



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

**INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO No. 8727-15**

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**“CONTROL DE CALIDAD EN RESISTENCIA DE
MATERIALES, MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE
PRUEBA Y NORMATIVIDAD.”**

**TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

GILBERTO CARRERA MÉNDEZ

ASESOR:

M.I. ESTEBAN BRITO CHÁVEZ

URUAPAN MICHOACÁN, NOVIEMBRE, 2007



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.

DEDICATORIAS

A dios: por darme la vida y tranquilidad en todo lo que hago porque sé que estas conmigo en todo momento. Gracias por proteger a todos mis seres queridos.

A mis padres: Lucio Carrera y Enedina Méndez por su apoyo tan grande en mi vida y por ser un ejemplo a seguir, así también por sus exigencias, pero sobre todo por el amor que siempre me han dado.

A mis hermanos: Patricia, Javier, Isabel y Hermilo por su apoyo y cariño.

A mi esposa: Maria Zamora por todo su amor y apoyo en todas las decisiones buenas o malas que he tomado.

A mi hija: Andrea Carrera Zamora por ser la inspiración en mi vida, con mucho cariño y amor puro.

A mis amigos por todo su respeto, apoyo y por brindarme su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Esteban Brito Chávez por todo su apoyo, aportación de conocimientos y exigencias, sin usted no hubiera concluido este trabajo de tesis.

Al Ing. Anastacio Blanco Simiano por su apoyo y conocimientos transmitidos.

A la Universidad Don Vasco A.C. por ser una institución seria, confiable y por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional.

A todos mis profesores por transmitirme sus conocimientos sin restricción alguna.

Í N D I C E.

Introducción.	1
Antecedentes.	
Planteamiento del problema.	
Objetivos.	
Pregunta de investigación.	
Justificación.	
1. Marco de referencia.	5
2. Equipo de laboratorio de la escuela de ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C.	6
3. Metodología y análisis.	9
3.1. Enfoque cualitativo.	9
3.2. Investigación no experimental.	9
3.3. Estudio transversal.	9
3.4. Equipos de laboratorio a utilizar.	10
3.5. Análisis e interpretación de resultados..	22

4. Pruebas en Rocas.	23
4.1. Descripción y aplicación de las rocas en la construcción.	23
4.2. Humedad actual en rocas y peso volumétrico natural.	28
4.3. Humedad de absorción en rocas.	30
4.4. Gravedad específica en rocas.	32
4.5. Compresión simple en rocas.	34
4.6. Flexión estática en rocas.	36
5. Pruebas en Agregados Pétreos.	38
5.1. Descripción y aplicación de los agregados pétreos en la construcción.	38
5.2. Muestreo de agregados pétreos.	40
5.3. Cuarteo de gravas y arenas.	46
5.4. Contenido total de humedad por secado.	48
5.5. Masa específica y absorción de agua del agregado fino.	50
5.6. Masa específica y absorción de agua del agregado grueso.	53
5.7. Masa volumétrica de agregados.	55
5.8. Análisis granulométrico de agregados para concreto.	58
5.9. Sedimentación en arenas.	61
5.10. Equivalente de arena.	63
5.11. Módulo de finura de los agregados.	66
5.12. Resistencia a la abrasión en agregado grueso ó desgaste de los Ángeles.	67

6. Pruebas en Prefabricados (Bloques, Tabiques o Ladrillos, Tabicones y Adoquines)	69
6.1. Descripción y aplicación de los prefabricados (bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines) en la construcción.	69
6.2. Humedad actual en prefabricados.	71
6.3. Humedad de absorción en prefabricados.	73
6.4. Succión o absorción inicial en prefabricados.	75
6.5. Eflorescencia de los prefabricados.	77
6.6. Cabeceado de prefabricados.	79
6.7. Compresión simple en prefabricados.	81
6.8. Flexión estática en prefabricados.	82
7. Pruebas en Acero de refuerzo.	84
7.1. Descripción y aplicación del acero en la construcción.	84
7.2. Prueba de tensión en aceros.	87
7.3. Prueba de doblado en aceros.	93
7.4. Clasificación y procedimiento de inspección de la soldadura.	95
8. Pruebas en Morteros.	98
8.1. Descripción y aplicación del mortero en la construcción.	98
8.2. Compresión simple en morteros.	100
8.3. Tensión en morteros de cal, cemento y terciados.	103

8.4.	Fluidez en morteros.	105
9.	Pruebas en Concreto Hidráulico.	107
9.1.	Descripción y aplicación del concreto en la construcción.	107
9.2.	Muestreo del cemento hidráulico.	110
9.3.	Consistencia normal del cemento.	113
9.4.	Determinación del tiempo de fraguado por el Método Vicat.	117
9.5.	Determinación del tiempo de fraguado inicial y final de cemento hidráulico por el método de Gillmore.	120
9.6.	Determinación de la finura del cemento.	122
9.7.	Densidad aparente del cemento.	132
9.8.	Proporcionamiento de concreto por medio de nomogramas de Abrams.	134
9.9.	Muestreo del concreto fresco.	141
9.10.	Revenimiento del concreto fresco.	143
9.11.	Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.	146
9.12.	Elaboración y curado en laboratorio de especímenes de concreto.	150
9.13.	Cabeceado de especímenes cilíndricos de concreto.	155
9.14.	Resistencia a la compresión simple de cilindros de concreto.	157
9.15.	Resistencia a la flexión usando una viga de concreto con carga en el centro.	159
9.16.	Resistencia a la flexión usando una viga de concreto con carga en los tercios.	161

9.17. Determinación del índice de rebote en concreto endurecido utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro.	164
9.18. Extracción y prueba de corazones y vigas en concreto endurecido.	166
10.Recomendaciones para el manejo del Laboratorio.	170
11.Normatividad e importancia de certificación ISO 9001:2000.	174
Conclusiones.	181
Bibliografía	184
Anexos.	

RESUMEN

La presente tesis titulada “Control de calidad en resistencia de materiales, Manual de procedimientos de prueba y normatividad”, tiene como objetivo principal el establecer un manual de procedimientos de pruebas y ensayos a Rocas, Agregados Pétreos, Prefabricados, Acero de refuerzo, Morteros y Concreto Hidráulico, para los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Don Vasco A.C., con el fin de fortalecer sus conocimientos en la materia; así también concienciar a todas las personas que de una u otra forma participan en la construcción, que la manera mas adecuada de tener ó garantizar que una obra sea de buena calidad es contar con un laboratorio de control de calidad de materiales confiable, que cuente con manuales de procedimientos, personal capacitado, instalaciones adecuadas, equipo calibrado, certificados de calidad, entre otras cosas.

Se describe la normatividad utilizada para redactar los procedimientos de prueba y ensayo, además, se enlistan algunas ventajas de adoptar un sistema de gestión de calidad como el ISO 9001:2000. Para realizar los procedimientos de prueba fue necesario revisar la normatividad Mexicana y en ausencia de ella, la extranjera; las pruebas y ensayos descritos en el presente trabajo de tesis son las más comunes, y por lo tanto la más utilizadas en las obras civiles.

Los resultados obtenidos son satisfactorios ya que se logro el objetivo principal propuesto en el presente trabajo de tesis.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Partiendo de que la calidad es el conjunto de propiedades y características de un servicio, producto o proceso, que satisfacen las necesidades establecidas del cliente; y aplicando esto al área de la construcción que es una de las actividades económicas más importantes en México, y al mismo tiempo provoca una derrama económica significativa, es por ello, que es de vital importancia garantizar una buena calidad en todas las obras de ingeniería. Por supuesto que para garantizar una buena calidad, es indispensable utilizar materiales de la mejor calidad y darles el uso adecuado. Los procesos de construcción se pueden controlar teniendo en cuenta una mano de obra capacitada, sin embargo, los materiales deben ser sometidos a pruebas que garanticen su calidad y comportamiento al ser sometidos a los diferentes esfuerzos en la construcción.

Planteamiento del problema.

En la experiencia profesional, se ha visto que por desgracia la mayoría de los constructores no le dan la importancia que amerita la calidad de sus obras, y como consecuencia tienen problemas con sus clientes al momento de la firma del acta de entrega-recepción de obra. La calidad de los materiales no se monitorea a través de un laboratorio serio y confiable que nos garantice que los resultados que informan son verídicos; y se menciona esto, porque se ha constatado que algunos laboratorios de control de calidad no realizan las pruebas contratadas y se atreven a entregar

resultados inventados; en alguna ocasión un jefe de laboratorio dijo: “de cuánto quieres que te dé la resistencia del concreto”, a lo cual se le contestó que realizara la prueba y señalara la resistencia real; esto es lamentable que se dé en cualquier obra de ingeniería. En el capítulo 10 de esta tesis se enlistan algunas recomendaciones y requisitos necesarios para garantizar que el laboratorio y su personal posean la capacidad necesaria para operar y llevar a cabo las pruebas y ensayos necesarios, ojala que las personas que requieran de un laboratorio de pruebas tomen en cuenta estos puntos para contratar al laboratorio que será el responsable de controlar y evaluar la calidad de los materiales que se utilizarán en su obra, y así tener la seguridad que su inversión no estará en riesgo alguno y su obra cumplirá con las expectativas de calidad, seguridad y funcionalidad proyectadas.

En el capítulo 2 se dará una breve reseña de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C., así como del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la misma escuela; desde sus inicios hasta la actualidad y se mencionará a los ingenieros que han permitido la construcción y actualización de este laboratorio. En el capítulo 3 se enlistarán los equipos y aparatos de laboratorio más importantes para la realización de las pruebas de la sección de resistencia de materiales.

Los materiales que serán sometidos a las diferentes pruebas son: rocas, agregados pétreos, prefabricados (bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines), acero, mortero y concreto hidráulico. Citando las pruebas más representativas en los capítulos 4 al 9 para los materiales mencionados, dichas

pruebas están debidamente referenciadas tanto a normas nacionales como internacionales, cuando en su caso aún no existe normatividad mexicana y redactadas para una fácil ejecución y comprensión. Se enlistan algunas recomendaciones para que el laboratorio de pruebas y ensayos garantice al cliente que tiene la capacidad para operar y ofrecer un buen servicio.

Se menciona la normatividad utilizada en la redacción de las pruebas, así como la importancia de contar con la certificación ISO 9001:2000; y por ultimo se enlistan las conclusiones de la presente tesis.

Objetivos.

El objetivo principal que se presenta en este trabajo de tesis, es precisamente, normar el procedimiento de prueba sobre resistencia de materiales, los cuales arrojarán resultados que muestren un panorama general de la calidad y comportamiento de los mismos, permitiendo tener un control de los materiales más comunes usados en la construcción, así como los valores usados para el diseño estructural de cualquier edificación. Y por supuesto, servir como manual de procedimientos de pruebas en resistencia de materiales, para los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Don Vasco A.C., con el fin de fortalecer sus conocimientos en la materia; y es grato mencionar que pocas universidades cuentan con un manual como el que pretende ser esta tesis, así también concienciar a todas las personas que de una u otra forma participan en la construcción, que la manera mas adecuada de tener ó garantizar que una obra sea

de buena calidad es contar con un laboratorio de control de calidad de materiales confiable, que cuente con manuales de procedimientos, personal capacitado, instalaciones adecuadas, equipo calibrado, certificados de calidad, entre otras cosas.

Pregunta de investigación.

La presente investigación tiene como propósito el resolver la siguiente pregunta de investigación:

¿Que debe regir a un laboratorio para obtener resultados verídicos y de calidad sobre pruebas a Rocas, Agregados pétreos, Prefabricados, Acero de refuerzo, Morteros y Concreto hidráulico?

Justificación:

Este trabajo de tesis, es muy importante ya que establece procedimientos de prueba basados en normas mexicanas y extranjeras, lo cual genera certeza en los resultados obtenidos; además, beneficia a la Escuela de Ingeniería Civil ya que se genera un Manual de procedimientos de prueba que a la fecha no tiene, a los estudiantes de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Don Vasco A.C. porque fortalece sus conocimientos en la materia y a la comunidad en general por aportar datos de vital importancia, para que sus obras sean de mejor calidad y con ello garantizar la satisfacción total.

CAPÍTULO 1

MARCO DE REFERENCIA

La Universidad Don Vasco A.C. fue fundada en el año 1964 por el Sr. Cura José Luis Sahagún de la Parra y el Sr. Pbro. Gonzalo Gutiérrez Guzmán. En sus inicios contaba con un nivel de secundaria y preparatoria; en el año de 1970 dio inicio como Universidad, contando únicamente con la carrera de Administración y fue hasta el año de 1991 cuando se abrió la carrera de Ingeniería Civil, contando con una sección de Laboratorio de Mecánica de Suelos; el paquete de equipos y accesorios se adquirió por medio de una compra de Internet realizada por el Ing. Raúl Jamit Abud, dando inicio a las clases de prácticas de laboratorio de mecánica de suelos, en el mismo año; para los laudos de la generación 1991-1996.

CAPÍTULO 2

EQUIPO DE LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Los equipos y accesorios que se adquirieron fueron los siguientes: 4 Equipos para consolidación, 2 equipos para triaxial, 1 equipo para proctor, 2 equipos para límites de Consistencia, 1 juego de mallas para granulometría de arenas y uno para gravas, 4 básculas, 1 horno, 1 equipo para compresión simple, probetas para densidad de sólidos, 12 moldes cilíndricos, 1 equipo de revenimiento y equipo menor para complementar un estudio completo de mecánica de suelos y de calidad de concretos hidráulicos.

El encargado del laboratorio en su inicio fue el Ing. Anastacio Blanco Simiano y de acuerdo al equipo con el que se contaba y el que se adquirió se podían realizar pruebas como: Prueba Proctor, Límites de Atterberg, Consolidación Unidimensional, Densidad de Sólidos, Compresión Simple y Triaxial en suelos finos, Análisis Granulométrico en Arenas y Gravav, Revenimiento en Concreto Fresco, muestreo de Concreto, elaboración de Especímenes de Concreto y Resistencia a la Compresión Simple de Cilindros de Concreto.

Reconociendo el potencial de este laboratorio y el beneficio para la comunidad universitaria en la carrera de Ingeniería Civil, el entusiasmo del Ing. Anastacio Blanco

Simiano y su gestión ante el Ing. Raúl Jamit A.; permitió la incorporación del profesor Ing. Esteban Brito Chávez, el cuál fue encargado del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela de Ingeniería Civil de la UMSNH; participando en la impartición de los cursos de este laboratorio; posteriormente a partir del año 2002 el Ing. Anastacio Blanco Simiano en su carácter de subdirector de la carrera de Ingeniería Civil, continuó con la mejora del laboratorio adquiriendo juego de mallas para realizar la prueba de granulometría por lavado, báscula de precisión, probetas de plástico para medición de volúmenes, maquina de ensayo a compresión para especímenes cilíndricos de concreto y aplicó la primera calibración con células de cargas a los equipos de ensayo de mecánica de suelos existentes; algo que en mucho tiempo no se había realizado.

Actualmente el laboratorio de pruebas de la Universidad Don Vasco A.C. está en condiciones de realizar un estudio completo de propiedades índices y mecánicas de los suelos para cualquier obra civil; para las empresas o personas externas que lo soliciten, siendo los resultados hasta el momento bastante satisfactorios considerando las inversiones realizadas en el laboratorio.

Es importante señalar que de no ser por las personas que en este capítulo se citan, el laboratorio de control de calidad no contaría con el equipo ya mencionado, o peor aún, la carrera de Ingeniería Civil no tendría prácticas de laboratorio. Es por ello que se agradece a los ingenieros Raúl Jamit Abud, Anastacio Blanco Simiano,

Esteban Brito Chávez y el Sr. Benito Morales Cerano su apoyo para que la Universidad cuente con un laboratorio de mecánica de suelos y resistencia de materiales; se sabe que falta mucho por mejorar, pero se espera que en un futuro no lejano, se cuente con un laboratorio que esté a la altura de los mejores en el estado.

Es importante reconocer también el trabajo de otros compañeros que están desarrollando el manual de laboratorio para la sección de mecánica de suelos y la sección de hidráulica, y es así como se ha decidido tomar como un buen principio la elaboración de este manual de procedimientos de pruebas para el Laboratorio de Resistencia de Materiales; sobre todo basados en normas nacionales e internacionales avaladas por organismos reconocidos oficialmente.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS.

En el presente capítulo se abordará la metodología utilizada para la investigación, además, se muestran los principales equipos de laboratorio a utilizar para realizar las pruebas y ensayos que se mencionan en el presente trabajo de tesis. Los equipos se dividen en Equipo para pesado, secado y tamizado, para pruebas en Rocas, para pruebas al Cemento, para pruebas al Concreto fresco y endurecido, para pruebas al Acero y equipos generales.

3.1. ENFOQUE CUALITATIVO.

De acuerdo con Hernández Sampieri (2005), el enfoque cualitativo es, por lo general utilizado para descubrir dudas, se basa en métodos de recolección de datos que no arrojan resultados numéricos, más bien descripciones y observaciones que llevan a respuestas y al desarrollo de un tema.

3.2. INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL.

La investigación no experimental consiste en tomar como referencia datos existentes, sin modificar su contenido ni apreciación del mismo. No es posible manipular las variables o escoger aleatoriamente datos o documentos.

3.3. ESTUDIO TRANSVERSAL.

La investigación transversal toma datos en un momento específico, si abordar otro momento, muestra un panorama del tema en el tiempo que se realiza la investigación.

3.4. EQUIPOS DE LABORATORIO A UTILIZAR.

Es importante señalar que el éxito de un laboratorio de pruebas y ensayos, depende en gran parte de su personal, sin embargo, el equipo que posee el laboratorio es de vital importancia para garantizar que los resultados sean representativos de las pruebas y ensayos realizados; para esto es necesario definir el alcance del laboratorio de pruebas y ensayos, para determinar el equipo requerido para el desarrollo correcto de las pruebas, y adquirirlo ya sea nuevo o usado (mientras cumpla con la norma aplicable), en caso que sea usado el equipo, es necesario realizar la calibración del mismo (por un laboratorio debidamente acreditado). Así también el equipo debe ser sometido a mantenimiento rutinario para garantizar su correcto funcionamiento y contar con el programa de calibración periódico documentado y por supuesto respetarlo.

La Secretaria de Comunicaciones y Transporte (SCT) recomienda realizar comparaciones de resultados de los equipos con los de otro laboratorio, con el fin de tener certidumbre adicional a la de un certificado de calibración. Cabe mencionar que las pruebas comparativas deben ser a elementos de las mismas características en el mismo tiempo y forma. A continuación se presentan algunos equipos y aparatos de laboratorio, los cuales se utilizan para la correcta aplicación de las normas, y elaboración de las pruebas que se enlistan en la presente tesis.

3.4.1. EQUIPO PARA PESADO, SECADO Y TAMIZADO.



Balanza mecánica: Precisión de 1,0 gr, capacidad de 20,0 kg.



Balanza analítica de plato con lectura digital: Precisión y tolerancia de 0,01 gr, capacidad de 2,200 gr.



Balanza electrónica de precisión de carga superior: Precisión y tolerancia de 1,0 gr, capacidad de 60,000 gr.



Estas **estufas de secado** están especialmente diseñadas para laboratorios de ensayos de la industria de la construcción. Control de temperatura mediante un sistema termorregulador/indicador de precisión analógico o digital. Escala de

temperatura desde temperatura ambiente hasta 200 °C.



Tamizadora electromagnética: el movimiento de cribado vertical se lleva a cabo mediante una eficaz unidad electromagnética ajustada para obtener los mejores resultados con arena y áridos.

3.4.2. EQUIPO PARA PRUEBAS A ROCAS Y AGREGADOS PETREOS.



Máquina de compresión hidráulica de 2000 kN para cubos de hasta 200 mm y cilindros de hasta 160 x 320 mm.



11-0612/A con accesorios

como en agua.

Determinación de la **densidad de las partículas y la absorción de agua**: Esta conformado por un bastidor para pesada hidrostática junto con una balanza electrónica adecuada para determinar la densidad relativa. Las muestras de ensayo se pesen tanto en aire



48-D0441

Picnómetro: Jarra de vidrio con cono y junta de goma.



86-D1037

Picnómetro de 500 ml de capacidad, con obturador, tubo capilar y embudo.



48-D0440

Cono y pison para determinar la gravedad específica y absorción de arena.



Juego para ensayo del **equivalente de arena**: cuenta con cuatro probetas de medición dos tapones de goma, frasco medidor, tubo irrigador, conjunto de sifón con botella, pie de lastrado, embudo, regla graduada, una botella de solución tipo y muleta de transporte de plástico.

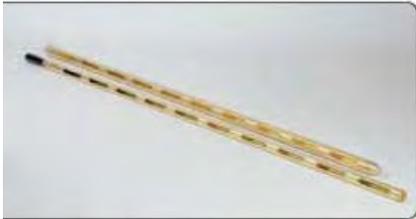


Máquina de abrasión Los Ángeles: La máquina está compuesta por un tambor de acero laminado con un diámetro interior de 711 mm y una longitud interna de 508 mm. La máquina está equipada con un contador automático que puede programarse con el número de revoluciones del tambor deseado.

3.4.3. EQUIPO PARA PRUEBAS AL CEMENTO.



62-L0001

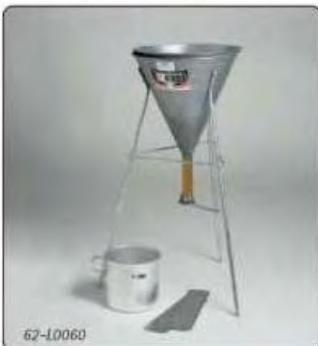


Toma de muestras de cemento: Se emplea para tomar muestras de cemento en almacenes o depósitos de transporte a granel. Está compuesto por dos tubos concéntricos con ranuras, el interior gira cerrando las ranuras y tomando la muestra; su capacidad es de 3 litros aprox.



62-L0041/A

Aparato de Blaine para determinación de la finura: se emplea para determinar el tamaño de las partículas del cemento, expresado en función de su superficie específica.



62-L0060

Aparato de medición de la densidad aparente del cemento: se compone de un embudo filtrante, una medida de peso unitario de 1 litro de capacidad, un trípode y una espátula.



62-L0003

Matraz de Chatelier: Se utiliza para determinar la gravedad específica del cemento y cal hidráulicos; Matraz de vidrio de 250 ml de capacidad con cuello graduado de 0 a 1 ml y de 18 a 24 ml, con pasos de 0,1 ml y un margen de error de 0,05 ml.



62-D1635

Aparato Vicat estándar: Está compuesto por un bastidor de metal con una varilla deslizante. Un indicador ajustable se desplaza por una escala graduada. La aguja o émbolo está unido al extremo inferior de la varilla para completar el peso de ensayo de 300 g.



Aparato Vicat



63-L0028/41

63-L0028



Aparato de Gillmore: se emplea para determinar el tiempo de fraguado del cemento. El aparato consta de dos brazos horizontales que llevan dos agujas de acero lastradas, rectificadas con precisión. La aguja inicial pesa 113 gr y mide 2,12 mm de diámetro y la aguja final pesa 453,6 gr y mide 1,06 mm de diámetro.

mide 1,06 mm de diámetro.

3.4.4. EQUIPO PARA PRUEBAS AL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO.



Muestreador de acero inoxidable: ideal para tomar muestras de concreto fresco.



Molde cilíndrico de acero: 150 mm diámetro x 300 mm altura.



Molde cúbico de acero de 300 mm por lado



Molde prismático de acero, dimensiones 100 mm de ancho x 100 mm de alto x 400 mm de longitud, 100x100x500 mm, 150x150x600 mm y 150x150x750 mm.



Cono de asentamiento: Diámetro superior 100 mm, diámetro de la base 200 mm, altura 300 mm y peso aproximado de 2,0 kg.



Perpendicularidad y rectitud de los moldes. Escuadra de mecánico, reglón de 300 mm, calibre de nonio digital de 155 mm, juego de galgas para espesores de 0,03 a 0,5 mm.



Maquinas de ensayo de compresión, para especímenes cilíndricos desde 4" x 8" (100 x 200 mm) y 6" x 12" (150 x 300 mm) hasta 160 x 320 mm.



Bastidor de 100 kN de capacidad con rodillos, célula de carga y juego de conexión para consola de control independiente



50-C1201/*

Maquina para ensayo de flexión:

Cuenta con bastidor sencillo y practico diseñado para la ejecución de ensayos en especimenes prismáticos de concreto. La distancia de los rodillos de carga se puede ajustar y desmontar con facilidad.



83-C0301/B con 83-C0301/t, y broca sacatestigos

83-C0301/A con 83-C0301/t, 83-C0300/2, y broca sacatestigos

Maquina de extracción de testigos: es

resistente y versátil, son ideales para uso en terreno, cuando sea necesario extraer testigos en cualquier ángulo.



conformidad de calibración.

58-C0181/N

conformidad de calibración. Ver 58-C0181/N1.

Esclerómetro para ensayo de concreto

endurecido (método del índice de rebote): Para realizar ensayos no destructivos en la superficie del concreto endurecido con la finalidad de evaluar la resistencia de una estructura en diferentes puntos.

3.4.5. EQUIPOS PARA PRUEBAS AL ACERO.

¡No es importante!
Los mandriles de más de 96 mm de diámetro se conectarán directamente al eje del gato.



Detalle del enderezamiento



Detalle del doblado

Máquina para ensayos de doblado en frío

de 12 toneladas de capacidad, se utiliza para doblar y enderezar barras de refuerzo de acero. La máquina está compuesta esencialmente por un gato hidráulico con mandril cilíndrico instalado horizontalmente en un bastidor resistente de acero que tiene también instalados dos rodillos de reacción fijos.

3.4.6. EQUIPOS GENERALES DE LABORATORIO.



Guantes: resistentes a temperaturas altas, al calor (para horno), de neopreno, de algodón con palmas de cuero, de piel suave y de goma de PVC de alta resistencia.



82-D1199



82-D1205



Termómetros de vidrio y digitales, para uso general en laboratorio.



Matraces conicos, vidrio de boro silicato, boca ancha. Para densidades y medición de volúmenes de líquidos.



Picnómetro, vidrio de boro silicato de boca ancha con tapón. Usado para la determinación de la densidad de arena y grava; medición de volúmenes de líquidos



Probetas de medición de vidrio graduadas con pico y con tapón. Es muy importante mencionar que todos los equipos y aparatos deben ser usados por personal capacitado, para que los resultados sean representativos de los materiales sometidos a las diferentes pruebas y ensayos.

3.5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Dado que existen demasiadas normas con respecto a los materiales sometidos a estudio, se optó por apoyarse en aquellas que son utilizadas comúnmente en los laboratorios de pruebas y ensayo, así como en las obras, por lo que luego de consultar a diversos ingenieros y constructores, se puede decir que las pruebas que aparecen en los capítulos 4, 5, 6, 7, 8 y 9 son las que resultaron coincidentes y, por lo tanto, se establecen como las principales a utilizar para realizar el control de calidad de las obras civiles, cabe mencionar que el control de calidad de las obras varia de acuerdo a las necesidades del cliente y las exigencias de la obra en sí misma, por lo que este trabajo de tesis solo sirve como referencia y no como algo determinante. En los capítulos mencionados anteriormente, se presenta tanto la teoría como el análisis de la misma y las pruebas mencionadas son parte del manual que quise lograr con este trabajo de tesis.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS EN ROCAS

El capítulo hace una descripción de las rocas y su clasificación, menciona su aplicación principal en el la construcción, así como las pruebas y ensayos a los que pueden ser sometidas como son: humedad, peso volumétrico, compresión simple y flexión.

4.1. DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DE LAS ROCAS EN LA CONSTRUCCIÓN.

Las Rocas son agregados naturales (sistemas homogéneos) que se presentan en nuestro planeta en masas de grandes dimensiones. Están formadas por uno o más minerales ó mineraloides. Los diferentes tipos de rocas se pueden dividir, según su origen, en tres grandes grupos: Rocas Ígneas, Metamórficas y Sedimentarias.

4.1.1 ROCAS ÍGNEAS.

Formadas a partir del enfriamiento de rocas fundidas (magmas). Las rocas ígneas son muy comunes y se dividen en tres tipos diferentes: plutónicas, volcánicas y filonianas.

Rocas Plutónicas, se forman cuando el magma solidifica en el interior de la Tierra; como en el interior las temperaturas son elevadas, el enfriamiento del magma es muy lento. En estas condiciones los minerales disponen de mucho tiempo para crecer, por lo que estas rocas presentan cristales relativamente grandes (se ven bien a simple vista). Como la presión del interior es también muy elevada, los minerales crecen

estrechamente unidos formando rocas densas y sin huecos. Los Granitos son las rocas plutónicas más comunes. Están compuestos por una mezcla de los minerales cuarzo, feldespatos y micas. El Gabro es otra roca plutónica muy común, se reconoce por la ausencia de cuarzo y sus tonos oscuros.

Rocas Volcánicas, se originan cuando los magmas enfrían en la superficie terrestre, a temperaturas y presiones bajas. En estas condiciones el enfriamiento es muy rápido con lo que los cristales disponen de muy poco tiempo para formarse y crecer. El resultado son rocas constituidas por una masa de cristales de pequeño tamaño o bien materia amorfa sin cristalizar (vidrio).

Al originarse en la superficie, donde la presión es baja, pueden adquirir un aspecto esponjoso. Es común clasificar las rocas volcánicas en función de su composición química. Una roca muy frecuente y fácil de reconocer por sus tonos oscuros es el Basalto. La Riolita, por el contrario, presenta tonos claros.

Rocas Filonianas, los magmas también pueden cristalizar en el interior de grietas o fracturas en las que las presiones y temperaturas no son tan elevadas como las que soportan las rocas plutónicas durante su formación, ni tan bajas como las de las rocas volcánicas. Algunos ejemplos de estas rocas son: Diabasas, Porfirio y Pegmatita.

4.1.2 ROCAS METAMÓRFICAS.

Formadas a partir de otras rocas que, sin llegar a fundirse, han estado sometidas a grandes presiones y temperaturas y se han transformado. El proceso metamórfico se realiza en estado sólido, es decir las transformaciones se producen sin que la roca llegue a fundirse. La mayoría de las rocas metamórficas se

caracterizan por un aplastamiento general de sus minerales que hace que se presenten alineados. Esta estructura característica que se denomina foliación se ve muy bien en rocas como Pizarras, Esquistos y el Gneis.

Las Pizarras son arcillas metamorfizadas. Presentan foliación muy recta, paralela y próxima. Generalmente son oscuras y con frecuencia contienen fósiles.

Los Esquistos son rocas que han sufrido un metamorfismo más intenso. Presentan foliación algo deformada y los fósiles que pudiera haber en la roca original desaparecen durante el proceso metamórfico.

El Gneis es una roca que ha sufrido un metamorfismo muy intenso. Sus principales minerales son cuarzo, feldespato y mica (como el granito) pero se presentan orientados en bandas claras y oscuras. Otras rocas metamórficas muy comunes son:

El Mármol: se trata de rocas carbonatadas (como las calizas) que han sufrido metamorfismo y presentan un aspecto cristalino característico.

La Cuarcita: son areniscas ricas en cuarzo metamorfizadas.

El metamorfismo puede ocurrir en diferentes ambientes terrestres, por ejemplo a ciertas profundidades las rocas sufren cambios debidos al peso de los materiales que hay por encima y a las grandes temperaturas. También se produce metamorfismo en los bordes de las placas tectónicas debido fundamentalmente a las grandes presiones que actúan y también alrededor del magma, gracias a las grandes temperaturas reinantes.

4.1.3 ROCAS SEDIMENTARIAS.

Formadas en zonas superficiales de la corteza terrestre a partir de materiales que se depositan formando capas o estratos. Son Detríticas si se originan a partir de

trozos de otras rocas. Químicas y Orgánicas si se forman a partir de precipitación de compuestos químicos o acumulación de restos de seres vivos.

Rocas Detríticas, son las formadas a partir de la sedimentación de trozos de otras rocas después de una fase de transporte. La clasificación de estas rocas se basa en los tamaños de los trozos que las componen. Las constituidas por trozos de tamaño grande son los Conglomerados, las Areniscas poseen granos de tamaño intermedio y los Limos y Arcillas poseen trozos muy pequeños.

Rocas Químicas y Orgánicas son las formadas a partir de la precipitación de determinados compuestos químicos en soluciones acuosas o bien por acumulación de sustancias de origen orgánico. Un tipo muy común es la roca Caliza, formada en su mayor parte por restos de organismos como corales, algas, etc. aunque también puede originarse por precipitación de cementos calcáreos. Las Tobas Calcáreas son rocas muy porosas y con abundantes restos vegetales que se originan en los ríos cuando el carbonato de calcio precipita sobre la vegetación. Los Carbones y Petróleos son rocas sedimentarias orgánicas originadas a partir de la acumulación de restos de materia orgánica; poseen un enorme interés económico.

Ahora bien, como ejemplo de las rocas utilizadas en la construcción, podemos mencionar a las siguientes, de acuerdo a su origen:

- Rocas ígneas: Andesita, Granito, Basalto, Escoria, Pómez, etc.
- Rocas sedimentarias: Caliza, Caliza dolomítica, etc.
- Rocas metamórficas: Mármol, Pizarras, Esquistos, etc.

Su aplicación es muy variada, pueden ser utilizadas para la fabricación de concreto hidráulico; por ejemplo, para un concreto ligero se puede utilizar como

agregado la roca ó Piedra Pómez y en ocasiones la Escoria Volcánica; para un concreto normal se puede utilizar Andesita, Caliza, Basalto y Granito; para un concreto pesado es aplicable la Limita, Barita y Magnetita. Algunas otras como el Mármol y cantera por citar algunas, son utilizadas en los acabados de las edificaciones.

4.2. HUMEDAD ACTUAL EN ROCAS Y PESO VOLUMÉTRICO NATURAL.

4.2.1. Objetivo.

Determinar el porcentaje de agua que contiene una muestra representativa de roca en estado natural, así como su peso por unidad de volumen en estado natural.

4.2.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Norma Mexicana NMX-C-166-1990. Contenido total de humedad por secado.

4.2.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas de roca de forma cúbica de 5 cm por lado, con humedad natural.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Formato de registro de datos.

4.2.4. Procedimiento.

4.2.4.1. Pesar la muestra con aproximación al décimo de gramo, siendo éste su peso inicial P_i .

4.2.4.2. Determinar las dimensiones reales de la muestra, y calcule el volumen (V_m) correspondiente de la muestra.

4.2.4.3. Secar la muestra en un horno a temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ durante 24 horas.

4.2.4.4. Sacar del horno la muestra, dejándola enfriar, y vuelva a pesarla, siendo éste su peso final P_s .

4.2.5. Cálculo.

Una vez obtenido P_i y P_s , y el volumen de la muestra, calcular el porcentaje de humedad natural y el peso volumétrico natural de la muestra con las siguientes fórmulas:

$$\% W_{actual} = \frac{P_i - P_s}{P_s} \times 100 \quad \gamma_{nat} = \frac{P_s}{V_m}$$

Donde:

$\% W_{actual}$ = Humedad actual expresada en porcentaje.

γ_{nat} = Peso volumétrico seco (kg).

P_i = Peso inicial de la muestra (en estado húmedo) (kg).

V_m = Volumen de la muestra (cm³).

P_s = Peso seco de la muestra (kg).

4.2.5.1. Finalmente se calcula el promedio del contenido de humedad natural y peso volumétrico natural de las 3 muestras representativas, y regístrelo en el formato datos en correspondiente.

4.3. HUMEDAD DE ABSORCIÓN EN ROCAS.

4.3.1. Objetivo.

Determinar el porcentaje de agua que puede absorber una muestra representativa de roca.

4.3.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Norma Mexicana NMX-C-164-1986 Masa específica y absorción de agua del agregado grueso.

4.3.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas de roca, forma cúbica de 5 cm por lado.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Recipiente con agua.
- Franela o lienzo.
- Formato de registro de datos.

4.3.4. Procedimiento.

4.3.4.1. Sature la muestra en un recipiente con agua destilada durante 24 horas.

4.3.4.2. Extraer la muestra y secarla superficialmente con un lienzo, pesándola para determinar su peso saturado superficialmente seco P_{SSS} , y determine el peso volumétrico en estado saturado como se explicó en la prueba 4.2.

4.3.4.3. Secar la muestra en un horno a temperatura de 110 °C \pm 5 °C durante 24 horas mínimo.

4.3.4.4. Sacar del horno la muestra, dejándola enfriar, y vuelva a pesarla, siendo éste su peso final o peso seco P_s .

4.3.5. Cálculo.

Una vez obtenido P_{sss} y P_s de la muestra, se calcula el porcentaje de absorción contenido en la muestra representativa de roca, haciéndolo con la siguiente fórmula:

$$\% W abs = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

$\% W abs$ = Humedad de absorción expresada en porcentaje.

P_{sss} = Peso saturado superficialmente seco de la muestra (kg).

P_s = Peso seco de la muestra (kg).

4.3.5.1. Finalmente calcule el promedio del contenido de humedad de absorción y del peso volumétrico saturado de 3 muestras representativas, y regístrelo en el formato datos en correspondiente.

4.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA EN ROCAS.

4.4.1. Objetivo.

Obtener la Gravedad Específica ó Densidad de una muestra representativa de roca.

4.4.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Norma Mexicana NMX-C-164-1986 Masa específica y absorción de agua del agregado grueso.

4.4.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas de roca de forma cúbica de 5 cm por lado.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo, con canastilla metálica.
- Recipiente con agua.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Formato de registro de datos.

4.4.4. Procedimiento.

4.4.4.1. Secar la muestra en el horno a una temperatura constante de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ durante 24 horas mínimo.

4.4.4.2. Extraer y dejar enfriar, pesarla obteniendo su peso seco P_s .

4.4.4.3. Poner a saturar la muestra en agua destilada durante 24 horas, posteriormente seque superficialmente con el lienzo o franela y después pésela, para obtener su peso saturado superficialmente seco (P_{sss}).

4.4.4.4. Se coloca en la canastilla adaptada en la báscula y se sumerge en agua, obteniéndose el peso sumergido ó peso en el agua (P_{sum}).

4.4.5. Cálculo. La fórmula para determinar la gravedad específica de la roca

es:

$$G.E. = Densidad = \frac{P_s}{P_{ss} - P_{sum}}$$

Donde:

P_{sum} = Peso sumergido ó peso en el agua (kg).

P_{ss} = Peso saturado superficialmente seco de la muestra (kg).

P_s = Peso seco de la muestra (kg).

4.4.5.1. Finalmente calcule el promedio de la densidad de las 3 muestras representativas, y regístrelo en el formato datos en correspondiente.

4.5. COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCAS.

4.5.1. Objetivo.

Determinar cual es la máxima carga que puede soportar una roca en compresión simple ó axial, en estado natural.

4.5.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM D2938, Método de prueba estándar para determinar la fuerza de compresión sin confinar de un corazón de roca intacta.

4.5.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas de roca de forma cúbica de 5 cm. por lado, considerándose en estado de humedad natural.
- Flexómetro y vernier Pie de Rey.
- Máquina universal de pruebas y micrómetro de carátula.
- Formato de registro de datos.

4.5.4. Procedimiento.

4.5.4.1. Tomar las medidas reales de la muestra, obteniendo con esto el área efectiva de la muestra.

4.5.4.2. Se coloca la muestra en la máquina universal de pruebas, cabeceándola con arena limpia que pase por la malla No. 16, el cabeceo deberá ser tanto en la parte superior como en la inferior de la muestra.

4.5.4.3. Ajustar y nivelar la máquina, así como el micrómetro de carátula (carga y deformación), que marque ceros para iniciar la carga.

4.5.4.4. Se aplica la carga en forma lenta y constante hasta la falla de la muestra, anotando las cargas y deformaciones en el formato de registro de datos.

4.5.5. Cálculo.

Se determina el esfuerzo máximo de ruptura a la compresión de una roca con la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo máximo a la compresión simple (kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada a la muestra (kg)

A = Área de contacto de la muestra (cm²).

4.5.5.1. Finalmente calcule el promedio de la resistencia de las 3 muestras representativas, y regístrelo en el formato datos en correspondiente.

4.6. FLEXIÓN ESTÁTICA EN ROCAS.

4.6.1. Objetivo.

Determinar el módulo de ruptura (MR) y el esfuerzo cortante (V) presentado en una roca sometida a flexión, en estado natural.

4.6.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Norma Mexicana NMX-C-303-1986 Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro.

4.6.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativa de roca con la siguiente dimensión: 30 cm de largo, 10 cm de ancho y 2,5 cm de espesor.
- Máquina universal de pruebas con aditamentos de carga para flexión, apoyos y micrómetros de carátula.
- Flexómetro y vernier Pie de Rey.
- Formato de registro de datos.

4.6.4. Procedimiento.

4.6.4.1. Tomar las dimensiones reales de la muestra.

4.6.4.2. Marcar el lugar donde irán los apoyos, esto es a 2,5 cm de los extremos de la muestra, así como también marque el centro de la muestra donde se aplicará la carga.

4.6.4.3. Colocar la muestra en la máquina universal y verificar que coincidan las marcas con las cuchillas de carga.

4.6.4.4. Ajustar y nivelar la máquina, así como el micrómetro de carátula que marque ceros para iniciar la carga.

4.6.4.5. Aplique la carga en forma lenta y constante hasta la falla de la muestra, anote cargas y deformaciones en el formato de registro de datos.

4.6.5. Cálculo.

El módulo de ruptura y el esfuerzo cortante se calculan con las siguientes expresiones:

$$MR = \frac{3 w L}{2 B D^2}$$

$$V = \frac{3 w}{2 A}$$

Donde:

w = Carga máxima aplicada (kg).

L = Longitud entre apoyos (cm).

A = Área transversal de la roca (cm²).

B = Ancho de la muestra (cm).

D = Espesor de la muestra (cm).

4.6.5.1. Finalmente calcule el promedio de la resistencia de las 3 muestras representativas, y regístrelo en el formato datos en correspondiente.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS EN AGREGADOS PÉTREOS.

El capítulo presenta una breve descripción y aplicación de los agregados pétreos en la construcción, así como las principales pruebas y ensayos a los que pueden ser sometidos como son: muestreo, humedad, masa volumétrica, análisis granulométrico y resistencia a la abrasión.

5.1. DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

La norma NMX-C-155-ONNCCE-2004, Concreto Hidráulico Industrializado y Especificaciones, define los agregados pétreos como: “Materiales naturales, naturales procesados o artificiales, que se mezclan con los cementos y agua para hacer morteros o concretos”. El agregado debe estar constituido por partículas limpias, duras, resistentes y durables, que desarrollen buena adherencia con la pasta del cemento, libres de recubrimientos de arcilla y de impurezas que interfieran el desarrollo de la resistencia del cemento. En las mezclas de concreto hidráulico convencional, los agregados representan entre el 60 y 75 % del volumen absoluto de todos los componentes; por lo anterior es evidente que las características y propiedades de los agregados ejercen una notable influencia en las propiedades del concreto.

El agregado fino abarca nominalmente partículas entre 4,75 y 0,075 mm (pasa la malla No. 4 y se retiene en la malla No. 200); el agregado grueso comprende tamaños nominales desde 4,75 mm hasta la dimensión de los fragmentos más grandes que contiene una muestra 7,5 cm (retenido en malla No. 4 y generalmente hasta 3").

Los agregados pueden clasificarse por el tipo de partícula que puede ser natural, semitriturado y triturado; o por su origen, la cual puede ser roca ígnea, sedimentaria o metamórfica las cuales fueron mencionadas en el capítulo de Rocas.

Las partículas de forma redondeada y superficie lisa, como las que se encuentran en depósitos aluviales (ríos), producen buena trabajabilidad en las mezclas de concreto, pero no son propicias para lograr una alta adherencia con la pasta del cemento. Las partículas de forma muy angulosa y superficies ásperas, como ocurre con la mayoría de los agregados manufacturados, son inconvenientes para la elaboración de mezclas trabajables, pero favorables en lo relativo a su adherencia con la pasta de cemento.

Algunas de las propiedades físicas de los agregados son: composición granulométrica, absorción, impurezas orgánicas, resistencia a la abrasión, etc. Dichas propiedades, serán evaluadas mediante las diferentes pruebas mencionadas en este capítulo.

5.2. MUESTREO DE AGREGADOS PÉTREOS.

5.2.1. Objetivo.

Obtener una muestra de agregados, obtenidos en campo de manera representativa del material que será utilizado en obra.

5.2.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-030-ONNCCE -2004 Muestreo de agregados.

5.2.3. Equipo a utilizar.

- Vehículo de transporte.
- Cajas de madera, costales ó bolsas herméticas de plástico rígido.
- Formato de registro de datos.

5.2.4. Procedimiento.

5.2.4.1. Localizar las fuentes de abastecimientos y definir el tipo de muestreo a realizar.

a). Realizar el muestreo de tajos a cielo abierto como sigue:

a1). Realizar canalones verticales en el espesor útil equidistantes según la homogeneidad del yacimiento.

a2). Eliminar el material de despalme y aquel que haya escurrido sobre el frente.

a3). Tomar las muestras simples en cantidades aproximadamente iguales desde la parte superior hasta la inferior de los estratos.

a4). Mezclar las muestras simples hasta obtener la muestra compuesta del yacimiento.

b). Realizar el muestreo por medio de pozos a cielo abierto cuando no se cuenta con un frente de ataque de la siguiente forma:

b1). Ubicar el número de pozos a realizar, dependiendo de la extensión del yacimiento.

b2). Excavar prismas rectangulares concéntricos de 40x100 cm de profundidad dependiendo de las características de cimentación del material.

b3). Dejar un escalón mínimo de 40 cm en todo el perímetro, a medida que se profundiza la excavación a fin de evitar la contaminación de las muestras simples que se toman realizando canalones en los escalones.

b4). Procurar que en la etapa final, el prisma tenga por lo menos 60 cm con la profundidad que se considere conveniente.

b5). Tomar las muestras simples, y vacía los resultados en el formato de registro de localización de cada pozo correspondiente.

c). Realizar el muestreo por medio de trincheras en laderas no escarpadas cubiertas de material de despilme de la siguiente forma:

c1). Remover el material de despilme haciendo una excavación escalonada de arriba hacia abajo.

- c2). Realizar zanjas en cada uno de los escalones para la extracción de muestras, evitando la contaminación del material.
- d). Realizar el muestreo de material de pepena cuando la piedra se localiza en la superficie del terreno de la siguiente forma:
 - d1). Realizar una inspección visual detallada del material localizado en el área.
 - d2). Tomar 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.
 - d3). Realizar el muestreo de brechas y aglomeradas que por lo general están cubiertos de tierra vegetal por medio de pozos a cielo abierto o excavando trincheras y haciendo observaciones sobre los aspectos de la roca.
- e). Realizar el muestreo en formaciones de roca no explotadas de la siguiente forma:
 - e1). Tomar en cuenta los siguientes aspectos geológicos del yacimiento.
 - e2). Localización, rumbo y consideración del depósito.
 - e3). Estructura de la formación, indicando si está fracturada y si la fractura es cerrada o abierta, y/o empacada en arcilla.

- e4). Presencia de estratos, lentes, diques y bolsas de material de contaminación del banco y sus características. Profundidad de la formación estratificada.
- e5). Grado de intemperización del yacimiento y si la misma es superficial.
- e6). Clasificación petrográfica del material explotable.
- e7). Eliminar el material de despalme y la capa de roca intemperizada.
- e8). Efectuar el muestreo mediante el procedimiento de pozo a cielo abierto o trincheras dependiendo de las características de la fuente de abastecimiento utilizando pulsetas, barrenadoras o rompedoras neumáticas.
- f). Realizar el muestreo de canteras de la siguiente forma:
 - f1). Tomar muestras representativas del material almacenado cuando la cantera está en explotación.
 - f2). Remover la capa intemperizada y tomar las muestras en el frente del banco siguiendo un criterio similar al indicado en el método de tajos a cielo abierto (inciso A) en el caso de que se trate de canteras abandonadas.
- g). Muestreo de material acamellonado en calzadas o en almacén de la siguiente forma:
 - g1). Eliminar la capa superior del material.
 - g2). Obtener por lo menos tres porciones de aproximadamente igual tamaño a diferente nivel y directriz

elegidas en forma aleatoria y que representen la profundidad total del material por muestrear.

g3). Combinar las muestras para formar una muestra de campo compuesta, la cual debe tener una masa igual o mayor que la recomendada.

h). Muestreo de la de la corriente de descarga de tolvas o bandas de la siguiente forma:

h1). Utilizar método aleatorio para seleccionar las unidades a muestrear considerando tres porciones iguales.

h2). Tomar cada una de las porciones de material a medida que se va descargando evitando segregación y sin derramar.

h3). Tomar las muestras de tolvas cuando están casi llenas.

h4). Colocar transversalmente a la longitud de la banda (cuando se trate de banda transportadora que se puede detener), dos láminas como referencia, que tenga el mismo perfil de la banda y que delimite la zona en que se tomará la muestra parcial.

h5). Repetir esta operación en tres zonas igualmente espaciadas.

h6). Retirar el material comprendido entre las dos placas en forma cuidadosa recolectando el polvo con cepillo.

h7). Muestrear el material en unidades de transporte sólo si las circunstancias lo hacen necesario y se diseña un plan de muestreo para el caso específico en consideración, que dé resultados confiables en el cual se define el número de muestras para presentar lotes y sublotes de tamaños específicos.

5.2.4.2. Obtener el número y tamaño adecuado de las muestras, deben obtenerse según el tipo y número de pruebas a aplicar.

5.2.4.3. Preparar las muestras en algunos casos antes de enviarlas al laboratorio, reduciéndolas por cuarteo cuando acusen un porcentaje menor de 10%, más grande, de acuerdo a lo indicado en el procedimiento de prueba de cuarteo, denominada 5.3. Cuarteo de Gravas y Arena.

5.2.4.4. Identificar las muestras con una tarjeta que contenga los siguientes datos: datos de obra, datos de la muestra, estudios a realizar, nombre del laboratorista, observaciones, croquis de ubicación y fecha.

5.2.4.5. Envasar las muestras en bolsas o costales, dependiendo del tamaño de la misma, y las cierra convenientemente para evitar pérdidas o contaminación y coloca la tarjeta de identificación en su interior.

5.2.4.6. Transportar las bolsas o costales al laboratorio, en forma cuidadosa sin exponerlas a sufrir alteraciones y las registra en el libro correspondiente, asignándoles el número de identificación para su ensaye.

5.3. CUARTEO DE GRAVAS Y ARENAS.

5.3.1. Objetivo.

Obtener una muestra del tamaño apropiado para la prueba de calidad correspondiente, de la obtenida en campo. Empleando en cada caso una técnica para minimizar las variaciones en características medibles entre la muestra probada y la muestra de campo.

5.3.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-170-1997-ONNCCE. Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas.

5.3.3. Equipo a utilizar.

- Cucharón de punta recta ó cuchara de albañil.
- Palas de forma rectangular.
- Escoba o cepillo.
- Lona de 2,0 m x 2,5 m.
- Formato de registro de datos.

5.3.4. Procedimiento.

5.3.4.1. Verificar que las muestras estén húmedas superficialmente y de no ser así, humedezca y después remezcle.

5.3.4.2. Colocar la muestra de campo sobre una superficie plana, limpia y dura, donde no pueda haber pérdida de material ni contaminación con materias extrañas, utilizando una lona cuando el material de piso pueda contaminar la muestra.

5.3.4.3. Mezclar el material completamente traspaleando toda la muestra en una pila cónica, depositando cada palada sobre la anterior.

5.3.4.4. Ejercer presión sobre el vértice y aplanar con cuidado la pila hasta que se obtenga un diámetro de aproximadamente 4 a 8 veces el espesor.

5.3.4.5. Dividir la pila aplanada en cuatro partes iguales con la pala o cuchara de albañil y elimina dos partes diagonalmente opuestas, incluyendo todo el material fino.

5.3.4.6. Mezclar el material restante y lo cuartea sucesivamente hasta reducir la muestra al tamaño requerido para las pruebas.

5.3.4.7. No olvidar colocar una etiqueta sobre la muestra para identificación de la misma en el laboratorio, colocando los datos de origen y el estudio a realizar, así como fecha y número de ensayo de la muestra.

5.4. CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD POR SECADO.

5.4.1. Objetivo.

Determinar el contenido total de humedad en una muestra de agregado mediante el secado de la misma.

5.4.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-166-1990. Contenido total de humedad por secado.

5.4.3. Equipo a utilizar.

- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Recipiente metálico.
- Agitador.
- Cristal.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Formato de registro de datos.

5.4.4. Procedimiento.

5.4.4.1. Tomar una muestra de material preparado de un tamaño aproximado indicado en la tabla siguiente de “masa de la muestra de agregado normal”.

mm.	150	102	90	75	64	50	40	25	20	13	10	fino
Kg.	30	25	16	13	10	8	6	4	3	2	1,5	0,5

5.4.4.2. Determinar su masa con aproximación de 0,1 %, evitando pérdida de humedad hasta donde sea posible; éste resultado lo registraremos como P_h “Peso Húmedo”.

5.4.4.3. Secar totalmente la muestra por medio de calor, teniendo la precaución de evitar pérdidas de partículas durante el secado y moviéndola continuamente cuando el secado no se realice en horno.

5.4.4.4. Considerar que la muestra está totalmente seca, cuando al colocar sobre ella un cristal a temperatura ambiente, ésta no se empaña.

5.4.4.5. Deja enfriar la muestra hasta temperatura ambiente y determina su masa con aproximación de 0,1 %; éste resultado lo registraremos como P_s "Peso Seco".

5.4.5. Cálculo: El porcentaje de humedad actual se calcula de la siguiente forma:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

P_h = Peso de la muestra sin secar en gramos.

P_s = Peso de la muestra seca en gramos.

5.4.5.1. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

5.5. MASA ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO FINO.

5.5.1. Objetivo.

Determinar la masa específica y la capacidad máxima de absorción de agua del agregado fino, para el cálculo y dosificación del concreto hecho con cemento Pórtland.

5.5.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-165-ONNCCE-2004 Masa específica y absorción de agua del agregado fino.

5.5.3. Equipo a utilizar.

- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Picnómetro con precisión de $\pm 0,1 \text{ cm}^3$.
- Molde de las características indicadas en la norma NMX-C-165-ONNCCE-2004 para la masa específica y absorción de agua del agregado fino, denominado cono para arenas.
- Pisón metálico cilíndrico de 340 ± 15 gr de masa de 25 ± 3 mm de diámetro.
- Horno de temperatura constante (máximo $200 \text{ }^\circ\text{C}$).
- Formato de registro de datos.

5.5.4. Procedimiento.

5.5.4.1. Tomar una muestra de agregado fino de un volumen cuando menos del doble del correspondiente del picnómetro que va a emplear.

5.5.4.2. Secar la muestra a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta masa constante, la deja enfriar hasta temperatura ambiente y determina su masa seca.

5.5.4.3. Sumergir la muestra en el agua o le adiciona por lo menos 61 % de la humedad del agregado y la mantiene así durante 24 ± 4 horas.

5.5.4.4. Retirar el exceso de agua evitando la pérdida de finos.

5.5.4.5. Extender la muestra en una superficie lisa y limpia no absorbente, expuesta a una corriente de aire caliente y la remueve con frecuencia hasta que se acerque a la condición de saturado y superficialmente seco que se detecta por el flujo libre de agregado.

5.5.4.6. Sostener el molde con su boca mayor hacia abajo sobre una superficie tersa no absorbente, y lo llena con una porción de la muestra hasta copetearla. Enrasa la superficie de la muestra y la compacta por la masa propia del pisón colocándolo suavemente 25 veces sin altura de caída, volviendo a enrasar cada vez que se requiera.

5.5.4.7. Levantar el molde verticalmente; si el material conserva la forma del molde es que todavía tiene humedad superficial y vuelve a remover y evaporar la muestra; si se disgrega un poco perdiendo parcialmente la forma, el agregado tiene la condición de saturado y superficialmente seco; si se disgrega más de lo indicado, la muestra se secó más de la condición de saturado y superficialmente seco, por lo que la mezcla con unos cuantos centímetros cúbicos de agua, la deja reposar 30 minutos y repite los pasos a partir del 5.5.4.5.

5.5.4.8. Tome una muestra preparada con una masa de 200 gr, determina su masa M_1 , secar a masa constante a temperatura de 100 a 110 °C, deje enfriar a temperatura ambiente y obtiene su masa seca M_s .

5.5.4.9. Determinar la masa del picnómetro lleno con agua hasta su nivel de aforo y secado superficialmente; la cual la denominaremos M_2 .

5.5.4.10. Agrega en el picnómetro la masa M_1 y le añada agua hasta que cubra la muestra en exceso.

5.5.4.11. Tapar el picnómetro, lo gira, lo agita e invierte para eliminar todas las burbujas de aire y si es necesario ajusta su temperatura a 23 ± 2 °C.

5.5.4.12. Llenar el picnómetro con agua hasta el nivel de aforo, lo seca superficialmente y determina su masa con aproximación de 0,1% de masa de la muestra empleada a este resultado lo llamaremos M_3 .

5.5.5. Cálculo. El porcentaje de absorción se calcula de la siguiente forma:

Donde:

$$\% \text{ absorcion} = \frac{M_{\text{sup}} - M_s}{M_s} \times 100$$

M_{sup} = Masa del material superficialmente seco (gr).

M_s = Masa del material seco (gr).

La Masa Específica se calcula de la siguiente forma:

Donde:

$$\text{masa específica} = \frac{M_1}{M_2 + M_1 - M_3}$$

M_1 = Masa de la muestra superficialmente seca (200 gr).

M_2 = Masa del picnómetro aforado (gr).

M_3 = M_1 mas agua hasta el nivel de aforo (gr).

5.6. MASA ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO.

5.6.1. Objetivo.

Determinar la masa específica y absorción de agua del agregado grueso, para el cálculo y dosificación del concreto hecho con cemento Pórtland.

5.6.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-164-1986 Masa específica y absorción de agua del agregado grueso.

5.6.3. Equipo a utilizar.

- Balanza con aproximación al décimo de gramo, con canastilla.
- Tanque de agua.
- Malla No. 4 (4,75mm).
- Probetas graduadas de 500 y 1000 cm³.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Formato de registro de datos.

5.6.4. Procedimiento.

5.6.4.1. Prepare la muestra de agregado grueso de una masa de por lo menos lo indicado en la siguiente tabla, según el tamaño nominal máximo de la muestra:

Mm.	13	20	25	40	50	64	76	90	100	112	125	150
Kg.	2	3	4	5	8	12	18	25	40	50	75	125

5.6.4.2. Lavar el material sobre la criba No. 4,75 (No. 4) hasta eliminar los tamaños menores, polvo o cualquier otro material adherido a la superficie.

5.6.4.3. Secar la muestra a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta masa constante, la deja enfriar a temperatura ambiente hasta que ésta sea manejable (40 °C) y determina su masa seca M_s .

5.6.4.4. Sumerge la muestra en agua y mantenerla durante 24 ± 4 horas.

5.6.4.5. Sacar del agua las porciones de agregado, secar superficialmente con una franela, secando las partículas grandes individualmente, hasta que las superficies pierdan el brillo acuoso y el material quede saturado y superficialmente seco y determina su masa M_{sss} .

5.6.4.6. Colocar la muestra saturada y superficialmente seca en un recipiente y determina su peso en agua a 23 ± 2 °C, agitando el recipiente mientras es sumergido a una profundidad suficiente para cubrirlo a él y a la muestra, eliminando el aire atrapado.

5.6.4.7. Secar la muestra a una temperatura de 105 ± 5 °C, dejar enfriar a temperatura ambiente hasta que sea manejable (40 °C) y determine su peso.

5.6.5. Cálculo. El porcentaje de absorción se calcula de la siguiente forma:

Donde:

$$\% \text{ absorcion} = \frac{M_{sss} - M_s}{M_s} \times 100$$

M_s = Masa del material seco (gr).

M_{sss} = Masa del material saturado y superficialmente seco (gr).

Úsese la fórmula para el cálculo de la masa específica de la prueba no. 5.5.

5.6.5.1. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

5.7. MASA VOLUMÉTRICA DE AGREGADOS.

5.7.1. Objetivo.

Determinar la masa del material por unidad de volumen, siendo el volumen el ocupado por el material en un recipiente especificado.

5.7.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-73-1983. Masa volumétrica de agregados para concreto.

5.7.3. Equipo a utilizar.

- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Varilla de compactación.
- Recipiente metálico de forma cilíndrica de acuerdo a la tabla de “dimensiones de los recipientes” indicada en la norma NMX-C-73-1983 de masa volumétrica de agregados para concreto; 5,000 ó 10,000 mililitros.
- Formato de registro de datos.

5.7.4. Procedimiento.

5.7.4.1. Secar la muestra de agregados hasta masa constante a 105 ± 5 °C y mezclarlo homogéneamente.

5.7.4.2. Determinar la masa del recipiente con la placa de vidrio con aproximación de $\pm 0,1\%$.

5.7.4.3. Llenar el recipiente con agua limpia y lo cubre con la placa.

5.7.4.4. Determinar la masa neta del agua con la misma aproximación de la tara.

5.7.4.5. Medir la temperatura del agua y en función de ella, determina la masa unitaria del agua de acuerdo con la tabla de “densidad del agua a varias temperaturas” indicada en la norma NMX-C-73-1983 de masa volumétrica de agregados para concreto.

5.7.4.6. Calcular el factor para el recipiente, dividiendo la masa unitaria del agua entre la masa de ésta requerida para llenar el recipiente.

5.7.4.7. Determinar la masa volumétrica suelta en agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 100 mm o menos, llenando el recipiente por medio de un cucharón, dejando caer el material desde una altura no mayor de 5 cm sobre la parte superior del recipiente hasta que el material se derrame por la parte superior y enrasando y compensando la superficie con los dedos o con un rasero.

5.7.4.8. Determinar la masa neta del agregado contenido en el recipiente.

5.7.4.9. Obtener la masa volumétrica suelta del agregado multiplicando su masa neta por el factor del recipiente.

5.7.4.10. Compactar la muestra con varilla cuando los agregados tienen un tamaño máximo nominal de 40 mm o menos, llenando el recipiente en tres capas de aproximadamente igual volumen y compactando cada una de éstas con 25 golpes de varilla distribuidos uniformemente sobre la superficie, cuidando que al compactar la primera capa no golpee fuertemente el fondo del recipiente y en la segunda y la última capa, sólo penetre la última capa colocada.

5.7.4.11. Compactar la muestra por impactos, cuando tienen un tamaño máximo nominal mayor de 40 y menor de 100 mm llenando el molde en tres capas de aproximadamente igual volumen y dejando caer alternativamente en cada capa los lados diametralmente opuestos del recipiente 50 veces sobre una base firme a una altura de 5 cm; nivela la superficie con los dedos o con un rasero compensando las depresiones de la superficie.

5.7.4.12. Determinar la masa neta del agregado contenido en el recipiente.

5.7.4.13. Finalmente registra los datos en el formato correspondiente.

5.8. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO.

5.8.1. Objetivo.

Determinar la clasificación por tamaños de las partículas que componen los agregados, mediante la utilización de mallas.

5.8.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-77-1997-ONNCCE. Análisis Granulométrico de Agregados para Concreto.

5.8.3. Equipo a utilizar.

- Charolas.
- Cucharón.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Juego de cribas o mallas de acero.
- Formato de registro de datos.

5.8.4. Procedimiento.

5.8.4.1. Preparar la muestra de agregado fino de tal manera que al secarla tenga por lo menos las siguientes cantidades:

- a).- 100 gr de agregados que tienen por lo menos el 90 % que pasa por la criba No. 2,36 (No. 8).
- b).- 500 gr de agregados que tienen por lo menos el 85 % que pasa por la criba No. 4,76 (No. 4) y se retiene más del 5 % en la criba No.2,36 (8).

5.8.4.2. Preparar la muestra de agregado grueso de tal manera que al secarla sea de una masa de por lo menos lo indicado en la siguiente tabla, según el tamaño nominal máximo de la muestra:

Mm.	10	13	20	25	40	50	65	75	90
Kg.	2	4	8	12	16	20	25	45	70

5.8.4.3. Secar la muestra a masa constante, temperatura 110 ± 5 °C.

5.8.4.4. Armar las cribas que van a usarse en orden descendente de aberturas, coloca la muestra en la criba superior y la tapa bien.

5.8.4.5. Agitar las cribas hasta que no pase material a la siguiente criba, de tal forma que satisfaga el criterio de un cribado correcto el cual se cumple cuando no más del 1% en masa del residuo, en cualquier criba individual, pase esa criba durante un minuto de cribado continuo dándole un movimiento hacia arriba y golpeándola lateralmente a razón de 120 veces por minuto, girándola 1/6 de vuelta cada vez que le dé 25 golpes.

5.8.4.6. Determinar la masa retenida en cada criba y calcula los porcentajes hasta los décimos.

5.8.4.7. Colocar en una charola de tamaño adecuado la muestra seca de gravas de tamaño nominal grande con su masa previamente determinada y coloca sobre otra charola la criba de mayor tamaño a utilizar y dentro de ella, coloca porciones de la muestra que no cubran la malla en más de una capa de partículas y las agita, cuidando que todas las partículas tengan movimiento sobre la malla.

5.8.4.8. Pasar el material retenido en la malla a otra charola cuando ya no pase el material, y continúa así con la siguiente porción en la misma muestra hasta cribarla toda.

5.8.4.9. Determinar la masa del retenido total en esa criba, lo registra en el formato correspondiente y continúa con las siguientes cribas en la misma forma hasta la No. 4,76 (No. 4) No. 2,36 (No. 8), según sea el caso.

5.8.4.10. Determinar la masa y registrar en la misma hoja de trabajo, el material que pasó la criba inferior.

5.9. SEDIMENTACIÓN EN ARENAS.

5.9.1. Objetivo.

Determinar si el material fino que contiene una arena es aceptable, para definir si se acepta o no para la elaboración de concreto.

5.9.2. Normas que aplican. (Norma de referencia).

ASTM D422. Método de prueba estándar para el análisis del tamaño de las partículas de un suelo.

5.9.3. Equipo a utilizar.

- Frasco graduado con tres marcas, la primera a los 414 ml, la segunda a los 444 ml y la tercera a los 828 ml.
- Un litro de agua destilada.
- Formato de registro de datos.

5.9.4. Procedimiento.

5.9.4.1. Preparar una muestra de arena seca de 2 kg aproximadamente y la coloca dentro del frasco hasta la marca de 414 ml, enseguida se coloca agua hasta la marca de 828 ml.

5.9.4.2. Tapar con la palma de la mano el frasco que contiene el material con el agua y se procede a agitarlo hasta que todo el material fino quede en suspensión en el agua durante dos minutos.

5.9.4.3. Dejar reposar el frasco durante 24 horas para determinar el nivel del material fino, esto sucede durante el tiempo de reposo el material, se sedimenta y hay que revisar si el material fino rebasa el nivel de 444 ml.

5.9.4.4. Si el nivel del material fino rebasa la marca de 444 ml se reporta el material con exceso de finos.

5.9.4.5. Si el material fino no rebasa la marca de 444 ml se reportará que el contenido de material fino es aceptable.

5.9.4.6. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

5.10. EQUIVALENTE DE ARENA.

5.10.1. Objetivo.

Determinar las proporciones volumétricas relativas de las partículas gruesas de un suelo, respecto a los finos plásticos que contiene, empleando un procedimiento que amplifica el volumen de los materiales finos plásticos.

Es un procedimiento rápido para conocer la calidad de los materiales que se emplean como subbase, base, carpeta asfáltica y arena para concreto.

5.10.2. Normas que aplican. (Norma de referencia).

ASTM D2419, Método de prueba estándar para determinar el equivalente de arena de suelos y agregados finos.

5.10.3. Equipo a utilizar.

- Probetas de lucita o acrílico graduadas en décimos de pulgada.
- Tapón de hule y tubo irrigador.
- Un tramo de manguera.
- Un pisón metálico de 1000 \pm 5 gramos.
- Cápsulas de 85 \pm 5 ml (metálicas).
- Embudo.
- Cronómetro.
- 2 frascos de 3,875 lt.
- Malla No. 4,76 (No. 4).
- Papel filtro No. 12.
- Solución de reserva y de trabajo
- Formato de registro de datos.

5.10.4. Procedimiento.

Preparación de la solución de reserva: En un frasco se disuelven 454 gramos de cloruro de calcio en 1,89 litros de agua destilada, se deja enfriar la solución y se hace pasar a través del papel filtro, se le agregan 47 gramos de formaldehído en solución volumétrica al 40 % y 2 050 gramos de glicerina USP (normalizada), mezclando el total, agregando agua destilada hasta completar los 3,785 litros y agitando toda la solución para uniformizarla.

Preparación de la solución de trabajo: En un frasco de 3,875 litros se colocan $85 \pm 5 \text{ cm}^3$ de la solución de reserva completando con agua destilada hasta el nivel de 3,785 litros.

5.10.4.1. Se toma una muestra de material de aproximadamente 500 gramos que pasa la malla No. 4, procurando que no se pierdan finos.

5.10.4.2. Se llena la cápsula y se golpea para acomodar el material y se enrasa.

5.10.4.3. Previamente en la probeta se verterá solución de trabajo hasta una altura de $4 \pm 0,1$ de pulgada y se coloca la muestra en la probeta previamente preparada, usando un embudo para evitar pérdidas de material. Déjese reposar 10 ± 1 minuto procurando no mover la probeta en este lapso de tiempo.

5.10.4.4. A continuación colóquese un tapón de hule a la probeta inclinándola para que afloje el material del fondo y agítese con una carrera de 20 centímetros (8 pulgadas) hasta completar 90 ciclos en 30 segundos.

5.10.4.5. Se introduce el tubo irrigador, se pica el material y con el mismo se baja el material que quedo en las paredes de la probeta, se llena con solución de trabajo hasta la marca de 15 y se deja reposar 20 minutos al termino de este tiempo en la escala de la probeta se lee el nivel superior de la arcilla en suspensión la cual se denominará lectura de arcilla.

5.10.4.6. Se introduce el pisón lentamente en la probeta ajustando hasta que el pisón se apoye en la arena, el nivel donde se apoya en la arena se denominará lectura de arena.

5.10.5. Cálculo.

$$E \text{ de arena} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

5.10.4.7. La prueba se realizará por triplicado y se hará un promedio de los resultados.

Causas de error:

- Que el agitado de haga en forma inapropiada.
- Que se muevan las probetas al estar en reposo.
- Al poner en reposo la probeta, bajarla a velocidad excesiva.

5.10.5.1. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

5.11. MÓDULO DE FINURA DE LOS AGREGADOS.

5.11.1. Objetivo.

Determinar el número empírico de la suma de los por cientos totales retenidos en una muestra de agregados en una serie especificada de mallas, dividida entre cien.

5.11.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-77-1997-ONNCCE. Análisis Granulométrico de Agregados para Concreto.

5.11.3. Equipo a utilizar.

- Juego de mallas Núms. 100, 50, 30, 16, 8 y 4.
- Formato de registro de datos.

5.11.4. Procedimiento.

5.11.4.1. Preparar la muestra representativa de agregado fino.

5.11.4.2. Cribar la muestra por las series de mallas Núms. 100, 50, 30, 16, 8 y 4 de acuerdo a lo indicado en el procedimiento 5.8 Análisis Granulométrico de Agregados para Concreto.

5.11.4.3. Determinar el peso retenido en cada malla.

5.11.4.4. Sumar todos los porcentos retenidos acumulativos (que es igual al % retenido en la malla mas el % acumulativo de la malla anterior) de la muestra de agregado de cada una de una serie especificada de mallas y divide la suma entre 100.

5.11.4.5. Finalmente registre los datos en el formato de datos correspondiente.

5.12. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN EN EL AGREGADO GRUESO O DESGASTE DE LOS ANGELES.

5.12.1. Objetivo.

Determinar la resistencia de la degradación por abrasión e impacto de los agregados gruesos de tamaños nominales pequeños y grandes, empleando la máquina de los Ángeles.

5.12.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-196-1984 Resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregados grueso usando la máquina de los Ángeles.

5.12.3. Equipo a utilizar.

- Máquina de abrasión los Ángeles.
- Juego de cribas.
- Balanza con aproximación de uno al millar de la masa de carga.
- Carga abrasiva. De acuerdo a tabla I “Carga Abrasiva”
- Formato de registro de datos.

5.12.4. Procedimiento.

5.12.4.1. Reducir la muestra de acuerdo al procedimiento 5.3. Cuarteo de Gravas y Arenas.

5.12.4.2. Lavar la muestra y la secarla en el horno a una temperatura de 105 a 110 °C a masa constante, evitando el lavado cuando observa las partículas limpias.

5.12.4.3. Introducir una muestra acondicionada de acuerdo con la tabla II de “granulometría de las muestras de prueba acondicionadas para los

tamaños grandes” o con la tabla III de “granulometría de las muestras de prueba acondicionadas para los tamaños chicos”, descritas en la NMX-C-196-1984 para la resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregado grueso usando la máquina de los Ángeles; y una carga abrasiva descrita en la tabla I de la misma norma, en la máquina de los Ángeles, y la hace trabajar a una velocidad de 30 a 33 r.p.m. hasta completar 1000 revoluciones para las granulometrías de la tabla II, tamaños grandes y 500 revoluciones para las granulometrías de la tabla III, tamaños chicos.

5.12.4.4. Descargar el material de la máquina y hace una separación preliminar del mismo, empleando una malla de abertura mayor que la No. 12 (1,70 mm), de acuerdo con el procedimiento 5.8 Análisis Granulométrico de Agregados para Concreto.

5.12.4.5. Lavar el material retenido por la criba anterior hasta eliminar totalmente el polvo, la seca en el horno hasta masa constante y determina su masa con aproximación de 1,0 gr.

5.12.5. Cálculo.

Donde:
$$D = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

D = Desgaste del material pétreo, en por ciento.

W_f = Peso final de fracción retenida en malla No. 12 (1,70 mm) en gramos.

W_i = Peso inicial de la muestra de prueba, en gramos.

5.12.5.1. Finalmente registra los datos obtenidos en el formato correspondiente.

CAPÍTULO 6

PRUEBAS EN PREFABRICADOS (BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS, TABICONES Y ADOQUINES).

El capítulo presenta una breve descripción y aplicación de los prefabricados en la construcción, así como las principales pruebas y ensayos a los que pueden ser sometidos como son: humedad, absorción, compresión simple y flexión.

6.1. DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS PREFABRICADOS (BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS, TABICONES Y ADOQUINES), EN LA CONSTRUCCIÓN.

La norma mexicana NMX-C-036-ONNCCE-2004. Bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines. Resistencia a la compresión, establece las siguientes definiciones:

Ladrillo o tabique: componente de forma prismática fabricado con arcillas comprimidas o extruídas, mediante un proceso de cocción.

Bloque: componente de forma prismática que se obtiene por moldeo de concreto y otros materiales siendo siempre hueco.

Tabicón: componente de forma prismática que se obtiene por moldeo de concreto y otros materiales siendo siempre macizo.

Adoquín: componente de forma prismática que se obtiene por moldeo de concreto y otros materiales siendo siempre macizo; utilizado como superficie de rodamiento en calles, avenidas y en zonas de circulación peatonal.

Las aplicaciones en la construcción de estos prefabricados son muros de carga, tapón o divisorios en edificaciones, ya sea teniendo una función estructural (resistencia a la compresión) ó simplemente como división ó tapón. En algunas ocasiones los tabicones de concreto son utilizados para la construcción de muros de contención, los bloques generalmente para muros y bardas y por ultimo el adoquín que es utilizado para vialidades, que de acuerdo al uso requerido será la resistencia necesaria del producto.

En la región podemos encontrar todos los prefabricados mencionados anteriormente, por supuesto de diferentes calidades entre un lote de fabricación y otro, ya que no se cuenta con un control de calidad adecuado de los componentes principales (arena, arcilla, granzón o arena gruesa, agua y cantidades de cemento, etc.); una de las recomendaciones para los fabricantes de prefabricados, es la de contar con un control de calidad permanente de sus productos, realizando pruebas a sus agregados pétreos y ensayando su producto final; con ello se optimizan los recursos requeridos y generan confianza con los clientes, tanto internos como externos.

6.2. HUMEDAD ACTUAL EN PREFABRICADOS.

6.2.1. Objetivo.

Determinar el porcentaje de agua que contiene una muestra representativa del prefabricado en estado natural, así como su peso por unidad de volumen en estado natural.

6.2.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Norma Mexicana NMX-C-166-1990. Contenido total de humedad por secado.

6.2.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas del prefabricado, se tomarán 3 mitades.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Formato de registro de datos.

6.2.4. Procedimiento.

6.2.4.1. Se pesa la muestra con aproximación al décimo de gramo, siendo éste su peso inicial P_i .

6.2.4.2. Determinar las dimensiones reales de la muestra, y calcule el volumen (V_m) correspondiente de la muestra.

6.2.4.3. Secar la muestra en un horno a temperatura de 110 °C \pm 5 °C durante 24 horas.

6.2.4.4. Saque del horno la muestra, dejándola enfriar, y vuelva a pesarla, siendo éste su peso final P_s .

6.2.5. Cálculo. Una vez obtenido P_i y P_s , y el volumen de la muestra, calcule el porcentaje de humedad natural y el peso volumétrico natural de la muestra con las siguientes fórmulas:

$$\% W_{nat} = \frac{P_i - P_s}{P_s} \times 100$$

$$\gamma_{nat} = \frac{P_i}{V_m}$$

Donde:

$\% W_{actual}$ = Humedad actual expresada en porcentaje.

γ_{nat} = Peso volumétrico natural (kg).

P_i = Peso inicial de la muestra (en estado húmedo) (kg).

V_m = Volumen de la muestra (cm³).

P_s = Peso seco de la muestra (kg).

6.2.5.1. Finalmente calcule el promedio del contenido de humedad natural y peso volumétrico natural de las tres muestras representativas y registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

6.3. HUMEDAD DE ABSORCIÓN EN PREFABRICADOS.

6.3.1. Objetivo.

Determinar el porcentaje de agua que puede absorber una muestra representativa.

6.3.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Norma Mexicana NMX-C-164-1986 Masa específica y absorción de agua del agregado grueso.

6.3.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas del prefabricado (3 mitades).
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Recipiente con agua.
- Franela o lienzo.
- Formato de registro de datos.

6.3.4. Procedimiento.

6.3.4.1. Sature la muestra en un recipiente con agua destilada durante 24 horas.

6.3.4.2. Extraiga la muestra y séquela superficialmente con un lienzo, pesándola para determinar su peso húmedo P_h , y determine el peso volumétrico en estado saturado como se explicó en la prueba 6.2.

6.3.4.3. Secar la muestra en un horno a temperatura de 110 °C \pm 5 °C durante 24 horas.

6.3.4.4. Saque del horno la muestra, dejándola enfriar, y vuelva a pesarla, siendo éste su peso final P_s .

6.3.5. Cálculo.

Una vez obtenido P_h y P_s de la muestra, se calcula el porcentaje de absorción contenido en la muestra representativa, haciéndolo con la siguiente fórmula:

$$\% W abs = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

$\% W abs$ = Humedad de absorción expresada en porcentaje.

P_h = Peso húmedo de la muestra (kg).

P_s = Peso seco de la muestra (kg).

6.3.5.1. Finalmente calcule el promedio del contenido de humedad de absorción y peso volumétrico saturado de las tres muestras representativas y registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

6.4. SUCCIÓN O ABSORCIÓN INICIAL EN PREFABRICADOS.

6.4.1. Objetivo.

Conocer la absorción inicial, succión o cantidad de agua que absorbe el prefabricado durante un minuto.

6.4.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Norma Mexicana NMX-C-164-1986 Masa específica y absorción de agua del agregado grueso.

6.4.3. Equipo a utilizar.

- Cinco muestras representativas (mitades o enteros).
- 2 barras metálicas de 12,7 o 15,24 cm (5 ó 6") de longitud de sección rectangular o triangular, con una altura de 0,64 cm ($\frac{1}{4}$ ") y un ancho de 0,79 cm ($\frac{5}{16}$ ").
- Escala (regla graduada).
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Cronómetro.
- Lienzo.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Recipiente.
- Formato de registro de datos.

6.4.4. Procedimiento.

6.4.4.1. Secar los especímenes en el horno a $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

6.4.4.2. Dejar enfriar un poco hasta temperatura constante $21 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.4.4.3. Medir el largo y ancho de la superficie que estará en contacto con el agua.

6.4.4.4. Pesar el espécimen al décimo de gramo.

6.4.4.5. Se marcan las muestras a 32 mm (1/8") de la cara que succionará hacia arriba.

6.4.4.6. Se coloca sobre las barras y se agrega agua hasta la marca de 32 mm (1/8") durante 1 minuto ± 1 segundo, con el nivel de agua constante en la marca.

6.4.4.7. Se saca la muestra y se seca superficialmente con el lienzo durante 10 segundos.

6.4.4.8. Se pesa la muestra al décimo de gramo en un tiempo menor a dos minutos.

6.4.5. Cálculo.

Se determina el peso del agua succionada (w) con: $w = P_f - P_i$

Si la muestra tiene un peso de succión w (expresada en gr/cm^2), una longitud L y un ancho medido B , entonces se calculará la succión (x) con la expresión:

$$x = \frac{30w}{LB}$$

6.4.5.1. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente (se menciona el lugar y lote de procedencia).

6.5. EFLORESCENCIA DE LOS PREFABRICADOS.

6.5.1. Objetivo.

Conocer mediante la observación, el índice contenido de materia orgánica en el prefabricado, vista en forma comparativa.

6.5.2. Normas que aplican.

ANSI 118.3. Método de prueba para determinar la eflorescencia de tabiques.

6.5.3. Equipo a utilizar.

- Seis especímenes del prefabricado completo.
- Cepillo.
- Recipiente para agua.
- Horno de temperatura constante (máximo 200 °C).
- Formato de registro de datos.

6.5.4. Procedimiento.

6.5.4.1. Se limpian con el cepillo las 6 muestras representativas de tabiques, para eliminar sustancias que no formen parte de él.

6.5.4.2. Se colocará un espécimen de cada par poniéndolo de punta en el recipiente con agua destilada, sumergidos 1 pulgada durante 7 días (con el tirante constante) y una temperatura ideal de 24 °C \pm 8 °C.

6.5.4.3. Se cuidará que si las muestras están en un solo recipiente queden al menos separadas 5 cm.

6.5.4.4. El segundo espécimen de cada par se colocará en el mismo lugar a igual temperatura, pero sin estar en contacto con el agua.

6.5.4.5. Se sacan las muestras del agua a los 7 días y junto con su par se secan en el horno durante un mínimo de 24 horas a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.5.4.6. Se colocan junto con sus pares en una mesa, se observan y se comparan.

Reporte.

No eflorescencia. Si a simple vista el prefabricado no tiene cambio de color sobre ellos (comparando el que estuvo en el agua con su par que estuvo afuera).

Eflorescencia Ligera. Si habiendo un ligero cambio de su color, a una distancia de 3 metros no se nota nada, entonces se reportará como.

Eflorescencia. Si a 3 metros es notable la diferencia.

Se indicará el lugar de donde provienen las muestras.

6.5.4.7. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

6.6. CABECEADO DE PREFABRICADOS.

6.6.1. Objetivo.

Lograr en el tabique una superficie plana, lisa y horizontal, para que la carga se distribuya uniformemente.

6.6.2. Normas que aplican. (Norma Referenciada).

NMX-C-036-ONNCCE-2004 Bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines - Resistencia a la compresión.

6.6.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas del prefabricado.
- Charolas.
- Espátula.
- Yeso.
- 1 vidrio.
- 6 hojas de papel.
- Nivel de burbuja.
- Formato de registro de datos.

6.6.4. Procedimiento.

6.6.4.1. Colocar las hojas de papel en un recipiente con agua para saturarlas.

6.6.4.2. Colocar el vidrio de aproximadamente 30x40 cm; en un lugar plano y horizontal, nivelándolo con el nivel de burbuja.

6.6.4.3. Preparar una mezcla con 120 gr de yeso y 80 ml agua, para cada mitad de cada muestra en una cara.

6.6.4.4. Se coloca el papel húmedo sobre el vidrio, se vierte la mezcla sobre él y se coloca el tabique (previamente humedecido), sobre la mezcla y se presiona para que las burbujas de aire se salgan, nivelándolo para que quede completamente horizontal.

6.6.4.5. Repetir la operación para cada cara de cada una de las muestras de tabique.

6.6.4.6. Retirar los excesos de los lados de los tabiques.

6.6.4.7. Dejar secar un mínimo de 16 horas, antes de efectuar la prueba requerida.

6.6.5. Observaciones.

Se utiliza por facilidad sólo dos muestras del prefabricado, aunque para las pruebas deben de ser cinco por especificación.

Si el prefabricado tiene depresiones tales como canales ó dientes, se deberán cubrir o rellenar con cemento dejándolas endurecer durante 24 horas como mínimo para proceder a cabecearlo.

Nota importante: este método, es el más común actualmente, sin embargo, la norma de referencia establece que el cabeceo del prefabricado se debe realizar con un molde metálico, que garantice la horizontalidad y que el mortero de azufre no salga por las ranuras.

6.7. COMPRESIÓN SIMPLE EN PREFABRICADOS.

6.7.1. Objetivo.

Determinar el esfuerzo máximo por compresión del prefabricado.

6.7.2. Normas que aplican.

NMX-C-036-ONNCCE-2004 Bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines - Resistencia a la compresión.

6.7.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas del prefabricado (usar tres mitades).
- Cinta métrica ó flexómetro.
- Máquina universal de pruebas.

6.7.4. Procedimiento.

6.7.4.1. Determinar las dimensiones reales de las muestras por ambas caras y lados. Se procede a cabecear el prefabricado.

6.7.4.2. Colocar las muestras en la máquina universal de pruebas.

6.7.4.3. Aplicar carga en forma lenta hasta la falla de la muestra.

6.7.5. Cálculo.

El esfuerzo de ruptura de la muestra, se calculará con la fórmula:

Donde:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ = Esfuerzo de ruptura por compresión (kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada (kg).

A = Promedio del área de la superficie de carga del tabique (cm²).

6.7.5.1. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

6.8. FLEXIÓN ESTÁTICA EN PREFABRICADOS.

6.8.1. Objetivo.

Determinar la resistencia a la flexión o módulo de ruptura que soporta el prefabricado.

6.8.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Norma Mexicana NMX-C-303-1986 Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro.

6.8.3. Equipo a utilizar.

- Tres muestras representativas del prefabricado.
- Cinta métrica ó flexómetro.
- Máquina universal de pruebas con sus aditamentos necesarios.
- Formato de registro de datos.

6.8.4. Procedimiento.

6.8.4.1. Determinar las dimensiones reales del espécimen.

6.8.4.2. Se marca la muestra con una línea al centro y otra a cada extremo a 2,5 cm de la orilla.

6.8.4.3. Se coloca en la máquina universal, revisando que las cuchillas estén en las líneas marcadas en la orilla y en el centro del espécimen.

6.8.4.4. Se nivela la máquina y se ajusta.

6.8.4.5. Se le aplica carga en forma lenta y continua hasta la falla de la muestra.

6.8.5. Cálculo. El módulo de ruptura se determina con la ecuación.

$$MR = \frac{3 \times W \times L}{2 \times B \times D^2}$$

Donde:

W = Carga máxima aplicada (kg).

L = Largo (cm).

B = Ancho (cm).

D = Grueso o peralte (cm).

6.8.5.1. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente (Indicar procedencia de las muestras).

CAPÍTULO 7

PRUEBAS EN ACERO DE REFUERZO

El capítulo presenta una breve descripción, clasificación y aplicación del Acero en la construcción, así como las principales pruebas y ensayos a los que puede ser sometido como son: tensión, doblado, soldado e inspección de la soldadura.

7.1. DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL ACERO EN LA CONSTRUCCIÓN.

Los metales y las aleaciones empleados en la industria y en la construcción pueden dividirse en dos grupos principales: Materiales Ferrosos y no Ferrosos. Ferroso viene de la palabra "Ferrum" que los romanos empleaban para el Fierro o Hierro. Por lo tanto, los materiales ferrosos son aquellos que contienen Hierro como su ingrediente principal; es decir, las numerosas calidades del Hierro y el Acero.

Los materiales no ferrosos no contienen Hierro. Estos incluyen el Aluminio, Magnesio, Zinc, Cobre, Plomo y otros elementos metálicos. Las aleaciones el Latón y el Bronce, son una combinación de algunos de estos metales no ferrosos y se les denomina aleaciones no ferrosas. Uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil, más adaptable y más ampliamente usado es el Acero. A un precio relativamente bajo, el acero combina la resistencia y la posibilidad de ser trabajado, lo que se presta para fabricaciones mediante muchos métodos. Además, sus propiedades pueden ser manejadas de acuerdo a las necesidades específicas mediante tratamientos con calor, trabajo mecánico, o mediante aleaciones.

El Acero es básicamente una aleación o combinación de Hierro y Carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de

aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados. Ya que el acero es básicamente hierro altamente refinado (más de un 98%), su fabricación comienza con la reducción de Hierro (producción de arrabio) el cual se convierte más tarde en Acero.

El Hierro puro es uno de los elementos del Acero, por lo tanto consiste solamente de un tipo de átomos. No se encuentra libre en la naturaleza ya que químicamente reacciona con facilidad con el oxígeno del aire para formar óxido de Hierro - herrumbre. El óxido se encuentra en cantidades significativas en el mineral de Hierro, el cual es una concentración de óxido de Hierro con impurezas y materiales térreos.

CLASIFICACIÓN DEL ACERO

Los diferentes tipos de acero se clasifican de acuerdo a los elementos de aleación que producen distintos efectos en el Acero :

ACERO AL CARBONO.

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de Carbono y menos del 1,65% de Manganeso, el 0,60% de Silicio y el 0,60% de Cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques y horquillas.

ACERO ALEADO.

Estos aceros contienen una proporción determinada de Vanadio, Molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de Manganeso, Silicio y Cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros de aleación se pueden subclasificar

en: Estructurales. Son aquellos aceros que se emplean para diversas partes de máquinas, tales como engranajes, ejes y palancas. Además se utilizan en las estructuras de edificios, construcción de chasis de automóviles, puentes, barcos y semejantes. El contenido de la aleación varía desde 0,25% a un 6%. Para herramientas especiales.

ACERO DE BAJA ALEACIÓN ULTRARRESISTENTE.

Esta familia es la más reciente de las cuatro grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono. Por ejemplo, los vagones de mercancías fabricados con aceros de baja aleación pueden transportar cargas más grandes porque sus paredes son más delgadas que lo que sería necesario en caso de emplear acero al carbono. Además, como los vagones de acero de baja aleación pesan menos, las cargas pueden ser más pesadas. En la actualidad se construyen muchos edificios con estructuras de aceros de baja aleación. Las vigas pueden ser más delgadas sin disminuir su resistencia, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

ACERO INOXIDABLE.

Utilizado para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales.

7.2. PRUEBA DE TENSIÓN EN ACEROS.

7.2.1. Objetivo.

Determinar la resistencia máxima a tensión, límite de fluencia (f_y) y el módulo de elasticidad (E), así también, elaborar de la gráfica esfuerzo – deformación unitaria, que son valores importantes en el diseño estructural de estructuras de acero y concreto reforzado.

7.2.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-407-ONNCCE. Especificaciones y métodos de prueba a varilla corrugada para refuerzo de concreto.

7.2.3. Equipo a utilizar.

- Muestra representativa de 60 cm de longitud (varilla de acero corrugada).
- Máquina universal de pruebas con los aditamentos necesarios para realizar esta prueba (tensión).
- Vernier o pie de rey.
- Metro, longimetro o regla graduada.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Soporte universal.
- Micrómetro de carátula con aproximación al centésimo de milímetro.
- Formato de registro de datos.

7.2.4. Definiciones.

Zona Elástica: Es la porción de la gráfica esfuerzo-deformación en la cual las deformaciones son proporcionales a los esfuerzos, es recta. Lo

anterior se refiere a lo siguiente: que si se carga un material se deforma y si se le quita dicha carga este material vuelve a su estado original, o sea, que las deformaciones en esta zona no son permanentes siempre y cuando no se rebase el valor del esfuerzo correspondiente al límite de la fluencia o límite de proporcionalidad.

Elasticidad: Es la propiedad que tiene un cuerpo o material consistente en recuperar su forma original cuando se le retira la carga que le produjo la deformación.

Zona plástica: Es la porción de la gráfica esfuerzo deformación en la cual las deformaciones son permanentes. Esto significa que si al estar cargado un material este sobrepasa el valor límite de elasticidad ó límite de fluencia, las deformaciones van a pasar de ser no permanentes a permanentes, y que si descargamos la muestra después de haber pasado el límite de fluencia el material no recuperará su estado original.

Plasticidad: Es la propiedad que tienen los cuerpos o material de aceptar deformaciones permanentes, es decir que no desaparecen cuando se quita la carga.

Límite de Proporcionalidad: Es el esfuerzo que resiste un material sin que las deformaciones dejen de ser proporcionales a los esfuerzos.

Límite de Elasticidad: Es el mayor esfuerzo que resiste un material sin que aparezcan deformaciones permanentes.

Límite de Fluencia: Es el esfuerzo a partir del cual comienza las deformaciones grandes del material y se denomina punto de fluencia.

También se conoce como límite de gran extensión o límite de deslizamiento molecular. En la práctica el valor de límite de fluencia, límite de proporcionalidad y límite de elasticidad se toma el mismo valor para todos por su similitud.

7.2.5. Procedimiento.

7.2.5.1. Se toman las dimensiones reales de la muestra: Diámetro nominal (mm ó pulgadas), peso y longitud de la muestra, peso por metro lineal (Kg/m), diámetro efectivo, separación de la corrugación (cm), área efectiva (cm²), altura de nervaduras (cm), altura de corrugaciones, longitud inicial (Li) (cm), longitud final (Lf) (cm), estiramiento (% Est.), tipo de corrugación y marca de fábrica.

7.2.5.2. Después de haber tomado las dimensiones reales de la varilla o muestras se procede a cargarla mediante la máquina correspondiente (máquina universal con mordazas). Ya colocada la varilla en la máquina se comienza aplicar la carga (tensión) lentamente y como se ha visto, todo material al cual le aplican una carga se deforma, ahora bien nosotros vamos a realizar un registro de cargas parciales como deformaciones parciales y cuyo registro servirá para realizar la gráfica esfuerzo – deformación unitaria que posteriormente se utiliza para obtener el límite de fluencia y módulo de elasticidad, que es uno de los objetivos.

7.2.5.3. El registro se llevará a cabo de la siguiente manera, para posteriormente obtener con estos valores la gráfica ó curva esfuerzo – deformación unitaria.

Deformación parcial (mm) (1)	Carga parcial (kg) (2)	Deformación unitaria (adimensional) (3)	Esfuerzo (kg/cm ²) (4)
δ parcial 1	P parcial 1	ξ parcial 1	σ parcial 1
δ parcial 2	P parcial 2	ξ parcial 2	σ parcial 2
δ parcial 3	P parcial 3	ξ parcial 3	σ parcial 3
δ parcial n-2	P parcial n-2	ξ parcial n-2	σ parcial n-2
δ parcial n-1	P parcial n-1	ξ parcial n-1	σ parcial n-1
δ parcial n = Δ total	P parcial n = Pr	ξ parcial n = ξ uf	σ parcial n = Fr

7.2.6. Cálculos 1.

$$f_y = \frac{\text{Carga de fluencia}}{\text{Área efectiva}}$$

$$Fr = \frac{\text{Carga de ruptura}}{\text{Área efectiva}}$$

$$Est(\%) = \frac{L_f - L_i}{L_i} \times 100$$

$$L_i = 20\text{cm}$$

Donde:

δ parcial = deformación parcial (mm).

P parcial = carga parcial (kg).

ξ parcial = deformación unitaria parcial (adimensional).

σ parcial = esfuerzo parcial (kg/cm²).

Δ total = deformación total (mm).

Pr = carga de ruptura (kg).

ξ f = deformación de falla.

Fr = esfuerzo de ruptura (kg/cm²).

Este registro se efectúa con deformaciones constantes y cargas variables. Por lo general es conveniente hacer el registro de las cargas a cada 0,25 mm de deformación.

Ya se tiene el registro anterior se procede a construir la gráfica esfuerzo - deformación unitaria, con las columnas **3** y **4**.

7.2.7. Cálculo 2.

Tipos de curva que se pueden presentar y métodos para determinar el límite de fluencia ó f_y .

Cuando se obtiene una curva para aceros de tipo normal, la obtención de f_y es sumamente sencilla como se puede observar en las graficas esfuerzo-deformación (ver graficas anexas No. 1, No. 2 y No. 3).

CASO No. 1. El límite de fluencia es el valor del esfuerzo correspondiente al extremo superior de la parte recta de la gráfica esfuerzo deformación. Cuando se presentan las graficas como este tipo es claramente determinable el f_y . Ver grafica anexa No. 1.

CASO No. 2. Se toma un 0,2 % de la deformación total, este valor se coloca en el eje de las abscisas a partir del origen y se traza una recta paralela al principio de la curva, en el punto en que dicha recta intercepte a la curva, el límite de fluencia se registrará como el valor del esfuerzo correspondiente a esta intersección. Ver grafica anexa No. 2.

7.2.7. Cálculo 3. Módulo de Elasticidad: Es la relación entre el esfuerzo que resiste un material y su correspondiente deformación unitaria. Se define también como la pendiente de la curva esfuerzo-deformación en el tramo recto ó en la zona elástica. Ver grafica anexa No. 3.

$$E = \tan \theta$$

$$E = \frac{\sigma_F}{E_f}$$

$$E = m_1 = m_2 = \frac{\sigma_1}{E1} = \frac{\sigma_2}{E2}$$

Para el caso No. 2 se tomará la pendiente de la recta trazada.

Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

7.3. PRUEBA DE DOBLADO EN ACEROS.

7.3.1. Objetivo.

Determinar las características de ductilidad del acero en forma física, que determina la facilidad de su habilitado.

7.3.2. Normas que aplican.

NMX-B-113 Métodos de prueba para doblado de productos terminados de acero.

7.3.3. Equipo a utilizar.

- Muestra representativa de varilla de 60 cm de longitud mínimo.
- Máquina universal de pruebas.
- Apoyo o rodillos para el doblado.
- Mandril.
- Formato de registro de datos.

7.3.4. Definiciones.

Habilitado: Es la acción de hacer ganchos, escuadras o dobleces para dar el anclaje correspondiente.

Mandril: Dispositivo para realizar el doblado de las varillas cuyo diámetro va a depender del diámetro de la varilla a doblar.

7.3.5. Procedimiento.

7.3.5.1. Primeramente se determina el diámetro de la varilla que vamos a doblar. En función de este diámetro, su grado de dureza y el origen de la varilla se determinan de la tabla 7.3 Diámetro del mandril, el

ángulo al que debe de hacerse el doblado y el diámetro del mandril que se va a utilizar para el doblado de la varilla.

7.3.5.2. Se colocan los rodillos en la máquina universal separándolos una longitud igual a:

$$L = D + 5dv$$

Donde:

L = longitud o separación entre los rodillos (cm).

D = diámetro nominal del mandril.

dv = diámetro nominal de la varilla por doblar.

7.3.5.4. Se procede a realizar el doblado de la varilla hasta lograr el ángulo que se nos indica en la tabla 7.3. Una vez logrado el doblado de la varilla se procede a analizarla visualmente, buscando fallas generales.

7.3.5. Reporte.

Se debe de analizar la varilla minuciosamente después de haberla doblado, buscando fisuras, grietas o aberturas a lo largo de todo el doblado; si no presenta este tipo de defectos, indica buenas características de ductilidad, por lo tanto se puede lograr un buen habilitado sin que presente problemas (que se agriete o que se quiebre al doblarla); y la varilla se define como aceptable.

Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente.

7.4. CLASIFICACIÓN Y PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE LA SOLDADURA.

7.4.1. Objetivo.

Mostrar el procedimiento de soldado, métodos de control y verificación de la calidad de las soldaduras usuales en la construcción, así como su clasificación.

7.4.2. Normas que aplican.

NMX-H-121 Procedimiento de soldadura estructural- Acero de refuerzo.

7.4.3. Equipo a utilizar.

- Solera de $\frac{1}{4}$ “.
- Varilla de $\frac{3}{8}$ “.
- Maquina de soldar eléctrica.
- Electrodo
- Careta o máscara de soldar.
- Guantes.

7.4.4. Procedimiento soldado.

7.4.4.1. A la solera se le hará un corte en “V”. Esto puede ser por medio del arco con la segueta o con la cortadora eléctrica.

7.4.4.2. Se describirá la máquina que se va usar y la regulación del voltaje, amperaje y potencia, se hará énfasis en el cableado y porta electrodo.

7.4.4.3. Se describirán los electrodos de la clasificación A.W.S. (American Welding Society), soldadura plana, horizontal, vertical y sobre cabeza.

7.4.4.4. Se soldarán tres especímenes de varilla a tope y tres soleras en corte “V”.

7.4.5. Procedimiento inspección.

7.4.5.1. Los defectos posibles son: la falta de penetración o geometría, porosidad, escoria, falta de fusión y socavado.

7.4.5.2. Las varillas soldadas serán sometidas a tensión, sujetándolas por sus extremos, como lo indica la prueba correspondiente de tensión en aceros, las soleras serán sometidas a doblado como lo marca la prueba correspondiente a doblado en aceros.

7.4.5.3. Se hará una revisión física y ocular de los especímenes y se determinará si los elementos fueron bien ó mal soldadas.

7.4.6. Clasificación A.W.S. (American Welding Society).

Numeración de los electrodos. La letra “E” significa electrodo, para los electrodos de acero dulce y los aceros de baja aleación, las dos primeras cifras de un número de cuatro o las tres primeras de un número de cinco cifras, designa la resistencia a la tensión del acero del electrodo y son las siguientes:

CLASIFICACIÓN	RESISTENCIA TENSIÓN	RESISTENCIA TENSIÓN	RESISTENCIA TENSIÓN
E- 60xx	60 000 psi	4218.41 Kg/cm ²	413.68 MPa
E- 70xx	70 000 psi	4921.48 Kg/cm ²	482.63 MPa
E-100xx	100 000 psi	7030.69 Kg/cm ²	689.47 MPa

CAPÍTULO 8

PRUEBAS EN MORTEROS

El capítulo presenta una breve descripción y aplicación del Mortero en la construcción, así como las principales pruebas y ensayos a los que puede ser sometido como son: compresión, tensión y fluidez.

8.1. DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL MORTERO EN LA CONSTRUCCIÓN.

El mortero, también llamado cemento de albañilería, es un cemento Pórtland mezclado con materiales inertes finamente molidos, ó una combinación de cal y cemento Pórtland. En otras palabras, es cemento con arena y agua; y lo que lo distingue del concreto hidráulico es la ausencia de agregados gruesos (gravas).

El cemento de albañilería ó mortero se utiliza para propósitos múltiples, incluyendo bloques de concreto, firmes de baja resistencia, superficies carreteras, acabados, zarpeados y para recubrimiento de muros de tabique. Este tipo de cemento no debe usarse en elementos de concreto estructural. El mortero es un producto diseñado para trabajos de albañilería; y debe cumplir con todas las especificaciones de calidad establecidas en la norma mexicana NMX-C-021-ONNCCE-2004 Mortero-Especificaciones y métodos de prueba.

El cemento para albañilería ó mortero está diseñado para trabajos en donde no se requieren elevadas resistencias a la compresión, solo las propiedades ligantes y/o aglutinantes. Cuando el mortero sea utilizado para unir mampostería, debe tener una composición tal que su resistencia en estado endurecido, sea mayor o igual que

la de los elementos de mampostería que una. Y cuando sea utilizado para zarpeados ó aplanados deber tener la plasticidad y consistencia necesarias para adherirse a la mampostería o superficie a cubrir, de tal forma, que al endurecer resulte un conjunto monolítico. Las proporciones de la mezcla están dadas para cada caso en particular, según el uso que se vaya a dar al mortero, dependiendo la resistencia a compresión requerida, y el tipo de arena empleada en su preparación.

En su elaboración se tendrá en cuenta: El mezclado manual se practicará sobre una superficie de concreto endurecido o en un recipiente impermeable para evitar la pérdida de la lechada de cemento. El mezclado con mezcladora mecánica debe durar por lo menos 1 a 1 1/2 minutos. No se utilizará mortero que haya estado humedecido por más de una hora. No se utilizará mortero que haya estado mezclado en seco por más de cuatro horas. Si la arena está húmeda no se permitirá el uso de la mezcla por más de dos horas. No se permitirá agregar a una mezcla ya preparada, ninguno de sus componentes con el fin de rejuvenecerla o cambiar las proporciones de mortero; siendo el caso más delicado y común el adicionar agua para volverla plástica y trabajable; el aumento del agua, aumenta también la relación agua/cemento, disminuyendo en forma importante la resistencia a la compresión simple de la mezcla.

8.2. COMPRESIÓN SIMPLE EN MORTEROS.

8.2.1. Objetivo.

Determinar la resistencia a la compresión en morteros compuestos de cal, cemento, arena y agua.

8.2.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM C-1107 Prueba de resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

8.2.3. Equipo a utilizar.

- Una porción de cal y cemento de aproximadamente 1 kg.
- Muestra de arena de 1,5 kg.
- Molde metálico para fabricación de cubos de mortero de 5 cm por lado.
- Pizón de material no absorbente.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Probeta graduada.
- Agua suficiente para elaborar las mezclas.

8.2.4. Procedimiento.

8.2.4.1. Se fabrica una mezcla con la proporción 1:3 agregándose agua hasta que la mezcla sea manejable, ejemplo (200 gr de cemento, 600 gr De arena y 154 ml de agua aproximadamente). Procurando que esta sea la cantidad suficiente para elaborar los especímenes cúbicos de 5 cm de lado. Cúbrase ligeramente las caras interior con aceite o grasa lubricante ligeramente y posteriormente se llena el molde en cuatro capas, aplicando con el pizón ocho golpes a cada capa repartidas en

toda su área, se enrasa el molde con la espátula y se coloca este molde y la mezcla en el cuarto húmedo durante 24 horas.

8.2.4.1. Trascurrido este tiempo se descimbran los especímenes y se colocan sumergidos en arena húmeda o en una charola con agua tratando de cubrir todos los especímenes, sitio del cual se sacaran hasta la fecha de ruptura.

8.2.4.1. Las fechas de ruptura de las muestras son 24 horas, 3 días, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.

8.2.4.1. Prueba de los especímenes. En fecha señalada se sacan las muestras del cuarto húmedo y se seca cada espécimen hasta que su superficie haya quedado completamente seca. Se miden las dimensiones de la cara que va estar en contacto con la platina móvil de la máquina universal de pruebas. Se llevan las muestras a la máquina debiendo poner en la platina fija una cama de arena fina, colocándose el cubo sobre esta. Sobre la cara superior de la muestra se pondrá también una cama de arena, esto con la finalidad de que la carga se distribuya uniformemente en toda el área y se aplica la carga en forma lenta hasta la falla de la muestra.

8.2.5. Cálculos.

$$R = \frac{W}{A}$$

Donde:

R = Resistencia a la compresión en kg/cm^2 .

W = Carga de ruptura de la muestra en kg.

A = Área de la muestra en cm^2 .

8.2.5.1. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente, concluyendo con un promedio de los resultados para el reporte final de resistencia.

8.3. TENSIÓN EN MORTEROS DE CAL, CEMENTO Y TERCIADOS.

8.3.1. Objetivo.

Determinar la resistencia a la tensión en un mortero.

8.3.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM C-1107 Prueba de resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

8.3.3. Equipo a utilizar.

- Molde para fabricar briquetas.
- Espátulas, charolas, vidrio y probeta graduada.
- Máquina de pruebas con mordazas especiales para briquetas de mortero.
- Municiones o postas para aplicar carga.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.

8.3.4. Procedimiento.

8.3.4.1. Se toma una parte de cemento y tres de arena en peso, los materiales ya secos se mezclan en una charola formando a continuación un cráter, vertiendo sobre éste la cantidad de agua requerida y se mezcla, se procede a llenar los moldes previamente engrasados comprimiendo la mezcla con el dedo índice y se enrasa con la espátula.

8.3.4.2. Después de moldeadas las briquetas permanecerán en el cuarto húmedo durante 24 horas, al transcurrir este tiempo se ponen en

un recipiente con agua y posteriormente se sacan hasta la fecha de ruptura.

8.3.4.3. Se sacan las muestras en la fecha señalada y se secan hasta obtener una superficie suficientemente seca.

8.3.4.4. Se toman las medidas de la sección media (S_m) de la briqueta, se lleva a la máquina que previamente será nivelada, se aplicará la carga lentamente por medio de municiones hasta la falla de la muestra, las municiones serán colocadas en la tolva de la máquina.

8.3.4.5. Después de la falla de la muestra se retirarán las municiones pesándolas al décimo de gramo. El peso de las municiones (P_m) será considerado como la carga que soportó la sección media de la briqueta.

8.3.5. Cálculo.

$$R. = \frac{P_m \times k}{S_m}$$

Donde:

R = Resistencia a la tensión en kg/cm^2 .

P_m = Peso de las municiones o carga de ruptura en kg.

S_m = Sección media de la briqueta en cm^2 .

k = Constante de la máquina, en algunos casos 50.

8.3.5.1. Finalmente registre los resultados obtenidos en el formato de datos correspondiente, concluyendo con un promedio de los resultados para el reporte final de resistencia.

8.4. FLUIDEZ EN MORTEROS.

8.4.1. Objetivo.

Determinar el contenido de agua necesaria para que el mortero sea manejable, plástico y dúctil.

8.4.2. Normas que aplican.

NMX-C-144-ONNCCE-2002. Requisitos para el aparato usado en la determinación de la fluidez de morteros con cementantes hidráulicos.

8.4.3. Equipo a utilizar.

- Mesa de fluidez, puede ser eléctrica o manual.
- Aceite SAE-10 ó cualquier otro lubricante con la misma densidad.
- Moldes.
- Calibrador.
- Varilla para compactar 5/8 “.

8.4.4. Procedimiento.

8.4.4.1. Lubricación de la mesa. El eje vertical se mantendrá limpio y se lubricará con aceite SAE-10. No debe haber aceite entre las caras de apoyo de la saliente del eje y el soporte. El aceite sobre la cara de la leva disminuirá el desgaste y facilitara la uniformidad del funcionamiento, se recomienda levantar la mesa y dejarla caer doce veces.

8.4.4.2. El molde para colar el espécimen para el ensaye será de bronce o latón con diámetro de la boca superior de 70 mm, las

superficies definidas por la base y el borde superior serán perpendiculares entre si y al eje del cono vertical.

8.4.4.3. El calibrador se usara para medir el diámetro del mortero después de que haya extendido, tendrá una exactitud tal que la distancia entre las quijadas deberá ser de 102 mm cuando el indicador se encuentre en cero.

8.4.4.4. Se debe de humedecer la parte superior de la mesa, se limpiará del material arenoso, y se eliminará el exceso de agua con una franela húmeda, todo para poder realizar el ensaye, se centra el molde en la mesa, después se ajusta y se llena, en dos capas que en total den el volumen del molde, se compacta cada una de las capas con 25 golpes, las cuales se distribuyen en la sección transversal, teniendo cuidado de no penetrar la capa subyacente, al finalizar se enrasa con una llana el exceso de mortero se retira, limpiando el área de la mesa que se encuentra al molde, el molde se removerá con un tirón firme hacia arriba. La mesa se eleva y se deja caer 1,3 cm 15 veces durante 15 segundos, haciendo girar la leva a una velocidad uniforme, el diámetro del mortero extendido será el promedio de seis medidas distribuidas simétricamente, leídas y redondeadas al 0,5 cm.

8.4.5. Cálculo.

Se registra como el porcentaje en que se incrementa el diámetro del mortero extendido con respecto al diámetro original de la base del mortero moldeado, o sea:

$$Fluidez(\%) = \frac{\text{diámetro extendido} - 25\text{cm}}{25\text{cm}} \times 100$$

CAPÍTULO 9

PRUEBAS EN CONCRETO HIDRÁULICO

El capítulo presenta una breve descripción y aplicación del Concreto hidráulico en la construcción, así como las principales pruebas y ensayos a los que puede ser sometido como son: muestreo, revenimiento, elaboración y curado de especímenes, compresión, flexión, índice de rebote y extracción de corazones y vigas.

9.1. DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN.

El **cemento gris** tiene un color muy peculiar gracias al cual también se le conoce como cemento Pórtland. El nombre nació en 1824, cuando el inglés Joseph Aspdin logró desarrollar una excelente cal hidráulica para construcción a la que llamó cemento Pórtland porque el gris era muy parecido al de las piedras halladas en la localidad de ese nombre en Inglaterra. El cemento gris forma parte de la familia de los llamados cementos hidráulicos, así conocidos porque fraguan y se endurecen una vez combinados con agua, o incluso debajo de ella. El cemento Pórtland tiene dos usos principales: la elaboración de mortero (para acabados de mampostería) y la elaboración de concreto hidráulico, que es la base de prácticamente todo tipo de construcciones.

La norma mexicana de cementos (NMX-C-414-ONNCCE-1999) define tipos de cemento; como el Cemento Pórtland Ordinario (CPO), el Cemento Pórtland Puzolánico (CPP), el Cemento Pórtland con Escoria Granulada de alto horno (CPEG), el Cemento Pórtland Compuesto (CPC), el Cemento Pórtland con humo de

Sílice (CPS) y Cemento con Escoria Graduada de alto horno (CEG). Los tipos de cemento definidos pueden presentar una o más características especiales como Resistencia a los Sulfatos (RS), Baja Reactividad Álcali agregado (BRA), Bajo Calor de Hidratación (BCH) y Blanco (B).

Cemento Pórtland Puzolánico.

Para resistir suelos salinos; ideal para la construcción de zapatas, pisos, columnas, castillos, dalas, muros, losas, pavimentos, guarniciones, banquetas, muebles municipales (bancas, mesas, fuentes, etc.)

Especialmente diseñado para la construcción sobre suelos salinos; es el mejor para obras expuestas a ambientes químicamente agresivos, ofrece alta durabilidad en prefabricados para alcantarillados como: brocales para pozos de visita, coladeras pluviales, registros y tubería para drenaje.

Cemento Pórtland Compuesto.

Durabilidad para alcantarillas; presenta excelente durabilidad en prefabricados para alcantarillados y a los concretos les proporciona una mayor resistencia química y menor desprendimiento de calor. Este cemento es compatible con todos los materiales de construcción convencionales como arenas, gravas, piedras, cantera, mármol, etc.; siempre que se usen con los cuidados y dosificaciones que recomienden sus fabricantes.

Cemento Pórtland Ordinario.

Para descimbrar en corto; el Cemento Pórtland Ordinario es excelente para construcciones en general, zapatas, columnas, trabes, castillos, dalas, muros, losas, pisos, pavimentos, guarniciones, banquetas, muebles municipales (banacas, mesas, fuentes, escaleras), etc. Ideal en la elaboración de productos prefabricados (tabicones, adoquines, bloques, postes de luz, lavaderos, piletas, etc.). Este cemento es compatible con todos los materiales convencionales tales como arenas, gravas, piedras, cantera, mármol, etc., así como con los pigmentos (preferentemente los que resisten la acción solar) y aditivos, siempre que se usen con los cuidados y dosificaciones que recomienden sus fabricantes.

La norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004 define el concreto hidráulico como la “mezcla de materiales, naturales, procesados o artificiales, cementante y agua, a los que además se le pueden agregar algunos aditivos y adionantes”. Algunas de las especificaciones para el concreto que establece la norma son: 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 que el concreto cumpla con el requisito del revenimiento, el valor determinado debe concordar con el nominal especificado, con sus respectivas tolerancias (para un revenimiento menor de 50 mm la tolerancia es ± 15 mm; de 50 a 100 mm ± 25 y mayor de 100 mm ± 35). El concreto debe tener una masa unitaria entre 1800 kg/m^3 y 2400 kg/m^3 ; no debe retenerse más del 5 % en masa del concreto en la criba que se fije como tamaño máximo nominal del agregado del concreto.

9.2. MUESTREO DEL CEMENTO HIDRÁULICO.

9.2.1. Objetivo.

Describir el procedimiento para muestrear cemento.

9.2.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM C183, Práctica estándar para determinar la cantidad y tipo de muestreo de cemento Hidráulico.

9.2.3. Equipo a utilizar.

- Charolas.
- Recipiente metálico o de vidrio, bolsas rígidas herméticas.
- Formato de registro de datos.
- Equipo de seguridad personal.

9.2.4. Procedimiento. El cemento puede muestrearse mediante los métodos siguientes:

9.2.4.1. En la descarga del transportador al almacenamiento a granel, se toma una muestra de un peso mínimo de 2,5 kg por cada 35 Ton ó menos, que pasen por el transportador; de manera individual o continua.

9.2.4.2. Del almacén a granel, en los puntos de descarga, se extrae cemento por las aberturas de descarga en forma de flujo constante por cualquiera de los siguientes métodos.

9.2.4.2.1 Se coloca en el depósito ó silo, indicadores en la parte superior del cemento, el muestreo en cualquier abertura de

descarga se completa cuando un indicador pase a través de dicha abertura.

9.2.4.2.2 La cantidad de cemento en toneladas que debe sacarse por una abertura de descarga puede estimarse como $0,00103d^3$ donde “d” es la profundidad en metros del cemento arriba de la abertura de descarga.

9.2.4.3 El cemento almacenado a granel ó embarco a granel, se muestreará por medio de un muestreador de tubo ranurado, o un tubo muestreador. Cuando la profundidad del cemento no exceda de dos metros puede emplearse un muestreador de tubo ranurado de 150 a 180 centímetros de largo y aproximadamente 35 mm de diámetro exterior, formado por dos tubos telescópicos de latón pulido con ranuras de registro, las cuales se abren o se cierran con la rotación del tubo interior, el tubo exterior debe de estar provisto por una punta aguda que facilite la penetración, para profundidades de cemento mayores a 200 cm puede usarse un tubo muestreador activado con un chiflón de aire, capaz de obtener muestras a diferentes profundidades del cemento. Las muestras se toman con el muestreador de tubo rasurado o con el tubo muestreador, en puntos bien distribuidos y profundidades, de tal manera que sean muestras representativas del cemento muestreado.

9.2.4.4. El cemento envasado por medio de un muestreador de tubo, el tubo se inserta diagonalmente en la válvula del saco y se coloca el dedo pulgar sobre la perforación de entrada de aire, sacando después

el muestreador debe tomarse una muestra de un saco por cada 85 sacos o fracción.

9.2.4.5. De remesas a granel, ya sea en camiones o en carros de vía, se toman muestras con un peso mínimo de 2,5 kg de tres puntos bien distribuidos por lo menos; si la remesa del mismo día consta de varios camiones o carros de vía cargados del mismo depósito de almacenamiento, se permite combinar la muestra de 2,5 kg para formar la muestra de prueba.

9.2.4.6. Proteger la muestra, colocándola directamente en recipientes herméticos a prueba de humedad para evitar la absorción de humedad relativa, llenar la etiqueta de datos de la muestra.

9.3. CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO.

9.3.1. Objetivo.

Obtener la cantidad de agua necesaria para combinarla con un determinado peso de cemento, para que sirva como referencia para efectuar las pruebas de sanidad del cemento, resistencia a la tensión y determinación del tiempo de fraguado.

9.3.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM C187, Consistencia normal del cemento hidráulico.

9.3.3. Equipo a utilizar.

- Muestra representativa de cemento.
- Agua destilada ó limpia.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Probeta graduada de 100 y 200 ml, aproximación de 1 y 2 ml cada una.
- Aparato de Vicatt y cristal liso.
- Formato de registro de datos.

9.3.4. Definiciones.

Consistencia normal: Es la cantidad de agua necesaria para que la aguja del aparato de Vicatt (1 cm superior, 1 mm inferior de diámetro), penetre, 10 mm \pm 1 mm bajo la superficie libre, durante 30 segundos después de haber iniciado la prueba, dentro de la pasta de cemento elaborada con dicha agua.

9.3.5. Procedimiento.

9.3.5.1. Se pesan 500 gramos de cemento y se vierten sobre una mesa con superficie lisa e impermeable y se forma una especie de cráter con el cemento, ayudados de una pequeña espátula.

9.3.5.2. Se fija una cantidad de agua expresada en porcentaje, respecto al peso del cemento seco, se mide en la probeta graduada y se vierte en el centro del cráter (echando andar un cronómetro al caer el agua).

9.3.5.3. Con la espátula se lleva el material de la orilla del cráter hacia el centro hasta lograr que todo el cemento se humedezca (esto debe de hacerse en un máximo de 30 segundos).

9.3.5.4. En otro ciclo de 30 segundos consecuentes a los anteriores se deja reposar la mezcla para que la humedad se homogeneice (El operador se colocara guantes de hule ligeramente húmedos).

9.3.5.5. Se hace el amasado de la pasta en un tiempo global de 1,5 minutos contados a partir de los anteriores.

9.3.5.6. En los primeros 30 segundos se mezcla perfectamente la masa con las manos, golpeando la mezcla, con la parte pesada de las manos hasta lograr una pasta uniforme y homogénea.

9.3.5.7. En otros 30 segundos se forma una esfera con la pasta y se pasa de una palma a otra a una distancia aproximada de 15 centímetros, este ciclo de pasar de una mano a otra se debe de repetir 6 veces terminado lo anterior.

9.3.5.8. En los últimos 30 segundos de los 1,5 minutos, descansamos la bola en la palma de la mano, se introducirá a presión por la boca mayor del anillo cónico del aparato de Vicat, el cual se sostendrá con la otra mano llenando completamente el anillo con pasta (la otra boca se descansara sobre un cristal).

El exceso de esta que permanezca en la boca grande se removerá con un movimiento simple de la palma de la mano. A continuación se colocará el anillo descansando en su base mayor, sobre una placa de vidrio y se enrasa la boca superior con una espátula que se mantendrá formando un pequeño ángulo en el borde de la cuchara durante la operación de enrasado, debe tenerse cuidado de no comprimir la pasta.

9.3.5.9. Determinación de la consistencia. La pasta confinada en el anillo que descansa sobre una placa, debe de centrarse debajo de la barra que sostiene la aguja, cuyo extremo que forma un émbolo se pondrá en contacto con la superficie de la pasta y se apretará el tornillo sujetador, después se ajustará el indicador de lectura en la marca cero en la parte superior de la escala o se hará una lectura inicial (todo lo anterior se puede hacer previo al realizado de la mezcla para ya no entretenerse ya que esto se debe hacer dentro de los 30 segundos siguientes a la preparación de la pasta).

9.3.5.10. Determine el tiempo dónde la aguja penetra, $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ bajo la superficie libre de la pasta, y compárela con los 30 segundos

que marca la prueba, en caso de no ocurrir esto, deberá modificarse la cantidad de agua en la pasta y volver a realizar el ensayo.

9.3.5.10. Registre los resultados en el formato correspondiente.

9.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO POR EL MÉTODO VICAT.

9.4.1. Objetivo.

Determinar los tiempos de fraguado del cemento por el método de la aguja de Vicat.

9.4.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM C191 Consistencia normal por medio de la aguja de Vicat.

9.4.3. Equipo a utilizar.

- Aparato de Vicat.
- Balanza con capacidad de 1 kg, y aproximación al gramo.
- Pesas.
- Formato de registro de datos.
- Equipo de seguridad personal.

9.4.4. Definiciones.

Temperatura y humedad: La temperatura del laboratorio, material y equipo deben mantenerse entre 20 °C y 27 °C. La del agua de mezclado y la cámara de humedad no variará de 23 °C en más de ± 2 °C la humedad relativa del laboratorio no será inferior a 50 %.

9.4.5. Procedimiento.

Preparación de la mezcla: Siguiendo el procedimiento descrito en el inciso 9.3.5.9. Determinación de la consistencia normal del cemento, mézclese 500 gramos de cemento con un porcentaje de agua requerido para obtener la consistencia normal.

Moldeado de espécimen: Con la pasta de cemento preparada como se indica en la prueba de consistencia normal moldease la pasta siguiendo el paso descrito por el inciso 9.3.5.8. de la prueba antes mencionada. (Descansando siempre el cono sobre la placa de cristal). Inmediatamente después de terminar el moldeado colóquese el espécimen de prueba en el cuarto húmedo y manténgase ahí excepto cuando vaya a realizar la prueba del tiempo de fraguado. El espécimen debe de permanecer en el molde cónico sobre la placa de vidrio durante el periodo de prueba.

9.4.5.1. Manténgase el espécimen en el cuarto húmedo durante 30 minutos, después de moldearlo sin producirle ninguna alteración, la penetración de la aguja de 1 mm, se determina cuando hayan transcurrido 30 minutos y de ahí en adelante cada 15 minutos (cada 10 minutos en cemento tipo III), hasta que se obtenga la penetración de 25 mm ó menos para efectuar la prueba de penetración.

9.4.5.2. Coloque la aguja de la barra hasta que descansa sobre la superficie de la pasta de cemento, apriete el tornillo sujetador y coloque el indicador en el extremo superior de la escala o tome una lectura, suelte la barra rápidamente aflojando el tornillo sujetador y permita que la aguja penetre durante 30 segundos.

9.4.5.3. Tome la lectura para determinar la penetración y registre los datos en el formato correspondiente.

Si es evidente que la pasta está muy suave al tomar las primeras lecturas, puede frenarse la barra, al fin de evitar que se flexione la aguja de 1 mm., pero la barra debe sólo soltarse mediante el tornillo sujetador cuando se efectúe determinaciones reales del tiempo del fraguado. No debe de hacerse ensayos de penetración a una distancia menor de 0,6 cm de la de alguna penetración anterior, ni distante menor de 1 cm. de la pared interior del molde.

Los resultados de todas las penetraciones deben de registrarse y por interpolación, determinarse el tiempo correspondiente a la penetración de 25 mm, siendo este el tiempo de fraguado inicial. Para el tiempo de fraguado final se siguen haciendo las penetraciones sobre la muestra hasta registrar como tiempo de fraguado final aquel en el que ya no deje huella la aguja al efectuar una penetración. Registre los resultados en el formato correspondiente.

9.5. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL Y FINAL DE CEMENTO HIDRÁULICO POR EL MÉTODO DE GILLMORE.

9.5.1. Objetivo.

Determinar el tiempo de fraguado inicial y final del cemento hidráulico mediante las agujas de Gillmore.

9.5.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM C266 Método de prueba estándar para el tiempo de fraguado por medio del uso de las agujas de Gillmore.

9.5.3. Equipo a utilizar.

- Aparato de Gillmore.
- Balanzas.
- Pesas.
- Probetas graduadas.
- Formato de registro de datos.
- Equipo de seguridad personal.

9.5.4. Definiciones.

Temperatura y humedad: Observa las mismas condiciones de temperatura y humedad que con las agujas de Vicat.

Preparación de la pasta de cemento: Siguiendo el procedimiento descrito en la preparación de mezcla para la consistencia normal mezcle 500 gramos de cemento con el agua necesaria para su consistencia normal.

Moldeado del espécimen: Con la pasta de cemento preparada y sobre una placa de vidrio cuadrada, plana y limpia de aproximadamente 4" por lado, hágase una pastilla de poco mas o menos 7,5 centímetros de diámetro y 1,3 centímetros de espesor en la parte central, disminuyendo hacia los bordes. Para moldearla aplánese primero la pasta de cemento sobre el vidrio y forme después moviendo la cuchara desde los bordes hacia el centro, aplanado a continuación la parte central superior, se coloca la pastilla en el cuarto húmedo y se deja ahí, salvo cuando vaya efectuarse determinaciones del tiempo de fraguado.

9.5.5. Procedimiento.

Al determinar el tiempo de fraguado manténgase las agujas en posición vertical y póngase en contacto ligeramente con la parte superior de la pastilla, considere que el cemento ha alcanzado su fraguado inicial cuando soporte a las agujas de Gillmore inicial (la menos pesada), si que marque huellas apreciables. Se considera que el cemento ha alcanzado su fraguado final cuando soporte la Aguja de Gillmore Final (la más pesada), sin que marque huella apreciable.

Recomendaciones:

El tiempo de fraguado se afecta no sólo por el porcentaje y temperatura del agua empleada, y cantidad de amasado que haya recibido la pasta, sino también por la temperatura y humedad, entonces su determinación es solo aproximada.

9.6. DETERMINACIÓN DE LA FINURA DEL CEMENTO.

9.6.1. Objetivo.

Determinar la finura del cemento Pórtland, en términos de la superficie específica, expresada como área total superficial en centímetros cuadrados por gramos de cemento, por medio del aparato de Blaine.

9.6.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM C204-96. Método de prueba estándar para determinar la finura del cemento hidráulico por medio del aparato de permeabilidad al aire.

9.6.3. Equipo a utilizar.

- Aparato de Blaine.
- Cronómetro.
- Balanza con aproximación al centésimo de gramo.
- Formato de registro de datos.
- Equipo de seguridad personal.

9.6.4. Procedimiento.

9.6.4.1. Calibración del aparato de Blaine.

9.6.4.1.1. Muestra. La calibración del aparato de permeabilidad al aire se hará con una muestra patrón (muestra de cemento nuevo), la cual al ensayarse deberá estar a una temperatura ambiente.

9.6.4.1.2. Volumen aparente de la capa compactada de polvo.

Determinada por desplazamiento de mercurio, como sigue:

a).- Se colocan dos discos de papel filtro en la celda de permeabilidad, presionando hacia abajo los bordes de la barra cuyo diámetro sea ligeramente menor que el de la celda, hasta que los discos de papel queden planos sobre el disco de metal perforado. A continuación se llena la celda de mercurio limpio, removiendo cualquier burbuja de aire adherida en la pared de la celda (deben de emplearse pinzas para manejar la celda), si el material del que esta hecha la celda se amalgama con el mercurio, se deberá proteger su interior con una película muy delgada de aceite precisamente antes de introducir el mercurio, la cual se nivela con el extremo superior de la celda presionando ligeramente una pequeña placa de vidrio contra la superficie de mercurio. Hasta que el vidrio se encuentre al ras con la superficie de mercurio y con el borde de la celda. Asegúrese de que no queden burbujas o vacíos entre la superficie de este y la placa de vidrio, se retira el mercurio de la celda, se pesa y se registra dicho peso. Una vez hecho lo anterior se retira también dicha celda uno de los discos de papel filtro, a continuación con una cantidad tentativa de cemento de 2,8 gr comprímase el cemento, estando un disco de papel filtro encima y el otro debajo de la muestra, agréguese mercurio dentro del espacio vacío en la parte superior de la celda, retírese el aire atrapado y nivélese el

nivel de mercurio como ya se indico. Finalmente se retira el mercurio de la celda, se pesa y se registra el peso.

b).- El volumen aparente ocupado por el cemento, redondeado al más próximo 0,005 cm³, se calcula como sigue:

$$V = \frac{W_A - W_B}{D}$$

Donde:

V = Volumen aparente de cemento en cm³.

W_A = Peso del mercurio necesario para llenar la celda sin haber cemento en ella en gr.

W_B = Peso de mercurio necesario para llenar la porción de celda no ocupada por la capa de cemento preparada en la celda en gr.

D = Densidad del mercurio a la temperatura de la prueba en gr/m³ ver la tabla siguiente.

Tabla 1. Propiedades del mercurio para el cálculo de la finura del cemento.

Temperatura del Laboratorio °C	Densidad del mercurio gr./cm ³	Viscosidad del aire (η) poises x 10 ⁻⁵	($\sqrt{\eta}$)x10 ⁻⁴
16	13.56	1788	1337
18	13.55	1798	1341
20	13.55	1808	1344
22	13.54	1818	1348
24	13.54	1828	1352
26	13.53	1837	1355
28	13.53	1847	1359
30	13.52	1857	1362
32	13.52	1867	1366
34	13.51	1876	1369

9.6.4.1.3. Se debe de efectuar por lo menos dos determinaciones del volumen aparente del cemento nuevo, empleando

compactaciones separadas para cada una, el volumen aparente que se usa en los cálculos subsecuentes será el promedio de dos valores que concuerden en $\pm 0,005 \text{ cm}^3$. Anótese la temperatura del ambiente en que se encuentre en la celda y registre la temperatura al principio y al final de la determinación.

9.6.4.2. Preparación de la muestra. Se coloca la muestra patrón en frasco de aproximadamente 120 cm^3 de capacidad y se agita vigorosamente durante dos minutos, para aflojar el cemento, manténgase tapado el recipiente durante los dos minutos siguientes. A continuación se destapa y se agita suavemente para distribuir por toda la muestra la fracción fina que se haya depositado en la superficie durante la agitación vigorosa.

9.6.4.3. Peso de la muestra. El cálculo de la muestra patrón utilizado en la prueba de calibración será necesario, para producir una capa de cemento que tenga una porosidad de $0,500 \pm 0,005$ y se calcula como sigue:

$$W = eV(1 - \xi)$$

Donde:

W = Peso requerido de la muestra en gramos.

e = densidad aparente de la muestra de prueba (para cemento Pórtland es de $3,5 \text{ gr/cm}^3$).

V = volumen aparente de la capa de cemento (cm^3).

ξ = Porosidad deseada en la capa de cemento ($0,500 \pm 0,005$).

9.6.4.4. Preparación de la capa de cemento. Se sienta el disco perforado sobre el resalto de la celda de permeabilidad, con la cara marcada hacia abajo. Colóquese un disco de papel filtro sobre el disco metálico y presiónese los bordes hacia abajo con una barra de diámetro ligeramente menor que el de la celda. Se coloca la capa de cemento, el cemento deberá de ser pesado al milésimo de gramo de acuerdo al inciso d. Colóquese en la celda se golpea ligeramente a los lados con el objeto de poner a nivel la capa de cemento. A continuación, se coloca un disco de papel filtro sobre el cemento se comprime este con el embolo hasta que su anillo quede en contacto con el extremo superior de la celda, lentamente se retira el embolo a una distancia corta, gírese aproximadamente 90° , vuélvase a presionar y retírese lentamente. Se recomienda usar discos nuevos en cada determinación. Si el anillo no llega a tope de la superficie de la celda puede que este muy flojo o ajuste tentativamente la cantidad de cemento.

9.6.4.5. Prueba de permeabilidad.

a).- Se ajusta la celda de permeabilidad al tubo manómetro, asegúrese que se tenga una conexión hermética y cuidando al mismo tiempo no sacudir o alterar la capa de cemento.

b).- Lentamente se hace salir el aire de uno de los brazos del tubo U, hasta que el líquido alcance la marca superior; después

se cierra herméticamente la válvula. Póngase en marcha el cronómetro cuando la parte inferior del menisco del líquido del manómetro alcance la segunda marca (cercana al extremo superior, deteniéndolo en el momento en que llegue a la tercera marca (cercana al extremo inferior). Se anota el intervalo del tiempo medido en segundos. La temperatura se registra en grados Celsius.

c).- Para calibrar el aparato se debe de realizar por lo menos tres determinaciones del tiempo de flujo empleando en cada capa diferente cemento, esto debe de realizarlo el mismo operador que vaya a realizar la medición de la finura.

9.6.4.6. Recalibración del aparato. Se recalibrara a intervalos periódicos para corregir posibles deterioros en el embolo o en la celda de permeabilidad. Si se presenta alguna perdida de fluido en el manómetro. Si se cambia el tipo o la calidad del papel filtro usado en las pruebas. Se sugiere se prepare una segunda muestra y se emplee como patrón de finura para las determinaciones de comprobación del instrumento entre las calibraciones regulares con la muestra patrón de cemento.

9.6.4.7. Procedimiento para el cálculo de la finura del cemento de prueba, basándose en la muestra patrón ya obtenida.

Temperatura de cemento. El cemento de prueba deberá de tener la temperatura ambiente del laboratorio.

Tamaño de la muestra. El paso de la muestra será la misma que el usado para determinar la muestra patrón salvo cuando se trate de un cemento tipo III o cualquier otro finamente molido, tal que el volumen correspondiente a este paso sea tan grande que la presión ordinaria del pulgar no alcance para poner en contacto el anillo del embolo con el extremo superior de la celda, el peso de la muestra será necesario para producir una capa de prueba que tenga una porosidad de $0,530 \pm 0,055$.

Preparación de la capa de cemento. Se prepara de la forma antes mencionada en el inciso e).

Pruebas de permeabilidad. Se hará de acuerdo con el método descrito en el inciso f). Pero solo es necesario efectuar una determinación del tiempo de flujo en cada una de dos capas (ensayos) de cemento preparados.

9.6.4. Cálculo. El cálculo de la superficie específica se hará de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$S = \frac{S_s \sqrt{T}}{\sqrt{T_s}} \quad (3)$$

$$S = \frac{S_s \sqrt{N} \sqrt{T}}{\sqrt{T_s} \sqrt{N}} \quad (4)$$

$$S = \frac{S_s (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{\sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s} (1 - \varepsilon)} \quad (5)$$

$$S = \frac{S_s (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{\eta_s} \sqrt{T}}{\sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s} \sqrt{\eta} (1 - \varepsilon)}$$

(6)

$$S = \frac{S_s \rho_s (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{\rho (1 - \varepsilon) \sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s} \sqrt{\eta}} \quad (7)$$

$$S = \frac{S_s \rho_s (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\eta_s} \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{\rho (1 - \varepsilon) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T_s} \sqrt{\eta}} \quad (8)$$

Donde:

S = Superficie específica de la prueba (cm^2/gr)

S_s = Superficie específica de la muestra patrón usado en la calibración del aparato (cm^2/gr)

T = Intervalo de tiempo medido de la caída de la presión en el manómetro para la muestra en segundos.

T_s = Intervalo de tiempo medido de la caída de la presión en el manómetro para la muestra patrón usado en la calibración del aparato en segundos.

η = Viscosidad del aire a la temperatura de la prueba de la muestra de prueba.

η_s = Viscosidad del aire a la temperatura de la prueba de la muestra patrón usada en la calibración del aparato.

ε = Porosidad de la capa preparada de la muestra de prueba.

ε_s = Porosidad de la capa preparada de la muestra patrón usada en la calibración del aparato.

ρ = Densidad aparente de la muestra de prueba (cemento Pórtland será de $3.15 \text{ gr}/\text{cm}^3$).

ρ_s = Densidad aparente de la muestra patrón usado para la calibración del aparato se supone de 3.15 gr/cm^3 .

Las ecuaciones 3 y 4 se usarán para calcular la finura del cemento Pórtland compactados hasta la misma porosidad que la muestra patrón de finura, si la temperatura de prueba de la muestra de ensaye esta dentro de la temperatura de calibración $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, se empleará la ecuación 3; si la temperatura de prueba de la muestra de ensaye esta fuera de ese intervalo entonces se utilizará la ecuación 4.

Las ecuaciones 5 y 6 se usarán para calcular la finura del cemento Pórtland compactados hasta una porosidad distinta que la muestra patrón de finura, si la temperatura de prueba de muestra de ensaye esta dentro de la temperatura de calibración $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, se empleara la ecuación 5; si la temperatura de prueba de la muestra de ensaye esta fuera de ese intervalo entonces se utilizara la ecuación 6.

Las ecuaciones 7 y 8 se usarán para calcular la finura de materiales que no sean cemento Pórtland; si la temperatura de prueba de la muestra de ensaye esta dentro de la temperatura de calibración $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, se empleara la ecuación 7; si la temperatura de prueba de la

muestra de ensaye esta fuera de ese intervalo entonces se utilizara la ecuación 8.

Resultados. La finura del cemento Pórtland será el promedio de las pruebas de permeabilidad (la finura se calcula por duplicado), pero estas no deben de diferir en mas de 2 % de lo contrario se desecharan los dos valores y se tendrá que repetir la prueba cuidando todos los detalles. Registre los resultados en el formato correspondiente.

Muestra de algunos Valores para $\sqrt{\varepsilon^3}$

Porosidad ε	$\sqrt{\varepsilon^3}$	Porosidad ε	$\sqrt{\varepsilon^3}$
0.495	0.348	0.509	0.363
0.496	0.349	0.510	0.364
0.497	0.350	0.525	0.380
0.498	0.351	0.526	0.381
0.499	0.352	0.527	0.383
0.500	0.354	0.528	0.384
0.501	0.355	0.529	0.385
0.502	0.356	0.530	0.386
0.503	0.357	0.531	0.387
0.504	0.358	0.532	0.388
0.505	0.359	0.533	0.389
0.506	0.360	0.534	0.390
0.507	0.361	0.535	0.391
0.508	0.362		

9.7. DENSIDAD APARENTE DEL CEMENTO.

9.7.1. Objetivo.

Determinar la densidad aparente ó el peso por unidad de volumen sin tomar en cuenta los vacíos del cemento. Su utilidad práctica es para el proporcionamiento del concreto.

9.7.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

ASTM C188. Método estándar para la densidad del cemento hidráulico.

9.7.3. Equipo a utilizar.

- Frasco de Le Chatelier.
- Balanza con aproximación al décimo de gramos.
- Queroseno exento de agua o petróleo.
- Recipiente con agua.
- Termómetro.

9.7.4. Procedimiento. La práctica consiste en que conocido un peso de cemento se calcule su volumen por medio de desplazamiento del líquido.

9.7.4.1. Se vierte el líquido (petróleo) en el frasco de Le Chatelier hasta un nivel entre 0,0 y 1,0 ml, como quedará líquido adherido en las paredes del frasco además de burbujas de aire, se gira sobre un círculo horizontal sumergiendo la parte inferior del frasco en un baño de agua a la temperatura del líquido con la finalidad que establecer el nivel del líquido.

9.7.4.2. Se toma la lectura en la parte inferior del menisco y se anota como lectura inicial del líquido L_i .

9.7.4.3. Se pesan alrededor de 64 gramos para cemento Pórtland, con la finalidad que al verterlo en el frasco el líquido alcance a sobre pasar a lecturas superiores a la esfera intermedia.

9.7.4.4. Se sujeta el frasco en forma vertical, se agrega el cemento muy lentamente de manera que vaya pasando al interior sin obstruirse.

9.7.4.5. Se coloca el tapón del frasco se inclina y rueda horizontalmente de manera de lograr que salga el aire atrapado en el cemento y baje el que haya quedado en las paredes.

9.7.4.6. Se repite el paso No. 2 para lograr que se establezca nuevamente el nivel del líquido hasta lograr que sea repetidamente la misma lectura.

9.7.4.7. Tomar la lectura de la parte inferior del menisco, como lectura final registrándola como L_f .

9.7.5. Cálculo. Tomando en cuenta lo siguiente:

- Peso alrededor de 64 gramos y volumen de cemento = $L_f - L_i$

Donde:

$$\delta = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{volumen del cemento}} = \frac{\text{alrededor de 64 gramos}}{L_f - L_i}$$

δ = Densidad aparente del cemento en gr/cm^3 .

P = Peso de la muestra en gramos.

V = Volumen del cemento sin tomar en cuenta los vacíos (cm^3).

Precisión: Las pruebas se efectuaran por duplicado para no tener errores de más de 0,01 gr/ml.

9.7.5.1. Registre los resultados en el formato correspondiente.

9.8. PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO POR MEDIO DEL USO DE LOS NOMOGRAMAS DE ABRAMS.

9.8.1. Objetivo.

Determinar la cantidad de cemento, agua y arena que se agregan a un concreto de cierta resistencia mediante las curvas y nomogramas de Abrams.

La dosificación o proyectos de mezcla para concreto, tiene por objeto determinar la combinación mas económica y fácil de realizar con los agregados disponibles para cada obra. El procedimiento mas práctico para determinar las proporciones finales es fabricando muestra de prueba en el laboratorio y efectuando correcciones en el campo cada vez que así se requiera. Para obtener un concreto que sea resistente, económico y durable, a la vez se requiere una mezcla de máxima densidad, es decir, que el volumen de vacíos que dejen las partículas de los agregados se aglutinan con un película de lechada cemento y opera como lubricante en el concreto fresco y como aglutinante en el concreto endurecido.

En el cálculo de las proporciones de los materiales para un concreto de resistencia se deberán de seguir los pasos que se indican a continuación.

9.8.2. Normas que aplican. (Norma de Referencia).

Procedimiento ACI por gráficas de Abrams.

9.8.3. Equipo a utilizar.

- Botellas transparentes graduadas a cada 10 cm³, con capacidad de 220 cm³, de boca ancha y tapón de cierre hermético.
- Formato de registro de datos.

- Equipo de seguridad personal.

9.8.4. Procedimiento.

9.8.4.1. Elección de la relación agua-cemento mediante cualquiera de los siguientes métodos:

- Basándose en resultados obtenidos de ensayos.
- Por datos deducidos de la experiencia.
- Por relaciones ya establecidas de manera que se asegure en cierto modo la resistencia que se necesita para el concreto (se emplean las curvas de Abrams).

9.8.4.2. Elección de los límites de revenimiento que permita la compactación adecuada del concreto empleado en determinada obra. La fluidez del concreto dependerá de grado de dificultad que se tenga para su colocación en las diferentes partes de la obra.

9.8.4.3. Determinar el tamaño máximo del agregado grueso, adecuado para emplearse en determinada obra. Los tamaños máximos más comunes son de 38, 25, 19 y 13 mm (1 ½", 1", ¾" y ½"). El tamaño máximo de la grava se obtiene haciendo el análisis granulométrico de la muestra representativa del agregado que vamos a emplear en la obra y corresponde a la malla anterior a la que retiene el 5% ó más de la muestra. Estos valores se estipulan en los reglamentos, en nuestro país el agregado máximo no debe de ser mayor que dos terceras partes del espaciamiento mínimo entre varillas de refuerzo.

9.8.4.4. Deducir de los datos de ensaye o de relaciones previamente establecidas, el porcentaje mínimo de arena que proporcione una consistencia conveniente y que requiera el menor consumo de cemento compatible con la resistencia.

9.8.4.5. Calcular la cantidad de agua que se necesite por metro cúbico de concreto y que es indispensable para cumplir las etapas 9.8.4.2, 9.8.4.3. y 9.8.4.4.

9.8.4.6. Elección del tipo y cantidad conveniente de aditivos cuando las exigencias especiales de una determinada obra los requiera, por ejemplo: los aceleradores de fraguado, los retardadores de aditivos impermeabilizantes, los superfluidificantes, inclusotes de airea, etcétera.

9.8.4.7. Calcular las proporciones de la mezcla de prueba que se ajusten a los factores determinados de las etapas anteriores y hacer en la obra todas las correcciones que sean necesarias para ajustar la mezcla de prueba.

Nomograma 1 (anexo): En las gráficas de Abrams se señala en el eje de las ordenadas la resistencia de proyecto del concreto que se necesita para determinada obra a partir de ese punto se traza una horizontal hasta interceptar cualquiera de las curvas A o B según sean las condiciones de trabajo (rígidas o comunes). Desde el punto de intersección de la curva y la horizontal se traza una línea vertical hacia abajo hasta encontrar el eje de las abscisas, donde se lee la relación

agua-cemento en peso y los litros de agua que corresponden a cada saco de cemento de 50 kilogramos.

En caso de que se necesite la relación agua-cemento en volumen, la referencia vertical se prolonga hacia arriba de donde se obtiene el dato. La relación de la gráfica nos indica la cantidad de agua que necesitamos para combinar con el cemento para lograr una pasta que sirviendo de aglutinante nos de una resistencia “f’c” a la compresión deseada.

Cálculo de la relación grava-arena en peso: Como se explicó, se necesita una relación entre los agregados de manera que se tenga el mínimo de vacíos, aplicando el uso de los nomogramas de la siguiente manera.

En la figura 1 se fija en el eje de las ordenadas el valor del módulo de finura de la arena (obtenido de la prueba de granulométrico del material que se vaya a usar en la obra). A partir de ahí se traza una referencia hasta encontrar la gráfica correspondiente el tamaño máximo del agregado grueso (datos que se obtuvo al efectuar la prueba de granulometría de la grava). Y desde esta intersección se traza una referencia hasta el eje de las abscisas donde tenemos el dato de la relación grava-arena en peso.

Nomograma 2 (anexo): Con el dato de la grava-arena por peso, pasamos a la figura 2 de la misma gráfica en la que fijamos en el eje de las abscisas dicha relación y desde ese punto, trazamos una línea

vertical hasta la gráfica correspondiente al tamaño máximo del agregado grueso y desde la intersección trazamos una horizontal hasta el eje de las ordenadas donde encontraremos el dato contenido neto de agua en kg/m^3 de concreto fresco.

Nomograma 3 (anexo): El contenido de agua esta calculado para un revenimiento de 10 centímetros (4") en caso de variar el revenimiento requerido se corrige el contenido de agua en un 3 % en cada 2,5 centímetros de revenimiento negativo. Cuando se trate de aumentar el revenimiento es mas conveniente agregar lechada en un 3 % por cada pulgada en la misma relación que tenemos para la resistencia, con el objeto de no bajar el valor de $f'c$ del concreto.

9.8.5. Cálculos.

Con los datos recabados hasta aquí, cree un formato para vaciar estos datos y calculas las proporciones, procediendo de la siguiente manera.

9.8.5.1. Se fija la relación agua-cemento en peso en la primera escala de la izquierda y el contenido de agua por m^3 de concreto obtenido anteriormente en la escala señalada con la letra "A". Unimos estos puntos con una recta prolongada que cortará el eje auxiliar y el eje del extremo del lado derecho de la gráfica marcando la letra "C", cuya lectura nos dará el contenido de cemento por m^3 de concreto fresco.

9.8.5.2. En la segunda escala del eje de la izquierda fijamos la gravedad específica media (GEM), de los agregados que se van emplear en la obra y que se les han efectuado las pruebas

correspondientes considerando estas en estado saturado y superficialmente seco.

Se une este punto con el fijado anteriormente en el eje auxiliar y la intersección de esta recta con la escala P, nos dará el valor de la relación agregado-cemento al peso.

Nomograma para el proporcionamiento del concreto.

Para calcular la gravedad específica media de los agregados empleados en el proporcionamiento aplicamos la siguiente ecuación.

$$GEM = \frac{R+1}{\frac{1+R}{GEa + GEg}}$$

Donde:

GEM = gravedad específica media.

Cálculo de la relación grava-arena.

Donde:

R = relación grava-arena.

g = peso de la grava (kg).

a = peso de la arena (kg).

P = relación agregados-cemento.

$$R = \frac{g}{a}$$

$$R = \frac{g+a}{c}$$

Sustituyendo la ecuación de la relación grava-arena en la ecuación que nos da P despejando a y haciendo $c=L$ para tener las proporciones con relación al cemento tenemos:

$$a = \frac{P}{R+L}$$

Llamando al quebrado $P/(R+L)$, con la letra X y multiplicando esto por la relación grava-arena en peso, obteniendo el peso de la grava por cada unidad de cemento que llamaremos “Y” esto es: $Y = RX$

Entonces nuestra proporción básica será:

CEMENTO	AGUA	ARENA	GRAVA
1	A/C	X	Y

Esta proporción servirá de base para una mezcla de prueba que se hará con 10 Kg. de cemento si la mezcla resulta buena las proporciones empleadas servirán de base a las mezclas de trabajo o se procederá a hacer las correcciones necesarias.

9.9. MUESTREO DE CONCRETO FRESCO.

9.9.1. Objetivo.

Realizar correctamente la obtención de muestras representativas y confiables de concreto fresco, una vez que contengan los materiales que intervienen en la mezcla completamente homogeneizada, muestras que son utilizadas posteriormente en la realización de pruebas previamente especificadas.

9.9.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-161-1997-ONNCCE Muestreo de concreto fresco.

9.9.3. Equipo a utilizar.

- Recipiente (cubeta, charola o carretilla).
- Charola.
- Cucharón.

9.9.4. Procedimiento.

9.9.4.1. Prepara el equipo necesario para la obtención de la muestra.

Para realizar correctamente el muestreo deben tomarse en cuenta los diferentes tipos de elemento; tales como pavimentadoras, mezcladoras fijas o estacionarias, camión mezclador y camión de volteo de los cuales se tomará la muestra.

9.9.4.2. Obtiene la muestra. Para camión revolador se toma en tres o más intervalos, interceptando todo el flujo de la descarga, no debe tomarla antes del 15 % ni después del 85 % de la misma.

9.9.4.3. El muestreo en mezcladoras estacionarias se obtiene interceptando el flujo completo de la descarga de la mezcladora con el

recipiente aproximadamente a la mitad del tambor, debiendo tener cuidado de no restringir el flujo de la mezcladora con compuertas u otros medios que causen segregación del concreto.

9.9.4.4. El muestreo en pavimentadoras debe realizarse una vez que ésta descargó, tomando la muestra con cucharón de por lo menos cinco distintos puntos distribuidos en toda el área del volumen descargado. No debe utilizarse pala.

9.9.4.5. La muestra debe ser una cantidad suficiente para la realización de todas y cada una de las pruebas. Se recomienda que la muestra sea mayor al volumen requerido por las pruebas a realizar.

9.9.4.6. Transporta la muestra con cuidado y sin pérdida del material a donde se efectúan las pruebas. Debe remezclar para asegurar su uniformidad.

9.9.4.7. Ubica la muestra en un lugar donde se proteja de los rayos solares, el viento y otros factores que causen rápida evaporación o contaminación de la muestra.

9.9.4.8. El intervalo entre la obtención de la primera y última porción de la muestra debe ser tan corto como sea posible y nunca más de 15 minutos.

9.9.4.9. Obtener los datos generales correspondientes de la muestra, una vez que se realicen las pruebas correspondientes, los datos de la muestra se anotarán en formato correspondiente de concreto hidráulico.

9.10. REVENIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO.

9.10.1. Objetivo.

Determinar la consistencia de una mezcla de concreto fresco, en base a la disminución de altura, la cual es un factor fundamental para la aceptación o rechazo de un lote de concreto fresco.

9.10.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-156-1997-ONNCCE Determinación del revenimiento en el concreto fresco.

9.10.3. Equipo a utilizar.

- Recipiente (cubeta, charola o carretilla).
- Cucharón.
- Guantes de hule.
- Cinta métrica.
- Varilla de acero de sección circular punta de bala de 13 mm de diámetro.
- Cono de revenimiento con las dimensiones indicadas en la NMX-C-156-1997-ONNCCE para la determinación de revenimiento.
- Placa base de acero.
- Formato de registro de datos.
- Equipo de seguridad personal.

9.10.4. Procedimiento.

9.10.4.1. Obtiene la muestra de acuerdo al procedimiento de muestreo de concreto fresco.

9.10.4.2. Humedecer el molde y lo coloca sobre la placa base de acero del equipo o en su defecto en una superficie horizontal plana, rígida, húmeda y no absorbente; apoyar los pies en los estribos del molde y se mantiene firme en su lugar durante la operación del llenado.

9.10.4.3. Llenar el molde con 3 capas aproximadamente de igual volumen, donde 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 por encima del borde del molde. Se compacta cada capa con 25 penetraciones de la varilla introduciéndola por el extremo redondeado, distribuidas uniformemente sobre la sección de cada capa, por lo que es necesario inclinar la varilla ligeramente hasta la zona perimetral; aproximadamente la mitad de las penetraciones se hacen cerca del perímetro, avanza en espiral hacia el centro del cono.

9.10.4.4. Compactar la segunda capa y la superior a través de todo el espesor, de manera que la varilla penetre en la capa anterior aproximadamente 2 cm para el llenado de la última capa se coloca un pequeño excedente de concreto por encima del borde superior de 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 mismo todo el tiempo.

9.10.4.5. Enrasar el concreto mediante un movimiento de rodamiento de la varilla, limpiando la superficie exterior de la base del asiento e inmediatamente después levanta el molde en dirección vertical.

9.10.4.6. Levantar completamente el molde, haciéndolo en 5 ± 2 segundos; evitando movimientos torsionales o laterales.

9.10.4.7. La operación desde el llenado y hasta que se levante el molde, debe hacerse sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2.5 minutos.

9.10.4.8. Colocar el molde a un lado en forma invertida colocando la varilla en forma horizontal, la cual servirá como referencia para obtener la medición del revenimiento.

9.10.4.9. Medir en centímetros el asentamiento del concreto a partir del nivel original de la base superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie superior de la mezcla. En caso de que alguna porción del concreto se deslice o caiga hacia un lado, se desecha la prueba y se procede a realizar otra nueva porción de la misma muestra. Si dos pruebas consecutivas hechas de la misma muestra presentan fallas al caer el concreto a un lado, probablemente el concreto carece de 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.

9.10.4.10. Anotar los resultados obtenidos en el formato correspondiente.

9.11. ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECIMENES DE CONCRETO.

9.11.1. Objetivo.

Establecer el procedimiento adecuado para lograr un espécimen de concreto verdaderamente representativo de la mezcla con la cual se fabrica.

9.11.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-160-ONNCCE-2004 Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.

9.11.3. Equipo a utilizar.

- Moldes cilíndricos de las características indicadas en la norma NMX-C-160-1986 para elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
- Moldes rectangulares de las características indicadas en la norma NMX-C-160-1986 para la elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
- Recipiente (cubeta, charola o carretilla).
- Cucharón y guantes de hule.
- Equipo para determinar el revenimiento de acuerdo a la norma NMX-C-156-1997-ONNCCE determinación del revenimiento en concreto fresco.
- Varilla de acero de sección circular.
- Enrasador metálico.
- Martillo de goma.
- Material necesario para proteger los cilindros (lienzos de plástico).

9.11.4. Procedimiento.

9.11.4.1. Escoge el lugar más cercano al colado, de manera que la superficie esté libre de vibraciones, lisa y en forma horizontal.

9.11.4.2. Humedece los moldes en la parte que estará en contacto con el concreto, con aceite u otro material similar que no reaccione con éste, para desprender más fácilmente la muestra del molde.

9.11.4.3. Obtiene la muestra de acuerdo al procedimiento de muestreo de concreto fresco (9.9).

9.11.4.4. Realiza la prueba de revenimiento según el procedimiento para la determinación del revenimiento del concreto fresco (9.10).

9.11.4.5. Moldea los especímenes vaciando con un cucharón el concreto en los moldes inmediatamente después de obtenida y remezclada la muestra. El cucharón se mueve alrededor del borde superior del molde a medida que el concreto vaya descargando, con el fin de asegurar una distribución homogénea del mismo y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. El molde debe llenarse en tres capas de aproximadamente igual volumen en el caso de moldes cilíndricos, para vigas el molde se llena en dos capas de aproximadamente igual volumen. El método de compactación depende del revenimiento, ya que si el concreto tiene revenimiento mayor de 8 cm debe varillarse, si esta entre 8 cm y 3 cm puede varillarse o vibrarse y si tiene revenimiento menor de 3 cm debe vibrarse.

9.16.4.6. Realiza el varillado en cada capa con 25 penetraciones en forma de espiral llenando el molde en tres capas de igual volumen, esto para cilindros; en el caso de vigas el varillado por capa requerida debe ser de uno por cada 10 cm^2 de la superficie del espécimen, llenando el molde en dos capas de aproximadamente igual volumen. Cuando el método de compactación es con vibrador y son cilindros, el molde se llena en dos capas de igual volumen y el vibrador se introduce en forma vertical tres veces en diferentes puntos de cada capa; si es para vigas se llena en una sola capa y el vibrador se introduce siempre en forma vertical en distancias que no excedan de 15 cm a lo largo de la línea centro de la dimensión longitudinal del espécimen.

9.11.4.7. Golpea las paredes del molde con el martillo de goma para expulsar el aire atrapado una vez terminado el varillado o vibrado, esto lo puede hacer cuando se termine cada capa o una vez que termine todas las capas.

9.11.4.8. Enrasa con el enrasador metálico la superficie.

9.11.4.9. Elabora las etiquetas de identificación de cilindros con los datos de la obra, compañía, número de muestra, numero de cilindro y muestreador y las coloca en las muestras.

9.11.4.10. Protege el molde con una capa de material no absorbente ni reactivo, o con una tela de plástico (polietileno) resistente, durable e impermeable; debidamente sujeta.

9.11.4.11. Elabora el reporte de campo control de concreto hidráulico con los datos del concreto, tales como: número de remisión, resistencia requerida, revenimiento, tipo de cemento, localización del elemento colado, aditivo, número de muestras, edades de tronado, horas de salida, llegada y término de colado; el cual debe ser firmado por el responsable de obra.

9.11.4.12. Coloca los especímenes a una temperatura de 16 °C a 27 °C en las primeras 24 horas después del moldeado.

9.11.4.13. Traslada las muestras al laboratorio central teniendo especial cuidado, evitando golpes, caídas o despostillamiento; ya que esto puede provocar resultados negativos o no representativos.

9.11.4.14. Descimbra los cilindros de preferencia a las 24 horas después del moldeado permitiéndose un margen de entre 20 y 48 horas. Almacena de inmediato los cilindros a una temperatura de 23 °C \pm 2 °C y a una humedad relativa del 95 % al 100 %. Para vigas deben retirarse del molde entre 24 y 48 horas después del moldeado y colocarse en las mismas condiciones que los cilindros, excepto que deben almacenarse durante un período mínimo de 20 horas inmediatamente antes de la prueba a la flexión en agua saturada de cal a 23 °C \pm 2 °C de temperatura. Registre los resultados en el formato correspondiente.

9.12. ELABORACIÓN Y CURADO EN LABORATORIO DE ESPECIMENES DE CONCRETO.

9.12.1. Objetivo.

Lograr un espécimen de concreto verdaderamente representativo de la mezcla elaborada y curada en laboratorio.

9.12.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-159-ONNCCE-2004 Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio.

9.12.3. Equipo a utilizar.

- Moldes cilíndricos. de las características indicadas en la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004 para elaboración y curado en laboratorio de especímenes de concreto.
- Moldes rectangulares de las características indicadas en la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004 para elaboración y curado en laboratorio de especímenes de concreto.
- Recipiente (cubeta, charola o carretilla).
- Cucharón
- Guantes de hule
- Equipo para determinar el revenimiento de acuerdo a la norma NMX-C-156-1997-ONNCCE para determinación del revenimiento en el concreto fresco.
- Varilla de acero de sección circular.
- Enrasador metálico.

- Martillo de goma.
- Lienzos de plástico para proteger los cilindros después de ser moldeados.
- Herramienta auxiliar (pala, báscula)
- Mezcladora de concreto.
- Formato de registro de datos.

9.15.4. Procedimiento.

9.12.4.1. Clasifica el agregado grueso en fracciones de cada tamaño nominal y lo dosifica por cada revoltura en la proporción adecuada para obtener la proporción adecuada para obtener la composición granulométrica deseada. El agregado fino lo utiliza tal y como se encuentre, haciendo la corrección por la cantidad de agua que sería absorbida por el agregado antes de fraguar el concreto.

9.12.4.2. Preparar la revolvedora antes de iniciar el mezclado de la revoltura de prueba, con una revoltura de mortero o concreto proporcionada, aproximadamente igual a la prueba. El mortero que se adhiere a la revolvedora después de la descarga evita la pérdida de éste en la revoltura de prueba. La cantidad que se mezcle debe dejar un remanente del 10 % aproximadamente, después de moldear los cilindros de prueba.

9.12.4.3. Añade el agregado grueso, el cemento y parte del agua de mezclado y la solución de aditivos en caso de utilizarlos, antes de iniciar la operación de la revolvedora para el mezclado mecánico.

9.12.4.4. Inicia la operación de la revolvedora y luego se añade el agregado fino, el cemento y el agua mientras gira la olla.

9.12.4.5. Mezcla el concreto durante 3 minutos después de haber cargado todos los ingredientes, seguido de un descanso de 3 minutos y se termina con otro período de mezclado de 2 minutos.

9.12.4.6. Tapa la boca de la revolvedora con un paño húmedo durante el período de descanso para evitar la evaporación. Deposita el concreto mezclado en una charola limpia y húmeda y se remezcla con una pala o cucharón hasta tener una apariencia uniforme.

9.12.4.7. Escoge el lugar más cercano al colado, de manera que la superficie esté libre de vibraciones, lisa y en forma horizontal.

9.12.4.8. Humedece los moldes en la parte que estará en contacto con el concreto, con aceite u otro material similar que no reaccione con éste, para desprender más fácilmente la muestra del molde.

9.12.4.9. Obtiene la muestra de acuerdo al procedimiento para muestreo de concreto fresco (9.9).

9.12.4.10. Determina el revenimiento de acuerdo al procedimiento para la determinación del revenimiento del concreto fresco (9.10).

9.12.4.11. Moldea los especímenes inmediatamente después de obtenida y remezclada la muestra.

9.12.4.12. Vacía con un cucharón el concreto en los moldes, moviendo el cucharón alrededor del borde superior a medida que el concreto vaya descargando, con el fin de asegurar una distribución homogénea del

mismo y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. El molde debe llenarse en tres capas de aproximadamente igual volumen en el caso de moldes cilíndricos. Para vigas el molde se llena en dos capas de igual volumen.

9.12.4.13. Realiza el varillado en cada capa con 25 penetraciones en forma de espiral, en el caso de vigas el varillado por capa requerida debe ser de uno por cada 10 cm^2 de la superficie del espécimen. Cuando el método de compactación es con vibrador y son cilindros, el molde se llena en dos capas de igual volumen y el vibrador se introduce en forma vertical tres veces en diferentes puntos de cada capa; si es para vigas se llena en una sola capa y el vibrador se introduce siempre en forma vertical en distancias que no excedan de 15 cm a lo largo de la línea centro de la dimensión longitudinal del espécimen.

9.12.4.14. Golpea las paredes del molde con el martillo de goma, una vez que se terminó el varillado, para expulsar el aire atrapado, esto lo hace cuando se termine cada capa o una vez que termine todas las capas.

9.12.4.15. Enrasa el molde con un enrasador metálico una vez que se tenga la capa superior.

9.12.4.16. Elabora la etiqueta de identificación de cilindros y la coloca en la muestra.

9.12.4.17. Protege con una de material no absorbente ni reactivo o con una tela de plástico (polietileno) resistente, durable e impermeable; debidamente sujeta.

9.12.4.18. Elabora el reporte con los datos del concreto. Tales como: resistencia requerida, revenimiento, tipo de cemento, aditivo, número de muestras, edades de tronado, etc.

9.12.4.19. Descimbra los especímenes no antes de 20 horas ni después de 48 horas de su elaboración.

9.12.4.20. Introduce los especímenes en el cuarto de curado y los mantiene a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, después de ese tiempo los mantiene a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una humedad relativa de 95 % mínima, hasta el momento de la prueba. Para las vigas hace todo lo anterior con la excepción que durante el almacenaje, 20 horas inmediatamente antes de la prueba, sumerge las vigas en una solución de agua saturada con cal a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura.

9.12.4.20. Registre los resultados en el formato correspondiente.

9.13. CABECEADO DE ESPECÍMENES CILINDRICOS DE CONCRETO.

9.13.1. Objetivo.

Establecer el procedimiento para cabecear especímenes cilíndricos de concreto endurecido, y así realizar la prueba de compresión.

9.13.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-109-ONNCCE-2004 Cabeceo de especímenes cilíndricos de concreto.

9.13.3. Equipo a utilizar.

- Platos cabeceadores metálicos.
- Recipiente para fundir azufre.
- Placa base nivelante.
- Dispositivos de alineamiento (barras guía).
- Nivel ojo de buey.
- Guantes de piel (carnaza) y cubre bocas.

9.13.4. Procedimiento.

9.13.4.1. Verifica la resistencia del lote de azufre en cada uso y lo desecha después de 10 usos o cuando ya no cumpla con la resistencia de 350 kg/cm^2 , obtenida de la siguiente forma:

9.13.4.2. Funde la muestra de azufre a una temperatura entre $130 \text{ }^\circ\text{C}$ y $150 \text{ }^\circ\text{C}$, y lo coloca en el molde con tres compartimentos cúbicos de 5 cm por lado, previamente calentado de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Posterior al llenado de los cubos, lo deja reposar 2 horas.

9.13.4.3. Prueba los cubos a compresión aplicando la carga en dos de las caras laterales, la resistencia mínima debe ser de 350 kg/cm^2 .

9.13.4.4. Mide el diámetro y la altura en direcciones opuestas, así como el peso de cada espécimen, anotando los datos en la hoja de registro de control de ensaye de concreto hidráulico.

9.13.4.5. Después de las pruebas del azufre, funda el azufre para cabecear a una temperatura de $140 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ en el recipiente.

9.13.4.6. Nivel la placa cabeceadora con tornillos de nivelación y nivel.

9.13.4.7. Coloca el azufre en el plato cabeceador y el cilindro sobre la capa de azufre caliente. El cilindro es colocado mediante unas barras guía para que la superficie formada por la pasta sea horizontal. Se repite el proceso con el otro extremo del cilindro para concluir.

9.13.4.8. Verifica la planicidad de uno de cada diez de los especímenes cabeceados utilizando una barra perfectamente horizontal, y colocarla sobre la superficie cabeceada. Enseguida utiliza un calibrador de $0,05 \text{ mm}$, al no entrar en la superficie cabeceada se considera que cumple con lo especificado. Para la perpendicularidad utiliza una barra guía perfectamente perpendicular con respecto al plano horizontal, coloca el espécimen sobre el plano horizontal y lo recarga sobre la barra guía, en esa posición checa la perpendicularidad utilizando una escala, la diferencia de la distancia entre el cilindro y las placas verticales del equipo en la parte superior e inferior debe ser menor a 3 mm , en caso de no cumplir con lo anterior, se verifican los platos y se repite la prueba

9.14. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE CILINDROS DE CONCRETO

9.14.1. Objetivo.

Determinar la resistencia a la compresión simple de especímenes de concreto.

9.14.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-083-ONNCCE-2002 Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

9.14.3. Equipo a utilizar.

- Maquina universal, la cuál debe estar correctamente calibrada por un laboratorio autorizado de metrología.
- Equipo de prueba complementaria de la maquina universal.
- Formato de registro de datos.

9.14.4. Procedimiento.

9.14.4.1. Limpia las superficies de las placas superiores e inferiores y las cabezas del espécimen de prueba.

9.14.4.2. Coloca el espécimen (debidamente cabeceado conforme al procedimiento 9.13) sobre la placa de carga con el asiento esférico, mientras la placa superior e inferior la baja hacia el espécimen asegurándose que se tenga un contacto suave y uniforme.

9.14.4.3. Aplica la carga con una velocidad uniforme que se encuentre entre 84 y 210 kg/cm²/min sin producir ni impacto ni pérdida de carga.

9.14.4.4. Aplica la carga hasta alcanzar la máxima, registrándola en el formato de control de ensaye de concreto hidráulico. Cuando sea

necesario, podrá llevarse hasta la falla, anotando tipo de ésta y apariencia del concreto en el mismo formato.

9.14.4.5. Ensaya los especímenes para su aceptación o rechazo a la edad de 14 días en el caso de concreto de resistencia rápida o 28 días en caso de resistencia normal.

9.14.4.6. 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 medio.

Uno de cada diez cilindros probados se lleva a la falla para verificar que los cilindros estén bien cabeceados y con el espesor especificado. En caso de que se observen defectos en el espécimen o en sus cabezas, se elabora un oficio donde se informan los defectos detectados al jefe de laboratorio.

9.14.4.7. Registre los resultados en el formato correspondiente.

9.15. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN USANDO UNA VIGA DE CONCRETO CON CARGA EN EL CENTRO.

9.15.1. Objetivo.

Determinación de la resistencia a la flexión del concreto por el método de carga en el centro del claro. Esta prueba es aplicable a las vigas de concreto para determinar la resistencia a la flexión o módulo de ruptura por el método de carga en el centro del claro.

9.15.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-303-1986 Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro.

9.15.3. Equipo a utilizar.

- Prensa universal con capacidad de 120 ton, lectura mínima de 10 kg, manómetro digital y aplicación de carga con los aditamentos para la colocación de la viga.
- Dispositivo de aplicación de carga.
- Equipo de seguridad (guantes).
- Lija o tiras de cuero
- Formato de registro de datos.

9.15.4. Procedimiento.

9.15.4.1. Voltea el espécimen sobre uno de sus costados con respecto a la posición del moldeado.

9.15.4.2. Coloca la muestra en la prensa, centrándola en los bloques de apoyo, los cuales deben estar centrados respecto a la fuerza aplicada y en contacto total con la viga.

9.15.4.3. Verifica que la superficie del espécimen tenga contacto total con los apoyos, en caso contrario, si la separación de la línea de contacto entre ellas y los bloques es mayor de 0,1 mm en una longitud de 25 mm se deben lijar o usar tiras de cuero.

9.15.4.4. Aplica la carga a una velocidad uniforme, tal que el aumento de esfuerzo de las fibras extremas no exceda de 10 kgf/cm² por minuto, permitiéndose velocidades mayores antes del 50 % de la carga de ruptura.

9.15.4.5. Determina el ancho y el peralte promedio del espécimen en la sección de falla.

9.15.5. Calcula el módulo de ruptura de acuerdo a lo siguiente: $MR = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times d^2}$

En donde:

MR = Módulo de ruptura en kgf/cm²

P = Carga máxima aplicada (kgf)

L = Distancia entre apoyos en cm.

b = Ancho promedio del espécimen en cm.

d = Peralte promedio del espécimen en cm.

9.15.5.1. Registre los resultados en el formato correspondiente.

9.16. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN USANDO UNA VIGA DE CONCRETO CON CARGA EN LOS TERCIOS.

9.16.1. Objetivo.

Determinación de la resistencia a la flexión del concreto por el método de carga en los tercios del claro. Esta prueba es aplicable a las vigas de concreto para determinar la resistencia a la flexión o módulo de ruptura por el método de carga en los tercios del claro.

9.16.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-191-ONNCCE-2004 determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro

9.16.3. Equipo a utilizar.

- Prensa universal con capacidad de 120 ton, lectura mínima de 10 kg, manómetro digital y aplicación de carga con los aditamentos para la colocación de la viga.
- Dispositivo de aplicación de carga
- Equipo de seguridad (guantes)
- Lijas o tiras de cuero
- Formato de registro de datos.

9.16.4. Procedimiento.

9.16.4.1. Voltea el espécimen sobre un lado con respecto a la posición del moldeado. Coloca la muestra en la prensa, cuidando que los apoyos se encuentren centrados en ésta respecto a la carga aplicada.

9.16.4.2. Verifica que la superficie del espécimen en los puntos tercios entre los apoyos, tenga contacto total, en caso contrario, si la separación de la línea de contacto entre ellas y los bloques es mayor de 0,1 mm en una longitud de 25 mm, se deben lijar o usar tiras de cuero.

9.16.4.3. Aplica la carga a una velocidad uniforme, tal que el aumento de esfuerzo de las fibras extremas no exceda de 10 kgf/cm² por minuto, permitiéndose velocidades mayores antes del 50 % de la carga de ruptura.

9.16.4.4. Determina el ancho y el peralte medio, así como la localización de la línea de falla con el promedio de tres medidas en el centro y dos en las aristas.

9.16.4.5. Calcula el módulo de ruptura de acuerdo a lo siguiente:

a).- Si la fractura se inicia en la superficie de tensión del tercio medio del claro se calcula como sigue:

En donde:

$$MR = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

MR = Módulo de ruptura en kgf/cm²

P = Carga máxima aplicada en kgf

L = Distancia entre apoyos en cm.

b = Ancho promedio del espécimen en cm.

d = Peralte promedio del espécimen en cm.

b).- Si la ruptura se presenta en la superficie de tensión fuera del tercio medio del claro en no más del 5 % de su longitud, el cálculo será el siguiente:

$$MR = \frac{3 \times P \times a}{b \times d^2}$$

En donde:

a = Distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más cercano en la superficie de la viga en cm.

c).- Si la fractura ocurre en la superficie de tensión del tercio medio del claro en más del 5 % se desecha el resultado de prueba.

9.16.4.6. Registre los resultados en el formato correspondiente.

9.17 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLERÓMETRO.

9.17.1. Objetivo.

Determinar el índice de rebote en concreto endurecido mediante el empleo del dispositivo conocido como esclerómetro o martillo de rebote, para evaluar la uniformidad superficial del concreto en el sitio, o para delimitar zonas o áreas de diferentes resistencias o al concreto deteriorado de las estructuras, así como para indicar cambios en las características del concreto a través del tiempo, tal como aquellas causadas por la hidratación del cemento.

9.17.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-192-ONNCCE-2006 Determinación del índice de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro.

9.17.3. Equipo a utilizar.

- Esclerómetro.
- Piedra abrasiva.
- Formato de registro de datos.

9.17.4. Procedimiento.

9.17.4.1. Selecciona la superficie de prueba de por lo menos 150 mm de diámetro y 100 mm de espesor de acuerdo con la representatividad del área por evaluar, en función de sus oquedades, desconchamiento, alta porosidad ó textura rugosa.

9.17.4.2. Limpia la superficie de prueba de pintura, polvo o cualquier elemento no propio del concreto, que pueda afectar al índice de rebote.

9.17.4.3. Pule la superficie que tenga irregularidades debidas a cimbras de maderas no cepilladas, con piedra abrasiva hasta dejarla lisa y en concretos excesivamente duros quita hasta unos 10 mm de la capa superficial.

9.17.4.4. Coloca el esclerómetro en forma perpendicular sobre la superficie del concreto que se va a evaluar y emite una pequeña presión para que el embolo se libere y deja que se extienda hasta alcanzar su máxima extensión, eliminando la presión sobre el martillo, cuidando siempre que se mantenga la perpendicularidad y que la presión sea uniforme hasta que la masa seca del martillo golpee la superficie del concreto.

9.17.4.5. Oprime el botón pulsador y toma la lectura en la ventana de la escala graduada, registrando el índice de rebote, medido de 10 a 100 con dos cifras significativas.

9.17.4.6. Elimina las lecturas que difieran del promedio de más de 5 unidades y determina un promedio final de las lecturas. Si más de 3 lecturas difieren en 6 unidades del promedio, descarta todas las lecturas.

9.17.4.7. Registra los resultados en el formato correspondiente. En la parte de anexos, mostramos una gráfica de uso del esclerómetro.

9.18. EXTRACCIÓN Y PRUEBA DE CORAZONES Y VIGAS EN CONCRETO ENDURECIDO.

9.18.1. Objetivo.

Obtener, preparar y determinar la resistencia del concreto endurecido por medio del método de extracción de corazones y/o vigas.

9.18.2. Normas que aplican.

Norma Mexicana NMX-C-169-1997-ONNCCE Obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido.

9.18.3. Equipo a utilizar.

- Máquina para obtención de corazones.
- Sierra para cortar vigas.
- Guantes de piel (carnaza).
- Lentes de seguridad.
- Formato de registro de datos.

9.18.4. Procedimiento.

Extracción y prueba de corazones.

9.18.4.1. Verifica que el diámetro de la broca que utiliza sea tres veces mayor que el tamaño máximo nominal del agregado. Puede aceptarse de común acuerdo por lo menos dos veces el tamaño del mismo agregado.

9.18.4.2. Extrae los corazones con la extractora de corazones, lo cual debe hacerse perpendicularmente al elemento que se le aplique esta prueba, cerca del centro y alejado de las aristas o juntas de colado.

9.18.4.3. Verifica que las superficies de los especímenes sean planas y prácticamente lisas, perpendiculares al eje longitudinal, con una tolerancia de 5° y con el mismo diámetro que el cuerpo del espécimen, con tolerancia de 2,5 mm.

9.18.4.4. Recorta cada extremo del espécimen con el disco de diamante por lo menos 1 cm para evitar zonas alteradas. La longitud del espécimen debe ser tan cercana como sea posible, a 2 veces el diámetro. No debe probarse un corazón que tenga una altura menor del 95 % de su diámetro, antes de cabecear sus bases o que tenga menos del 100 % de su diámetro después del cabeceo.

9.18.4.5. Mantiene los corazones que se hayan extraído de un elemento, cuyas condiciones de servicio sean las de un ambiente superficialmente seco, durante 7 días en un ambiente cuya temperatura sea de 15°C a 26°C y con una humedad relativa no mayor del 60 % antes de probarse a compresión. Si han sido extraídos de un elemento que estará sujeto durante su servicio a una completa saturación, sumerge los especímenes en agua a una temperatura de $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, por lo menos 40 horas inmediatamente antes de someterlos a la prueba de compresión.

9.18.4.6. Cabecea los especímenes de acuerdo al procedimiento para el cabeceo de especímenes cilíndricos de concreto (9.13).

9.18.4.7. Limpia las superficies de las placas superiores e inferiores y las cabezas del espécimen de prueba.

9.18.4.8. Coloca el espécimen sobre la placa de carga con el asiento esférico, mientras la placa superior e inferior la baja hacia el espécimen asegurándose que se tenga un contacto suave y uniforme.

9.18.4.9. Aplica la carga con una velocidad uniforme que se encuentre entre 84 y 210 kg/cm² por minuto de prueba, sin producir ni impacto ni pérdida de carga.

9.18.4.10. Aplica la carga hasta alcanzar la máxima, cuando sea necesario, podrá llevarse hasta la falla, anotando tipo de ésta y apariencia del concreto.

9.18.4.11. Calcula la resistencia a la compresión de cada espécimen, dividiendo la carga máxima entre el área de la sección transversal, calculada en función del promedio del diámetro del espécimen. Se hacen las correcciones de resistencia por la relación altura/diámetro, multiplicando la resistencia de compresión por el factor de corrección por esbeltez, establecido en la norma NMX-C-169-1997-ONNCCE para la obtención y prueba de corazones y vigas de concreto endurecido.

Tabla 1.- Factores de corrección por esbeltez.

Relación Altura/ Diámetro del especimen.	Factor de corrección aplicado a la Tensión Directa.
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,90
1,00	0,89

Extracción y prueba de vigas:

9.18.4.12. Corta las vigas con sierra de una sección transversal de 15x15 aproximadamente y una longitud igual a 3,5 veces la altura de sección transversal de la viga evitando calentamientos excesivos y esfuerzos de tensión por flexión, dejando las superficies lisas, planas, paralelas y libres de protuberancias y fisuras.

9.18.4.13. Mantiene las vigas extraídas saturadas en agua con cal, con una temperatura de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ por lo menos durante 40 horas inmediatamente antes de la prueba a la flexión.

9.18.4.14. Prueba las vigas de acuerdo al procedimiento determinación de la resistencia a la flexión de una viga con carga en los tercios del claro (9.14).

9.18.4.15. Registre los resultados en el formato correspondiente.

CAPÍTULO 10

RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DEL LABORATORIO.

A continuación se enlistan algunas recomendaciones y requisitos necesarios para garantizar que el laboratorio y su personal posean la capacidad necesaria para operar y llevar a cabo las pruebas y ensayos necesarios. Dichas recomendaciones nos sirven para verificar la capacidad y confiabilidad de un laboratorio.

A. Imparcialidad, independencia e integridad.

A1. El laboratorio debe tener disposiciones para asegurar que su personal esté libre de cualquier presión, que pueda afectar adversamente los resultados de su trabajo.

A2. Debe evitar cualquier influencia de personas u organizaciones ajenas al laboratorio, sobre los resultados de los exámenes y de las pruebas o ensayos.

A3. No se comprometerá en una actividad que pueda poner en riesgo su integridad e independencia de juicio.

B. Organización y administración.

B1. La distribución de autoridad y responsabilidades del personal deben estar definidas en un manual de organización.

B2. El personal debe estar enterado de la extensión como de sus limitaciones de su área de responsabilidad.

B3. La estructura orgánica del laboratorio, será tal que permita mantener la capacidad de ejecutar satisfactoriamente sus funciones técnicas, tanto en la toma de

muestras, ensayos o calibraciones, como en la verificación de la calidad y validación de todas las actividades.

B4. El laboratorio debe contar con un jefe de laboratorio, que sea ingeniero civil con cédula profesional y que conozca ampliamente todos los aspectos relacionados con las pruebas, ensayos o calibraciones.

C. Personal de laboratorio.

C1. El laboratorio debe contar con personal suficiente, para atender todos los frentes de trabajo contratados.

C2. Es importante que el personal tenga capacitación continua. Cuando haya personal de nuevo ingreso, este, debe estar supervisado por el personal experimentado.

D. Instalaciones y condiciones ambientales.

D1. El laboratorio debe tener áreas de tamaño suficiente para el almacenamiento, preparación y ensayo de las muestras.

D2. Fuentes de energía, iluminación y sistema de comunicación que permitan el buen funcionamiento.

D3. Baños higiénicos suficientes, botiquín, extinguidotes y demás equipos necesarios para la seguridad del personal.

D4. Debe tener control en el acceso y uso del área del laboratorio. Así como limpieza y orden dentro de todas las áreas del laboratorio.

E. Equipo.

E1. El laboratorio debe contar con todo el equipo requerido para el desarrollo correcto de las pruebas, ensayos y calibraciones, en cantidad suficiente.

E2. El equipo debe contar con mantenimiento periódico que dependerá de la frecuencia de uso, y se recomienda no sea mayor a doce meses.

E3. Todos los equipos deben contar con certificado y programa de calibración. Es recomendable que se realicen comparaciones de resultados de pruebas realizadas en diferentes laboratorios.

F. Materiales consumibles.

F1. El laboratorio estará provisto con todos los materiales consumibles requeridos para el desarrollo correcto de las pruebas y ensayos, en cantidad suficiente.

F2. Cualquier material que tenga un defecto o haya sido contaminado será desechado y retirado del laboratorio.

F3. Se debe contar con un registro de los materiales y control de los mismos para evitar su deterioro.

G. Instrucciones documentadas.

G1. El laboratorio debe contar con todas las instrucciones documentadas, tales como instructivos, manuales y procedimientos.

G2. Todos los documentos deben ser actualizados y deben estar disponibles para el personal del laboratorio.

H. Informes.

H1. Los resultados de cada prueba, ensaye o calibración que ejecute el laboratorio, serán registrados en forma objetiva, exacta, clara y sin ambigüedad.

H2. Todos los informes de prueba o ensaye, deben incluir toda la información necesaria para su correcta identificación y monitoreo.

I. Registros.

I1. El laboratorio debe contar con un sistema de registros, en los que se asiente crono lógicamente cada muestra que se obtenga, prueba y ensaye que se ejecute, identificadas mediante número progresivo según su tipo.

I2. Cada muestra que se reciba en el laboratorio se registrará asignándole un número de identificación único, asentando toda la información necesaria para su correcta identificación.

I3. Cada máquina de prueba o ensaye que se reciba se registrará asignándole un número de identificación único.

J. Confidencialidad y seguridad del laboratorio.

J1. El personal del laboratorio guardará secreto profesional sobre toda la información obtenida en el desempeño de sus tareas. Así como asegurar la confidencialidad y la seguridad de sus clientes.

CAPÍTULO 11

NORMATIVIDAD E IMPORTANCIA DE CERTIFICACIÓN ISO

9001:2000.

La **Normalización** es el proceso mediante el cual se regulan las actividades desempeñadas por los sectores tanto privado como público, en materia de salud, medio ambiente, seguridad al usuario, información comercial, prácticas de comercio, industrial y laboral a través del cual se establecen la terminología, la clasificación, las directrices, las especificaciones, los atributos, las características, los métodos de prueba o las prescripciones aplicables a un producto, proceso o servicio.

Los principios básicos en el proceso de normalización son: representatividad, consenso, consulta pública, modificación y actualización.

Este proceso se lleva a cabo mediante la elaboración, expedición y difusión a nivel nacional, de las normas que pueden ser de tres tipos principalmente:

a. Norma Oficial Mexicana. (NOM) es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias normalizadoras competentes a través de sus respectivos Comités Consultivos Nacionales de Normalización, de conformidad con las finalidades establecidas en el artículo 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas

relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se le refieran a su cumplimiento o aplicación.

b. Norma Mexicana. (NMX) La que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía en ausencia de ellos, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 54 de la LFMN , en los términos de la LFMN, que prevé para uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

c. Las Normas de Referencia. Las elaboran las entidades de la administración pública de conformidad con lo dispuesto por el artículo 67 de la LFMN, para aplicarlas a los bienes o servicios que adquieren, arrienden o contratan cuando las normas mexicanas o internacionales no cubran los requerimientos de las mismas o sus especificaciones resulten obsoletas o inaplicables.

Dentro del proceso de normalización, para la elaboración de las normas nacionales se consultan las normas o lineamientos internacionales y normas extranjeras, las cuales se definen a continuación:

d. Norma o Lineamiento Internacional. La norma, lineamiento o documento normativo que emite un organismo internacional de normalización u otro organismo internacional relacionado con la materia, reconocido por el gobierno mexicano en los términos del derecho internacional.

e. Norma Extranjera. La norma que emite un organismo o dependencia de normalización público o privado reconocido oficialmente por un país.

La Comisión Nacional de Normalización (**CNN**) es el órgano de coordinación de la política de normalización a nivel nacional y está integrada actualmente por 40 miembros entre dependencias y entidades de la administración pública federal, cámaras, organismos nacionales de normalización y asociaciones, que se encuentran vinculados al ámbito de la normalización.

Los Organismos Nacionales de Normalización (**ONN**), son personas morales cuyo principal objetivo es la elaboración y expedición de normas mexicanas (en conjunto con 35 Comités Técnicos de Normalización Nacional) en las materias en que sean registrados por la Dirección General de Normas.

Los ONN deberán permitir la participación de todos los sectores interesados en los comités para la elaboración de normas mexicanas, así como de las dependencias y entidades de la administración pública federal competentes. Actualmente existen nueve ONN registrados.

El **ONNCCE** (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación S.C.) fue registrado como Organismo Nacional de Normalización el día 30 de Noviembre de 1994, para elaborar y expedir Normas Mexicanas de materiales, productos, procesos, sistemas, métodos, instalaciones, servicios o actividades relacionadas con la industria de la construcción; y son precisamente algunas de las normas expedidas por el ONNCCE las cuales se

tomaron como referencia en la presente tesis, así como normas extranjeras expedidas por organismos aprobados en sus respectivos países.

International Organization for Standardization (IOS y por conveniencia usan la abreviatura **ISO**), en español, conocida como: Organización Internacional para la Estandarización o bien, Organización Internacional para la Normalización, es una institución u organización internacional, que: Promueve la normalización en el mundo.

ISO 9001, es una serie de las normas que ha emitido ISO. La serie de normas ISO versión 9001 se integra de 3 normas:

1. La norma ISO 9000 (contiene los principales términos o palabras usadas en el manejo e interpretación de los Sistemas de Gestión de la Calidad.
2. La norma ISO 9001 (contiene los requisitos a satisfacer al desarrollar un Sistema de Gestión de la Calidad, sin importar el tamaño, tipo, giro o producto de su organización, si compra, regala (dona) o vende.
3. La norma ISO 9004 (contiene recomendaciones para mejorar sus resultados (su rendimiento) de su Sistema de Gestión de la Calidad.

Esto quiere decir, que la única norma certificable dentro de la serie ISO 9000, es la: ISO 9001; la cual ha sido adoptada en al menos 50% de los más de 220 países que existen a 2007 en el mundo, sobre todo en los países con mayor nivel de industrialización, entre ellos todos los países de primer mundo y México. Toda empresa tiene un Sistema de Gestión para realizar sus productos, y ese sistema de

gestión, bien o mal, es un sistema de gestión de la calidad que puede perfeccionar y precisamente ISO 9001:2000 (Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos de Sistemas de Gestión de la Calidad) o su equivalente en México, que es la norma NMX-CC-9001-IMNC-2000, busca promover la mejora continua de la eficacia (logro de resultados) de un Sistema de Gestión de la Calidad a través de su documentación conforme a los requisitos de ISO 9001 y Principios Universales de Administración llamados por ISO, Principios de Gestión de la Calidad, con el único fin de que cada organización logre tener un control continuo de los procesos que integran su Sistema de Gestión de la Calidad, mediante el cual se asegure el logro de los objetivos. Es una muy buena forma de mejorar continuamente la eficacia de su Sistema de Gestión de la Calidad, al tiempo que se buscan oportunidades de mejora continua, como parte del camino hacia la eficiencia y la excelencia.

ISO 9001:2000, es una norma que promueve la calidad, desde varios enfoques; cuando se enfoca al cliente, significa que la organización debe comprender y satisfacer los requisitos del cliente, los requisitos legales aplicables (normativa de producto, de medio ambiente, de salud, etc.) y en la medida de lo posible exceder sus expectativas.

Beneficios de Certificarse en ISO 9001:2000.

- ✓ Estandariza y mejora los procesos.
- ✓ Incrementa la productividad y la calidad.
- ✓ Incrementa la demanda de productos y la eficiencia en el servicio.
- ✓ Controla todas las etapas de producción.

- ✓ Incrementa la competitividad.
- ✓ Promueve la mejora continua y optimiza los recursos.
- ✓ Disminuye las quejas de los clientes.
- ✓ Reduce costos de re-trabajos y desperdicios.
- ✓ Incrementa la confianza de nuestros clientes, internos y externos.
- ✓ Incrementa la satisfacción de los clientes y así mismo las ventas.
- ✓ Asegurar la permanencia en el mercado.
- ✓ Logra reconocimiento de la sociedad, incluyendo clientes y proveedores.
- ✓ Incrementa la confianza en el cumplimiento de los requisitos para la calidad.
- ✓ Está a la vanguardia mundial.
- ✓ Facilita la toma de decisiones a todos los niveles.
- ✓ Facilita la comercialización de los productos.
- ✓ Cumple los requisitos contractuales de nuestros clientes.
- ✓ Trabaja con enfoque a resultados.
- ✓ Genera nuevas oportunidades para todos.
- ✓ Favorece el bienestar del personal.
- ✓ Renueva y revitaliza la organización.
- ✓ Incrementa la rentabilidad.
- ✓ Asegura la continuidad de la satisfacción de los clientes.

Actualmente, las empresas importantes en nuestro país, están certificadas o en proceso de certificación y están exigiendo a sus proveedores y contratistas la certificación para garantizar a su cliente final un producto de calidad.

El utilizar normas oficiales que emiten organismos o dependencias de normalización públicas o privadas reconocidas oficialmente en su país como referencia, nos garantiza que estamos realizando correctamente las pruebas o procedimientos específicos, y es por ello, que esta tesis esta basada directamente en normas mexicanas y extranjeras debidamente aprobadas, y así servir como manual de procedimientos en la universidad, con la certeza de que los procedimientos son actuales y correctos.

Cabe mencionar que las normas utilizadas pueden ser sustituidas o sufrir cambios, que deben ser agregados o corregidos en esta tesis, por lo que es recomendable revisar continuamente la normatividad utilizada.

Por otro lado la certificación ISO 9001:2000 es de vital importancia en cualquier empresa y por supuesto en un laboratorio de pruebas, ya que como se menciono anteriormente adquirirla conlleva muchos beneficios.

CONCLUSIONES.

Después de haber realizado la investigación en base a las normas y procedimientos de prueba y ensayo existentes en México y en el extranjero, se creó el presente Manual de Laboratorio de Resistencia de Materiales, como una investigación de tesis que servirá para aplicar las diferentes pruebas y ensayos a los materiales tanto naturales como artificiales usados en la construcción de obras civiles; por lo que ahora se procede a enlistar las conclusiones a las que se llegó con esta investigación:

- ✓ El objetivo principal se cumplió al establecer un manual de procedimientos de prueba y ensayo, basados en normas nacionales e internacionales reconocidas oficialmente, lo cual genera certidumbre en los resultados que se generen al usar este manual, dado su alto nivel de referencias.

- ✓ Esta tesis, servirá a los alumnos de las carreras de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Don Vasco A.C.; Técnico en Construcción del Cetis27; así como también, a los profesionistas y contratistas involucrados de alguna forma en la construcción y control de la calidad de las obras civiles, tanto de orden particular como público; ya sea para evaluar los materiales de sus proveedores ó usarla como manual de procedimientos para aquellos que pretendan dedicarse al control de calidad de materiales, de manera particular.

- ✓ En México falta mucha normativa para algunos ensayos ó pruebas específicas; sin embargo, México cuenta con una buena cantidad de normas que sirven para realizar de manera correcta el control de la calidad de los materiales usados en las obras civiles, que finalmente son un beneficio para la sociedad civil.

- ✓ Esta tesis es muy importante para la Universidad Don Vasco A.C., ya que el Laboratorio de Resistencia de Materiales, contará desde hoy con un manual de procedimientos de prueba y ensayo basados en normas oficiales; esto fortalecerá el conocimiento y comprensión en los alumnos, así como facilitará la exposición de los profesores en la materia, evitando errores de carácter general al momento de la aplicación de una prueba o ensayo.

- ✓ Toda persona que tenga acceso a esta tesis, quedará convencida de que el control de calidad en las obras civiles es de vital importancia y que la mejor forma de llevarlo a cabo, es contar con un laboratorio de control de calidad de materiales, acreditado y certificado; por algún organismo o dependencia nacional ó internacional.

- ✓ Esta tesis crea la necesidad de crecimiento del Laboratorio de Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, ya que

cuenta con procedimientos de prueba y ensayo que a la fecha no es posible realizarse por falta de equipo, el cual se espera que con la promoción del laboratorio, consiga apoyo de la sociedad y cada día se vea más completo para el beneficio, como ya se dijo de alumnos, profesionistas y sociedad civil.

- ✓ Es importante que todo laboratorio de control de calidad, cuente con acreditación y certificación nacional para dar a los clientes certidumbre en el servicio; así también con un sistema de gestión de calidad que garantizará satisfacción de los clientes, funcionamiento adecuado y mejora continua de la empresa; que se logra a través de la certificación ISO 9001:2000 y genera competitividad nacional e internacional.

Así, se espera que este trabajo de tesis sea aplicado en el trabajo diario, creando conciencia de que la normatividad conduce a la calidad.

BIBLIOGRAFÍA

Generales.

ASTM. (American Society for Testing Materials). Sociedad Americana para Pruebas de Materiales

ACI. American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).

Secretaría de Economía.

ONNCCE. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.

NMX (Normas Mexicanas)

UMSNH. (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo) Laboratorio de Resistencia de Materiales, de la Facultad de Ingeniería Civil.

Listado de Normas.

NMX-C-030-ONNCCE -2004 Muestreo de agregados.

NMX-C-170-1997-ONNCCE. Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas.

NMX-C-166-1990. Contenido total de humedad por secado.

NMX-C-165-ONNCCE-2004 Masa específica y absorción de agua del agregado fino.

NMX-C-164-1986 Masa específica y absorción de agua del agregado grueso.

NMX-C-73-1983. Masa volumétrica de agregados para concreto.

NMX-C-77-1997-ONNCCE. Análisis Granulométrico de Agregados para Concreto.

NMX-C-196-1984 Resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregados grueso usando la máquina de los Ángeles.

NMX-C-407-ONNCCE. Especificaciones y métodos de prueba a varilla corrugada para refuerzo de concreto.

NMX-B-113 Métodos de prueba para doblado de productos terminados de acero.

NMX-H-121 Procedimiento de soldadura estructural- Acero de refuerzo.

NMX-C-144-ONNCCE-2002. Requisitos para el aparato usado en la determinación de la fluidez de morteros con cementantes hidráulicos.

NMX-C-161-1997-ONNCCE Muestreo de concreto fresco.

NMX-C-156-1997-ONNCCE Determinación del revenimiento en el concreto fresco.

NMX-C-160-ONNCCE-2004 Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.

NMX-C-159-ONNCCE-2004 Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio.

NMX-C-109-ONNCCE-2004 Cabeceo de especímenes cilíndricos de concreto.

NMX-C-083-ONNCCE-2002 Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

NMX-C-303-1986 Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro.

NMX-C-191-ONNCCE-2004. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro

NMX-C-192-ONNCCE-2006. Determinación del índice de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro.

NMX-C-169-1997-ONNCCE. Obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido.

ASTM D2938. Método de prueba estándar para determinar la fuerza de compresión sin confinar de un corazón de roca intacta.

ASTM D422. Método de prueba estándar para el análisis del tamaño de las partículas de un suelo.

ASTM D2419, Método de prueba estándar para determinar el equivalente de arena de suelos y agregados finos.

ASTM C-1107 Prueba de resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

ASTM C-1107 Prueba de resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

ASTM C183, Práctica estándar para determinar la cantidad y tipo de muestreo de cemento Hidráulico.

ASTM C187, Consistencia normal del cemento hidráulico.

ASTM C191 Consistencia normal por medio de la aguja de Vicat.

ASTM C266 Método de prueba estándar para el tiempo de fraguado por medio del uso de las agujas de Gillmore.

ASTM C204-96. Método de prueba estándar para determinar la finura del cemento hidráulico por medio del aparato de permeabilidad al aire.

ASTM C188. Método estándar para la densidad del cemento hidráulico.

Libros y Manuales.

Manual de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Manual de la empresa Controls, de Equipos de ensayo para la industria de la construcción.

Apuntes de laboratorio de materiales del Ing. Anastasio Blanco Simiano. Universidad Don Vasco A.C.

Hernández Sampieri, Roberto y colaboradores (2005).

Metodología de la investigación.

Editorial Mc. Graw Hill, México.

Internet

www.onncce.org.mx. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.

www.ema.org.mx. Entidad mexicana de acreditación, A.C.

www.economia.gob.mx Secretaría de Economía.

www.controls.com.mx/. CONTROLS: marca fabricante de equipos de ensayo para la industria de la construcción.

www.sct.gob.mx/. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

<http://www.astm.org/>. American Society for Testing Materials. Sociedad Americana para Pruebas de Materiales.

ANEXOS.

TABLA I Carga Abrasiva

Granulometría Tipo.	Número de esferas.	Masa de la carga abrasiva en g.
Tamaños grandes 1, 2, 3	12	5000 ± 25
Tamaños chicos		
A	12	5000± 25
B	11	4580 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

TABLA II Granulometría de las muestras de prueba acondicionadas para los tamaños grandes.

Granulometría de las muestras de prueba acondicionadas para los tamaños grandes				
Designación de las Cribas. Aberturas cuadradas en mm.		Masa de los tamaños individuales en gr. Granulometría tipo		
Que pasa	Que retiene	1	2	3
G75	G63	2500 ± 50		
G63	G50	2500 ± 50		
G50	G38.1	5000 ± 50	5000 ± 50	
G38.1	G25		5000 ± 25	5000 ± 25
G25	G19			5000 ± 25
TOTALES		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50

TABLA III Granulometría de las muestras de prueba acondicionadas para los tamaños grandes.

Granulometría de las muestras de prueba acondicionadas para los tamaños chicos					
Designación de las Cribas. Aberturas cuadradas en mm.		Masa de los tamaños individuales en gr. Granulometría tipo			
Que pasa	Que retiene	A	B	C	D
G 38.1	G 25	1250 ± 25			
G 25	G 19.0	1250 ± 25			
G 19.0	G 12.5	1250 ± 10	2500 ± 10		
G 12.5	G 9.5	1250 ± 10	2500 ± 10		
G 9.5	G 6.3			2500 ± 10	
G 6.3	G 4.75			2500 ± 10	
G 4.75	M 2.36				5000 ± 10
TOTALES		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

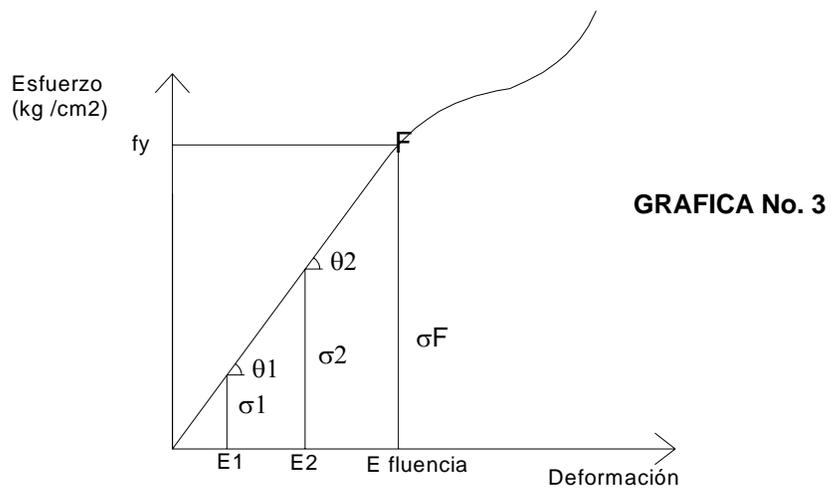
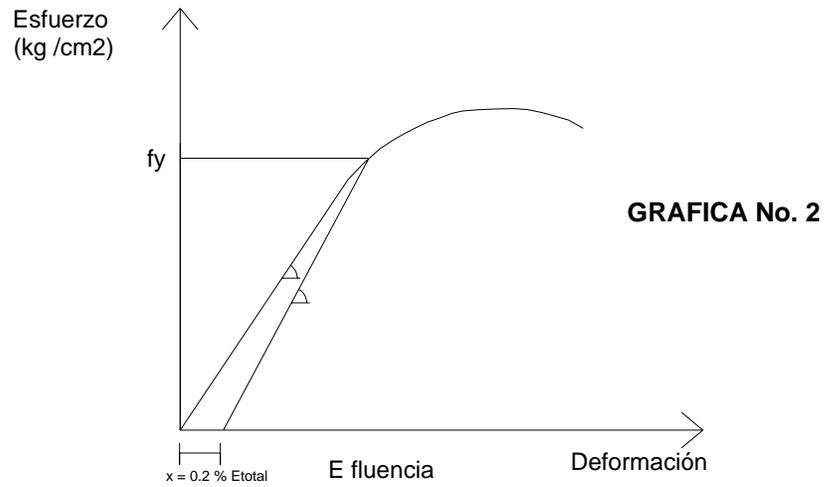
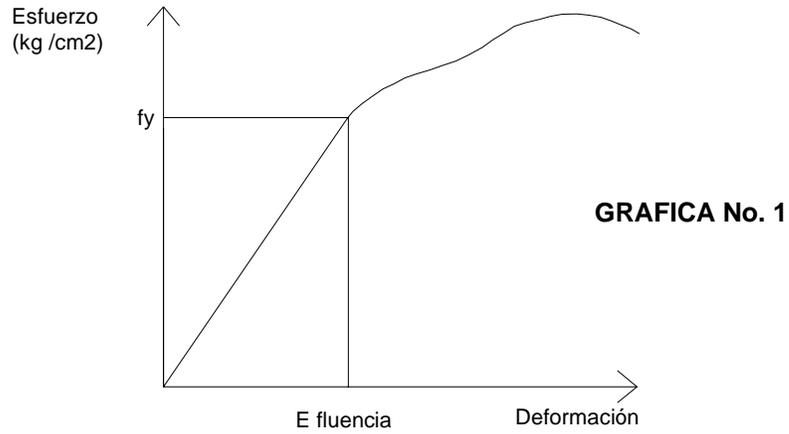


TABLA 7.3. Diámetro del mandril.

Numero de designación de las varillas	Varilla procedentes de lingotes dobléz a:			Varilla procedentes de rieles dobléz a:		Varilla procedentes de ejes dobléz a:		Varillas torcidas en frío dobléz a:		
	180°	90°		180°		180°		180°		
	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado
	30	42	52	35	42	30	42	42	50	60
2	4d	4d	5d	D=6d	6d	4d	4d	4d	6d	6d
2.5	4d	4d	5d	6d	6d	4d	4d	4d	6d	6d
3	4d	4d	5d	6d	6d	4d	4d	4d	6d	6d
4	4d	4d	5d	6d	6d	4d	4d	4d	6d	6d
5	4d	4d	5d	6d	6d	4d	4d	4d	6d	6d
6	5d	5d	6d	6d	6d	5d	5d	5d	7d	7d
7	5d	6d	7d	6d	6d	5d	6d	5d	7d	7d
8	5d	6d	7d	6d	6d	5d	6d	5d	7d	7d
9	5d	8d	8d	8d	8d	5d	6d	6d	8d	8d
10	5d	8d	8d	8d	8d	5d	8d	6d	8d	8d
11	5d	8d	8d	8d	8d	5d	8d	6d	8d	8d
12	5d	8d	8d	8d	8d	5d	8d	6d	8d	8d

