniendo un total de 69 muestreos, los cuales fueron ensayados a las edades de prueba correspondientes. El cierre de resultados se obtuvo el día 27 de junio del mismo año.

La hipótesis inicial plantea la obtención de resultados similares entre prismas y cilindros.

Análisis de los resultados:

Las resistencias obtenidas a los 28 días mediante la prueba fueron las siguientes:

No. Prueba	Resistencia especificada [kgf/cm ²]	Resistencia a 28 días			Resistencia a 28 días		
		cilindro 1 [kgf/cm ²]	cilindro 2 [kgf/cm ²]	cilindro promedio [kgf/cm ²]	prisma 1 [kgf/cm ²]	prisma 2 [kgf/cm ²]	prisma promedio [kgf/cm ²]
P1	250	282	275	278.5	282	275	278.5
P2	250	306	297	301.5	301	291	296
P3	250	256	251	253.5	262	260	261
P4	250	217	214	215.5	212	206	209
P5	250	258	265	261.5	260	261	260.5
P6	250	296	288	292	282	281	281.5



P7	250	299	294	296.5	292	291	291.5
P8	250	278	277	277.5	277	285	281
P9	250	298	303	300.5	304	303	303.5
P10	250	252	252	252	243	250	246.5
P11	250	250	252	251	250	257	253.5
P12	250	271	263	267	274	282	278
P13	250	276	273	274.5	284	278	281
P15	250	259	267	263	270	261	265.5
P16	250	261	267	264	259	250	254.5
P18	250	256	263	259.5	259	264	261.5
P19	250	297	304	300.5	319	309	314
P21	250	250	259	254.5	276	286	281
P22	250	273	271	272	274	275	274.5
P23	250	264	269	266.5	276	285	280.5
P25	250	241	248	244.5	232	234	233
P26	250	245	242	243.5	256	250	253
P27	250	246	255	250.5	245	244	244.5
P28	250	271	281	276	275	273	274
P29	250	274	282	278	276	285	280.5
P30	250	263	270	266.5	266	253	259.5
P31	250	302	292	297	304	300	302
P32	250	299	306	302.5	308	297	302.5
P33	250	267	265	266	269	267	268
P34	250	264	273	268.5	264	279	271.5
P35	250	281	283	282	280	276	278
P36	250	227	236	231.5	234	236	235
P37	250	264	275	269.5	272	275	273.5
P38	250	281	280	280.5	288	277	282.5
P39	250	311	315	313	318	316	317
P40	250	264	261	262.5	270	272	271
P41	250	272	268	270	272	263	267.5
P42	250	285	279	282	298	294	296
P43	250	286	282	284	289	294	291.5
P44	250	241	240	240.5	251	241	246
P45	250	255	251	253	255	262	258.5
P46	250	215	214	214.5	207	211	209
P47	250	224	216	220	215	220	217.5
P48	250	227	223	225	222	215	218.5
P49	250	227	222	224.5	234	224	229
P50	250	263	255	259	269	275	272
P56	250	263	258	260.5	257	250	253.5
P57	250	257	252	254.5	261	259	260
P58	250	252	251	251.5	250	242	246



P59	250	255	251	253	262	253	257.5
P60	250	294	300	297	276	287	281.5
P61	250	260	262	261	264	267	265.5
P62	250	190	189	189.5	197	192	194.5
P63	250	263	261	262	265	272	268.5
P64	250	261	259	260	253	246	249.5
P65	250	276	274	275	271	265	268
P66	250	266	261	263.5	268	260	264
P67	250	276	267	271.5	249	256	252.5
P68	250	281	285	283	291	288	289.5
P69	250	275	281	278	284	289	286.5
P14	200	205	211	208	203	203	203
P17	200	234	238	236	252	257	254.5
P20	200	200	201	200.5	222	218	220
P24	50	77	73	75	76	74	75
P51	280	285	289	287	283	285	284
P52	280	342	338	340	336	343	339.5
P53	150	177	178	177.5	180	180	180
P54	280	313	322	317.5	328	327	327.5
P55	280	304	310	307	297	304	300.5

Fueron descartadas 9 de las 69 pruebas realizadas: 14, 17, 20, 24, 51, 52, 53, 54, 55, debido a que la evaluación contempla solamente especímenes elaborados para resistencias nominales del mismo valor; para esta evaluación, la resistencia de análisis es $f'c = 250 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$, de donde se acota un total de 60 pruebas para el análisis.

De cada muestreo se obtienen dos especímenes para los cuales se calculó la resistencia como el promedio de ambos resultados, es decir el promedio de dos elementos cilíndricos será la resistencia del cilindro y el promedio de dos prismas será la resistencia para el prisma.

Análisis de las pruebas realizadas

Total de Pruebas	69
Pruebas descartadas	9
Elementos de misma resistencia nominal	60
Elementos con diferencias positivas	38



Resistencias mayores	63.33%
Elementos con diferencia igual a cero	2
Misma resistencia	3.33%
Elementos con diferencias negativas	20
Resistencias menores	33.33%

La cantidad de elementos de variación en la resistencia no es indicador de una efectividad del método. A través de estos datos se puede observar que los valores obtenidos tanto para cilindros o prismas oscilan de manera aleatoria y en su mayoría exceden ligeramente su resistencia con respecto al valor de los cilindros.

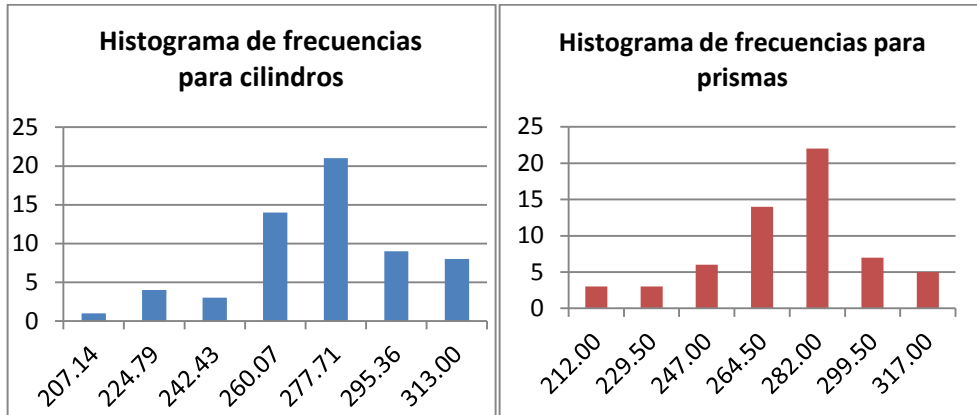
	Cilindros	Prismas
Promedio [kgf/cm²]	264.43	265.68
Varianza [kgf/cm²]	568.23	637.24
Desviación Estándar [kgf/cm²]	23.84	25.24
Promedio con respecto a la Resistencia Especificada [%]	5.8%	6.3%

Para determinar los parámetros estadísticos de las pruebas elaboradas, se realizó un histograma, el cual permite observar el comportamiento de los datos de manera semejante a una distribución normal en ambos casos.

Cilindros		Prismas	
Cantidad de valores	60	Cantidad de valores	60
Valor máximo (kg/cm²)	313	Valor máximo (kg/cm²)	317
Valor mínimo (kg/cm²)	189.5	Valor mínimo (kg/cm²)	194.5
Rango de valores (kg/cm²)	123.5	Rango de valores (kg/cm²)	122.5
Numero de clases	7	Numero de clases	7
Longitud de clase	17.64	Longitud de clase	17.50
Rango de clase	Cantidad	Rango de clase	Cantidad
189.50	-	194.50	-
207.14	1	212.00	3
224.79	4	229.50	3
242.43	3	247.00	6
260.07	14	264.50	14
277.71	21	282.00	22



295.36	9	299.50	7
313.00	8	317.00	5
Total	60	Total	60



Cilindros:

$$f'c = \mu - t(s) = 264.43 - 1.28(23.84) = 233.91 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Prismas

$$f'c = \mu - t(s) = 265.68 - 1.28(25.24) = 233.37 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

donde: $\mu = \text{Media}$; $t = 10\%$; $s = \text{Desviación Estandar}$

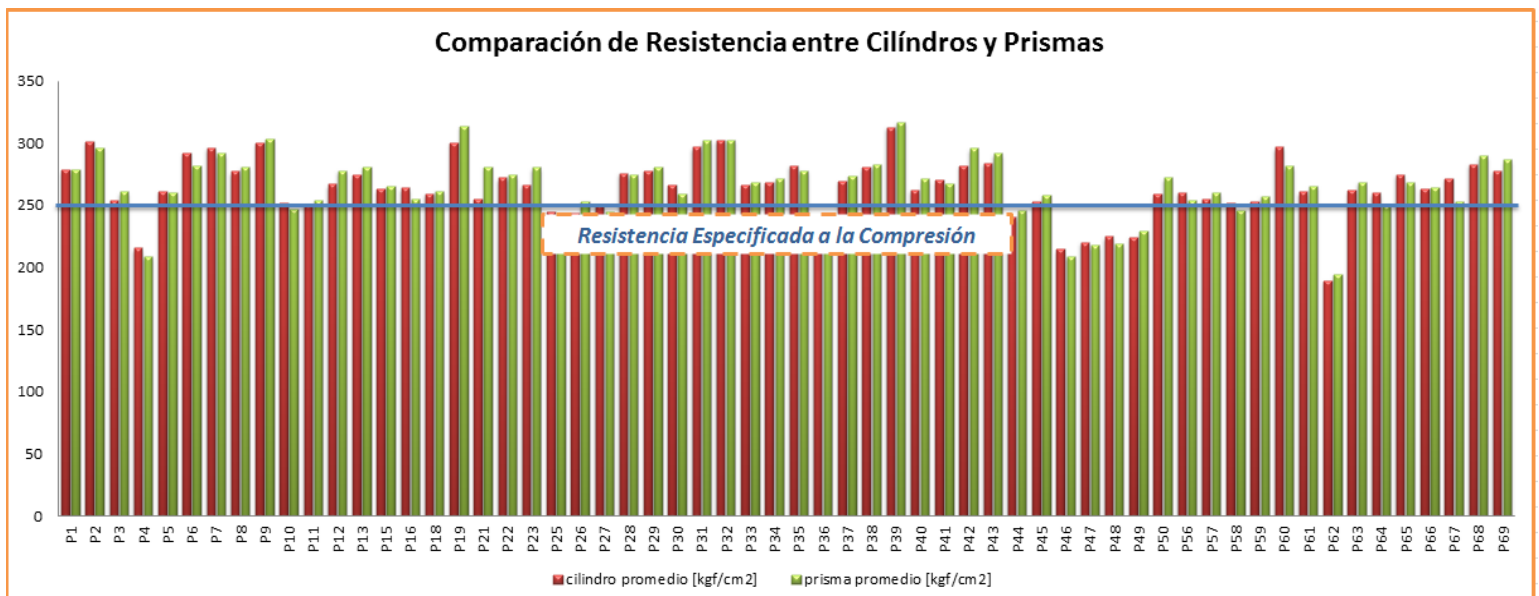
Para cada muestra se cumple que la desviación estándar sea menor que 35 [kg/cm²], aunque la probabilidad del 10 % de no alcanzarse la resistencia a la compresión especificada no se cumple: al encontrar el valor de t de la ecuación $f'c = \mu - t(s)$ y hallando su porcentaje correspondiente de las tablas de distribución normal, para los cilindros el porcentaje de valores $f'c=250$ [kg/cm²] resulta ser de 27.3 [%] y para los prismas de 36.8 [%]. De acuerdo a lo establecido en la norma NMX-155-ONNCCE, no se cumple en ambos casos, con lo que se establece la resistencia a la compresión del concreto, sin embargo, para la evaluación del método que se plantea en



este documento, estos valores que las resistencias y dispersiones alcanzadas son similares.

De este análisis se puede observar que:

- ✓ Los valores promedio obtenidos para cilindros y prismas tienen una diferencia de 1.25 [kgf/cm²], la varianza y desviación estándar arrojan valores similares, para el caso de la desviación estándar con diferencia no mayor a los 2 [kgf/cm²]. Dichas diferencias son consideradas pequeñas, debido a que valores semejantes son comunes de observar al realizar el análisis estadístico de especímenes provenientes de la misma muestra.
- ✓ La resistencia ensayada excede a la resistencia especificada en ambos especímenes esto debido a que siempre se pretende elaborar una mezcla capaz de cumplir con el requisito mínimo de resistencia; para los cilindros se excede la resistencia especificada en 5.8 [%] y para los prismas en 6.3 [%], sin embargo no se cumple con la probabilidad de falla de 10 [%] para ambos casos.
- ✓ De manera general, los resultados obtenidos del ensaye de prismas son ligeramente mayores que los obtenidos con cilindros.





Para encontrar un factor que permita determinar la resistencia en cilindros a partir de la resistencia determinada en prismas, se analizaron los datos correspondientes a la resistencia $f'c=250$ [kg/cm²]. Se contemplan 60 pruebas para las cuales se realizó el cociente $\frac{f'c \text{ Cilindro}}{f'c \text{ Prisma}}$; posteriormente se realizó el promedio al resultado de estos cocientes para encontrar el factor de corrección.

No. Prueba	cilindro promedio [kgf/cm2]	prisma promedio [kgf/cm2]	Cilindro/Prisma	Valor corregido de resistencias en prismas
P1	278.5	278.5	1.000	277.39
P2	301.5	296	1.019	294.82
P3	253.5	261	0.971	259.96
P4	215.5	209	1.031	208.16
P5	261.5	260.5	1.004	259.46
P6	292	281.5	1.037	280.37
P7	296.5	291.5	1.017	290.33
P8	277.5	281	0.988	279.88
P9	300.5	303.5	0.990	302.29
P10	252	246.5	1.022	245.51
P11	251	253.5	0.990	252.49
P12	267	278	0.960	276.89
P13	274.5	281	0.977	279.88
P15	263	265.5	0.991	264.44
P16	264	254.5	1.037	253.48
P18	259.5	261.5	0.992	260.45
P19	300.5	314	0.957	312.74
P21	254.5	281	0.906	279.88
P22	272	274.5	0.991	273.40
P23	266.5	280.5	0.950	279.38
P25	244.5	233	1.049	232.07
P26	243.5	253	0.962	251.99
P27	250.5	244.5	1.025	243.52
P28	276	274	1.007	272.90
P29	278	280.5	0.991	279.38
P30	266.5	259.5	1.027	258.46
P31	297	302	0.983	300.79
P32	302.5	302.5	1.000	301.29
P33	266	268	0.993	266.93



P34	268.5	271.5	0.989	270.41
P35	282	278	1.014	276.89
P36	231.5	235	0.985	234.06
P37	269.5	273.5	0.985	272.41
P38	280.5	282.5	0.993	281.37
P39	313	317	0.987	315.73
P40	262.5	271	0.969	269.92
P41	270	267.5	1.009	266.43
P42	282	296	0.953	294.82
P43	284	291.5	0.974	290.33
P44	240.5	246	0.978	245.02
P45	253	258.5	0.979	257.47
P46	214.5	209	1.026	208.16
P47	220	217.5	1.011	216.63
P48	225	218.5	1.030	217.63
P49	224.5	229	0.980	228.08
P50	259	272	0.952	270.91
P56	260.5	253.5	1.028	252.49
P57	254.5	260	0.979	258.96
P58	251.5	246	1.022	245.02
P59	253	257.5	0.983	256.47
P60	297	281.5	1.055	280.37
P61	261	265.5	0.983	264.44
P62	189.5	194.5	0.974	193.72
P63	262	268.5	0.976	267.43
P64	260	249.5	1.042	248.50
P65	275	268	1.026	266.93
P66	263.5	264	0.998	262.94
P67	271.5	252.5	1.075	251.49
P68	283	289.5	0.978	288.34
P69	278	286.5	0.970	285.35
Promedio de cocientes			0.996	
Desviación Estándar			0.030	

En la columna 5 se muestra el valor equivalente de realizar la prueba en prismas con respecto a un cilindro. Debido a que el cociente relaciona cilindro entre prisma, el valor equivalente resulta de multiplicar el resultado de la prueba realizada con prismas por el factor encontrado; dicho factor disminuirá la resistencia encontrada debido a



que la mayor parte de las pruebas realizadas arrojan resultados de resistencia ligeramente mayor en prismas.

Se cita la tabla del libro de Oscar M. González Cuevas “Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado” para fundamentar la relación de resistencia de elementos de diferente geometría con equivalencias para cilindros de altura 30 [cm] y base 15 [cm].

Tabla 3.1 Factores de equivalencia para ensayos a la compresión.

Especimen	Dimensiones/cm	Factores por los que se deben multiplicar las resistencias de un espécimen para obtener las equivalencias de un cilindro de 15 × 30 cm.	
		Variación normal	Valor medio aceptable
Cilindro	15 × 30	–	1.00
	10 × 20	0.94 – 1.00	0.97
	25 × 50	1.00 – 1.10	1.05
Cubo	10	0.70 – 0.90	0.80
	15	0.70 – 0.90	0.80
	20	0.75 – 0.90	0.83
	30	0.80 – 1.00	0.90
Prisma	15 × 15 × 45	0.90 – 1.2	1.05
	20 × 20 × 60	0.90 – 1.20	1.05

El factor encontrado en el análisis de prismas de 10X20 [cm], resulta de obtener el promedio de los cocientes y para encontrar su equivalencia en cilindros, el valor del prisma se debe multiplicar por el factor 0.996 de manera similar a lo citado en la tabla 3.1 del González Cuevas.



DIFERENCIAS EN CARGA PESO Y VOLUMEN: Si se toma como ejemplo un concreto con masa normal de 2200 [kg/m³] con una resistencia $f'_c=250$ [kg/m³], se pueden establecer las siguientes comparaciones:

	BASE O DIÁMETRO [cm]	ALTURA [cm]	RELACIÓN DE ESBELTEZ	AREA TRANSVERSAL [cm ²]	VOLUMEN [cm ³]	DENSIDAD [kg/m ³]	MASA DE LA MUESTRA [kg]	RESISTENCIA f'_c [kg/cm ²]	CARGA DE APLICACIÓN [ton]
CILINDRO	15	30	2	176.71	5301.44	2200	11.66	250	44.18
PRISMA	10	20	2	100	2000		4.40		25.00

REDUCCIÓN DE LA CARGA [%]	REDUCCIÓN DEL PESO [%]	REDUCCIÓN DEL VOLUMEN [%]
43.41%	62.27%	62.27%



7. IMPACTO DEL MÉTODO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ESPECÍMENES PRISMÁTICOS.

- 1) Para la elaboración del espécimen prismático, se requiere menor cantidad de volumen, lo cual representa menor cantidad de residuos, consigue menor peso de traslado de muestras al laboratorio y dentro de éste.
- 2) Para la elaboración del elemento se requieren dimensiones menores que aunque no se contemplan a simple vista, emplea menor espacio de almacenamiento y no entorpecen los movimientos en la obra. Los prismas pueden ser colados sobre mesas de trabajo que requieren soportar cargas menores al elaborar prismas en lugar de cilindros.
- 3) La masa y consecuentemente el peso empleados en su elaboración facilitan el traslado dentro de la obra misma, y de la obra al laboratorio. El almacenamiento y curado en laboratorio son sencillos y se obtiene un mayor rendimiento de los espacios. Finalmente, para poder disponer de los residuos se emplean menores volúmenes, por lo tanto el peso se reduce representando un ahorro sustancial en el costo por desecho.
- 4) Los elementos prismáticos no son sometidos al cabeceo realizado en cilindros con mortero elaborado a base de azufre, el cual resulta tóxico para la salud y un riesgo potencial para los trabajadores que se exponen a éste. En consecuencia se obtiene de esto un ahorro económico que se reflejará a largo plazo, con un impacto benéfico para el medio ambiente y para la salud de los trabajadores del laboratorio.
- 5) Al tomar en cuenta que la resistencia es una medida de presión y dado que la presión es el resultado del cociente de una fuerza entre un área, se tiene como consecuencia la aplicación de menor carga por parte de las máquinas para lograr cierta resistencia y por lo tanto menor desgaste de las máquinas por fatiga.



Representa aproximadamente el 57 [%] en relación al área del cilindro, lo que permite reducir la depreciación de las prensas de compresión.

- 6) Tomando en cuenta la deducción del punto anterior, es factible ensayar concretos de alta resistencia sin la necesidad de recurrir a prensas de mayor capacidad. El ensayo de cualquier tipo de resistencia común es factible, probar concretos de alta resistencia se puede lograr utilizando prensas comunes de hasta 80 [Ton] de capacidad.
- 7) Los TMA de los concretos empleados para un espécimen prismático son estándar, se puede utilizar el prisma para concretos con tamaños máximos de agregado de hasta 25 [mm], de acuerdo a las NTC y el RCDF donde se permite diseñar con hasta 3 veces el TMA para la longitud menor del elemento; en este caso 10 [cm] correspondientes a la base del prisma.



8. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el desarrollo del punto 6 de este documento, se puede observar una resistencia obtenida en prismas ligeramente mayor que la obtenida en cilindros, aunque los valores de los prismas oscilan de manera aleatoria con respecto de la resistencia obtenida en los cilindros, obteniéndose valores menores en un 33.3 [%], mayores en un 63.3 [%] y de igual resistencia en 3.3 [%], a los 28 días, logrando concluir lo siguiente:

- ✓ Se puede establecer un factor de correlación entre ambos métodos tal que corrija la resistencia obtenida por medio de prismas y se aproxime al valor esperado en los cilindros. El factor de correlación igual 0.996 deberá multiplicar al valor obtenido en el resultado de la prueba para encontrar su equivalencia en cilindro.
- ✓ Aunque el valor corregido de una prueba elaborada con prismas reduce su resistencia con respecto a la obtenida en la máquina de compresión, se ve ligeramente afectado, ya que el factor de correlación es prácticamente igual a la unidad.
- ✓ La variación encontrada de una prueba elaborada con cilindros con respecto a una elaborada con prismas es muy similar debido a la relación de esbeltez constante para ambas pruebas, ya que al reducir las dimensiones de la base también se reduce la altura en las mismas proporciones.
- ✓ El cambio realizado a la prueba de Resistencia a la Compresión a través de prismas de base aproximadamente cuadrada de 10 [cm] con altura de 20 [cm] para concretos de masa normal con TMA de hasta 25 [mm] y que mantiene una relación de esbeltez igual a 2, representa un 43 [%] de reducción de carga aplicada en las prensas, una reducción del 62 [%] del peso de traslado y manipulación de los especímenes de obra hacia el laboratorio, y un ahorro del 62 [%] en el volumen de concreto fresco



consumido en el muestreo y en el espacio de almacenamiento en obra, laboratorio y cuartos de curado, lo anterior justifica la propuesta de utilizar especímenes prismáticos como una alternativa factible y fácil de implementar para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto.

Los ahorros y beneficios mencionados, se ven reflejados en factores tales como la carga, peso y volumen, por lo tanto mejorarán principalmente las condiciones de un laboratorio más que las condiciones presentadas en campo, aunque a través de este documento se intenta demostrar que la obra no se ve perjudicada mediante la implementación de este método.

Las fallas encontradas en los prismas demuestran una correcta aplicación de la carga al colocarse en la prensa y ser sometidos a la prueba (fallas en diagonal o en cruz), sin embargo, los dispositivos de cabeceo proveen una restricción a la libre deformación del elemento durante su ensayo. Estos dispositivos tienen una holgura de 0.48 cm, lo cual significa que al encontrarse el elemento perfectamente centrado, se cuenta con 2.4 [mm] libres por cada lado; la restricción a la libre deformación se presenta al llevar el elemento a la falla, momento en el cual es posible visualizar la deformación transversal debida a la compresión del elemento.

La utilización de los especímenes prismáticos para la determinación del módulo de elasticidad del concreto, requerirá de un estudio similar para establecer su aplicabilidad.

Otra alternativa del método de la norma C-083 que pudiese ser objeto de un nuevo análisis, sería la preparación de la prueba NMX-C-083 a través de cilindros que mantengan las dimensiones inicialmente propuestas, diámetro de 10 [cm] y altura de 20 [cm] manteniendo los datos iniciales de la prueba y una relación de



esbeltez constante e igual a 2, donde se obtendría reducción del área transversal a 78.54 [cm²], reducción de la carga aplicada por la prensa del 55.6 [%] y una reducción de peso y volumen de 70.37 [%] con respecto de la prueba original, donde además de estos factores habría que analizar métodos de traslado, muestreo, compactación, cabeceo, tipos de falla, entre otros detalles adicionales.



9. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ NMX-C-105-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico Ligero para Uso Estructural. Determinación de la Masa Volumétrica.
- ❖ NMX-C-109-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico. Determinación del cabeceo de Especímenes.
- ❖ NMX-C-148-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Cementos y Concretos Hidráulicos. Gabinetes, Cuartos Húmedos y Tanques de Almacenamiento. Condiciones de Diseño y Operación.
- ❖ NMX-C-155-ONNCCE-2004. Industria de la Construcción. Concreto. Concreto Hidráulico Industrializado. Especificaciones.
- ❖ NMX-C-156-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico. Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco.
- ❖ NMX-C-160-ONNCCE-2004. Industria de la Construcción. Concreto. Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Concreto.
- ❖ NMX-C-161-1997-ONNCCE. Industria de la Construcción. Concreto Fresco. Muestreo.
- ❖ NMX-C-162-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico. Determinación de la Masa Unitaria, Cálculo del Rendimiento y Contenido de Aire del Concreto Fresco por el Método Gravimétrico.
- ❖ NMX-C-435-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción. Concreto Hidráulico. Determinación de la temperatura del concreto fresco.
- ❖ PROCEDIMIENTO TECNICO OBTENCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO HIDRAÚLICO MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES PRISMÁTICOS. >MÉTODO INTERNO MC-23< LIEC
- ❖ DOCUMENTO DE VALIDACIÓN DEL MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES PRISMÁTICOS. JULIO, 2006, LIEC.
- ❖ <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas>.
- ❖ ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO, Oscar M. Martínez Cuevas, Ed. Limusa.