
Título

Práctica estándar para la evaluación petrográfica del concreto endurecido

Correspondencia

Esta norma fue elaborada en base a la norma ASTM C856-14 e incluye la designación propia de las normas guatemaltecas.

Observaciones

Aprobada: 2016-12-09



Comisión Guatemalteca de Normas
Ministerio de Economía

Calzada Atanasio Tzul 27-32 zona 12
Tel (502) 2447 2600

Info-coguanor@dsnc.gt
<http://www.mineco.gob.gt>

Referencia:
ICS: 91.100.30

Prólogo COGUANOR

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el Organismo Nacional de Normalización, creada por el Decreto No. 1523 del Congreso de la República del 05 de mayo de 1962. Sus funciones están definidas en el marco de la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, Decreto 78-2005 del Congreso de la República.

COGUANOR es una entidad adscrita al Ministerio de Economía, su principal misión es proporcionar soporte técnico a los sectores público y privado por medio de la actividad de normalización.

COGUANOR, preocupada por el desarrollo de la actividad productiva de bienes y servicios en el país, ha armonizado las normas internacionales.

El estudio de esta norma, fue realizado a través del Comité Técnico de Normalización de Concreto (CTN Concreto), con la participación de:

Ing. Leonel Morales
Representante CEMEX Guatemala

Ing. Sergio Sevilla
Representante CIFA

Ing. Alan Paul Vásquez
Representante GRUPO TENSAR

Arq. Jorge Luis Arévalo
Representante CONCRETETEST

Ing. Dilma Mejicanos
Representante CII-USAC

Elder Armando Ramos
Representante CII-USAC

Lic. Rodrigo Alejandro García
Representante MIXTO LISTO

Ing. Roberto Arango
Representante PISOS CASA BLANCA

Ing. José Manuel Vásquez
Representante MIXTO LISTO

Ing. Omar Flores Beltetón
Representante AGIES

"CONTINÚA"

Ing. Roberto Ivan Ralda Barrios
Representante MACIZO

Ing. José Estuardo Palencia
Representante PROQUALITY

Ing. Jaime Samayoa
Representante FORCOGUA

Arq. Roberto Morales
Representante FORCOGUA

Ing. Israel Orellana
Profesional Independiente

Ing. Kenneth Molina
Profesional Independiente

Bradford Ramírez
Representante TECNOMASTER

Ing. Sergio Quiñónez
Representante PRECÓN

Ing. Rodolfo Rosales
Representante SUISA

Ing. Armando Díaz
Representante GRUPO MACRO

Ing. Juan Carlos Galindo
Representante PISOS CASA BLANCA

Ing. Marlon Portillo
Representante Municipalidad de Guatemala

Ing. Mario de León
Representante CEMENTOS PROGRESO

Arq. Luis Fernando Salazar
Representante CIA-USAC

Ing. Max Schwartz
Representante DESIGN ARK STUDIO –ARQUITECTURA CONTEMPORANEA

Ing. Héctor Herrera
Representante COGUANOR

Ing. Xiomara Sapón Roldán
Coordinadora de Comité

Ing. Luis Alvarez Valencia
Representante ICCG

ÍNDICE

Título	Página
1. Objeto.....	66
2. Documentos citados.....	77
3. Terminología.....	88
4. Competencia de los petrógrafos y uso de técnicos.....	88
5. Propósitos de la investigación.....	1010
6. Aparatos.....	12
7. Selección y uso de aparatos.....	15
8. Muestras.....	16
9. Evaluación de las muestras.....	1818
10. Preparación del espécimen.....	27
11. Evaluación estereo microscópica y visual.....	3030
12. Evaluación microscópica petrográfica.....	3333
13. Características de la pasta.....	3535
14. Reporte.....	3636
15. Palabras clave.....	3636
REFERENCIAS.....	3737

Práctica estándar para la evaluación petrográfica del concreto endurecido

1. Objeto

1.1. Esta práctica describe los procedimientos para la evaluación petrográfica de muestras de concreto endurecido. Las muestras examinadas pueden ser tomadas de construcciones de concreto, productos de concreto o porciones de los mismos, especímenes de concreto, morteros que han sido expuestos en ambientes naturales, o para simular las condiciones de servicio, o sometidos a ensayos de laboratorio. La frase “construcciones de concreto” pretende incluir toda clase de objetos, unidades o estructuras que han sido construido de concreto de cemento hidráulico.

NOTA 1: Cuadros fotográficos de materiales, fenómenos, y reacciones de los productos discutidos en las secciones 8 a la 13 y están disponibles en los cuadros 1 al 6, como adjuntos de la norma ASTM C856 (ADJC0856).

1.2. Los procedimientos petrográficos descritos en el presente documento son aplicables a la evaluación de muestras de todo tipo de mezclas de cemento hidráulico endurecido, incluyendo concreto, mortero, graut, yeso, estuco, terrazo y similares. En esta práctica, el material a examinar se designa como “concreto”, a pesar que el comentario pueda ser aplicable a otras mezclas, a menos que la referencia sea específicamente para otro material que no sea el concreto.

NOTA 2: En el apéndice X1 se describe un método de acetato de uranilo para identificar las ubicaciones en donde el gel álcali-sílice puede estar presente. Es un requerimiento que las sustancias en esas ubicaciones sean identificadas utilizando cualquier otra técnica definitiva, como la microscopía petrográfica.

1.3. El propósito de los procedimientos y de la evaluación petrográfica del concreto endurecido se proporciona en las siguientes secciones:

	Sección
Calificación de los petrógrafos y uso de técnicos	4
Propósitos de la evaluación	5
Aparatos	6
Selección y uso de aparatos	7
Muestras	8
Evaluación de muestras	9
Preparación del espécimen	10
Evaluación visual y con microscopio estereoscópico	11
Evaluación con microscopio polarizado	12
Características de la pasta	13
Reporte	14

"CONTINÚA"

1.4. Los valores especificados en unidades libras-pulgadas, deben considerarse separadamente como el estándar. Las unidades del SI en paréntesis se proporcionan únicamente con fines informativos.

1.5. *Esta práctica no pretende señalar todas las medidas de seguridad, si las hubiere, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas apropiadas de salud y seguridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso. Una declaración específica de peligro se proporciona en el inciso 6.2.10.1.*

2. Documentos citados

2.1. Normas NTG¹ (ASTM):

Norma NTG 41003 h7 (ASTM C227). Método de ensayo. Determinación de la reactividad alcalina potencial de las combinaciones cemento-agregados de la barra de mortero.

Norma NTG 41003 h8 (ASTM C441). Método de ensayo. Determinación de la efectividad de las puzolanas o de la escoria de alto horno granulada y molida, en la prevención de la expansión excesiva del concreto debido a la reacción álcali-sílice.

Norma NTG 41006 (ASTM C125). Terminología referente al concreto y agregados para concreto.

Norma NTG 41010 h14 (ASTM C1260). Método de ensayo. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados, método de la barra de mortero.

Norma NTG 41014 h5 (ASTM C1012). Método de ensayo. Determinación del cambio de longitud de morteros de cemento hidráulico expuestos a una solución de sulfato.

Norma NTG 41017 h11 (ASTM C805). Método de ensayo. Determinación del número de rebote en concreto endurecido.

Norma NTG 41017 h15 (ASTM C496). Método de Ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto.

Norma NTG 41017 h17 (ASTM C597). Método de ensayo. Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto

Norma NTG 41017 h18 (ASTM C803). Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la penetración del concreto endurecido.

¹ Las normas NTG pueden consultarse en la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR Calzada Atanasio Tzul 27-32 zona 12, Guatemala.

Norma NTG 41017 h32 (ASTM C823). Práctica estándar para la evaluación y muestreo de concreto endurecido en construcciones.

2.2. Normas ASTM²

Norma ASTM C215. Método de ensayo para frecuencias resonantes fundamentalmente transversales, longitudinales, y torsionales de especímenes de concreto.

Norma ASTM C342. Método de ensayo para determinar el cambio volumétrico potencial de combinaciones de cemento-agregados (retirada en 2001)³

Norma ASTM C452. Método de ensayo para determinar la expansión potencial de morteros de cemento portland expuestos a sulfatos.

Norma ASTM C457. Método de ensayo para la determinación microscópica de los parámetros del sistema de aire vacío en concreto endurecido.

Norma ASTM E3. Guía para preparar especímenes metalográficos.

Norma ASTM E883. Guía para la microfotografía de luz reflejada.

2.3. Adjuntos ASTM

Adjunto C856 (ADJCO856). Un cuadro de 27 fotografías ⁴

3. Terminología

3.1. Definiciones:

3.1.1. Para definiciones de los términos utilizado en esta práctica, consultar la Norma NTG 41006 (ASTM C125).

4. Competencia de los petrógrafos y uso de técnicos.

4.1. Todas las exámenes petrográficos de concreto endurecido descritas en esta práctica deben ser realizadas por o bajo la dirección técnica de un petrógrafo supervisor de tiempo completo con al menos 5 años de experiencia en evaluaciones petrográficas del concreto y materiales para elaborar concreto. El petrógrafo

² Las Normas ASTM pueden adquirirse en www.astm.org o en service@astm.org.

³ Para la norma referenciada ASTM, visitar la página web ASTM, www.astm.org, o contactar al servicio al cliente ASTM en service@astm.org. Para información del volumen del libro anual de normas ASTM, consultar la página de índice de las normas en la página web de ASTM.

⁴ Disponible en las oficinas centrales de ASTM Internacional. Solicitar el Adjunto No. ADJCCO856. Adjunto original producido en 1995.

supervisor de concreto debe haber cursado estudios a nivel universitario que incluyan petrografía, mineralogía, y mineralogía óptica, o 5 años de experiencia equivalente documentada, y experiencia en la aplicación de evaluaciones de materiales para elaborar concreto y productos de concreto en donde se utilicen y en materiales de base cementicias. Debe ponerse a disposición la hoja de vida que indique la experiencia profesional y las competencias de todos los petrógrafos de concreto.

4.2. Un petrógrafo de concreto debe conocer lo siguiente: Materiales para elaborar concreto; proceso de bacheo; mezclado; manejo; colocación; y acabado del concreto de cemento hidráulico; la composición y microestructura de la pasta de cemento; la interacción de compuestos de concreto; y los efectos de exposición de dicho concreto a una gran variedad de condiciones de servicio.

4.3. La preparación de la muestra debe ser realizada por petrógrafos de concreto o técnicos capacitados de conformidad con las instrucciones de y bajo la guía de un petrógrafo de concreto calificado. Los aspectos de la evaluación de petrografía, tales como la medición de dimensiones de la muestra, fotografía de las muestras tal como fueron recibidas, manchas en la superficie de las muestras, que no requieran de la preparación y habilidades descritas en el inciso 4.1, deben ser realizadas por petrógrafos de concreto o por técnicos capacitados para cumplir con las instrucciones y bajo la guía de un petrógrafo de concreto competente. El análisis e interpretación de las características que son relevantes para la investigación y evaluación del desempeño de los materiales representados por la muestra se deben realizar únicamente por petrógrafos de concreto con competencias consistentes con los descritos en el inciso 4.1.

4.4. Un petrógrafo de concreto debe estar preparado para proporcionar una declaración oral, reporte escrito, o ambos que incluyan una descripción de las observaciones y evaluaciones realizadas durante las evaluaciones petrográficas, e interpretación de los hallazgos en la medida que estén relacionados a los intereses de la persona o agencia para quienes se está realizando la investigación. Información complementaria proporcionada por el petrógrafo en los materiales de concreto y del concreto, condiciones de servicio, o de otras características de las construcciones de concreto pueden ser de ayuda para interpretar los datos obtenidos durante las evaluaciones petrográficas.

4.5. Esta práctica puede formar una base para establecer acuerdos entre un comprador de un servicio de consultoría y el petrógrafo consultor. En dichos casos, el comprador del servicio de consultoría y el petrógrafo consultor deben conjuntamente determinar el tipo, alcance y objetivos de las evaluaciones y análisis a realizar, y pueden registrar su acuerdo por escrito. El acuerdo puede estipular las determinaciones específicas a realizar, observaciones que deberán ser reportados,

"CONTINÚA"

recursos necesarios, o una combinación de estas y otras condiciones.

5. Propósitos de la investigación

5.1. Ejemplos de propósitos para los cuales se utiliza una evaluación petrográfica de concreto se proporcionan en los incisos 5.2 al 5.5. La probable utilidad de la evaluación petrográfica en casos específicos puede determinarse mediante discusión con un petrógrafo experimentado de los objetivos de la investigación propuesta o en curso.

5.2. Concreto en construcciones:

5.2.1. Determinación detallada de la condición del concreto en una construcción.

5.2.2. Determinación de las causas de una calidad menor, daños, o deterioros del concreto en una construcción.

5.2.3. Determinación del probable desempeño futuro del concreto.

5.2.4. Determinación del cumplimiento del concreto en una construcción de acuerdo a lo especificado. En este caso, se pueden requerir otros ensayos en conjunto con una evaluación petrográfica.

5.2.5. Descripción de la matriz cementicia, incluyendo la determinación cualitativa de la clase de aglomerante hidráulico utilizado, grado de hidratación, grado de carbonatación si está presente, evidencia de falta de solidez del cemento, presencia de materiales cementantes complementarios, la naturaleza de los productos de hidratación, lo adecuado del curado, y una relación inusual de agua/cemento de la pasta.

5.2.6. Determinación de la existencia de reacciones álcali-sílice o álcali-carbonato, o reacciones entre contaminantes y la matriz, y sus efectos sobre el concreto.

5.2.7. Determinación de si el concreto ha sido sometido a y afectado por ataques de sulfato, u otros ataques químicos, o congelación temprana, u otros efectos perjudiciales de congelación y descongelación.

5.2.8. Como parte de una evaluación de la seguridad de una estructura para un uso actual o para uno propuesto.

5.2.9. Determinación de si el concreto sometido a incendios está esencialmente sin daños o moderadamente o gravemente dañada.

"CONTINÚA"

5.2.10. Investigación del desempeño de los agregados finos y gruesos en la estructura, o determinación de la composición de los agregados para compararlos con el agregado de unas fuentes aprobada o especificada.

5.2.11. Determinación de los factores que han causado que un concreto dado pueda servir satisfactoriamente en el entorno en el que se expuso.

5.2.12. Determinación de la presencia y naturaleza de tratamientos superficiales, tales como aplicaciones de endurecedores en polvo en pisos de concreto.

5.3. Especímenes de ensayo de un servicio real o simulado: Especímenes de concreto o morteros que han sido sujetos a condiciones de servicio reales o simuladas pueden examinarse para la mayoría de los fines enumerados en la sección de Concreto de Construcciones.

5.4. Productos de concreto:

5.4.1. Las evaluaciones petrográficas pueden utilizarse en la investigación de productos de concreto de cualquier tipo, incluyendo unidades de mampostería, unidades estructurales prefabricadas, pilotes, tubería, y módulos de construcción. Los productos o muestras enviadas a evaluación pueden ser, de la producción actual, de elementos en servicio en la construcción o de elementos que han sido sometidos a ensayos o para condiciones de servicio reales o simuladas.

5.4.2. Determinación de las características como las enumeradas en la sección de Concreto de Construcciones.

5.4.3. Determinación de efectos o procesos de fabricación y variables como procedimientos para mezclado, moldeo, desmolde, compactación, curado, y transporte.

5.4.4. Determinación de los efectos de uso de diferentes materiales para elaborar concreto, procedimientos de formaletas y moldeo, tipos y cantidades de refuerzo, equipo embebido, etc.

5.5. Especímenes de laboratorio: El propósito de la evaluación petrográfica de especímenes de laboratorio de concreto, mortero, o pasta de cemento son, en general, para investigar los efectos del ensayo en la pieza de ensayo o en uno más de sus compuestos, para proporcionar ejemplos de los ejemplos de un proceso, y para proporcionar al petrógrafo con evidencia visual de ejemplos de reacciones en la pasta o mortero o concreto de materiales conocidos, proporciones, edad, e historia. Propósitos específicos incluyen:

"CONTINÚA"

5.5.1. Para establecer si existe reacción álcali-sílice, que agregados que lo componen fueron afectados, que evidencia existe de la reacción, y cuáles fueron los efectos de la reacción en el concreto.

5.5.2. Para establecer si están presentes reacciones álcali-carbonato, que agregados que lo componen fueron afectados y que evidencia de la reacción o reacciones existen, y los efectos de la reacción en las propiedades del concreto.

5.5.3. Para establecer si alguna otra reacción de agregado-cemento existe. Además de las reacciones álcali-sílice y álcali-carbonato, estas incluyen hidratación de sulfatos anhidros, rehidratación de zeolitas, humectación de las arcillas y las reacciones que implican la solubilidad, la oxidación, sulfatos y sulfuros (ver referencias **(1-17)**).⁵

5.5.4. Para establecer si un agregado utilizado en un ensayo ha sido contaminado por un compuesto reactivo cuando en realidad el agregado no era reactivo.

5.5.5. Para establecer los efectos de los ensayos de congelamiento y descongelamiento y otras exposiciones físicas o mecánicas del concreto en el agregado y la matriz.

5.5.6. Para establecer el alcance de la reacción, la naturaleza de los productos de reacción, y efectos de la reacción producida en exposición a ambientes químicos agresivos como en el método de ensayo ASTM C452 o método de ensayo NTG 41014 h5 (ASTM C1012).

5.5.7. Para determinar las características del concreto curado por humedad que no ha sido sometido a ataques químicos o reacciones de cemento-agregados o congelamiento y descongelamiento.

5.5.8. En comparación con especímenes de laboratorio adecuados, un petrógrafo puede ser capaz de justificar la existencia de una reacción en particular en el concreto o determinar que la reacción no puede ser detectada.

6. Aparatos

6.1. Los aparatos y equipo utilizados para elaborar evaluaciones petrográficas en concreto endurecido dependen del procedimiento requerido. La siguiente lista incluye el equipo generalmente utilizado. El equipo requerido para el muestreo en campo no se lista. Cualquier otro equipo de ayuda se puede añadir.

⁵ Los números en negrita entre paréntesis se refieren a la lista de referencias al final de esta norma.

6.2. Para la preparación del espécimen:

6.2.1. Sierra diamantada: Sierra para cortar losas con un alimentador automático y una hoja lo suficientemente larga para hacer al menos un corte de 7 pulg en una sola pasada.

6.2.2. Lubricante de corte, para sierra diamantada.

6.2.3. Rueda o ruedas de giro horizontal, acero, hierro fundido u otro metal, preferiblemente al menos de 16 pulg (400 mm) de diámetro, lo suficientemente grande para pulir al menos un área de 4 por 6 pulg (100 por 152 mm).

6.2.4. Máquina de abrasivo, utilizando un abrasivo de grano en lubricante, con soportes para la muestra que gira en una mesa giratoria. Este tipo de máquina de molienda aumenta en gran medida la velocidad de preparación de superficies finamente molidas.

6.2.5. Disco para pulir (desbastar): De al menos 8 pulg (200 mm) de diámetro y preferiblemente de dos velocidades, o una pulidora vibratoria

6.2.6. Placa calefactora u horno, controlado termostáticamente, para permitir el secado y para impregnar los especímenes con resinas o cera para preparar secciones delgadas, superficies granulares, y secciones pulidas.

6.2.7. Martillo de albañil o pico de geólogo (pica roca), o ambos.

6.2.8. Abrasivos*, carburo de silicio, grano No. 100 (150 μm), 220 (63 μm), 320 (31 μm), 600 (16 μm), y 800 (12 μm); polvos de acabado óptico como el M-303, M-204, M-309; polvos para pulir cuando se necesiten.

6.2.9. Placas de vidrio cuadradas, de 12 a 18 pulg (300 a 450 mm) en un borde y al menos 3/8 pulg (10 mm) de espesor para especímenes terminados a mano.

6.2.10. Medio adecuado, para impregnar concreto y montar secciones delgadas más un solvente adecuado. Se ha utilizado bálsamo Canadá, cemento Lakeside 70, y fórmulas de epoxi flexibilizado.

Nota. Se puede utilizar una cámara para impregnación al vacío y ayudar a eliminar las burbujas de aire atrapadas durante la impregnación.

6.2.10.1. Peligro: Los epóxicos flexibles forman uniones fuertes pero tienen índices de refracción más altos que el bálsamo Canadá o el Lakeside 70 y además son

"CONTINÚA"

tóxicos. No permitir que entren en contacto con la piel: se deben utilizar guantes plásticos, y el trabajo debe realizarse bajo un cobertor o campana de extracción para que no inhalar el humo.

6.2.11. Porta objetos de microscopio: limpios, no corrosivos, de vidrio aproximadamente de 24 mm de ancho y de al menos 45 mm de largo. El espesor puede especificarse para encajar en algunas máquinas de secciones delgadas.

6.2.12. Lentes protectores, no corrosivos y preferiblemente de un espesor No. 1 (0.18 mm).

6.3. Para evaluación del espécimen:

6.3.1. Microscopio estereoscópico, proporcionando magnificaciones en el rango de 7x a 70x o mayores.

6.3.2. Carretillas: Carretillas pequeñas con superficies planas y con superficies curvadas para mantener una sección de núcleo que ayude en la manipulación de los especímenes de concreto bajo el microscopio estereoscópico.

6.3.3. Microscopio microscópico o microscopio polarizado, para evaluaciones en luz transmitida, con platina mecánica; lentes objetivos bajos, medianos y de alto poder como lo son 3.5x, 5x, 10x, y 20 a 25x; 43 a 50x con apertura numérica 0.85 o mayor; los oculares con una variedad de correcciones y magnificaciones adecuadas para su uso en cada uno de los objetivos; oculares micrómetros; condensador ajustable para encajar con la apertura numérica del objetivo con la mayor apertura numérica a utilizar; compensadores de onda completa y de cuarto de onda, cuña de cuarzo, y otros accesorios.

6.3.4. Microscopio metalográfico: con un iluminador vertical, platina mecánica, objetivos metalográficos de baja, mediana y alta magnificación, y oculares adecuados para proporcionar un rango de magnificaciones desde aproximadamente 25x a 500x. La luz polarizada reflejada debe estar disponible y se deben proporcionar compensadores adecuados. Algunos microscopios polarizados pueden ser equipados con accesorios para una evaluación metalográfica, si el tubo puede elevarse o la platina bajarse para dar un espacio suficiente para el iluminador vertical y los especímenes más gruesos usualmente utilizados.

6.3.5. Micrómetro ocular: Los micrómetros oculares calibrados utilizado una platina micrométrica son adecuados para medir partículas de agregados, granos de cemento, hidróxidos de calcio y otros cristales, y anchos de grietas.

"CONTINÚA"

6.3.6. Platinas micrométricas, para calibrar micrómetros oculares.

6.3.7. Lámparas microscópicas: Muchos microscopios polarizados modernos tienen iluminadores incorporados los cuales son convenientes y satisfactorios si, con el condensador, pueden ser ajustados para llenar el lente trasero del objetivo de la mayor apertura numérica con luz. Si el microscopio requiere un iluminador separado, bombillas de cintas-filamentos de tungsteno en carcasas ajustables adecuadas son satisfactorias. Existen muchos tipos de iluminadores para microscopios estereoscópicos; algunos pueden montarse en el microscopio, algunos se soportan en su propia base; la elección depende de lo adecuado para las tareas previstas. Se prefieren iluminadores enfocables.

6.3.8. Porta agujas y puntos: Además de los porta agujas (*pin vises*) y agujas de casas distribuidoras de equipo de laboratorio, una aguja de coser No. 10 montada en un mango o una selección de pines de insectos de tamaño 00 a un tamaño 4 son útiles para extraer los productos de reacción.

6.3.9. Botellas con gotero, para ácido, agua y otros reactivos aplicados durante la evaluación.

6.3.10. Variedad de pinzas, preferiblemente de acero inoxidable, incluyendo pinzas de relojero de punto fino.

6.3.11. Papel para lente.

6.3.12. Refractómetro y medio de inmersión, cubriendo los rangos de índices refractivos desde 1.410 hasta al menos 1.785, en pasos no mayores que 0.005. Medios estables de inmersión, calibrados a una temperatura conocida y a un coeficiente termal conocido, se prefieren y deben ser utilizados en un cuarto de temperatura controlada. Un termómetro graduado en décimos de grados Celsius debe utilizarse para medir la temperatura del aire cercana a la platina del microscopio para que las correcciones termales de índice refractivo puedan ser realizadas de ser necesario.

7. Selección y uso de aparatos

7.1. Los laboratorios deben estar equipados para proporcionar fotografías, fotomacrografías, y fotomicrografías para ilustrar características significativas del concreto. Mientras que las lámparas de microscopio ordinarias son algunas veces satisfactorias para fotomicrografías en luz reflejada y transmitida, las lámparas que proporcionan un punto intenso o fuentes de campo, como lo es los bombillos de cinta-filamento de tungsteno, o zirconio o arcos de carbón, son altamente deseables. Para una guía más útil respecto a la microfotografía, especialmente utilizando una luz

"CONTINÚA"

reflejada, ver la guía ASTM E883.

7.2. El equipo mínimo para la evaluación petrográfica de concreto donde tanto la preparación de muestras como la evaluación se completan en el laboratorio, consiste en una selección de aparatos y materiales para la preparación del espécimen, un microscopio estereoscópico preferiblemente en una gran plataforma de modo que núcleos de 6 pulg (152 mm) de diámetro se puedan examinar convenientemente, un microscopio polarizado y accesorios, lámparas para cada microscopio, y un medio de inmersión calibrado estable de un coeficiente termal conocido. Los especímenes para una evaluación petrográfica pueden obtenerse enviando muestras a las personas o empresas que ofrezcan servicios personalizados en la preparación de secciones delgadas o pulidas y superficies de granos finos. Es más conveniente preparar los especímenes en casa, y su pronta disponibilidad supera su posible mayor costo.

7.3. Difracción de rayos X, emisión de rayos X, análisis térmico diferencial, análisis termo gravimétrico, química analítica, espectrografía infrarroja, microscopia de barrido electrónico, análisis de dispersión de energía o de longitud de onda, y otras técnicas pueden ser útiles para obtener respuestas rápidas y definitivas a preguntas relevantes en donde la microscopia no lo haga. Algunos compuestos no deseables de concreto, algunos productos de hidratación de cemento, y algunos productos de reacción útiles en la definición de los efectos de las diferentes posiciones, y muchos materiales contaminantes no pueden ser identificados a menos que las técnicas que suplementen la luz microscópica. (18, 19).

8. Muestras

8.1. El tamaño mínimo de muestras debe alcanzar al menos un núcleo, preferiblemente de 6 pulg (152 mm) de diámetro y 1 pie (305 mm) de longitud para cada mezcla o condición de categoría de concreto, con excepción que en el caso de pavimentos la profundidad completa del pavimento debe ser muestreado con núcleos de 4 o 6 pulg (102 o 152 mm). Fragmentos rotos de concreto usualmente son de uso dudoso en la evaluación petrográfica, debido a que el daño al concreto no puede ser identificado claramente como una función de la técnica de muestreo o representatividad de la condición real del concreto. Núcleos más pequeños en diámetro que 6 pulg pueden ser utilizados si el agregado es lo suficientemente pequeño; en concreto deteriorado, el recubrimiento del núcleo es mucho más pobre con un núcleo de diámetro de 2 1/8 pulg (54 mm) que con un núcleo de diámetro de 6 pulg. Mientras que es deseable en evaluación y ensayo el tener un núcleo de tres veces el tamaño máximo del agregado, esta circunstancia es una ocurrencia no común cuando se muestrea el concreto con un agregado mayor de 2 pulg, debido al costo de pedazos grandes y los problemas de manejo de los núcleos grandes.

"CONTINÚA"

8.2. Muestras de construcciones: Las muestras más útiles para la evaluación petrográfica de construcciones de concreto son los núcleos perforados con broca con punta de diamantes con un diámetro de al menos dos veces (y preferiblemente tres veces) el tamaño máximo del agregado grueso en el concreto. Si se utiliza un agregado de 6 pulg (152 mm), un núcleo de al menos 10 pulg (250 mm) de diámetro es deseable; normalmente un núcleo de 6 pulg de diámetro es el mayor proporcionado.

8.2.1. La ubicación y orientación de todos los núcleos, incluyendo núcleos o longitudes de núcleos que no se enviaron al laboratorio, debe mostrarse claramente; y cada núcleo debe etiquetarse de manera adecuada. Para núcleos perforados verticalmente, la elevación o profundidad en la parte superior e inferior de cada sección debe mostrarse, y la pérdida de un núcleo o fracturas precediendo la perforación deben marcarse. Para núcleos tomados horizontalmente u oblicuamente, la dirección del plano vertical y las partes superiores e inferiores deben marcarse. Se debe proporcionar un campo de registro.

8.2.2. Las piezas quebradas de concreto de estructuras deterioradas extremadamente o piezas removidas mientras que se prepara para el trabajo de reparación son algunas veces utilizadas para evaluaciones petrográficas. Las muestras deben ser más útiles si sus ubicaciones originales en la estructura se describen de manera clara o se indican en un bosquejo o fotografías.

8.2.3. La información proporcionada con las muestras debe incluir:

8.2.3.1. La ubicación y orientación original de cada espécimen (Ver práctica NTG 41017 h32 (ASTM C823)).

8.2.3.2. Las proporciones de mezclas del concreto o concretos.

8.2.3.3. La fuente de los materiales para elaborar concreto y los resultados de los ensayos de las muestras de las mismas.

8.2.3.4. Descripción del mezclado, colocado, consolidación y métodos de curado.

8.2.3.5. Edad de la estructura, o en caso de una estructura que requiera muchos años para completarse, fechas de la colocación del concreto muestreado.

8.2.3.6. Condiciones de operación y exposiciones de servicio.

8.2.3.7. La razón y los objetivos de la evaluación.

8.2.3.8. Los síntomas que se creen que indican una falla o deterioro, y

8.2.3.9. Resultados de ensayos de campo como las mediciones de velocidad pulso (Método de ensayo ASTM C215), número de rebote en concreto endurecido (Método NTG 41017 h11 (ASTM C805)) o lecturas de probetas (Método de ensayo NTG 41017 h18 (ASTM C803)).

8.3. Las muestras de especímenes de ensayo de exposiciones naturales, productos de concreto, y especímenes de laboratorio:

8.3.1. La información proporcionada debe incluir: materiales utilizados, diseño de mezclas, curado, edad del concreto cuando se colocó en servicio o ensayo, orientación y exposición, edad presente, condiciones de estado actual durante la exposición, características de las exposiciones naturales o de laboratorio, y método de manufactura de productos de concreto. Grandes productos de concreto pueden muestrearse como construcciones; las pequeñas pueden ser presentadas por uno más mostrando el rango de condición de servicio o fabricación o ambos.

8.3.2. La exposición de los especímenes de laboratorio deben describirse con los resultados de ensayo, edad al momento del ensayo y resultados de ensayo disponibles de los agregados, aglomerantes hidráulicos, y aditivos utilizados. Esta información debe acompañar los especímenes de ensayo de las exposiciones naturales y productos de concreto o muestras del mismo, de estar disponibles.

9. Evaluación de las muestras

9.1. Elección de procedimientos: Técnicas específicas y procedimientos empleados en la evaluación de una muestra dependen del propósito de la investigación y de la naturaleza de la muestra. Los procedimientos a utilizar deben ser escogidos después de cuestionarse lo que la evaluación pretenda responder haya sido formulado de forma clara. Los procedimientos deben escogerse para responder las preguntas sin equivocarse y de la manera más económica posible. Los detalles de lo que se necesita para resolver debe ser dictado por los objetivos de la evaluación y variará para diferentes circunstancias. Consecuentemente, la selección y ubicación de los especímenes de las muestras enviadas para la evaluación deben ser guiadas por los objetivos de estudio. Los métodos de ensayo ASTM C457 deben ser referidos para esas materias relevantes no descritas en este documento.

9.2. Evaluación visual y contenido de una evaluación adicional: Una evaluación petrográfica de concreto, mortero, o pasta de cemento debe comenzar con una revisión de toda la información disponible respecto al espécimen o especímenes, seguido por una evaluación visual de cada muestra. El contenido de la información que debe obtenerse se proporciona en el Cuadro 1. Ese estudio debe ser seguido por

"CONTINÚA"

una evaluación utilizando un microscopio estereoscópico (ver cuadro 2 y la sección en Evaluación visual y estereoscópica).

9.3. En algunos casos, no es necesario un estudio posterior, y se puede elaborar un reporte. En otros casos, los especímenes se escogen durante la evaluación visual y con microscopio estereoscópico para un proceso adicional y un estudio estereoscópico adicional, una evaluación más detallada utilizando microscopios petrográficos o metalográficos o por difracción de rayos-X y otros métodos instrumentales, y para otros ensayos químicos o físicos. Los métodos para preparar especímenes se describen en la sección de Preparación de Espécimen. Los cuadros 2 al 4 resumen las características de concreto convenientemente observadas con microscopios estereoscópicos, petrográficos, y metalográficos. Una evaluación utilizando un microscopio estereoscópico se describe en la sección de Evaluación Visual y estereoscópica. La evaluación de concreto dañado por fuego se describe en el Cuadro 3; utilizando un microscopio polarizado en la sección de Evaluación de Microscopio Polarizado y el Cuadro 4; y utilizando un microscopio metalográfico en la sección de Evaluación Microscópica metalográfica. Durante cada tipo de estudio, el petrógrafo debe notar evaluaciones específicas en detalle, luego, y puede reconocer la necesidad de reevaluar los especímenes. Las posibles observaciones utilizando diferentes tipos de microscopios se muestran en el Cuadro 5; propiedades de componentes relevantes se listan en el Cuadro 6.

9.4. Fotografías: Se deben resguardar las fotografías e imágenes para ilustrar las características de los especímenes evaluados, tales como las condiciones como se recibieron antes que fueron alteradas, e importantes macro y micro características de secciones preparadas traslapadas, secciones pulidas, superficies fracturadas, secciones delgadas, y montajes de inmersión. Las fotografías deben tener una escala o una escala de referencia.

CUADRO 1: Evaluación visual del concreto (1)⁵

Agregado grueso	+ Agregado Fino	+ Matriz	+ Aire	+ Elementos embebidos
Composición:				
Dimensión máxima, ^A pulg o mm, en el rango > d>				
Tipo:	Tipo:	Color, por comparación con el consejo Nacional de Investigación Tabla de Color de Rocas (1963)	Más del 3% del total	Tipo, tamaño, ubicación; tipos de metal; otros elementos
1 Grava	1 Arena natural	Distribución del color:	¿Predominante en vacíos esféricos?	
2 Piedra triturada	2 Arena manufacturada			

"CONTINÚA"

3 Mezclada 1 y 2	3 Mezclada	1 Con manchas	¿Menos que 3% del total, vacíos no esféricos abundantes?
4 Otro (nombre)	4 Otro (nombre)	2 Parejo	
5 Mezclada 1 +/o 2 +/o 4	5 Mezclada 1 +/o 2 +/o 4	3 Cambios graduales	
Si tipo 1, 2, o 4, homogéneo o heterogéneo	Si tipo 1, 2, o 4, homogéneo o heterogéneo		

¿Diferencias de color entre vacíos y morteros?

Tipos litológicos

Agregado grueso mayor a 20, 30, 40, o 50 % del total

Huecos vacíos, llenos, alineados o parcialmente llenos.

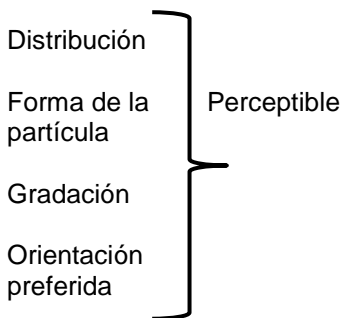
Estructura:

Distribución

Forma
Distribución
Gradación (perceptible)
Paralelismo de los ejes longitudinales de vacíos irregulares o capas de vacíos: uno con otro; con los laterales planos o el eje longitudinal del agregado grueso

Vacíos debajo del refuerzo horizontal o de bajo ángulo.

Forma
Distribución
Empaque
Gradación (par, impar, excedente, o deficiente de tamaño o tamaños)
Paralelismo de laterales planos o ejes longitudinales de colocación +/o paralelos a formaletas y superficies terminadas^B



Condición:

¿Suenan cuando se golpea suavemente con un martillo o da un sonido seco? ¿Se puede quebrar con los dedos? ¿Grietas? ¿Cómo están distribuidos? ¿A través o alrededor del agregado grueso? Con núcleos o especímenes aserrados, el agregado ¿se disgregó durante la perforación o el aserrado? ¿Rellenos en las grietas? ¿Depósitos superficiales? Si se seca el aire, ¿generalmente hay áreas que se vean húmedas o secas? ¿Anillos en los agregados?

¿Limpios o corroídos? ¿Las grietas están asociadas con los elementos embebidos?

^A Una porción substancial del agregado grueso tiene dimensiones máximas en el rango mostrado como medido en las superficies aserradas o rotas.

^B Las secciones aserradas o perforadas cerca y en paralelo a las superficies formadas parecieran mostrar turbulencia local como un resultado del paleo o apisonamiento cerca de la formaleta. Las secciones aserradas en el plano de la base (normal a la dirección de colocación) están sujetas a tener una orientación desapercibida. Las secciones rotas normales a la colocación convencional del concreto con uniones normales tienden a tener abundantes nudos de agregados en el fondo de la pieza superior como abundantes moldes en la parte superior de la pieza inferior como es colada.

CUADRO 2: Esquema para la evaluación del concreto con un microscopio estereoscópico (1)

Nota 1: *Condición:* cuando se examina de 6 a 10 X bajo una buena luz, la superficie de ruptura fresca de un concreto en buena condición física que aún conserva la mayor parte de su contenido de humedad natural tiene un lustre que en términos de mineralogía es sub-translucido vítreo brillante. Los bordes delgados de astillas transmiten luz de la pasta; los reflejos parecen provenir de muchos puntos en la superficie, y la calidad de lustre es como la del vidrio roto, pero menos intensa. El concreto con una menor calidad en su estado físico es más opaco en una superficie de ruptura fresca, y el lustre es opaco, sub-vítreo hacia calcáreo. Un espécimen de laboratorio adecuadamente curado de una mezcla de concreto de proporciones normales curado 28 días que haya mostrado resistencia a la compresión o flexión normal y que se haya roto con un martillo y examinado en una nueva rotura dentro de una semana desde el tiempo en que se finalizó el curado debe proporcionar un ejemplo de concreto en buena condición física.

Bajo las mismas condiciones de evaluación, cuando existe una seguridad razonable que el concreto no contiene cemento portland blanco o escoria de cemento, el color de la matriz del concreto en buena condición física es gris definitivo o bronceado excepto las grietas antiguas presentes en las superficies originales.

Agregado grueso	Agregado Fino	Matriz	Vacíos
Tipos litológicos y mineralogía tal como se percibe.	Tipos litológicos y mineralogía tal como se percibe.	Color	Gradación
Textura de la superficie.	Forma.	Fractura alrededor o a través del agregado.	Proporción de formas de disco esféricas a no esféricas, no esféricas, elipsoidales, e irregulares.
En la pieza: Forma del grano Rango extremos observado del tamaño de grano, mm Media adentro del rango _ a _ mm Sin textura (muy fina para resolver) Uniforme o variable dentro de la pieza	Textura superficial. Gradación. Distribución.	Contacto de la matriz con el agregado: Cercana, sin aperturas visibles en una superficie quebrada o aserrada; agregado no disgregado con los dedos o probeta; aberturas de borde frecuentes, comunes, no comunes.	Cambio de color desde el interior de la superficie a la matriz Brillo de la superficie interior como el resto de la matriz, opaco, brillante.
De pieza en pieza: Unión intergranular Porosidad y absorción ^B		Ancho Vacío.	Revestimientos en vacíos ausentes, no comunes, comunes, con la mayor parte, completa, parcial, sin color, con color, mechones de seda, pastillas hexagonales, gel, otro.
Si el concreto se quiebra a través del agregado, ¿a través de cuanto y de qué tipo?		Lleno.	
Si tiene vacíos límites, ¿a lo largo de qué tipo de agregado? ¿Todo? ¿Todo de un tipo? ¿Más del 50% de un tipo? ¿Muchos tipos?		Grietas presentes, ausentes, resultado de la preparación del espécimen, preparación del espécimen anterior.	Vacíos por debajo o capas de vacíos no comunes, pequeñas, comunes, abundantes.
Segregación		Material cementicios suplementarios. Contaminación. Sangrado.	

^A Dana, E. S., Textbook of Mineralogy, revised by W. E. Ford, John Wiley & Sons, New York, N. Y., 4th ed.,

1932, pp. 273-274.

^b Poros vistos a la vista, o al X \times , o absorbidos en agua que se dejan caer en él.

^c Esferas solidas oscuras o esferas huecas centradas de vidrio, o de magnetita, o algunos de vidrio de algunos de magnetita, reconocibles en un aumento de X 9 en superficies aserradas o quebradas. Se reconocen otras adiciones minerales con partículas características visibles a una magnificación baja. Superficies de suelo de concreto que contienen cemento portland de escoria de alto horno que son inusualmente superficies blancas libres cercanas pero retienen parches de color verdoso o azul-verdoso, y partículas de escoria, se pueden ver con el microscopio estereoscópico o microscopio polarizado.

CUADRO 3: Efectos de fuego en características de concreto

Características	Causas y efectos	Formas de investigar								
Dureza de la superficie	La deshidratación a 100 °C remueve el agua libre; la deshidratación es esencialmente completa a 540 °C; el hidróxido de calcio llega a CaO a 450-500 °C. La pasta se expande con el efecto del coeficiente termal y luego se encoge, agrieta, decrepita, y se convierte suave (2).	Por debajo del concreto ablandado, que puede ser ensayado de acuerdo con la norma NTG 41017 h11 (ASTM C805), el concreto es probablemente normal si no ha sufrido un cambio de color. Establecer por medio de la extracción de núcleos para ensayos de compresión, mediante pruebas de desgaste (CRD-C 52) (2), y por el raspado con un cuchillo								
Agrietamiento	Perpendicular a la cara e internamente, en donde el calor o enfriamiento causado por exceso de esfuerzos a tensión. En algunos concreto nuevos, se asemejan a un agrietamiento por encogimiento a gran escala; puede penetrar hasta 100 mm pero puede curarse autógenamente (2)	Evaluación de la superficie, ensayos ultrasónicos, extracción de núcleos, evaluación petrográfica (2)								
Cambio de color: Cuando el concreto no se ha astillado, observar la profundidad del color rosado para estimar la exposición de fuego.	El concreto elaborado con agregados metamórficos o sedimentarios, muestran un cambio de color permanente en el calentamiento. El color normal a 230 °C; va desde rosado a rojo desde 290 a 590 °C; de 590 a 900 °C el color cambia a gris y luego a pulido (2). Para temperaturas cercanas arriba de 500 °C la distribución de la temperatura es poco afectada por el uso de carbonato en lugar de agregados silicios (3). A 573 °C las cantidades bajas de cuarzo se invierten a altas con un 0.85% de incremento en volumen, produciendo desconchamientos (<i>pop-outs</i>). Raspar sobre el acero para exponer un cuarto de la barra a 790 °C; productos de hidratación en polvo blanco para descomposición a 900 °C. Rajaduras cerca de los 290 °C; grietas profundas cerca de 540 °C	El cambio de color es el factor más útil para el investigador; permite reconocer la profundidad de ocurrencia de temperaturas cercanas a 300 °C (3).								
Comportamiento del agregado: el comportamiento del agregado afecta la resistencia, modulo, desprendimiento, agrietamiento, dureza superficial, y deformaciones térmicas residuales (2).	Los agregados difieren en difusividad térmica, conductividad, coeficiente de expansión. La transmisión del calor decremento del concreto elaborado con agregados altamente silicios, arenisca, piedra caliza, agregados livianos (2)	Los cambios en el calentamiento usualmente son acompañados por el cambio de volumen (2).								
Desprendimiento	Ocurre sub-paralelamente a la superficie libre; seguido por el rompimiento de piezas parecidas a un platillo especialmente en las esquinas y bordes (2).									
Nota: Resistencia a la compresión y módulo de elasticidad. Para concreto de al menos 1 año de edad, la resistencia aumentará después de enfriarse de 300 °C si ha alcanzado el diseño de resistencia (3).	Reducción en la resistencia del concreto que contienen grava silícea después de calentarse y luego enfriarse y ensayarse:	Determinaciones por ensayos de compresión y módulos estáticos de núcleos; método de ensayo NTG 41017 h11 (ASTM C805) para determinación cualitativa; método de ensayo NTG 41017 h17 (ASTM C597) (2).								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Calentada a la temperatura °C</th> <th>Reducción en %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>180</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>370</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>570</td> <td>80</td> </tr> </tbody> </table>	Calentada a la temperatura °C	Reducción en %	180	25	370	50	570	80	
Calentada a la temperatura °C	Reducción en %									
180	25									
370	50									
570	80									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Reducción en el módulo de temperatura, °C</th> <th>Reducción, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>430</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>760</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table>	Reducción en el módulo de temperatura, °C	Reducción, %	200	25	430	50	760	70	
Reducción en el módulo de temperatura, °C	Reducción, %									
200	25									
430	50									
760	70									

CUADRO 4: Esquema para la evaluación del concreto en secciones delgadas

Agregados finos y gruesos	Granos de cemento relictos y productos de hidratación	Características de la pasta de cemento
<p>Mineralogía, textura, estructura, variable u homogénea.</p> <p>Gradación; exceso deficiencia de tamaños de arena que se evaluarán después de evaluar una serie de secciones delgadas. El tamaño del grano y la naturaleza de los bordes internos en el agregado. Clasificación de agregados finos y gruesos.</p> <p>Agregado natural mineral o piedra triturada; agregados finos naturales o manufacturados.</p> <p>Unión con la matriz; grietas perimetrales internas a los bordes de granos de agregados; grietas internas. Microfisuras generales en caso se pueda establecer que existieron antes del seccionamiento de la capa delgada.</p> <p>Reacciones álcali-carbonato: si el agregado grueso es una roca o rocas carbonatadas, ¿existen anillos o anillos agotados en hidróxido de calcio? Las rocas parciales dolomíticas que han reaccionado algunas veces son bordeadas con una pasta libre de hidróxido de calcio a lo largo de la porción dolomítica mientras que la pasta a lo largo de la porción de piedra caliza es normal. Ver otros comentarios en la columna 3.</p> <p>Reacción álcali-sílice: ¿El agregado que contiene partículas de tipos reactivos conocidos (sílex, novaculite, vidrio volcánico ácido, cristobalita, tridimita, ópalo, vidrio de botella)? Si la cuarcita, subgraywacke metamorfoseada, argilita, filita, o cualquier de los listados en el párrafo anterior, ¿existen grietas internas adentro de la periferia del agregado? ¿El agregado ha sido gelatinizado para que pueda retirarse durante el seccionamiento dejando únicamente el casco periférico unido al mortero? (este último fenómeno también ocurre en el concreto con agregados de escoria enfriados con aire, en donde indica la reacción entre el cemento y la escoria.) Las grietas que parecen ser tensas y angostas desde el centro hacia el borde de la partícula son también evidencias de reacciones álcali-sílice (4).</p>	<p>En concretos de más de 2 años de edad y con un curado estándar, los únicos granos de cemento residuales son aquellos que eran más grandes, que pueden estar compuestos de varios componentes o ser de alita o belita (substituidos de C_3S y C_2S). Los últimos dos pueden estar bordeados por uno más capas de gel que tienen diferentes índices de refracción, o por una capa de hidróxido de calcio. Los granos relictos más grandes pueden ser verdaderamente no hidratados y retener la birrefringencia baja (gris oscuro) de la alita en secciones distorsionadas cuasi-hexagonales y la birrefringencia visible a amarillo de primer orden lamelar gemela en granos redondeados de belita. La aluminoferrita intersticial aparece como granos prismáticos cuyo color varía de café a café verdoso a café rojizo y teniendo un índice de refracción alto y pleocroísmo oculto por el color del grano. El aluminato tricálcico generalmente no se reconoce en sección delgada debido que la forma cubica es isotrópica o porque se hidrata tempranamente en la historia de hidratación del concreto formando etringita submicroscópica o hidrato de sulfato de aluminio tetracálcico u otro hidrato de aluminio tetracálcico con o sin otros aniones. Estos pueden ser visibles en los vacíos de concreto antiguo, pero son discriminados de mejor forma por difracción de rayos-X.</p> <p>Los cementos de diferentes fuentes tienen diferentes colores de aluminoferrita y los silicatos de calcio tienen sombras verde pálido o amarillo o blanco. Debe ser posible coincidir cementos de una fuente.</p>	<p>La pasta de cemento normal consiste en luz plana transmitida de una materia café pálida variando un poco en el índice de refracción y en el contenido de granos de cementos no hidratados relictos. En el concreto seccionado a una edad temprana o que no fue adecuadamente curado, la pasta contiene granos de cemento no hidratados en un rango debajo de algunos micrómetros de tamaño máximo con un límite superior del tamaño de 100 μm de diámetro máximo si el cemento fue molido en molinos de circuito abierto o fue deliberadamente molido en un área superficial baja para reducir el calor de hidratación. Con polaridades cruzadas, la pasta normal es negra o muy oscura gris moteado con cristales anhedrales poikilitic dispersos o segregaciones pequeñas de hidróxido de calcio y granos relictos dispersos de cemento. En concreto de alta relación de agua-cemento y agregados silicios, los cristales de hidróxido de calcio son tan grandes como el tamaño máximo de los granos de cemento residual, cercanos a 100 μm. En concreto con una relación menor de agua-cemento, contenido de cemento alto, y ya sea agregados de carbonato o silicio, el tamaño máximo de los cristales de hidróxido de calcio es considerablemente menor. Independientemente de la relación agua-cemento y el tipo de agregado, los cristales de hidróxido de calcio ocupan un espacio tangencial a la parte inferior de las partículas de agregado. Cuando todos los agregados son rocas de carbonato el tamaño máximo de hidróxido de calcio es más pequeño que en comparación al concreto con agregados silicios. (El hidróxido de calcio es probablemente epitaxial en calcita.)</p> <p>La pasta de cemento en el concreto que se ha sometido a ácidos de lixiviación prolongados es baja en hidróxido de calcio que está presente como granos recristalizados prácticamente anhedrales precipitados cerca de las superficies exteriores.</p> <p>En concreto de más de 2 o 3 años de edad elaborados con cemento Tipo I, Tipo II, o Tipo III, alguna etringita se espera como rosetas en los vacíos de aire. Este es un fenómeno normal; para demostrar el ataque a sulfatos se debe establecer químicamente que el contenido de SO_3 del concreto sea mayor que el que sería suministrado por el contenido de sulfato original en el cemento. La etringita en vacíos no es etringita que ha dañado el concreto sin embargo puede ser acompañado por etringita submicroscópica en la pasta que ha dañado el concreto.</p>

"CONTINÚA"

CUADRO 5: Características del concreto observado utilizando microscopios.

Característica	Tipo de microscopio		
	Estereoscópico	Petrográfico	Metalográfico
Agregado:			
Forma	X	X	X
Gradación	X	...	...
Distribución	X	...	...
Textura	X	X	X
Composición	X	X	...
Tipos de roca	X	X	...
Alteración	X	X	...
Grado	X	X	...
Productos	X	X	...
Recubrimientos	X	X	...
Anillos	X	X	X
Grietas internas	X	X	...
Contaminación	X	X	...
Concreto:			
Con o sin aire incluido	X	X	X
Vacíos de aire	...	...	...
Forma	X	X	X
Tamaño	X	X	X
Ubicación	X	...	...
Sangrado	X	...	...
Segregación	X	...	...
Unión en la pasta-agregado	X	X	X
Fracturas	X	X	X
Elementos embebidos			
Tamaño	X	...	...
Forma	X	...	...
Ubicación	X	...	...
Tipo	X	...	...
Alteración			
Grado y tipo	X	X	X
Productos reactivos			
Ubicación	X	X	X
Identificación	X ^A	X	...
Naturaleza y condición de tratamientos superficiales	X	X	...
Pasta:			
Color	X	X	...
Dureza	X	...	X
Porosidad	X	...	X
Carbonatación	X	X	...
Cemento residual			
Distribución	...	X	X
Tamaño de partícula	...	X	X
Abundancia	...	X	X
Composición	...	X	X
Materiales cementicios suplementarios	X ^B	X	X
Tamaño	...	X	X
Abundancia	X	X	X
Identificación	X	X	X
Componentes en cemento hidratado	X ^C	X	X
Contaminación			
Tamaño	X	X	X
Abundancia	X	X	X
Identificación	...	X	X ^D

^A La etringita secundaria puede algunas veces reconocerse por su hábito cristalino y lustre sedoso.

^B La ceniza volátil se puede detectar por el color y la forma cuando están presentes esferas oscuras. En concreto que tiene presencia no oxidada de escoria puede inferirse desde el color verde o azul en la pasta.

^C La etringita e hidróxido de calcio en vacíos puede reconocerse por sus hábitos de cristal.

^D El óxido de magnesio y el óxido de calcio se deben identificar en las secciones pulidas.

"CONTINÚA"

CUADRO 6: Depósitos secundarios en concreto ^A

Compuesto y mineral equivalente	Índices de refracción	Forma y ocurrencia
Carbonato de calcio (CaCO ₃); calcita	$\omega = 1.658$ $\varepsilon = 1.486$	Gradación fina, masas blancas o grises o recubrimientos en la pasta de cemento, en vacíos, a lo largo de las fracturas, o en superficies expuestas; muy comunes.
Carbonato de calcio (CaCO ₃); aragonito	$\alpha = 1.530$ $\beta = 1.680$ $\gamma = 1.685$	Minuto, prismas blancos o agujas en vacíos o fracturas en concreto; raramente.
Carbonato de calcio (CaCO ₃); vaterita	$\omega = 1.544-1.550$ $E = 1.640-1.650$	Esferulítica, forma birrefringente, incrustaciones blancas en especímenes de laboratorio húmedamente-almacenados (vaterita A); también identificada en concreto firme de estructuras por difracción de rayos-X (α -vaterita); común (5)
6-Calcio aluminato trisulfato-32 hidrato {Ca ₆ [Al(OH) ₆] ₂ ·24H ₂ O}(SO ₄) ₃ ·2H ₂ O (6); etringita	$\omega = 1.464-1.469^B$ $\varepsilon = 1.458-1.462$	Finas, fibras blancas o agujas o crecimientos esferulíticos en vacíos, en la pasta de cemento, o en fracturas; muy común (1,5)
Tetracálcico aluminato monosulfato-12- hidrato (3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaSO ₄ ·12H ₂ O)	$\omega = 1.504$ $\varepsilon = 1.49$	Blanco a incoloro, minuto, placas hexagonales en vacíos y fracturas; muy raras (5).
Tetracálcico aluminato-13-hidrato (Ca ₄ Al ₂ (OH) ₁₄ ·6H ₂ O)	$\omega = 1.53$ $\varepsilon = 1.52$	Micalika, sin color, pseudo-hexagonal, cristales gemelos en vacíos; muy raro (7)
Carbonato de sodio hidratado (Na ₂ O·CO ₂ ·H ₂ O); thermonatrita	$\alpha = 1.420$ $\beta = 1.506$ $\gamma = 1.524$	Inclusiones minuto en gel álcali sílice; raro (5)
Sulfato de aluminio hidratado (2Al ₂ O ₃ ·SO ₃ ·15H ₂ O); paraluminita	$\alpha = 1.463 \pm 0.003$ $\beta = 1.471$ $\gamma = 1.471$	Ocurre en cavidades de concreto intensamente alterado; muy raro (7)
Sulfato de calcio dihidratado (CaSO ₄ ·2H ₂ O); yeso	$\alpha = 1.521$ $\beta = 1.523$ $\gamma = 1.530$	Cristales blancos a incoloros en vacíos, en la pasta de cemento, o a lo largo de superficies de partículas de agregado en concreto o morteros afectados por el sulfato o ataque de agua de mar; no común.
Hidróxido de calcio (Ca(OH) ₂); portlandita	$\omega = 1.574$ $\varepsilon = 1.547$	Blancas a incoloras, placas hexagonales o tabletas en la pasta de cemento, en vacíos, a lo largo de fracturas; omnipresente en el concreto.
Hidróxido de magnesio (Mg(OH) ₂); brucita	$\omega = 1.559$ $\varepsilon = 1.580$	Blanco a amarillo, incrustaciones de granos finos y llenantes en concreto atacado por soluciones de magnesio o agua de mar; no común. (8,9)
Sílice hidratada (SiO ₂ ·nH ₂ O); ópalo	$\eta = 1.43$	Blanca a incolora, dividida finamente, amorfa; resultante de intensa lixiviación o carbonatación de pasta de cemento; usualmente en proporciones reconocibles.
Gel álcali sílice (Na ₂ O·K ₂ O·CaO·SiO ₂)	$\eta = 1.46-1.53$	Blanco, amarillento, o incoloro; viscoso, fluido, ceroso, correoso, duro; en vacíos, fracturas, exudaciones, agregado; común.
Óxido de hierro hidratado (Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O); limonita	Opaco o cercano a	Mancha marrón en las fracturas y en las superficies; común.
Taumasita {Ca ₆ [Si(OH) ₆] ₂ ·24H ₂ O}(SO ₄) ₂ (CO ₃) ₂ (6)	$\omega = 1.504$ $\varepsilon = 1.468 \pm 0.002^B$	Prismático, hexagonal; capaz de crecer en continuidad con la etringita; en alcantarillado sujeto a ataques de sulfatos, en lechadas (graut), en algunos pavimentos (12).
Singenita (K ₂ Ca(SO ₄) ₂)·H ₂ O	$\alpha = 1.501$ (13) $\beta = 1.51$ $\gamma = 1.51$	Encontrada en cavidades y zonas perimetrales a las partículas de pizarra, en forma de fibra (14)
Hidrotalcita Mg _{3/4} Al _{1/4} (OH) ₂ (CO ₃) _{1/8} (H ₂ O) _{1/2} (6)	$\omega = 1.510 \pm 0.003$ $\varepsilon = 1.495 \pm 0.003$	Laminas foliadas a masas fibrosas (15, 6)

^A La literatura y reportes privados incluyen información de muchos componentes secundarios en el concreto; estas no están incluidas en la tabulación. Los índices de refracción de los tipos de minerales comunes se toman de trabajos normados de mineralogía.

^B Los índices de refracción mayores y menores han sido registrados para la etringita de origen natural (13) y taumasita (12), pero no es conocido que el origen natural de los minerales y componentes encontrados en el cemento hidratado sean de la misma composición.

"CONTINÚA"

10.Preparación del espécimen

10.1. Preparación para una evaluación visual y estereoscópica:

10.1.1. Los núcleos perforados adiamantados, superficies terminadas o formadas, superficies recientemente quebradas, o superficies previamente agrietadas deben evaluarse en la condición en la que fueron recibidas. Algunas veces es de ayuda tener mojadas las superficies perforadas y superficies terminadas y formadas para incrementar el contraste.

10.1.2. Los cortes de sierra adiamantados deben ser orientados con relación a las características significativas del concreto, ya sea normal a la dirección de pandeo en concreto convencional, o normal a la superficie terminada o formada, o al sistema de grietas o grieta, con el fin de revelar la estructura y origen del concreto y el grado de alteración hacia el exterior de la grieta.

10.1.3. Es útil preparar al menos una superficie serrada moliéndolo con abrasivos finos progresivamente (como se describe en el Método de Ensayo ASTM C457) hasta que un acabado de acabado mate se alcance y para seleccionar áreas en la superficie opuesta correspondiente para la preparación de secciones delgadas y especímenes para evaluaciones ópticas, químicas, de difracción de rayos-X, u otras evaluaciones.

10.1.4. Los especímenes obtenidos por perforación adiamantada no son ordinariamente dañados en el proceso; sin embargo, un concreto débil dañado por ataques químicos, reacciones de agregados-álcali, congelamiento y descongelamiento, o varios de estos, darán un recubrimiento pobre con muchas fracturas si se perfora con una broca y tambor de 21/8 pulg o 54 mm, mientras que darán un recubrimiento esencialmente completo si se perfora con una broca y tambor de 6 pulg (152 mm). Esta diferencia es particularmente importante en evaluaciones petrográficas realizadas durante las inspecciones de condición de estructuras antiguas. El concreto debilitado también puede quebrarse durante el aserrado. La remoción y preparación de especímenes para estudios de laboratorio usualmente involucran la aplicación de fuerza y algunas veces la aplicación de calor al espécimen.

10.1.5. Los efectos de la fuerza pueden ser minimizados durante la preparación del espécimen por medio de la utilización de placas más gruesas y elaborando únicamente un corte paralelo al eje longitudinal de la sección del núcleo. El concreto frágil o fracturado puede ser apoyado parcialmente o completamente en una cajuela de yeso, resina epóxica, y otro medio de refuerzo antes de cortarlo.

"CONTINÚA"

10.1.6. El calor utilizado durante la impregnación del concreto con cera termoplástica o resina causará grietas si el concreto se calienta mientras está húmedo, y alterará las propiedades ópticas de algunos compuestos, tales como la etringita. Por lo tanto se puede producir efectos, haciendo difícil la identificación de compuestos. Estos efectos pueden ser confundidos con las características originales. Se debe tener cuidado durante la evaluación de una característica particular e identificarla como original en el espécimen, o producida durante la remoción del espécimen de la estructura o durante el proceso de laboratorio.

10.1.7. Cuando se sospecha de reacciones de álcali-carbonato y se pueden observar anillos alrededor de agregados carbonatados aplastados, es útil tratar una superficie Pulida o aserrada en ácido clorhídrico 6 N o más débil para ver si el anillo perimetral en las partículas de agregado grueso son más o menos susceptibles al ácido que en el interior de la partícula. Como el tratamiento con ácido destruye la superficie, este paso no debe realizarse hasta que todas las otras evaluaciones de la superficie se hayan completado. Tratar la superficie pulida por 30 s en ácido clorhídrico al 10% es un procedimiento adecuado.

10.2. Preparación de medios de inmersión: Las muestras de montajes de inmersión se preparan para evaluaciones utilizando el microscopio petrográfico. Este tipo de evaluaciones proporciona versatilidad debido a que los materiales pueden ser sumergidos en líquidos teniendo diferentes índices de refractibilidad. El conocimiento detallado del uso de estas capacidades del microscopio micrográfico se requieren para evaluar apropiadamente los montajes de inmersión.

10.2.1. Los montajes de inmersión son útiles para observar e identificar una variedad de componentes de los agregados, partículas residuales y apartadas de cemento hidráulico, el componente de hidróxido de calcio de la hidratación del cemento, componentes de cementos combinados (*blended*), materiales cementicios suplementarios, componentes resultantes de alteraciones químicas de componentes cementicios y de agregados, depósitos secundarios de la exposición del concreto a una variedad de químicos, y para confirmar la identificación por otros métodos.

10.2.2. Los polvos y residuos finos para montajes de inmersión se pueden preparar por: (1) la pulverización de muestras de las cuales se pueden tomar los especímenes; (2) utilizando una sonda de punta afilada para remover los especímenes de áreas pequeñas de agregados y pasta, material en espacios dentro de los agregados, vacíos, y grietas; y (3) raspaduras en las superficies formadas y fracturadas.

10.2.3. En los montajes de inmersión, fragmentos individuales están por lo general en una orientación aleatoria de modo que la identificación de los índices refractivos

"CONTINÚA"

principales de un material pueden ser determinados adicionalmente a los datos acerca de las características ópticas. Porciones de material de polvo, residuos finos, o raspadura se ubican en un portaobjetos de vidrio y se sumergen en un líquido de inmersión de un índice de refracción conocido. Una hoja de cubierta se utiliza en la parte superior de la preparación. Sobre la base de índices de refracción y otras propiedades ópticas, se pueden realizar identificaciones específicas de compuestos desconocidos.

10.2.4. Los líquidos de índices refractivos disponibles proporcionan valores de índices de refracción con al menos tres decimales (ver 6.3.12). Los líquidos precisos a dos decimales pueden utilizarse si el petrógrafo tiene conocimiento acerca de los colores de línea de Becke u otras técnicas.

10.3. Preparación de secciones delgadas: La descripción detallada de la preparación de secciones delgadas está afuera del alcance de esta práctica. Existen muchos laboratorios que proporcionan este servicio si las instalaciones en casa (*in house*) no están disponibles. El procedimiento incluye cortar el concreto en capas de 1/16 pulg (2 mm) de grosor si el concreto es fuerte y capas más gruesas si no lo es. Puede ser necesario impregnar el concreto con una resina antes del corte para prevenir desintegración. Resinas epóxicas flexibles diluidas o resinas termoplásticas han sido utilizadas a satisfacción. Las capas de concreto delgadas se pegan en portaobjetos de vidrio con epóxico flexibilizado, bálsamo Canadá, o Lakeside 70, y molido en vueltas utilizando progresivamente abrasivos finos hasta que se obtenga un espesor de 30 μm o menor; un grosor no mayor que 20 μm se requiere para una evaluación detallada de la pasta en luz transmitida. Usualmente es necesario verificar el espesor de la sección por medio del uso de colores birrefringentes de minerales comunes en el agregado, tal como el cuarzo o feldespatos, durante las etapas de molienda final. Una cubre objetos o se coloca en la sección preparada limpia y asegurada con bálsamo Canadá y otro medio.

10.3.1. Están disponibles maquinas fabricadoras de secciones delgadas semiautomáticas las cuales preparan la superficie original de la pieza original para montaje, corta el exceso de espesor de la pieza original después del montaje, y muele la sección de 50 a 100 μm , dejando poco espesor a ser removido por traslapes a mano.

10.4. Preparación para la evaluación con el microscopio metalográfico:

10.4.1. La preparación de especímenes para evaluación con el microscopio metalográfico se describe en la práctica ASTM E3.

10.4.2. Los procedimientos descritos aquí se presentan únicamente como guías. Se

"CONTINÚA"

deben utilizar los métodos que sean apropiados para las variedades de técnicas microscópicas a ser empleadas, y para la condición del espécimen y la composición. Es imposible proporcionar instrucciones para cubrir cada posible situación.

11. Evaluación estereo microscópica y visual

11.1. Si existe más de un espécimen, ordenarlo de una manera lógica para que represente: la ubicación en la estructura y diferencias en materiales, proporciones y exposiciones, o combinaciones de estas. Las fotografías y bosquejos de características significativas deben realizarse antes que los especímenes sean alterados. Los cuadros 1 y 2 enlistan algunas características a observarse durante la evaluación visual y por microscopio estereoscópico.

11.2. Concreto de construcciones (registro de núcleos):

11.2.1. Ajustar núcleos fragmentados juntos y determinar si existe alguna pieza faltante. Medir los núcleos para verificar la información de campo y preparar un registro diagramático de cada núcleo, de ser necesario. El registro debe elaborarse a escala para mostrar las características relevantes. El registro puede ser utilizado para mostrar fracturas antiguas y recientes, partículas reactivas, productos reactivos, cambios en el tamaño o tipo de agregados gruesos y finos, distribución del agregado grueso, ratoneras, segregación de los componentes, juntas frías o levantamientos o curso de los límites, ubicación y dirección del acero y otros elementos embebidos, cambios en el color de la pasta, y otras características significativas. Se deben tomar notas y referencias adecuadas en el registro. Si los núcleos han sido empacados adecuadamente para preservar el contenido de humedad como fue perforado (el cual puede o no puede ser el contenido de humedad actual en el lugar), los especímenes deben ser manejados con cuidado para preservar el contenido de humedad y evitar que se quiebren. Los ensayos que pueden realizarse de los especímenes en la condición de humedad tal como fueron recibidos incluye la resistencia a la compresión, módulos dinámicos o estáticos de elasticidad, contenido de aire por medición de alta-presión, permeabilidad, y congelamiento y descongelamiento.

11.2.2. Durante la evaluación visual, se debe elaborar y registrar una comparación general de las diferentes condiciones, materiales y alcance y naturaleza del deterioro de los diferentes núcleos representativos. Los especímenes deben ser ordenados en grupos comparables basados en la condición o ubicación de regiones designadas para una evaluación detallada. En algunos casos, durante la evaluación visual o la evaluación estereoscópica, uno o más especímenes de cada grupo puede ser seleccionado para estudios más detallados. Si un número reducido de especímenes se han de seleccionar para evaluación detallada, la selección debe realizarse después que se hayan utilizado cuidadosas evaluaciones visuales y estereoscópicas para definir uno más factores que caracterizan cada grupo.

"CONTINÚA"

11.3. Especímenes de exposiciones naturales; Estos especímenes deben ser colocados en un orden lógico, ya sea por materiales, proporciones, edad, o una combinación de estas, y comparadas con respecto a la composición y condición. Características significantes para una evaluación más detallada deben ser marcadas y anotadas. El cuadro 3 muestra características de un concreto dañado por fuego.

11.4. *Productos de concreto:*

11.4.1. Las muestras pueden consistir de unidades completas cuando éstas tienen dimensiones relativamente pequeñas (tales como pisos, bloques o ladrillo), o porciones removidas de las unidades por perforación o aserrado. Las muestras deben estar organizadas y orientadas de una manera apropiada a los objetivos de la evaluación. Entonces, por ejemplo, las porciones tomadas de una sola unidad del producto deben agruparse conjuntamente, y cada muestra debe ser descrita por observación visual y mediciones de dimensiones en relación a marcas y etiquetas. La siguiente información debe registrarse o marcarse de una forma clara en las muestras: ubicación en la unidad del producto (superior, lateral, inferior, interior, etc); direcciones verticales y horizontales de cómo fue moldeado o fundido; extremos exteriores o interiores; ubicación en la unidad del producto durante el periodo de curado; posición de la muestra relativa a porciones altamente tensada del concreto adyacente a los anclajes de tendones; y ubicación en la unidad como fue puesta en el lugar de la construcción, etc. bosquejos o fotografías de las características pertinentes deben ser registradas para mostrar dichas condiciones como grietas, descoloración, depósitos químicos, presencia de materia externa, segregación, defectos de la superficie, y parecidos.

11.4.2. Dichos procedimientos como los descritos en 11.1 y 11.2 son aplicables en evaluaciones de productos de concreto. La investigación puede ser dirigida a las características resultantes de las operaciones de fabricación específicas involucradas, tales como mezclado, encofrado, desencofrado, curado, y cualquier procedimiento de pretensado. Por ejemplo, la falta de uniformidad puede originar un mezclado incompleto, consolidación inapropiada durante el encofrado, o un curado no uniforme o incompleto. Los defectos de la superficie y una apariencia pobre puede resultar por una aplicación no apropiada de agentes desencofrantes, posiblemente aumentando la inhibición de la hidratación del cemento en la zona cercana a la superficie. Características como estas pueden detectarse y describirse por evaluación visual y microscópica de superficies moldeadas o formadas, superficies aserradas o transpuestas, o superficies fracturadas a lo largo de la muestra.

11.5. *Especímenes de laboratorio:* Estos deben sacarse en un orden lógico y se deben comparar respecto a la composición y condición, y las características

"CONTINÚA"

influenciadas o esperadas a ser influenciadas por el proceso de ensayo.

11.6. Evaluación estereoscópicas: La evaluación estereoscópica revela detalles adicionales a magnificaciones desde 5 x a 150 x (Ver los cuadros 1 y 2). La evaluación estereoscópica y la evaluación visual son usualmente llevadas a cabo alternativamente. Las evaluaciones a bajas magnificaciones revelan características de forma, acabado, deterioro, fracturas, aserrados, o superficies molidas. Grietas antiguas pueden ser abiertas y se pueden examinar sus superficies para detectar productos reactivos y alteraciones secundarias. Las grietas antiguas son frecuentemente de diferente color que la masa del concreto, y aparecen borrosas por depósitos secundarios.

11.6.1. Las superficies quebradas recientemente pueden conllevar una debilidad estructural y revelar características significativas que no han sido cubiertas por una alteración secundaria.

11.6.2. Las superficies aserradas y molidas son examinadas para detectar grietas finas y redes de trazas de grietas que no son perceptibles en las superficies perforadas o aserradas, para examinar el llenado y llenado parcial en vacíos y grietas, y para detectar anillos de partículas de agregados que pueden indicar reacciones químicas entre el cemento y el agregado. Los anillos en grava o arena natural deben asumir ser un resultado de meteorización en el depósito, a menos que las muestras de los agregados utilizados estén disponibles y muestren que esos anillos no estaban presentes antes que el agregado fuera utilizado en el concreto. Los anillos producidos en el concreto en partículas de arena y grava son exentos o relativamente delgados y débiles en las ubicaciones en donde la partícula está en contacto con el vacío de aire. Los anillos producidos por la meteorización pueden esconder los anillos producidos por la reacción álcali sílice. Los anillos en roca triturada en el concreto usualmente indica una alteración en el concreto, como una reacción álcali-sílice o reacción álcali-carbonato (**10, 20, 21**). Anillos débiles en el mortero que rodea el agregado grueso (**5, 19**) y áreas débiles en el mortero pueden ser pasta empapadas de gel (**4**) o pastas altamente carbonatadas adjuntas al agregado carbonatado que ha tenido una reacción álcali-carbonato.

11.6.3. Los depósitos en grietas antiguas pueden incluir calcita o etringita o hidróxido de calcio, o una combinación de estos compuestos, o de forma más inusual sustancias cristalinas, pero algunas veces incluyen arena, limo, arcilla y organismos de agua dulce o agua salada. Dichos organismos pueden proporcionar pruebas de que una parte de la estructura que no está ordinariamente sumergida se ha sumergido.

"CONTINÚA"

11.6.4. La determinación cuantitativa de compuestos de concreto pueden realizarse por procedimientos lineales-transversales o conteos-puntuales microscópicos en general acorde con los requisitos del método de ensayo ASTM C457. Un análisis completo puede incluir las cantidades proporcionales de agregado grueso, agregado fino, matriz de cemento, y vacíos de aire. La diferenciación del agregado grueso y fino no es precisa a menos que dos fracciones sean distinguibles litológicamente, ya que la máxima dimensión de las partículas usualmente no son intersectadas por la superficie preparada. De la misma forma, la proporción de los tipos de roca individual pueden determinarse cuantitativamente por esos métodos, tales como, el contenido de compuestos poco sólidos o reactivos en el agregado grueso y fino o ambos; las proporciones de agregado de peso normal y liviano; y la abundancia de las sustancias contaminantes granulares.

12. Evaluación microscópica petrográfica.

12.1. Características de buenas secciones delgadas de concreto. Los rasgos que caracterizan buenas secciones delgadas o morteros son las siguientes: La superficie inferior montada está libre de abrasivos y ha sido pulida a un acabado mate liso normalmente obtenido por dar un acabado a la superficie con alúmina óptica o equivalente; la superficie inferior de la pieza original está entera; los vacíos de aire tienen perímetros completos; existe un límite marcado entre el vacío y el mortero de alrededor; los depósitos en los vacíos se preservan; y el agregado que se observó bajo el microscopio estereoscópico está entero cuando la pieza original que se seleccionó se ha mantenido entera y no se han producido micro fisuras durante el micro corte f (*micro fsectioning*). Es muy difícil evitar la producción de micro fisuras cuando el agregado es principalmente cuarcita y cuarzo, si se desea reducir la sección a un espesor de 30 μm para que el color birrefringencia más brillante del cuarzo sea blanco de primer orden. Se formarán algunas grietas y ocurrirán algunas pérdidas de la pasta, la cual es más suave que el agregado de cuarzo.

12.1.1. El espesor deseado de las secciones delgadas varía entre 40 a 20 μm . secciones más pequeñas pueden requerir una evaluación detallada de la matriz de pasta de cemento. Algunas veces es necesario renunciar a los espesores normales y utilizar una sección más gruesa para preservar los depósitos frágiles en los vacíos tales como el gel álcali-sílice, etringita, hidróxido de calcio, calcita, aragonita, o taumasita. Cuando se desee preservar los contactos entre el mortero y el agregado grueso, puede ser preferible dejar la sección más gruesa de lo normal con el color de birrefringencia más alto del cuarzo de color amarillo pálido de primer orden. En concreto normal, el material que bordea el agregado consiste de gel de cemento amorfo, con cristales de hidróxido de calcio distribuidos de forma uniforme pero con pequeñas concentraciones a lo largo del lado inferior del agregado grueso y el agregado fino, si la sección es cortada de forma paralela a la dirección de la colocación. En casos de reacción álcali-sílice, por lo general hay una zona

"CONTINÚA"

empobrecida libre de hidróxido de calcio que rodea las partículas de agregado reactivas; algunas veces está presente en gel alrededor del agregado o humedeciendo la pasta por lo que es completamente oscura con polaridades cruzadas y de graduación de color ligeramente marrón a una pasta más normal en el plano de luz polarizado. Es muy fácil reconocer la pasta de gel humedecida; con experiencia es posible reconocer el hidróxido de calcio empobrecido alrededor de la partícula de agregado reactivo, siempre y cuando el agregado fino o cualquier polvo triturado presente no contenga mucha mica incolora. Capas delgadas de hidróxido de calcio pueden confundirse con las tabletas delgadas de hidróxido de calcio cuando ambos son vistas desde el borde; se pueden distinguir si se observa el índice más alto de la mica.

12.1.2. Algunas veces es preferible perder una parte de la sección o agrietar el cuarzo para distinguir entre el cuarzo (birrefringencia 0.009), hidróxido de calcio (birrefringencia 0.027), y calcita (birrefringencia 0.172). Cuando los tres materiales concurren al mismo tiempo, las partículas de cuarzo serán de forma como granos de arena o fragmentos de roca, mientras que el hidróxido de calcio será como tabletas tangenciales al agregado o como cristales poikilitic en la pasta que contiene residuos de granos de cemento o áreas de gel. La birrefringencia de hidróxido de calcio es tres veces la del cuarzo; la birrefringencia de la calcita es 6.4 veces la del hidróxido de calcio; y la birrefringencia de la aragonita es 5.7 veces la del hidróxido de calcio. Mientras que la aragonita es muy poco común en el concreto, la calcita es común como un producto de carbonatación y como un ingrediente del agregado. A un espesor normal de 30 μm , la birrefringencia más alta de hidróxido de calcio vista paralelamente a la escisión es brillante de primer orden amarillo con un naranja ocasional o un área roja de primer orden. La calcita en la misma sección tiene una birrefringencia blanca de primer orden excepto en granos muy diminutos en los cuales es muy delgado, aproximadamente en forma de rombo, y el color birrefringencia es blanco de primer orden. Las relaciones de birrefringencia discutidas en este párrafo son la base que hacen posible mucha de la interpretación del concreto de secciones delgadas.

12.2. Selección de áreas para secciones delgadas de concreto: Las áreas de donde las secciones delgadas se deben preparar generalmente deben escogerse después de examinar la superficie pulida y aserrada o aserrada con un estereoscópico. La selección del área puede depender de las características para el cual se requerirá la evaluación, o la selección puede ser afectada en el caso de concreto altamente deteriorado con el deseo de elegir un volumen lo suficientemente fuerte para soportar el seccionamiento inclusive después de la impregnación. En un segundo caso, un área de mortero con agregado grueso en las esquinas o a lo largo de los laterales puede ser una decisión exitosa. Si se desea evaluar el agregado para compararlo con el agregado de una fuente conocida para establecer si los dos probablemente

"CONTINÚA"

provenían del mismo depósito o cantera, el agregado grueso debe elegirse en una cantidad suficiente para cubrir el rango de variedades presentes y su condición física. Si el concreto ha sido sujeto a reacciones álcali sílice o álcali carbonato, las áreas seleccionadas para el seccionamiento deben incluir agregado grueso con grietas adentro del perímetro pero rodeando el centro y las grietas en la mitad de las partículas que se estrechan hacia la frontera que puede o no contener gel en el caso de la reacción álcali-sílice. Las partículas de reacción con anillos pueden elegirse para seccionar en el caso de uno y otro tipo de reacción, pero es normalmente un esfuerzo inútil; los anillos distintivos a la vista o la baja potencia del microscopio estereoscópico pueden no ser visibles en una sección delgada.

12.2.1. Las características visibles en la evaluación de secciones delgadas del concreto se muestran en el cuadro No. 4.

13. Características de la pasta

13.1. Muchas propiedades mineralógicas y físicas de la pasta están influenciadas, o están bajo el mando en gran parte por la relación a/c (agua / cemento) y a/mc (agua / material cementicio), duración del curado, fineza y composición del cemento hidráulico y otros materiales cementicios, puzolanas, aditivos minerales y químicos, y materiales finos de agregados (Ver la terminología NTG 41006 (ASTM C125)). A lo largo de esas propiedades, con respecto a la evaluación de la pasta inalterada, son: (a) color, densidad de dureza, y porosidad (**22-25**); (b) textura de las superficies fracturadas (**22 y 23**); (c) tamaño, abundancia, color, y mineralogía de materiales puzolanico, no puzolanico y relicto y materiales cementicios (**22-24, 26**); (d) tamaño, abundancia, y morfología del componente de hidróxido de calcio de la hidratación del cemento tal como puede ser afectada por materiales puzolanicos (**22 y 23, 26**); (e) grado de hidratación de los materiales cementicios (**22-28**); (f) intensidad del color de pastas de color impregnado (**24,26**) (g) naturaleza de la unión pasta-agregado; (h) tasa de absorción de gotas de agua (**24**); (i) profundidad de carbonatación (**23**); (j) magnitud de la exudación y segregación de los componentes de elaboración de concreto (**23, 27**); y (k) micro pasta endurecida (**25**).

13.2. Las relaciones a/c (agua / cemento) y a/mc (agua / material cementicios) y su distribución uniforme a lo largo del concreto puede verse afectado por un número de influencias que incluyen: (a) la cantidad original de agua, agua libre aportada por los agregados, y temple y agua templada; (b) absorción de agua por los agregados; (c) eficiencia del agua de la bachada de mezcla y agua libre de los agregados; (d) exudación y vibración después de la colocación del concreto; y (e) pérdida de agua debido a la evaporación y la absorción por la sub-base.

13.3. Debido a la naturaleza variable de las pastas, edad de la pasta, y exposición a una variedad de influencias externas, usualmente no es acepado un procedimiento

"CONTINÚA"

estándar que utilice métodos microscópicos para determinar las relaciones a/c (agua / cemento) y a/mc (agua / material cementicio) del concreto endurecido. Un procedimiento para estimar las relaciones a/c (agua / cemento) y a/mc (agua / material cementicio) (29) fue evaluado críticamente en un estudio SHRP, pero no fue recomendado por SHRP para la inclusión en la práctica C856.

14.Reporte

14.1. El reporte de la evaluación debe incluir lo siguiente:

14.1.1. Ubicación y orientación de las muestras en la construcción o productos o tipo de espécimen.

14.1.2. Historial de las muestras siempre y cuando esté disponible.

14.1.3. Ensayos químicos y físicos realizados en las muestras con sus resultados.

14.1.4. Descripción de las muestras y un reporte de las proporciones de mezclas, si están disponibles o fueron estimadas, la mano de obra, las prácticas de construcción, y la cantidad original del concreto en las construcciones, en la medida en que dicha información esté disponible.

14.1.5. Interpretación, en la manera que sea posible, de la naturaleza de los materiales y de los eventos químicos y físicos que han llevado al éxito o falla del concreto.

15.Palabras clave

15.1. Agregados; vacíos de aire; reacción álcali sílice; análisis; deterioro; evaluación; efectos de fuego; concreto endurecido; microscopio; pasta; petrografía; depósitos secundarios

REFERENCIAS

- (1) Mather, K., "Petrographic Examination of Hardened Concrete in Significance of Tests and Properties of Concrete-Making Materials," *Symposium on Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete Making Materials*, ASTM 169 A, ASTM International, 1966, pp. 125–143.
- (2) Smith, Peter, "Investigation and Repair of Damage to Concrete Caused by Formwork and Falsework Fire," *ACI Journal*, JACIA, No. 11, Nov 1963; *ACI Proceedings*, PACIA, Vol 60, 1963, pp. 1535–1566.
- (3) Green, J. Keith, "Some Aids to the Assessment of Fire Damage," *Concrete*, COCTA, Vol 10, No. 1, January 1976, pp. 14–17.
- (4) Idorn, G. M., *Durability of Concrete Structures in Denmark*, Technical University of Denmark, Copenhagen, January 1967, p. 208.
- (5) Mielenz, R. C., "Petrography Applied to Portland Cement Concrete," *Reviews in Engineering Geology*, edited by T. Fluhr and R. F. Legget, Geological Society of America, GAEGA, Vol I, 1962, pp. 1–38.
- (6) Taylor, H. F. W., "Crystal Structures of Some Double Hydroxide Minerals," *Mineralogical Magazine*, MNLMB, Vol 39, No. 304, December 1973, pp. 377–389.
- (7) Idorn, G. M., "Concrete Deterioration of a Foundation," *Acta Polytechnia* (Copenhagen, Denmark), APOBA, No. 4, 1957, pp. 5–48.
- (8) Idorn, G. M., "Disintegration of Field Concrete," Danish National Institute of Building Research and Academy of Technical Science, Commission on Alkali Reactions in Concrete, Progress Report N1, DNBRA, 1956, 39 pp.
- (9) Hutton, C. O., "Two Unusual Occurrences of Paraluminite," *New Zealand Journal of Science and Technology*, NZTBA, Vol 26B, 1945, pp. 242–244.
- (10) McConnell, D., Mielenz, R. C., Holland, W. Y., and Greene, K. T., "Cement-Aggregate Reaction in Concrete," *Journal of the American Concrete Institute*, JACIA, Proceedings, Vol 44, October 1947, pp. 93–128.
- (11) Mather, B., "Cracking of Concrete in the Tuscaloosa Lock," *Highway Research Board Proceedings*, HIRPA, Vol 51, 1951, pp. 218–233.
- (12) Erlin, Bernard, and Stark, David C., "Identification and Occurrence of Thaumassite in Concrete," *Highway Research Record* No. 113, HRBRA, 1966, pp. 108–113.
- (13) Winchell, A. N., and Winchell, H., *The Microscopical Characters of Artificial Inorganic Solid Substances*, Academic Press, New York and London, 1964.

"CONTINÚA"

- (14) Lea, F. M., *The Chemistry of Cement and Concrete*, 3d ed., Edward Arnold Ltd., London, England, pp. XIV and 727.
- (15) Lerch, W., Ashton, F.W., and Bogue, R. H., "The Sulfoaluminates of Calcium," *National Bureau of Standards Journal of Research*, JRNBA, Vol 2, 1929, pp. 715–731.
- (16) Hansen, W. C., "Anhydrous Minerals and Organic Materials as Sources of Distress in Concrete," *Highway Research Record No. 43*, Highway Research Board, HRBRA, 1963, pp. 1–7.
- (17) Mielenz, R. C., "Reactions of Aggregates Involving Solubility, Oxidation, Sulfates, or Sulfides," *Highway Research Record No. 43*, Highway Research Board, HRBRA, 1963, pp. 8–18.
- (18) Erlin, Bernard, "Methods Used in Petrographic Studies of Concrete," *Analytical Techniques for Hydraulic Cements and Concrete*, ASTM STP 395, ASTM International, 1966, pp. 3–17.
- (19) Erlin, Bernard, "Analytical Techniques, Observations of the Performance of Concrete in Service," *Highway Research Board Special Report 106*, Highway Research Board, HRBRA, Publication 309- 01790-4, 1970.
- (20) Brown, L. S., "Some Observations on the Mechanics of Alkali- Aggregate Reaction," *ASTM Bulletin No. 205*, April 1955, p. 40ff.
- (21) *Symposium on Alkali-Carbonate Rock Reactions*, *Highway Research Record No. 45*, HRBRA, Washington, 1964.
- (22) Erlin, Bernie, "Other Viewpoints on Petrographic Reports," *Concrete Construction Magazine*, February 2000, pp. 21–27.
- (23) Erlin, Bernard, "Water-Cement Ratio," *Concrete International*, American Concrete Institute, March 2000, pp. 7–9.
- (24) Liu, J.J., and Kahn, M.S., "Comparison of Known and Determined Water-Cement Ratios Using Petrography," SP-191, "Water-Cement Ratio and Other Durability Parameters," American Concrete Institute, 2000, pp. 11–25.
- (25) Erlin, Bernard, Campbell, R.A., "Paste Micro-Hardness—Promising Technique for Estimating Water-Cement Ratio," SP-191, "Water- Cement Ratio and Other Durability Parameters," American Concrete Institute, 2000, pp. 43–55.
- (26) Jakobsen, V.H., Laugesen, P., Thaulow, N., "Determination of Water-Cement Ratio in Hardened Concrete by Optical Fluorescence Microscopy," SP-191, "Water-Cement Ratio and Other Durability Parameters," American Concrete Institute, 2000, pp. 27–36.

- (27) St. John, D.A., Poole, A.W., and Sims, I., Concrete Petrography, A Handbook of Investigative Techniques, Arnold, 1998 , pp.141–150.
- (28) SHRP-C-339, “Concrete Microstructure: Recommended Revisions to Test Methods,” Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC 1993.
- (29) Nordtest Method, NT Build 361, 1991: Concrete, Hardened: Water- Cement Ratio.
- (30) Natesaiyer, K., and Hover, K. C., “In Situ Identification of ASR Products in Concrete,” Cement and Concrete Research, Vol 18, 1988, pp. 455–463.
- (31) Natesaiyer, K., and Hover, K. C., “Further Study of an Insitu Technique for the Identification of Alkali-Silica Reaction Products in Concrete,” Cement and Concrete Research, Vol 19, 1989, pp. 770–778.
- (32) Natesaiyer, K., and Hover, K. C., “Some Field Studies of the New In situ Technique for the identification of ASR Products,” Proceedings of the 8th International Conference on Alkali Aggregate Reaction, Kyoto, Japan, 1989, pp. 555–560.
- (33) Natesaiyer, K., Stark, D., and Hover, K. C., “Gel Fluorescence Reveals Reaction Product Traces,” Concrete International, January 1991.
- (34) Pflug, H. D., and Crumpton, C. E., “Analysis of Sodium and Concrete by Fluorescence Photometry,” ASTM Materials and Research Standards, July 1963.
- (35) Natesaiyer, K., “Some Applications of the Gel Fluorescence Test for Alkali-Aggregate Reaction in Concrete,” Cement and Concrete Deposits, El Sevier Science Publishers Limited, England, 1993.
- (36) Strategic Highway Research Program (SHRP), “Handbook for the Identification of Alkali-Silica Reactivity in Highway Structures,” SHRP-C/FR-91-101, National Research Council, 1991, p. 49.
- (37) Brownmiller, L. T., “The Microscopic Structure of Hydrated Portland Cement,” Journal of the American Concrete Institute, JACIA, Proceedings, Vol 39, January 1943, pp. 193–210.

---ULTIMA LÍNEA---

"CONTINÚA"

APÉNDICE (INFORMACIÓN NO OBLIGATORIA)

X1. UNA TÉCNICA PARA DETECTAR GEL ÁLCALI-SÍLICE SOMETIDA A CONFIRMACIÓN POR OTROS MÉTODOS.

X.1.1. Objeto

X.1.1.1. Esta técnica ha sido utilizada para detectar gel de álcali-sílice resultante de reacciones de formaciones de sílice en agregados con álcalis en pasta de cemento portland. La técnica involucra tratar la superficie de concreto tratado con una solución de uranilo-acetato y observar la superficie tratada expuesta a ondas cortas de luz ultravioleta.

X.1.1.2. Esta técnica es una de un número de procedimientos que pueden utilizarse para identificar si las reacciones álcali-sílice se han producido en el concreto endurecido. El ensayo es auxiliar a mas evaluaciones petrográficas definitivas y ensayos físicos para determinar la expansión del concreto. Las evaluaciones petrográficas incluyen la identificación de gel álcali-sílice y el componente de agregados reactivo(s), como puede ser complementado por microscopía electrónica y análisis de sondas elementales auxiliares. Los ensayos físicos pueden incluir ensayos de cambio de longitud de prismas de concreto.

X.1.1.3. Ceniza volátil, humo de sílice, y otros materiales que poseen propiedades puzolanicas que pueden reaccionar y producir productos secundarios similares al gel producido por la reacción álcali-sílice (ASR). Si estos productos están distribuidos de forma uniforme, el efecto es crear un fondo uniforme en el que el gel de sílice-sílice más localizado y concentrado por lo general se pueda distinguir. Materiales que contienen ópalo y otros posibles componentes de rocas, sin embargo, también serán detectados. Concentraciones localizadas de etringita secundaria también ha sido reportado por fluorescencia. La etringita secundaria está esparcida como un componente del concreto afectado por muchos procesos.

X.1.2. Precauciones

X.1.2.1. El Uranilo-acetato es un material peligroso que requiere de un manejo y disposición especial. La luz ultravioleta es peligrosa para los ojos y la piel. El Apéndice X1 no se trata los problemas de seguridad de manejo, uso y disposición de uranilo-acetato y concreto tratado con uranilo-acetato. El Apéndice X1 no trata el uso y precauciones que se deben utilizar en relación a aplicaciones de luz ultravioleta y exposición a los ojos y piel.

"CONTINÚA"

X.1.2.2. Antes de utilizar el uranilo-acetato y la luz ultravioleta involucrada en esta técnica, es responsabilidad del usuario establecer una seguridad adecuada, de salud, y disposiciones de prácticas de materiales y procedimientos para manejar el uranilo-acetato y radiación ultravioleta. Es también responsabilidad del usuario cumplir con los requisitos locales, del estado y requerimientos regulatorios federales.

X.1.2.3. Ropa de protección, incluyendo guantes de polietileno, batas de laboratorio, y otro tipo de ropa que puedan ser necesarias deben utilizarse durante la manipulación de uranilo-acetato y otros químicos.

X.1.2.4. La luz ultravioleta de ondas cortas puede ser perjudicial para los ojos y la piel. Se deben utilizar lentes filtradores ultravioletas o mascaretas que absorban la radiación ultravioleta.

X.1.2.5. El uranilo-acetato está clasificado en por el gobierno de los Estados Unidos como un material peligroso que requiere de manejo especial y disposición. La manipulación, almacenamiento, y disposición de la solución uranilo-acetato y los materiales con los cuales se aplica deben cumplir con las regulaciones aplicables.

X.1.3. Clasificación:

X.1.3.1. Esta técnica puede utilizarse por un técnico con formación adecuada.

X.1.4. Equipo, reactivos y materiales

X.1.4.1. Aparatos para condicionar el espécimen

X1.4.1.1. Matraz plástico, de 500 ml de capacidad o mayor,

X1.4.1.2. Botella comprimible de plástico (para agua), de capacidad nominal de 250 ml

X1.4.1.3. Guantes desechables de polietileno.

X1.4.1.4. Ropa protectora (por ejemplo, bata de laboratorio)

X1.4.1.5. Hojas de papel absorbentes.

X1.4.1.6. Espacio encerrado para aplicar los reactivos: una campana de humo, caja de guantes o bolsa de guantes desechables se han encontrado adecuados para este propósito.

X.1.4.2. Equipos para tratamientos especiales

X1.4.2.1. Unidad de aplicación de tipo no atomizadora o no nebulizadora para reactivos (por ejemplo, una botella pequeña comprimible con la mano para la aplicación de soluciones reactivas diluidas), y

X1.4.2.2. Aplicador de agua: Una botella pequeña comprimible con la mano para aplicar soluciones diluidas.

X.1.4.3. Reactivo (solución uranilo-acetato)

X1.4.3.1. Solución ácido acético (1N).

X1.4.3.2. Matraz de ebullición: De capacidad nominal de 250 ml.

X1.4.3.3. Agua destilada o desionizada.

X1.4.3.4. Matraz volumétrico: De capacidad nominal de 100 ml.

X1.4.3.5. Botella de almacenamiento de polietileno con tapadera de ajuste hermético: de capacidad nominal de 100 ml.

X1.4.3.6. Polvo de uranilo-acetato (grado reactivo ACS).

X1.4.3.7. Balanza: Capaz de pesar hasta 10 g con una aproximación de 0.05 g.

X1.4.3.8. Solución uranilo-acetato (preparado como a se describe a continuación): Pesar 5 g de uranilo-acetato en polvo. Medir 100 ml de solución de ácido acético utilizando un matraz volumétrico de 100 ml. (**Advertencia:** Utilizar precauciones de seguridad adecuadas en el manejo del uranilo-acetato y el ácido acético. Transferir la solución de ácido acético medida desde el matraz volumétrico hacia el matraz de ebullición. Añadir 5 g de uranilo-acetato en polvo al matraz de ebullición. Calentar la mezcla sobre una llama baja hasta que se disuelva el polvo. No llevar la mezcla hasta el punto de ebullición. Retirar el matraz del quemador, cubrirla y dejarla enfriar a temperatura ambiente. Almacenar la solución enfriada a temperatura ambiente en una botella de almacenamiento de polietileno con tapadera de ajuste hermético. El reactivo, cuando se almacena como se describe, se mantendrá por lo menos un año.)

X.1.4.4. Lámpara ultravioleta (UV) de onda corta (254 nm).

X.1.4.5. Cuarto oscuro o cabina de visualización.

X.1.4.6. Lentes: Para cubrir luz ultravioleta de onda corta.

X.1.5. Especímenes

X.1.5.1. Las muestras a evaluarse pueden ser de cualquier tamaño o forma. El área superficial para ensayar debe tener un área nominal de 155 cm² (24 pulg²) o largo suficiente para representar el concreto. El tamaño será definido en parte por el tamaño máximo del agregado. El método es aplicable para muestra de campo y para las preparadas en el laboratorio. Éste último incluye muestras ensayadas utilizando los métodos de ensayo NTG 41003 h7 (ASTM C227), C342, NTG 41003 h8 (ASTM C441) y Norma NTG 41010 h14 (ASTM C1260).

X.1.5.2. Quebrar el espécimen para exponer el interior del concreto utilizando cualquier método adecuado, tales como las técnicas de división del método de ensayo NTG 41017 h15 (ASTM C496). Seguidamente realizar el ensayo en las superficies recién expuestas.

X.1.6. Procedimiento de pre-escaneado y condicionado

X.1.6.1. Pre-escaneado y condicionado:

X1.6.1.1. Humedecer la superficie del espécimen recién quebrado utilizando una botella comprimible llena con agua desionizada o destilada. Proceder con el ensayo mientras el espécimen aún está húmedo.

X.1.6.2. Pre-escanear el espécimen para encontrar fluorescencia natural.

X1.6.2.1. Utilizar ropa protegible incluyendo guantes de polietileno, bata de laboratorio, y lentes filtradores-UV. La luz UV de onda corta puede ser dañina para los ojos y la piel. Los lentes plásticos o normales o una careta dejarán absorber los rayos dañinos.

X1.6.2.2. Si se utiliza una cabina de visualización, colocar la lámpara UV en el lugar adecuado en la cabina de visualización. Colocar el espécimen humedecido adentro de la cabina de visualización. Si se utiliza un cuarto oscuro, colocar el espécimen humedecido en una mesa y apagar las luces.

X1.6.2.3. Encender la luz UV de onda corta en la cabina de visualización o en el cuarto oscuro, y reflejarlo en el espécimen humedecido. Utilizar lentes de filtrado UV y observar y anotar para futuras comparaciones si alguno de los áridos y otros compuestos presentan fluorescencia. Los agregados con no fluorescencia se mostrarán oscuros, mientras que la pasta de cemento y agregados con

"CONTINÚA"

fluorescencia natural, tales como el ópalo o algunas escorias, tendrán una fluorescencia intermedia. Anotar la ubicación y naturaleza de la fluorescencia.

X.1.7. Procedimiento para el tratamiento de uranilo-acetato:

X.1.7.1. Utilizar ropa protectora incluyendo guantes de polietileno, bata de laboratorio, y lentes filtradores de rayos UV.

X.1.7.2. El ensayo deberá conducirse únicamente en superficies interiores recién fracturadas. Si el interior de la superficie del espécimen no está humedecida, humedecerla utilizando una botella compresible llena con agua desionizada o destilada.

X.1.7.3. Llenar la botella compresible hasta la mitad de su capacidad con la solución preparada de uranilo-acetato.

X.1.7.4. Alinear el fondo de la caja de guantes, bolsa de guantes, o campana de humo con toallas de papel absorbentes. Colocar las botellas compresibles que contienen el agua desionizada y destilada y el reactivo, el matraz plástico de 500 ml, y el espécimen humedecido adentro de la caja de guantes, bolsa de guantes, o campana de humo.

X.1.7.5. Colocar el espécimen en una posición horizontal en una toalla de papel. Aplicar la solución de uranilo-acetato en la superficie interior húmeda del espécimen. Dirigir la boquilla de la botella comprimible en la superficie del espécimen en todo momento. La boquilla debe mantenerse aproximadamente 25 mm (1 pulg) separada de la superficie. La presión de la botella debe mantenerse a su mínimo para evitar la nebulización y rebote de la superficie del espécimen.

X.1.7.6. Dejar que el uranilo-acetato se absorba en el interior de la superficie de concreto por 1 min.

X.1.7.7. Después de 1 min, sostener el espécimen en una posición vertical sobre el matraz plástico de 500 ml y lavar la superficie tratada tres veces con agua desionizada o destilada para remover el exceso de uranilo-acetato. Recolectar el agua lavada del espécimen en el matraz plástico.

X.1.7.8. Remover el espécimen de la caja de guantes, bolsa de guantes, o campana de humo, y colocarlo en una toalla de papel. Proceder con la observación del espécimen inmediatamente después que se haya completado el tratamiento de uranilo-acetato.

"CONTINÚA"

X.1.8. Exposición ultravioleta de superficies tratadas

X.1.8.1. Si una cabina de visualización está siendo utilizada, colocar la lámpara UV en el lugar adecuado adentro de la cabina de visualización. Alinear la superficie inferior de la cabina de visualización con las toallas de papel. Si se está utilizando un cuarto oscuro, alinear el área de la cubierta de la mesa con las toallas de papel.

X.1.8.2. Humedecer el espécimen de nuevo utilizando una botella de comprimir llena con agua desionizada o destilada. Colocar el espécimen adentro de la cabina de visualización en la toalla de papel. Si se está utilizando un cuarto oscuro, colocar el espécimen mojado en una toalla de papel en la superficie de la mesa en el cuarto oscuro y apagar las luces.

X.1.8.3. Alumbrar la luz UV en la superficie tratada. No ver, y no dejar que alguien más vea la luz UV sin protección en los ojos.

X.1.9. Identificación de gel álcali sílice.

X.1.9.1. El gel de álcali sílice hará fluorescencia brillante verde-amarilla, y normalmente ocurre en y alrededor de las partículas de agregados, en vacíos, y en grietas. Se ha reportado que la etringita puede mostrar una fluorescencia similar.

X.1.9.2. Las áreas carbonatadas de concreto también pueden mostrar fluorescencia. La fluorescencia debido a los productos de carbonatación, sin embargo, es usualmente uniforme y normalmente presente a lo largo de las superficies de concreto expuestas a la atmosfera. La carbonatación puede estar presente en donde existe deterioro extensivo o grietas, o ambos, en donde se permitió el ingreso de dióxido de carbono atmosférico al interior del espécimen.

X.1.9.3. Algunas cenizas volátiles, humo de sílice, escorias, y puzolanas naturales pueden reaccionar y formar productos reactivos que muestran fluorescencia. Sin embargo cenizas volantes, humo de sílice, escoria de granos finos, y puzolanas naturales, dispersas causan solo un incremento en la intensidad de la intensidad de fondo de la fluorescencia de la pasta. Si estos materiales no son bien dispersos o son agrupados de forma conjunta, la fluorescencia se observará como áreas discretas finas. El tamaño de esas áreas es normalmente bastante pequeñas y normalmente se distinguen de la fluorescencia brillante del gel derivado del agregado fino y grueso.

X.1.9.4. La identificación de la presencia de gel álcali-sílice utilizando esta técnica debe ser confirmada por otras técnicas petrográficas, como las evaluaciones microscópicas de secciones delgadas o montajes de polvo, o ambos.

"CONTINÚA"

X.1.9.5. Literatura del desarrollo y uso de esta técnica se proporciona en las referencias **(30-36)**.