



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Técnicas para el análisis
petrográfico de agregados y
concreto endurecido**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

Adriana Ambriz Dávalos

ASESOR DE INFORME

José Juan Flores Martínez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

Agradecimientos

El logro de estar presentando frente a ustedes los conocimientos adquiridos en la facultad y en mi experiencia de trabajo está dedicado a mis padres Juan Ambriz y Natalia Dávalos ya que gracias a ellos y al fruto de su trabajo y todo el apoyo que me han brindado he logrado todas mis metas al día de hoy.

A mis hermanas y sobrinos quienes siempre han estado ahí para apoyarme y a quienes les debo también el entusiasmo de continuar superándome y aprendiendo cosas nuevas. A Diego quien ha estado ahí siempre y a lado de quien me he formado como profesionista y como persona compartiendo todo tipo de éxitos.

A mis amigos con quienes compartí todo tipo de experiencias durante nuestros años de estudiantes.

A personas muy especiales que han formado parte de mi vida laboral y que me han enseñado más de lo que se puede aprender en un aula, a mi jefe Arturo Gaytan quien me dio la confianza y la oportunidad de formar parte de la gran familia CEMEX donde he aprendido mucho.

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que sin el apoyo y sin todo el conocimiento que compartieron conmigo durante mi carrera no sería el profesionista en el que me he convertido.

A todo el jurado que elegí para la presentación de este trabajo quienes amablemente accedieron a formar parte de este logro.

Un especial agradecimiento al Dr. Enrique quien desde hace tiempo estuvo apoyándome en todo el proceso.

Capítulo I

Introducción y objetivo.....5

Capítulo II

Descripción de la empresa.....6

Capítulo III

Antecedentes.....7

Capítulo IV

Conceptos fundamentales del concreto9

IV.I Componentes

- IV.I.I Agregados
- IV.I.II Cemento
- IV.I.III Agua
- IV.I.IV Aditivos

IV.II Concreto endurecido

- IV.II.I Curado
- IV.II.II Resistencia
- IV.II.III Durabilidad
- IV.II.IV Relación a/c
- IV.II.V Contenido de aire

Capítulo V

Técnicas de evaluación petrográfica de agregados para su uso en concreto.....12

- V.I Petrografía de agregados para concreto

Capítulo VI

Daños asociados al concreto endurecido.....14

- VI.I Agrietamiento
- VI.II Baja resistencia al desgaste
- VI.III Baja resistencia a la compresión
- VI.I.IV Superficies polvosas
- VI.I.V Descascaramiento
- VI.I.VI Estallamientos
- VI.I.VII Burbujas
- VI.I.VIII Despotrillamiento
- VI.I.IX Decoloración
- VI.I.X Alabeo
- VI.I.XI Carbonatación

- VI.I.XII Reactividad
- VI.I.XIII Daños en concreto por exposición a condiciones extremas
- VI.I.XIV Eflorescencia
- V.I.XVII Consecuencias de la vibración inapropiada

Capítulo VII

Técnicas de evaluación petrográfica en concreto endurecido	19
VII.I Información de las muestras obtenidas en obra	
VII.II Descripción visual del concreto a escala macroscópica	
VII.III Descripción visual del concreto a escala microscópica	

Capítulo VIII

Conclusiones.....	24
-------------------	----

Anexo I. Fotografías y terminología

Capítulo I

Introducción y objetivo

La petrografía es un campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o láminas delgadas derivadas de las rocas de estudio en un microscopio petrográfico, clasificándolas según sus propiedades físicas y composición mineralógica, con estas bases se desarrolló la petrografía de concreto que consiste en una descripción detallada de los componentes de una muestra de concreto endurecido, actualmente este análisis es una parte fundamental en el estudio de las estructuras que presentan algún tipo de daño, brindando información acerca de las posibles causas y dimensiones del problema que presenta una estructura.

Es importante tener claro el alcance que puede tener un estudio petrográfico, informando así al comprador del servicio las características que pueden determinarse mediante el análisis. Estas características se enlistan a continuación:

- Posibles causas de una mala calidad en el concreto
- Causa del deterioro del concreto
- Determinación del rendimiento de la estructura a futuro
- Determinar si el concreto es o no el especificado en el diseño.
- Descripción de la matriz de cemento, incluyendo grado de hidratación, el grado de carbonatación (si está presente), la evidencia de falta de solidez del cemento, la presencia de un aditivo mineral, adecuado sistema de curado, así como una alta relación agua - cemento en la pasta.
- Determinación de reactividad, verificar la interacción del agregado con la pasta y sus posibles afectaciones.
- Determinar si el concreto ha sido afectado por el ataque de sulfatos, u otro producto de ataque químico, o si fue sometido a condiciones de hielo y deshielo.
- Determinar la cantidad de agregado fino y agregado grueso en el elemento.
- Determinar el tipo de agregado grueso y fino, clasificándolo de acuerdo a su litología, y contenido aproximado en la estructura.

El presente trabajo pretende ser un apoyo preliminar para el petrógrafo en la evaluación de concreto endurecido, dando a conocer algunos de los conceptos fundamentales usados en la industria de la construcción así como las problemáticas más usuales presentes en las diferentes estructuras.

Capítulo II

Descripción de la empresa

CEMEX es una compañía global líder en la producción y distribución de cemento, con operaciones posicionadas primariamente en los mercados más dinámicos del mundo a través de cuatro continentes.

La misión de CEMEX es satisfacer globalmente las necesidades de construcción de sus clientes y crear valor para sus accionistas, empleados y otras audiencias clave, consolidándose como la organización cementera multinacional más eficiente y rentable del mundo. Es una de las empresas líderes en cada uno de sus negocios: cemento, agregados, concreto premezclado.

El Centro de Tecnología Cemento y Concreto de CEMEX CTCC, es el primer centro en desarrollo tecnológico del concreto y materiales para la construcción del más alto nivel en México y Latinoamérica.

Dentro de las principales funciones del CTCC se encuentra:

- Evaluar las características físicas, químicas y mecánicas de la materia prima y los componentes del concreto
- Evaluar y liberar toda la materia prima para la elaboración de concretos y morteros de acuerdo a normatividad nacional e internacional
- Ejecutar los protocolos de investigación y evaluación de productos en laboratorio
- Ejecutar las validaciones de diseños de mezclas para su aplicación
- Ejecutar pruebas no destructivas en sitio para la valoración de materiales y estructuras
- Predicción de resistencias mediante el monitoreo de temperaturas en elementos de concreto
- Laboratorios con experiencia y equipos de última tecnología para la ejecución de pruebas especiales

La industria de la construcción requiere cada vez más servicios de ejecución de ensayos especializados con un soporte de experiencia e infraestructura para el cumplimiento y aseguramiento de la calidad de las obras, por lo que el CTCC se da a la tarea de ampliar sus servicios, ofreciendo gran variedad de pruebas especiales a la materia prima y concreto con base a normatividades nacionales e internacionales.

Capítulo III

Antecedentes

El campo de la petrografía de concreto en México no es una técnica muy conocida, sin embargo resulta de gran utilidad cuando se detecta que pudieran existir factores que afecten la integridad de una estructura de concreto.

La aplicación de la información documentada en el presente trabajo depende del criterio y la experiencia del petrógrafo, el cual debe contar con conocimientos de petrografía, mineralogía, mineralogía óptica, así como especificaciones de materiales usados en la producción de concreto, procesos de dosificación, mezcla, manipulación, colocación y acabado concreto, para evaluar de forma acertada la interacción de los componentes de concreto y el efecto o daño en las estructuras.

La toma de muestras en sitio debe tomar en cuenta el objetivo del estudio, ya que a partir de esta se determinará la causa o daño que presenta una estructura.

El análisis petrográfico culmina con un reporte final el cual debe ser claro y conciso, con una descripción de las observaciones y procedimientos realizados durante el examen petrográfico, y finalmente una interpretación de los resultados enfocada al objetivo inicial del estudio.

Mi trabajo en CEMEX desde el año 2012 consiste en la evaluación y validación de los agregados y concretos durables a nivel nacional, además de apoyar en la atención a reclamaciones de calidad, brindando soporte como centro de tecnología para la evaluación de corazones de concreto extraídos de las estructuras que presentan alguna deficiencia.

Las evaluaciones realizadas a la materia prima y al concreto son ejecutadas a partir de normativas nacionales e internacionales vigentes.

La importancia de un análisis petrográfico se centra en la obtención de posibles causas que afectaron o pueden afectar la integridad de cualquier elemento, debido a factores como la colocación o la calidad del concreto. Un análisis petrográfico puede definir en base a las observaciones de una muestra de concreto la causa de determinada falla, con esto el constructor puede tomar una decisión final, y así saber si es necesaria la demolición de un elemento de concreto.

No existe un solo camino para un análisis petrográfico de concreto, sin embargo en el siguiente diagrama se describe de manera general los principales pasos a seguir:

Análisis Petrográfico de concreto endurecido

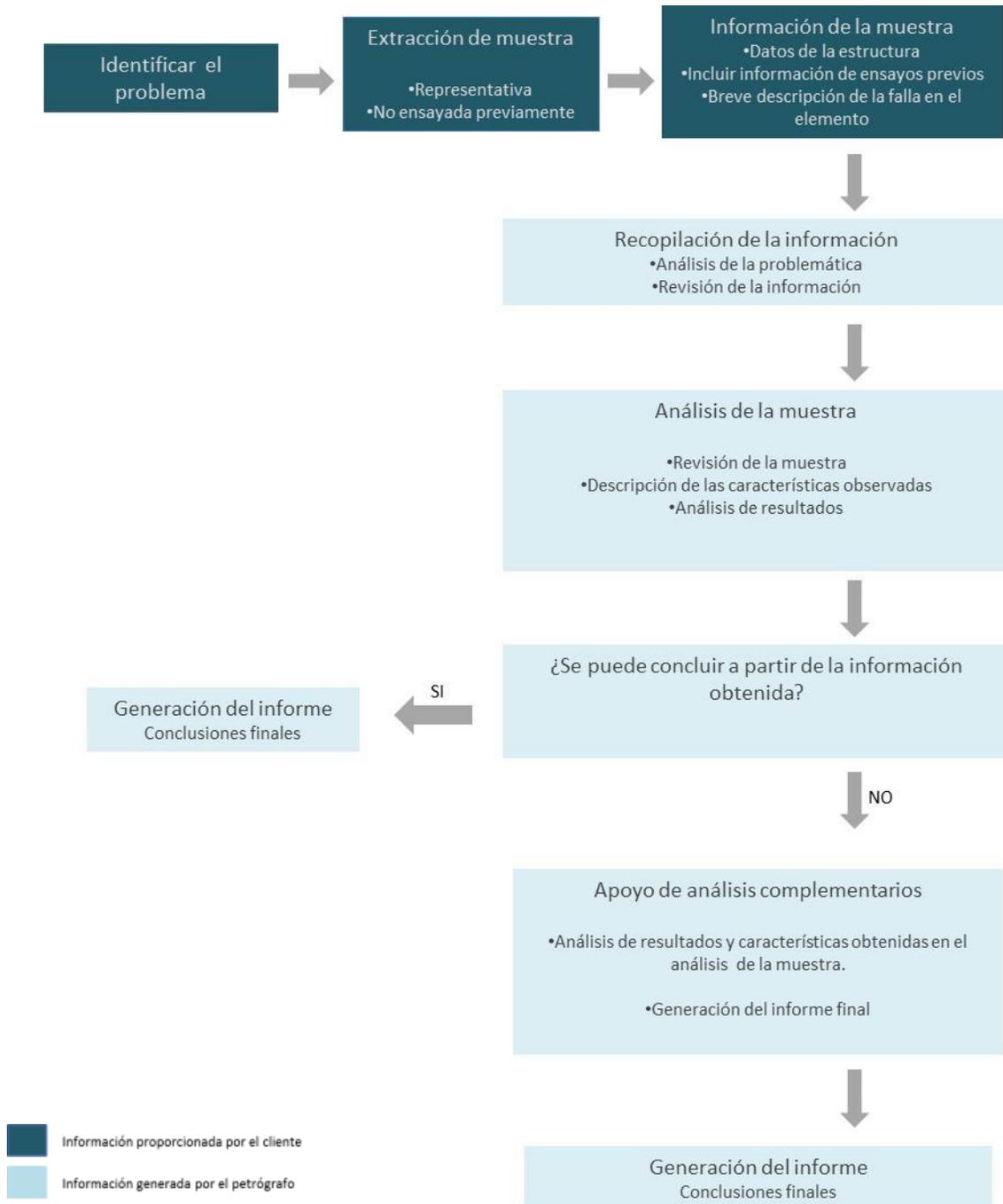


Diagrama 1. Muestra los principales pasos para la ejecución del análisis petrográfico de concreto endurecido.

Capítulo IV

Conceptos fundamentales del concreto

IV.I Componentes

El concreto es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta está compuesta de cemento, agua, aire y aditivos, esta pasta une los agregados que consisten en materiales finos y gruesos, creando una masa similar a una roca.

Los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto. Los agregados deben componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición y no deben contener materiales que puedan causar deterioro del concreto. Una buena granulometría es deseable para el uso eficiente de la pasta.

La pasta de concreto se compone de materiales cementantes, agua y aire atrapado o aire incluido (intencionalmente incorporado). La pasta constituye aproximadamente del 25% hasta 40% del volumen total del concreto.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta, del agregado y de la unión entre los dos. En un buen concreto, toda partícula de agregado es cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta.

Para cualquier grupo de materiales y condiciones de curado, la calidad del concreto endurecido es fuertemente influenciada por la cantidad de agua usada con relación a la cantidad de cemento.

IV.I.I Agregados

Los agregados naturales para concreto son una mezcla de rocas y minerales, la grava y la arena naturales normalmente se excavan o dragan de la mina, del río, del lago o del lecho marino. La roca triturada se produce triturando la roca de cantera, roca redondeada, guijarros o gravas grandes.

Existen también materiales que pueden ser usados como agregados para concreto, entre ellos las escorias o concreto reciclado. Dichos materiales deberán ser evaluados para determinar sus propiedades físicas así como su comportamiento en la mezcla de concreto.

IV.I.II Cemento

Los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidratados. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen por la reacción química con el agua.

Durante la reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una masa similar a una roca, llamada pasta.

IV.I.III Agua

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se puede usar como agua de mezcla, de igual manera se puede emplear el agua dudosa en concreto, pero se debe verificar su desempeño ya que puede afectar sus propiedades en estado fresco y tener afectaciones en estado endurecido.

IV.I.IV Aditivos

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto que, además del cemento portland, del agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado. Los aditivos se pueden clasificar según sus funciones, inclusores de aire, reductores de agua, plastificantes (fluidificantes), acelerantes, retardantes, inhibidores de corrosión, reductores de retracción entre otros.

IV.II Concreto endurecido

IV.II.I Curado

El curado es esencial para el desarrollo de resistencia y durabilidad del concreto. La hidratación continua depende de la disponibilidad de humedad del concreto, una temperatura ambiente favorable y suficiente espacio para que se formen los productos de hidratación.

El concreto es muy sensible a la pérdida de humedad y, por tanto, muy susceptible y perceptivo al curado de su superficie. Cather (1992) la zona afectada por el proceso de curado en el concreto se extiende desde la superficie hasta una profundidad que varía entre 5 y 20 mm aproximadamente dependiendo de las características de la mezcla como relación a/c, permeabilidad y condiciones ambientales. Las propiedades del concreto en la zona afectada por el curado estarán fuertemente influenciadas por la efectividad del curado, mientras que las más alejadas son menos susceptibles a la pérdida de humedad.

La dureza superficial, la resistencia a la abrasión, resistencia a la descamación, permeabilidad y absorción superficial, resistencia a la tensión por flexión, agrietamiento superficial, la capacidad de deformación superficial, y otras propiedades similares de tipo superficial están fuertemente influenciadas por el curado.

El producto principal de la reacción del proceso de hidratación es el hidrosilicato de calcio, una sustancia con apariencia de gel responsable del fraguado, endurecimiento y propiedades de resistencia del concreto. La hidratación del cemento continúa a una velocidad menor mientras se mantenga húmedo y a temperaturas adecuadas. Si esto no sucede el proceso de hidratación se detiene cuando el agua de evaporación escapa de la pasta.

La hidratación es acompañada de la liberación de calor. Parte del calor generado escapa a través de la superficie de concreto y parte es retenido y esto eleva la temperatura del concreto. La excesiva elevación de la temperatura en el concreto puede reducir su resistencia final y producir esfuerzos que pueden provocar agrietamiento al bajar la temperatura.

IV.II.II Durabilidad

La durabilidad del concreto hidráulico se define como su capacidad para resistir la acción de la meteorización, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro.

Un concreto diseñado por durabilidad conservará su forma, calidad y serviciabilidad originales al estar expuesto al medio ambiente.

Son escasas las circunstancias bajo las cuales el concreto es atacado por agentes químicos secos. Para producir un ataque significativo sobre el concreto, los químicos agresivos deben estar en solución y presentes en altas concentraciones. Un concreto que está expuesto a soluciones agresivas a presión en uno de sus lados es más vulnerable que uno que no lo está, ya que la presión tiende a forzar la solución agresiva hacia el interior del concreto.

Para que un concreto que contiene elementos de acero tenga la vida útil deseada es necesario evitar las condiciones que provocan la corrosión del acero de las armaduras y de pretensado.

IV.II.III Relación a/c

La calidad de la pasta de cemento contribuye en mayor medida a la resistencia a compresión del concreto. Al determinar la relación agua/cemento, el material cementante se calcula como la masa combinada del cemento, la ceniza volante, escoria granulada, humo de sílice o puzolanas empleadas en la mezcla.

IV.II.IV Contenido de Aire

El aire es introducido al concreto durante el proceso de mezclado. Todo el concreto, no importando que tan bien esté consolidado, contiene algo de aire atrapado en forma de huecos esparcidos. El aire atrapado varía con el tamaño del agregado grueso. La cantidad de aire atrapado generalmente es del 1.5 a 2% por volumen del concreto con agregado de 3/4" (19mm). El volumen del aire atrapado se incrementará al disminuir el tamaño del agregado grueso, y disminuirá al aumentar el tamaño del agregado grueso.

Además del aire atrapado el concreto puede contener aire incluido introducido intencionalmente por el uso de aditivos inclusores de aire. El volumen del aire incluido permanecerá constante dentro de un rango de 1 a 3% sin importar el tamaño del agregado.

Capítulo V

Técnicas de evaluación petrográfica de agregados para concreto

Los agregados utilizados para la fabricación de concreto no solo deben cumplir con una evaluación petrográfica, deben ser evaluadas sus características físicas.

El análisis petrográfico de agregados incluye el análisis de una muestra representativa de un banco de agregados pétreos, la cual se analiza para determinar sus propiedades físicas, y composición mineralógica.

La prueba consiste en cribar los materiales, las fracciones retenidas deben ser analizadas por separado, determinando la abundancia de cada componente de la muestra.

De cada fracción retenida se deberán analizar al menos 300 partículas y contabilizar el número de partículas en base a los componentes identificados.

Durante el análisis se deberán examinar las partículas para determinar si presentan algún tipo de recubrimiento y determinar si estos recubrimientos pueden ser dañinos para el concreto y que tan adheridos se encuentran a las partículas.

Se deberá determinar si es necesaria una clasificación posterior por características físicas, si todas las partículas de un tipo de litología están en condición comparable deberá reportarse.

Las condiciones que pueden ser consideradas durante el análisis petrográfico son: Sanas, densas, intemperizadas, porosas etc. Se recomienda identificar un máximo de tres condiciones representativas.

Las principales características que deben tomarse en cuenta son forma, textura, tamaño de grano, estructura, poros, compactación, cementación, color, composición mineralógica, condiciones físicas generales, así como presencia de constituyentes que se sospecha pudieran ser perjudiciales para el concreto.

Al final deberá calcularse la composición del retenido de cada malla de una muestra heterogénea y el promedio en masa de la composición de toda la muestra.

Existen componentes que se considera pudieran tener reacción con el cemento debido a su naturaleza química, estos componentes se mencionan en la Tabla 1.

Sustancias reactivas *Álcali-Sílice*	
Andesita	Material volcánico vitrificado o criptocristalino
Argilita	Metagrauvas
Calcedonia	Ópalo
Chert	Pizarras opalinas
Chert calcedínico	Pizarras Silíceas
Caliza silíceas y dolomitas	Riolitas
Cristobalita	Vidrio Silíceo natural y sintético
Cuarcitas	Tridimita
Cuarzo deformado y otras formas de cuarzo	Grauvaca
Cuarzosas	Sustancias reactivas álcali-carbonato **
Dacita	Calizas dolomíticas
Esquisto	Dolomitas calcíticas
Filita	Dolomitas finamente granuladas
Gneis granítico	

* Varias rocas listadas (por ejemplo, granito, gneis y ciertas formaciones de cuarzo) reaccionan muy lentamente y tal vez no muestran evidencias de cualquier grado nocivo de reactividad hasta que el concreto tenga más de 20 años de edad.

** Sólo algunas fuentes de estos materiales han mostrado reactividad

Agregados reactivos

Capítulo VI

Daños asociados al concreto endurecido

Las condiciones que se explican a continuación son el resultado de problemas durante la dosificación, colocación o curado del concreto, y generalmente no afectan la integridad estructural del elemento, por lo regular estas manifestaciones se dan en la superficie del concreto.

VI.1 Agrietamiento

El agrietamiento inesperado del concreto es con frecuencia causa de quejas. Éste puede ser el resultado de un factor o combinación de factores tales como: contracción por secado, contracción térmica, restricción (externa o interna) al acortamiento asentamiento de la subrasante y cargas aplicadas. El agrietamiento se puede reducir significativamente cuando se toman en cuenta las causas y se realizan los pasos preventivos.

Las grietas que ocurren antes del endurecimiento generalmente son el resultado del asentamiento dentro de la masa del concreto, contracción de la superficie (grietas por contracción plástica) causadas por la pérdida rápida de agua cuando el concreto aún se encuentra en estado plástico.

Pueden desarrollarse grietas por asentamiento sobre los objetos ahogados, tales como acero de refuerzo, o que se encuentran adyacentes a los moldes o al concreto endurecido mientras el concreto se asienta o desciende. El agrietamiento por asentamiento resulta de una consolidación insuficiente (vibración), altos revenimientos (concreto excesivamente húmedo) o falta de una cubierta adecuada sobre los elementos ahogados.

Las grietas por contracción plástica son relativamente cortas, pueden ocurrir antes del acabado final en días con viento, baja humedad y alta temperatura. La humedad de la superficie se evapora más rápido de lo que puede reponerse, elevando el agua de sangrado y haciendo que la superficie se contraiga más que el concreto en el interior.

Cuando se presenta la contracción en la superficie, se desarrollan esfuerzos que exceden la resistencia a tensión del concreto, dando como resultado grietas en la superficie. Bajo ciertas combinaciones de condiciones, también puede resultar alabeo u ondulaciones de estos esfuerzos. Las grietas por contracción plástica son de longitudes variadas, espaciadas desde algunos cm hasta m una de otra, y con frecuencia penetran hasta la mitad de la profundidad de una losa.

Las grietas que ocurren después del endurecimiento usualmente son el resultado de contracción por secado, contracción térmica, o asentamiento de la subrasante. Cuando se está secando, el concreto endurecido se contraerá aproximadamente 1.6 mm en 3m de longitud. Para acomodar esta contracción, y controlar la localización de las grietas, las juntas se colocan a intervalos regulares.

El factor más importante que influye en las propiedades de contracción por secado del concreto es su contenido total de agua. A medida que se incrementa el contenido de agua, la cantidad de la contracción aumenta proporcionalmente. Los incrementos grandes en el contenido de arena y las reducciones significativas en el tamaño del agregado grueso acrecentan la contracción debido al aumento del agua total y a que los agregados gruesos de menor tamaño proporcionan menos restricción interna a la contracción.

La sobrecarga de las losas de concreto también provoca la formación de grietas por flexión y posiblemente fallas.

Agrietamiento al azar

Existen varias causas de las grietas que no parecen seguir ningún patrón:

- Contracción plástica
- Asentamiento desigual de la subrasante
- Sobrecargas severas
- Adherencia incompleta entre la capa de desgaste y la losa base en pisos de dos capas
- Ataque químico
- Restricciones a la contracción

Otras causas del llamado agrietamiento al azar con frecuencia pueden atribuirse a:

- Juntas muy apartadas una de otra
- Juntas ranuradas que no se han hecho con suficiente rapidez o profundidad.
- Ausencia de juntas de contracción en las esquinas re-entrantes.
- Juntas aislantes inadecuadas en los muros, columnas, zapatas

VI.II Baja resistencia al desgaste

La baja resistencia al desgaste se debe principalmente a un concreto de baja resistencia, particularmente en la superficie. Dichas resistencias son ocasionadas principalmente por demasiada agua en la mezcla, concreto con una relación a/c muy alta, un acabado con excesiva cantidad de agua, allanado y pulido prematuro que incorporan agua de sangrado a la superficie, curado deficiente, apertura de tránsito antes de que el concreto desarrolle la resistencia.

VI.III Baja resistencia a la compresión

Una baja resistencia a la compresión puede deberse principalmente a la adición de agua a la mezcla, un elevado contenido de aire, o algún error durante la producción de concreto.

VI.IV Superficies polvosas

El desarrollo de un material pulverizado en la superficie de concreto endurecido se conoce como generación de polvo. El allanado y el pulido del concreto con agua de sangrado en la superficie mezclan el exceso de agua otra vez dentro de la superficie, lo que reduce todavía más la resistencia al desgaste ocasionando la generación de una superficie polvosa.

VI.I.V Descascaramiento

El descascaramiento es la formación local de escamas en la superficie del concreto endurecido. La profundidad del descascaramiento generalmente es de 3mm, aunque a veces ocurre descascaramiento severo hasta una profundidad de 2cm, Existen dos causas principales del descascaramiento superficial de las losas de concreto.

Acabado de losas de concreto mientras hay agua de sangrado en la superficie, o acabado de losas antes de que se detenga el sagrado. Esta causa resulta la más común debido al acabado prematuro del concreto cuando hay agua de sangrado presente o cualquier otra agua sobre la superficie, sella la superficie del concreto y atrapa el agua justo por debajo de la superficie, creando un plano debilitado.

VI.I.VI Estallamientos

Son hoyos de formas sensiblemente cónicas, formadas en la superficie por la expulsión de un pequeño trozo de concreto por presión interna. Esta presión se genera por la expansión de un trozo de pedernal, caliza suave de grano fino, lutita, cal y dolomita calcinada, pirita o carbón.

En algunos materiales la expansión es causada por absorción de humedad, en otros se origina por un cambio químico.

Puesto que los desprendimientos usualmente no disminuyen de manera importante la integridad de las superficies del concreto, algunas veces son tolerados. No obstante dan mala apariencia.

En los pisos con tránsito de llantas duras, los desprendimientos degeneran en imperfecciones más grandes.

VI.I.VII Ampollas

La aparición de burbujas en la superficie de una losa de concreto durante las operaciones de acabado constituye una imperfección que puede dejar porciones de la superficie superior vulnerable a la delaminación una vez endurecido el concreto.

Aparecen cuando burbujas de aire atrapado ascienden a través del concreto plástico y quedan atrapadas debajo de la superficie hermética, ya cerrada. Este cierre temprano de la superficie ocurre frecuentemente cuando la parte superior de una losa se hace rígida, se seca o fragua más rápido que el concreto subyacente.

VI.I.VIII Despotrillamiento

A diferencia de las ampollas y los estallamientos el despotrillamiento es una imperfección superficial más profunda, que muchas veces se extiende hasta las capas superiores del acero de refuerzo. El despotrillamiento es producido por presión o expansión dentro del concreto o falta de adherencia.

Además de la apariencia el despotrillamiento puede deteriorar la resistencia y la calidad de servicio de un piso, las causas de este problema son principalmente, espesor insuficiente del recubrimiento del refuerzo, concreto de calidad inferior para el recubrimiento que no es adecuado para hacer frente a la corrosión, trabajo excesivo de acabado del concreto muy húmedo, sangrado excesivo, curado inadecuado, agrietamiento que permite el paso de soluciones que corroen el acero.

VI.I.IX Decoloración

La decoloración en la superficie puede aparecer como cambios de color, manchas o motas de color. Los factores que influyen en la decoloración son los aditivos de cloruro de calcio, los álcalis del concreto, las superficies excesivamente trabajadas, curado inadecuado, variaciones en la relación a/c, esta característica es meramente un problema de apariencia.

VI.I.X Alabeo

Un concreto nuevo se seca, se contrae y se acorta en todas direcciones. La cantidad de la contracción depende de muchos factores, pero la mayoría de los concretos se contraen aproximadamente 500 millonésimas de una pulgada por pulgada (200 millonésimas de centímetros por centímetro). Esa cantidad es aproximadamente 1/8 de pulgada en 20 pies (3mm en 6m). La contracción es causada por el secado del concreto. Las superficies expuestas se secan más rápidamente que el resto del concreto. Ocurre acortamiento adicional cuando el concreto se enfría.

En el caso de losas de concreto sobre la rasante, la superficie de arriba se seca y se contrae mucho más rápidamente que la superficie de abajo, la parte superior se contrae más que en la parte de abajo. Debido a que permanecen en contacto con los extremos siguientes la losa tiende a ondularse o a formar un plato. Esta acción de ondulamiento tiende a levantar los bordes de la losa creando esfuerzos de tensión en la parte superior a la losa. A medida que los extremos se curvan hacia arriba, la carga en la sobrasante se incrementa en el centro del panel de la losa y se asienta hacia la subrasante. El concreto de esta manera no puede soportar los altos esfuerzos de tensión, de modo que tiende a agrietarse.

El grado de contracción depende de muchos factores, el más importante es la cantidad de agua en una mezcla de concreto.

VI.I.XI Carbonatación

En términos de durabilidad para evitar la corrosión del acero en estructuras es necesario tener un alto valor de pH para mantener pasivo el acero, la carbonatación en concreto provoca una reducción del pH del agua del poro.

VI.I.XII Reactividad

La reactividad álcali-agregado es un tipo de deterioro que ocurre cuando los constituyentes minerales activos de algunos agregados reaccionan con los hidróxidos de los álcalis en el concreto. La reactividad es potencialmente peligrosa sólo cuando produce expansión considerable. La reactividad álcali-agregado ocurre de dos formas: reacción álcali-sílice (RAS) y reacción álcali-carbonato (RAC).

La reacción álcali-sílice es más preocupante que la reacción álcali-carbonato pues es más común la ocurrencia de agregados conteniendo minerales de sílice.

Las manifestaciones de la presencia de reactividad álcali-agregado son red de agrietamiento, juntas cerradas o dislocación de diferentes partes de la estructura

VI.I.XIV Daños en concreto por exposición a condiciones extremas

En el ataque químico el concreto puede dañarse cuando está expuesto a agua subterránea agresiva, lluvia ácida, o condensación, agua salobre, rociado de sal, agua de alcantarillado, ácidos o caústicos. Los efectos incluyen manchado, erosión, deterioro de los productos de hidratación, agrietamiento y laminado. Los químicos pueden también atacar el acero de refuerzo.

Los sulfatos de sodio, potasio, y magnesio presentes en los suelos alcalinos y agua pueden causar expansión del concreto, reaccionando con los productos de hidratación en la pasta de cemento. Los sulfatos de sodio o potasio atacan el hidróxido de calcio y forman yeso, el cual reacciona con el aluminato de calcio hidratado para formar ettringita. Sin embargo el yeso tiene una solubilidad limitada, y la tasa de ataque es relativamente baja. Los sulfatos de magnesio pueden causar un deterioro más severo. Además de reaccionar con el hidróxido de calcio y aluminatos de calcio hidratados, el sulfato de magnesio también atacará y descompondrá los silicatos de calcio.

La cristalización de sal y thaumasita también es una forma de ataque por sulfatos. La formación de thaumasita eventualmente provoca un ablandamiento dentro de la matriz de cemento

VI.I.XV Eflorescencia

Depósito de sales, usualmente blanco, que se forma en la superficie, cuando la sustancia en solución emerge del interior del concreto o mampostería y seguidamente se precipita por reacción. A pesar de que la eflorescencia no daña la integridad de concreto, afecta la calidad estética del producto y es un problema que le resulta caro a la industria del concreto.

Son varias las sustancias que pueden causar eflorescencias aunque todas tienen en común que se trata de compuestos solubles como sulfatos, carbonatos, silicatos, cloruro, nitratos y otros que se desplazan a las superficies y se depositan en ella, incentivados por un gradiente de humedad.

El exceso de impurezas en el agua de mezcla no sólo puede afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también puede causar eflorescencias, manchado, corrosión del refuerzo, inestabilidad del volumen y reducción de la durabilidad.

Para que la eflorescencia ocurra, se requiere de la ocurrencia de las siguientes tres:

- Deben haber sales solubles disponibles
- Debe haber una fuente de agua que está en contacto con estas sales, que forman una solución salobre
- Debe haber una ruta para que la solución salitrosa se transporte a la superficie, donde se evapora y deja un depósito de sal. La minimización de la eflorescencia debe encarar una o más de estas condiciones.

Capítulo VII

Técnicas de evaluación petrográfica en concreto endurecido

Las muestras de los especímenes de concreto pueden ser obtenidas mediante una extracción de corazón en sitio o un espécimen de laboratorio. El objetivo del estudio petrográfico debe ser definido antes de empezar el análisis.

Las técnicas y procedimientos empleados en el examen de una muestra dependen de la finalidad del estudio y de la naturaleza de la muestra.

Los procedimientos deben ser elegidos de manera acertada y lo más económicamente viable permitiendo así recopilar la mayor cantidad posible de información para determinar las posibles causas del deterioro.

Se inicia con una revisión de la información proporcionada de la muestra, como son ensayos previos, diseño, tipo de agregado, año de construcción, daños asociados a la muestra etc, y se identifican las características presentes en la muestra que puedan estar asociadas al problema. A partir de esta primera inspección visual se delimitará el análisis de la muestra.

Materiales

- Microscopio estereoscópico
- Microscopio petrográfico
- Aguja de disección (navaja)
- Frasco con gotero
- Cámara fotográfica
- Ácido clorhídrico al 10%

VII.1 Información de las muestras obtenidas en obra

Las muestras deberán estar acompañadas en medida de lo posible de la siguiente información:

- Identificación legible
- Ubicación y la orientación original de cada uno de los especímenes (croquis o fotografías)
- Las proporciones de la mezcla de concreto

- Fuentes de los materiales
- Resultados de análisis previos realizados al concreto
- Colocación y métodos de curado
- Edad de la estructura
- Condiciones de funcionamiento y tiempo de exposición.
- La razón y los objetivos del examen
- Los síntomas que se cree que indican la falla o deterioro del concreto
- Resultados de pruebas de campo realizadas previamente

En los casos donde el concreto este muy deteriorado y fragmentado, se deberá indicar su ubicación original de manera clara a través de un croquis o fotografía, incluyendo e identificando de manera correcta todos los fragmentos de la muestra. El tamaño del espécimen extraído deberá ser 3 veces el tamaño máximo de agregado.

VII.II Descripción visual del concreto

Los procedimientos a utilizar deben ser elegidos después de formularse las preguntas que el examen está destinado a responder para así poder determinar la técnica más efectiva o la que proporcionará mayores datos para determinar la naturaleza del problema.

Se deberán cortar los especímenes en sección para poder ser analizados bajo el campo del microscopio, el corte se realiza de manera vertical a lo largo de todo el espécimen, en caso de presentar fisuras el corte se debe realizar de manera perpendicular a estas y de manera vertical a lo largo de la muestra

Se recomienda iniciar con una revisión de la información proporcionada de la muestra, para posteriormente analizar el concreto a nivel macroscópico describiendo las características generales del espécimen, puntualizando las zonas que será necesario analizar en el microscopio estereoscópico como segundo paso.

Se deberán identificar las características que se mencionan en la Tabla 1, con el apoyo del microscopio estereoscópico.

En algunos casos con la información obtenida de la examinación visual y el microscopio estereoscópico puede ser emitido el informe final. En caso contrario durante esta examinación se identificarán las características que se requieren complementar determinando así los métodos que nos servirán para determinar las posibles causas del deterioro.

Nota: Es importante mantener un registro fotográfico como ilustraciones para el informe y para referencias futuras. Las fotografías que pueden ser útiles incluyen:

Los especímenes de concreto en la condición recibida. A veces es útil humedecer las muestras para aumentar el contraste.

El corte realizado al concreto para iniciar el análisis debe estar orientado con relación a las características significativas del concreto, al tomar las fotografías estas características deben ser visibles.

En caso de que se realice un estudio más detallado será necesario incluir fotografías con escala y en algunos casos resaltar lo que se quiere dar a conocer.

Descripción visual del concreto

En el caso de los agregados, se deberá identificar el tamaño máximo del agregado que se puede observar en el núcleo analizado, la forma y redondez de los mismos, litología de los agregados observados, identificando a su vez la calidad física o algún tipo de contaminación o alteración de los mismos.

Se deberá reconocer el acomodo de los agregados, mencionando su distribución y orientación.

La pasta deberá ser analizada de manera detallada para identificar cambios de color, motas y carbonatación. Con ayuda del microscopio petrográfico y la fluorescencia se puede indicar una aproximación de la relación a/c de la pasta.

Tabla 1. Descripción visual de la muestra de concreto				
<u>Agregado Grueso</u>	<u>Agregado Fino</u>	<u>Matriz</u>	<u>Aire</u>	<u>Acero de refuerzo</u>
Dimensiones (in, mm)	Tipo de fragmentación • Triturada • De río • Mixta • Otro	Color	Contenido de aire % Forma, tamaño, ubicación	Tipo, tamaño, localización, tipo de metal, otros .
Tipo de fragmentación • Triturada • De río • Mixta • Otro	Litología Identificar el % de cada componente		Condición de los poros: Poros rellenos, vacíos, orientación, distribución, rodeando agregado, en la pasta.	Superficies corroídas, asociadas con grietas.
Litología Identificar el % de cada componente	Fabrica Distribución Forma de las partículas Orientación			
Acomodo • Forma • Distribución • Empaquetamiento • Distribución • Forma de las partículas • Orientación	Estado general <i>Golpe de martillo</i> <i>Se puede romper con los dedos.</i>		Ubicación de las grietas : <i>Rodeando el agregado</i> <i>Atravesando el agregado</i> <i>Relleno de grietas</i> <i>Depósitos superficiales.</i>	

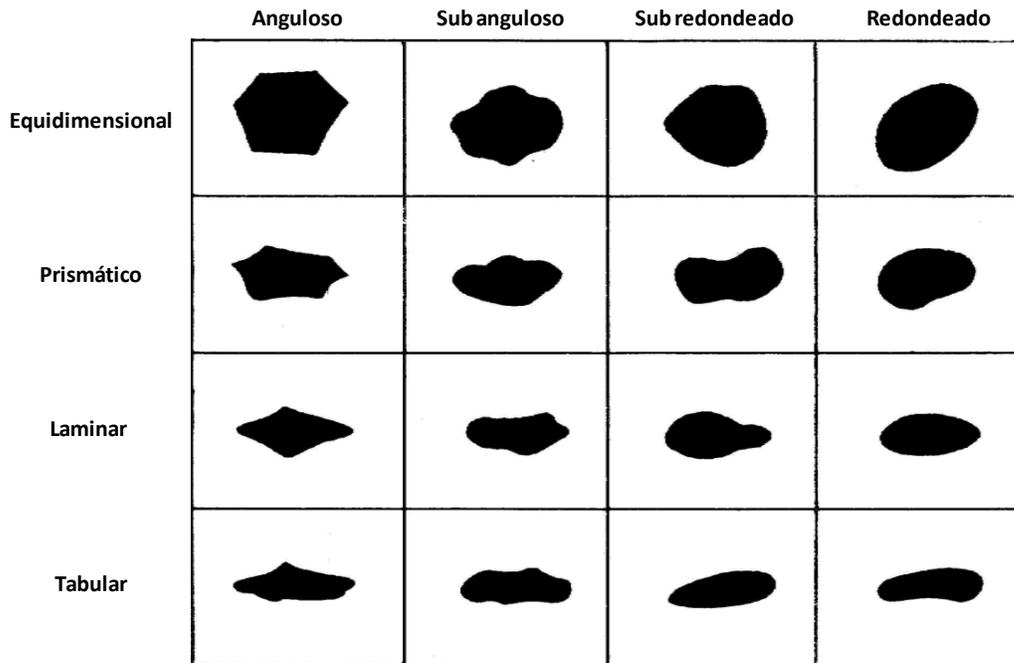


Diagrama 2. Muestra la forma y esfericidad de los agregados.

Es importante además identificar el total de poros que se observan en el corte de acuerdo al volumen de la pasta, su distribución y acomodo, así como analizar si existe relleno dentro de ellos y de qué tipo.

Algunos de los componentes que pueden aparecer relleno los poros son la portlandita y la ettringita.

La portlandita, que puede indicar que el concreto ha sufrido una lixiviación de la pasta por una solución ácida, esta solución puede disolver la portlandita, depositando y precipitando la solución en los poros.

La ettringita, que aparece cuando el concreto ha estado sometido a un ambiente húmedo o a sulfatos, esta se forma primero en la pasta y posteriormente es lixiviada por un fluido con altos sulfatos y precipitada en los poros, fracturas, es probable encontrarlo en la superficie del concreto por la alteración de este con la lluvia ácida.

Los poros producidos por una relación a/c demasiado elevada suelen presentarse de formas irregulares, mientras que los poros producidos por el aire incluido (a causa de aditivos) son esféricos, inferiores a 1mm y distribuidos homogéneamente dentro de la pasta.

Tabla 2. Examinación con microscopio estereoscópico

<u>Agregado Grueso</u>	<u>Agregado Fino</u>	<u>Matriz</u>	<u>Aire</u>
Tipos litológicos y mineralogía perceptible	Tipos litológicos y mineralogía perceptible	Color	Clasificación
Textura de la superficie	Forma	Fractura rodeando o atravesando los agregados:	Proporcionales esféricas, no esféricas elipsoidales, irregulares, en forma de disco.
La forma del grano El tamaño del grano rango extremo observado, mm	Textura superficial	Contacto de la matriz con los agregados	Cambio de color de la superficie a la matriz.
Sin texturas (demasiado fino para resolver) Uniforme o variable dentro del espécimen.	Clasificación	Cerrada, ninguna abertura visible, el agregado se desprende con los dedos, fracturas frecuentes, ocasionales o aisladas.	Brillo interior y de la superficie como del resto de la matriz, sin brillo, brilla.
De una pieza a otra, intergranular	Distribución	Tamaño de la fractura Se encuentra vacía Se encuentra rellena	Revestimientos en huecos ausente, raro, común, en la mayoría, completa, parcial, sin color, color, mechones sedosos, tabletas hexagonales, gel
Porosidad, absorción		Grietas presentes, ausentes, o resultado de la preparación del espécimen.	
Si el concreto presenta fracturas, si cortan el agregado, en que forma		Contaminación	
Aire rodeando los agregados, revisar ubicación		Sangrado	
Segregación			

V.I.XVII Consecuencias de la vibración inapropiada

El apanalamiento este efecto ocurre cuando el mortero no llena el espacio entre las partículas de agregado grueso. La presencia de segregación indica que la primera etapa de la compactación no se completó. Por lo general la segregación es consecuencia del empleo de vibradores inadecuados y defectuosos, o bien de procedimientos incorrectos de vibrado.

El apanalamiento debe mantenerse a un mínimo, ya que ello reduce la resistencia del concreto y las reparaciones afectan la apariencia de la superficie.

La cantidad de aire atrapado que queda en el concreto después del vibrado, pero también se ve afectada por las propiedades de la mezcla de concreto, por la colocación, así como otros factores.

El exceso de vibrado puede dar como resultado: segregación, vetas de arena o pérdida de aire atrapado en concreto con aire incluido.

Capítulo VIII

Conclusiones

La petrografía de concreto sirve como apoyo en la evaluación de una estructura de concreto que presenta algún tipo de falla o no cumple con las expectativas iniciales, y debe estar enfocada a revisar las características de la muestra, estableciendo así el deterioro y/o afectación a largo plazo que podría presentar el elemento.

Este estudio se basa en su mayoría en observaciones cualitativas, lo que hace que no exista un procedimiento definido para la ejecución de un análisis petrográfico de concreto, ya que este depende del juicio y conocimiento del petrógrafo.

La extracción de la muestra es uno de los puntos más importantes ya que de ahí será obtenida la información, que servirá para dar un dictamen de las condiciones en las que se encuentra la estructura. Lo más recomendable en estos casos es seleccionar una muestra representativa para conseguir así la mayor cantidad de información posible.

Las muestras a ensayar deberán estar lo más sanas posibles y no haber sido ensayadas ya que esto provocaría emitir conclusiones erróneas del problema.

Será indispensable contar con la mayor información posible respecto al estado de la estructura, tiempo de servicio, objetivo del análisis así como observaciones en campo, que puedan ser de utilidad, esto permitirá la elaboración de un informe más completo.

Es de suma importancia tener claro el objetivo de estudio antes de iniciar, lo que ayudará dictaminar de manera acertada las posibles causas del deterioro de una estructura.

Al final la información recopilada durante el estudio servirá para emitir conclusiones respecto al estado de la estructura y determinar si es necesario realizar otro tipo de análisis para deslindar responsabilidades o emitir una conclusión más acertada.

Anexo I. Fotografías y terminología



Figura 1. Agrietamiento por un esfuerzo excesivo en el elemento

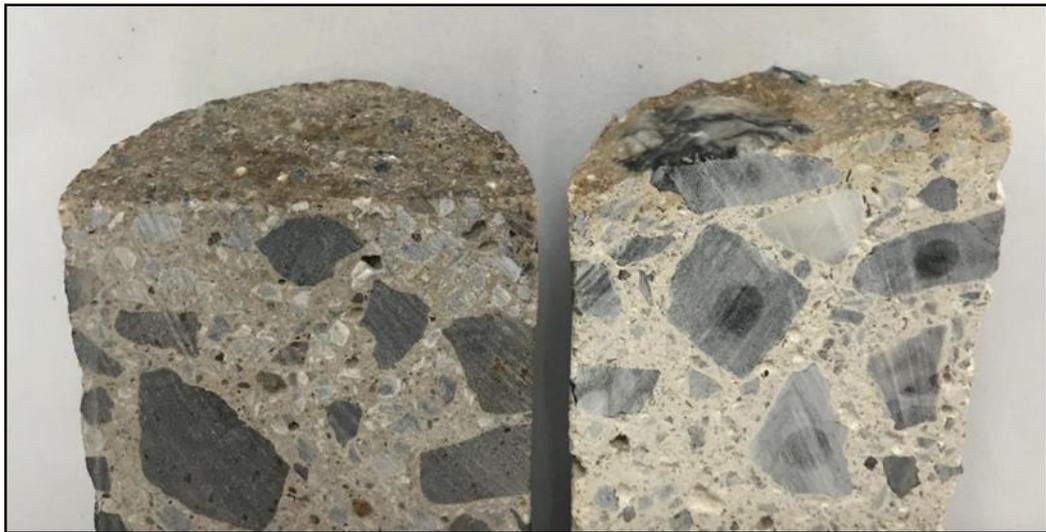


Figura 2. Desgaste prematuro, diseño inadecuado para las condiciones de exposición



Figura 3. Agrietamiento superficial provocado por una pérdida acelerada de humedad



Figura 4. Falta de adherencia de los agregados y la pasta.



Figura 5. Alto contenido de aire

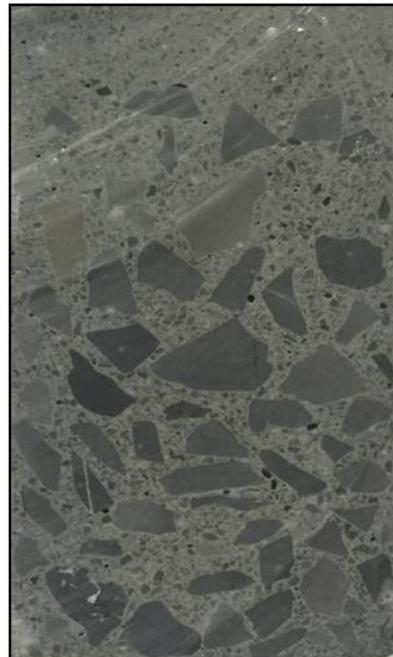


Figura 6. Segregación del agregado grueso en la superficie.



Figura 7. Delaminación



Figura 8. Partículas de mala calidad física, y estallamientos superficiales

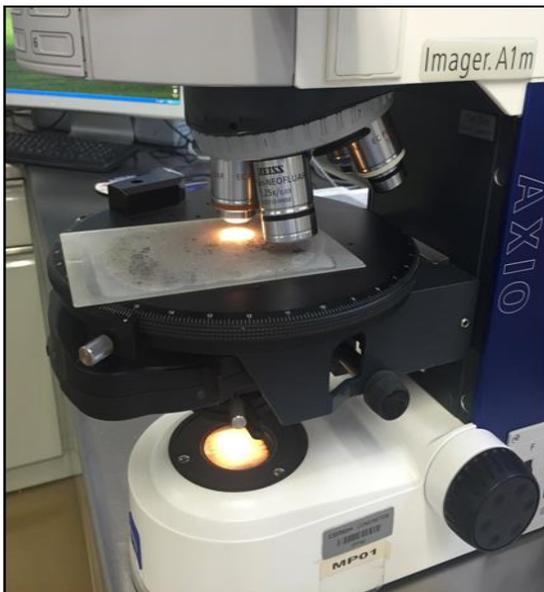


Figura 9. Microscopio petrográfico

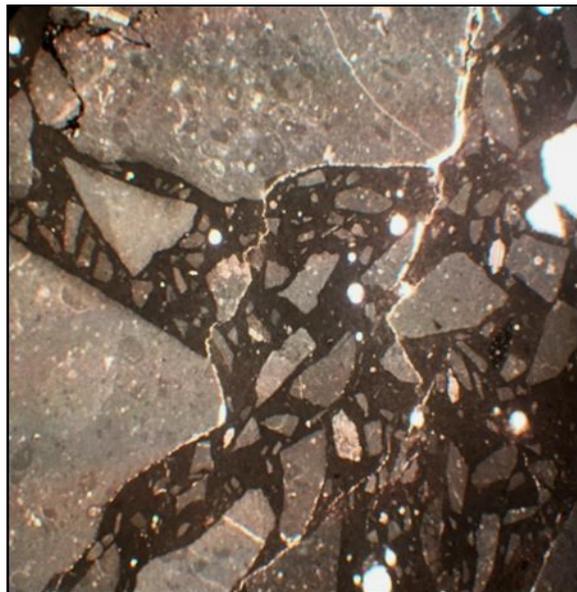


Figura 10. Micro agrietamiento provocado por un alto calor de hidratación. Microscopio estereoscópico LPNA 2,5X



Figura 11. Muestra de agregado caliza vista con el microscopio estereoscópico.



Figura 12. Fotomicrografía de mármol. Microscopio estereoscópico 0.65x

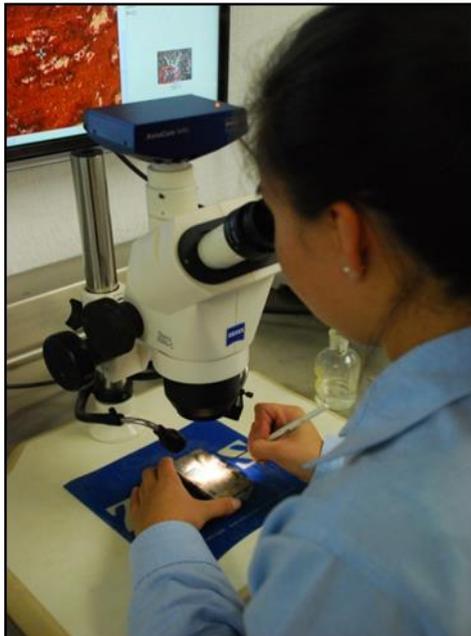


Figura 13. Microscopio estereoscópico



Figura 14. Microscopio estereoscópico



a)



b)

Figura 15. Muestra los agregados considerados de mala calidad, por sus características y composición química.

a) Filita b) Rolita



Figura 16. Microscopio petrográfico. Fluorescencia

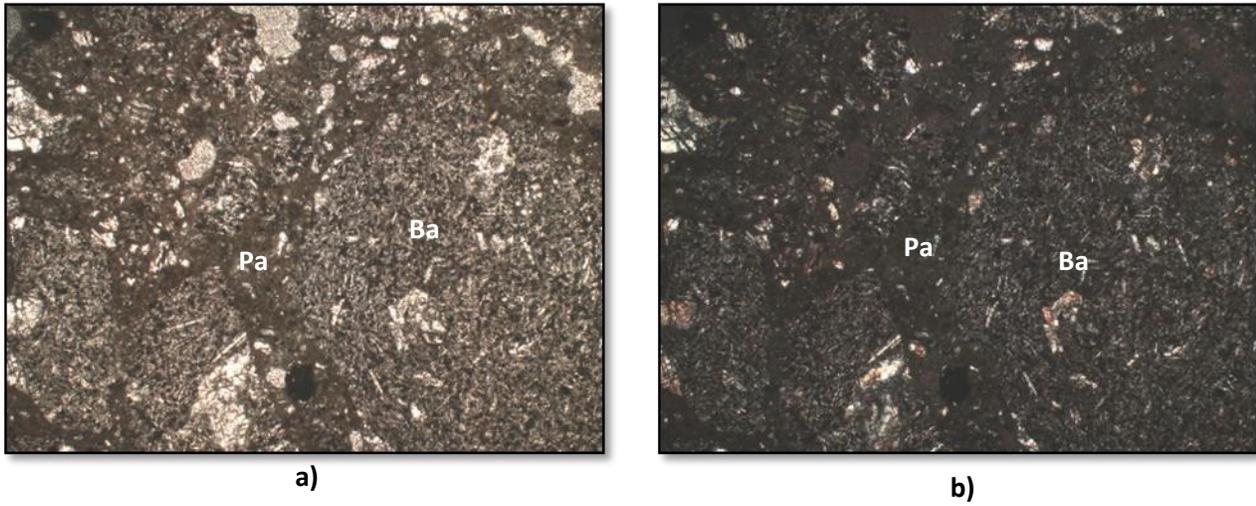


Figura 17. Fotomicrografía de un concreto, se aprecian los agregados finos de basalto (Ba), unidos por pasta (Pa). Microscopio petrográfico 2,5x a) LPNA b) LPA



Figura 18. Fotomicrografía de un concreto, se aprecian los agregados finos de basalto (Ba), unidos por pasta (Pa) con una relación agua/cemento = 0,48. Microscopio petrográfico 2,5x Fluorescencia

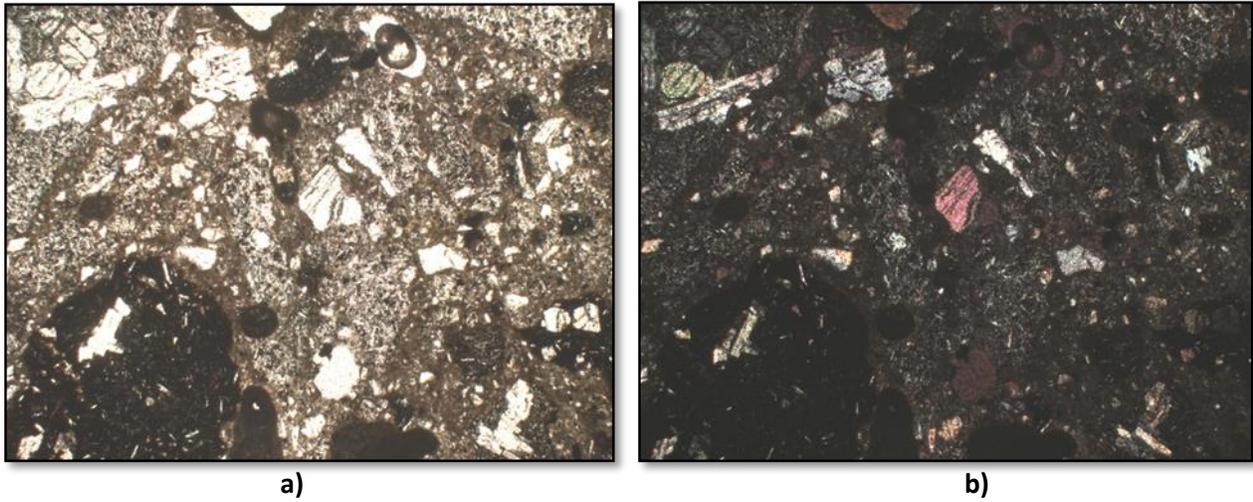


Figura 19. Fotomicrografía de un concreto relación agua/cemento = 0,65, se aprecian los agregados finos de basalto (Ba), unidos por pasta (Pa). Microscopio petrográfico 2,5x a) LPNA b) LPA

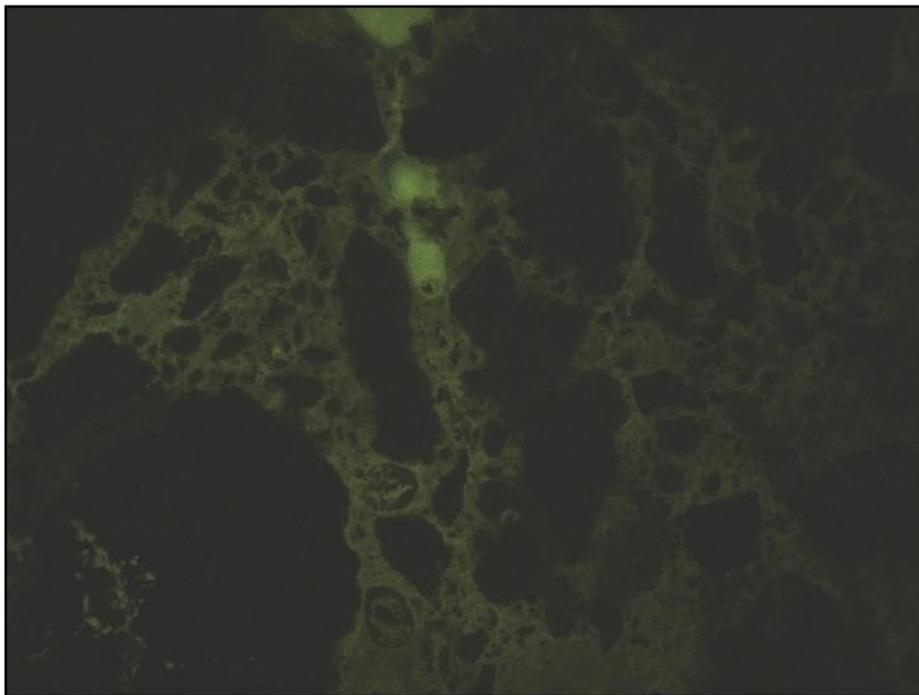


Figura 20. Fotomicrografía de un concreto con una relación agua/cemento = 0,65. Microscopio petrográfico 2,5x fluorescencia

Terminología

Absorción. Aumento de la masa de un cuerpo sólido poroso que resulta de la penetración de un líquido en sus poros permeables.

Acreditación. Del organismo de inspección, un proceso por el cual una autoridad de evaluación certifica que una agencia de pruebas ha demostrado la capacidad para realizar tareas específicas de acuerdo con un estándar.

Mezcla. Compuesto de agua, agregados, material de cemento hidráulico, adiciones y aditivos.

Aditivo acelerante, Aditivo que acelera la creación y el desarrollo de resistencia inicial del concreto.

Aditivo incorporador de aire. Mezcla que hace que el desarrollo de un sistema de burbujas de aire microscópicas en hormigón o mortero durante la mezcla.

Aditivo químico, en una mezcla no puzolánica en forma de un líquido, suspensión, o sólido soluble en agua.

Adición mineral, término en desuso.

Aditivo retardante, Mezcla que retarda el fraguado del concreto.

Aditivo reductor de agua. Aditivo que o bien aumenta la caída de mortero o del concreto recién mezclado sin aumentar el contenido de agua o que mantiene la depresión con una cantidad reducida de agua debido a factores distintos del arrastre de aire.

Aditivo reductor de agua de alto rango. Un aditivo reductor de agua capaz de producir la reducción de al menos el 12% del contenido de agua cuando se prueba de acuerdo con la especificación y se cumplan los demás requisitos pertinentes de la especificación.

Agregado. Material granular, tal como arena, grava, piedra triturada, o hierro escoria de alto horno, se utiliza con un medio de cementación para formar concreto o mortero.

Agregado grueso. Agregados retenidos principalmente en la de 4.75 mm (No. 4) maya; o (2) la porción de un agregado retenido en el de 4.75 mm (No. 4) maya.

Agregado de peso pesado. Ver agregado de alta densidad.

Agregado de alta densidad. Agregado con densidad relativa mayor que 3,3, tales como: barita, magnetita, limonita, ilmenita, hierro, o acero.

Agregado ligero. Ver agregado de baja densidad.

Agregado de baja densidad. Agregado con la densidad aparente inferior a 1120 kg/m³ [70 lb/ft³], tales como: piedra pómez, escoria, cenizas volcánicas, toba, diatomita; ampliado o arcilla sinterizada, esquisto, pizarra, pizarra de diatomeas, perlita, vermiculita, o escoria; y los productos finales de la combustión de carbón o coque.

Agregado de densidad normal. Agregado que no es ni alta ni baja densidad.

Agregado de peso normal. Ver agregado de densidad normal.

Contenido de aire. El volumen de huecos de aire en la pasta de cemento, mortero, o concreto, exclusivos de espacio de los poros en las partículas de agregado, por lo general expresadas como un porcentaje del volumen total de la pasta, mortero, o concreto. (R 2008)

Refrigerado por aire de alto horno de escoria. Ver escoria de alto horno, se enfría el aire.

Aire vacío vacío, aire.

Autoridad. La evaluación, una entidad independiente, aparte de la agencia de evaluación que se está evaluando, que tiene la capacidad de proporcionar una evaluación imparcial de las actividades técnicas de los organismos concretos y pruebas de los agregados del concreto. (2011)

Escoria de alto horno. El producto no metálico, que consiste esencialmente de silicatos y aluminosilicatos de calcio y otras bases, que se desarrolla en un estado fundido simultáneamente con hierro en un alto horno. (R 2008)

Escoria de alto horno, refrigerado por aire. El material resultante de la solidificación del fundido escoria de alto horno en condiciones atmosféricas; posterior enfriamiento se puede acelerar mediante la aplicación de agua a la superficie solidificada.

Escoria de alto horno, expandido. El material celular de baja densidad obtenido por el procesamiento controlado de fundido de la escoria de alto horno con agua o agua y otros agentes, tales como vapor de agua o aire comprimido o ambos.

Escoria de alto horno granulada. El material vítreo, granular formado cuando fundido escoria de alto horno se enfría rápidamente, como por inmersión en agua.

Sangrado, en el flujo de autógena de la mezcla de agua dentro, o su salida de, concreto o mortero recién colocado provocada por el asentamiento de los materiales sólidos dentro de la masa, también llamado ganancia de agua.

Densidad aparente. De agregado, la masa de una unidad de volumen de material de agregado grueso (el volumen de la unidad incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de los huecos entre las partículas).

Gravedad específica mayor. La relación de la masa de un volumen de un material (incluyendo los huecos permeables e impermeables en el material, pero excluyendo los vacíos entre las partículas del material) a una temperatura indicado a la masa de un volumen igual de agua destilada a una temperatura indicada.

Gravedad específica mayor (superficie seca saturada). La relación de la masa de un volumen de un material que incluye la masa de agua dentro de los poros en el material (pero excluyendo los vacíos entre las partículas) a una temperatura indicada, a la masa de un volumen igual de agua destilada a una temperatura indicada.

Calibración. Instrumento de medida, un proceso que, en las condiciones y según un procedimiento estándar especificadas, establece la trazabilidad metrológica al determinar: (1) la relación entre los valores de cantidades proporcionadas por los estándares de medición o materiales de referencia certificados y las indicaciones correspondientes de un instrumento de medición o sistema; y (2) la incertidumbre estimada de las mediciones realizadas posteriormente con el instrumento o sistema.

Cemento, hidráulico. Un cemento que fragua y se endurece por reacción química con el agua y es capaz de hacerlo bajo el agua.

Cemento, escoria. Escoria granulada de alto horno que se ha molido a cimentar finura, con o sin adiciones, y que es un cemento hidráulico.

Material de cemento (hidráulica). Un material inorgánico o una mezcla de materiales inorgánicos que establece y desarrolla la fuerza por reacción química con el agua mediante la formación de hidratos y es capaz de hacerlo bajo el agua.

Certificación. Del técnico, un proceso por el cual un examinador determina y certifica por escrito que una persona ha cumplido con los criterios establecidos y está calificado para ejecutar los métodos y procedimientos de prueba específicos.

Compuesto, de curado. Un líquido que, cuando se aplica a la superficie del concreto recién colocado, forma una membrana que impide la evaporación del agua y, en el caso de compuestos pigmentos blancos, refleja el calor.

Concreto. Un material compuesto que consiste esencialmente de un medio de unión dentro de la cual se incrusta partículas o fragmentos de agregado; en el hormigón de cemento hidráulico, el aglutinante se forma a partir de una mezcla de cemento hidráulico y agua.

Concreto celular. Un concreto de cemento hidráulico ligero que tiene una homogénea nula o estructura celular alcanza utilizando productos químicos que producen gases o agentes espumantes.

Concreto, fresco. Concreto que posee suficiente de su facilidad de trabajo original, de modo que se puede colocar y consolidada por los métodos destinados.

Concreto endurecido. Concreto que ha desarrollado la suficiente fuerza para servir a algún propósito definido o resistir una carga exigido sin fallo.

Concreto, compactado con rodillo, CCR, Concreto compactado mientras fresco por un rodillo, a menudo un rodillo vibratorio.

Concreto, autocompactante. Concreto que puede fluir alrededor del refuerzo y consolidar bajo su propio peso sin esfuerzo adicional y sin exceder los límites especificados de segregación.

Consistencia. La consistencia de una mezcla de cemento fresco, la movilidad relativa o la capacidad para fluir.

Consolidación. De mezclas de cemento, el proceso de aumento de la densidad de una mezcla de cemento fresco en una forma, molde, o contenedor mediante la reducción del volumen de huecos.

Curado. Acción destinada a mantener las condiciones de humedad y temperatura en una mezcla de cemento colocado recién para permitir la hidratación del cemento hidráulico y (si es necesario) que producen reacciones puzolánicas modo que las propiedades potenciales de la mezcla se puede desarrollar.

Densidad. Masa por unidad de volumen (preferible al peso unitario término en desuso).

Pieza alargada (de agregado). Una partícula de agregado para el cual la relación de la longitud a la anchura de su circunscribe prisma rectangular es mayor que un valor especificado (véase también la pieza plana (de agregado)).

Fibras. Filamentos delgados, que pueden ser discretos o en forma de haces, redes, o hebras de materiales naturales o fabricados, que se pueden distribuir de manera uniforme en una mezcla de cemento fresco.

Módulo de finura, de agregado, un factor obtenido mediante la adición de los porcentajes de material en la muestra que es más grueso que cada uno de los siguientes tamices (porcentajes acumulativos retenidos), y dividiendo la suma por 100: 150 mm (No. 100) , 300 mm (No. 50), 600 mm (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2,36 mm (No. 8), 4,75 mm (No. 4), de 9,5 mm (3/8-pulg.), 19.0 mm (3/4-in.), 37.5 mm (1 1/2-in.), de 75 mm (3 in.), 150 mm (6 pulg.).

Cenizas volantes. El residuo finamente dividido que resulta de la combustión de la planta o el carbón en polvo y que es transportado por los gases de combustión procedentes de la zona de combustión para el sistema de eliminación de partículas.

Grava. Agregado grueso resultante de la desintegración natural y abrasión de roca o el procesamiento del conglomerado débilmente unido. (ver agregado)

Lechada. Una mezcla de material de cemento y agua, con o sin agregado o aditivos, que se utiliza principalmente para rellenar huecos.

Endurecimiento. Ganancia de fuerza, y otras propiedades, de una mezcla de cemento como resultado de la hidratación.

Lechada de cemento. Una capa de material débil derivado de materiales de cemento y agregado fino llevadas a la superficie de una mezcla de cemento por el sangrado.

Agua saturada de cal. Para el curado de las muestras de ensayo, agua que contiene hidróxido de calcio a nivel de saturación y en contacto con hidróxido de calcio sólido de modo que se mantiene la saturación.

Material de referencia certificado. Un material, acompañados de un certificado, una o más de los valores cuya propiedad están certificados por un procedimiento que establece la trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la que los valores de propiedades se expresan, y para el cual cada propiedad certificada valor se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza.

El material, referencia de consenso. Un material cuyas propiedades se basan en los valores medios obtenidos en un estudio entre laboratorios o programa de pruebas de competencia que implica el uso de sistemas de medición estandarizados.

Material de referencia. Materiales, suficientemente homogéneo y estable con respecto a los bienes especificados, lo cual se ha establecido que es idóneo para el uso previsto en la medición o en el examen de las propiedades nominales.

La madurez. En la medida de la evolución de una propiedad de una mezcla de cemento.

Función de madurez. Una expresión matemática que utiliza la historia de la temperatura medido de una mezcla de cemento durante el período de curado para calcular un índice que es indicativa de la madurez al final de ese período.

Índice de madurez. Un indicador de madurez que se calcula a partir de la historia de la temperatura de la mezcla de cemento mediante el uso de una función de la madurez.

Tamaño máximo (de agregado). En especificaciones para, o descripción de los agregados, la abertura del tamiz más pequeño a través del cual se requiere toda la cantidad de agregado a pasar.

Cuarto húmedo. Una habitación cerrada para el almacenaje y el curado de pasta, mortero, y especímenes de concreto en el que la temperatura y la humedad relativa alta puede ser controlada dentro de límites especificados.

Tamaño máximo nominal (de agregado). En especificaciones para, o descripción de los agregados, la abertura del tamiz más pequeño a través del cual se permite la cantidad total del agregado a pasar.

Puzolana. Un material silíceo o silíceo y aluminoso que en sí mismo posee poco o ningún valor cementoso sino que, en forma finamente dividida y en presencia de humedad, reaccionan químicamente con hidróxido cálcico a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades cementosas.

Densidad relativa. Ver la gravedad específica

Envarillando. Consolidación de una mezcla de cemento fresco por la inserción repetida de una varilla.

Concreto compactado con rodillo, CCR-Ver concreto se compactan con cilindros.

Segregación. La separación involuntaria de los componentes del concreto o partículas de un agregado, causando una falta de uniformidad en su distribución.

Ajuste. El proceso, debido a las reacciones químicas, que ocurre después de la adición de agua de mezcla, que resulta en un desarrollo gradual de la rigidez de una mezcla cementosa.

Material de humo de sílice. Material muy fino puzolánico, compuesto en su mayoría de la sílice amorfa producida por los hornos de arco eléctrico como un subproducto de la producción de

silicio elemental o aleaciones ferro-silicio (también conocido como humo de sílice condensada y microsílíce).

Escoria de cemento-Ver cemento, escoria.

Flujo de asentamiento. El diámetro medio de la masa de hormigón propagación, obtenido a partir de dos mediciones perpendiculares entre sí, después de un concreto autocompactante ha dejado de fluir durante una prueba de caída de flujo.

Gravedad específica. La relación de la masa de un volumen de un material a una temperatura indicado a la masa del mismo volumen de agua destilada a una temperatura indicada.

Piedra triturada. El producto resultante de la trituración artificial de rocas, cantos rodados, o grandes empedrado, sustancialmente todos los rostros de los que han resultado de la operación de trituración.

Tiempo de fraguado. El tiempo transcurrido desde la adición de la mezcla de agua a una mezcla de cemento hasta que la mezcla alcanza un grado específico de rigidez tal como se mide por un procedimiento específico.

Tiempo de fraguado final (de concreto). El tiempo transcurrido, después del contacto inicial de cemento y agua, necesaria para el mortero tamizado de lo concreto a alcanzar una resistencia a la penetración de 4000 psi [27,6 MPa].

Tiempo de fraguado inicial (de concreto). El tiempo transcurrido, después del contacto inicial de cemento y agua, necesaria para el mortero tamizado de lo concreto a alcanzar una resistencia a la penetración de 500 psi [3.5 MPa].

Trazabilidad, metrológico. Propiedad de un resultado de la medición mediante el cual el resultado puede estar relacionado con una referencia a través de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada uno contribuyendo a la incertidumbre de la medición.

Vibración. Agitación de una mezcla de cemento fresco por un dispositivo de vibración interna o externa para ayudar en la consolidación de la mezcla en una forma, molde, o contenedor.

Vacío, aire. Un espacio en la pasta de cemento, mortero u hormigón lleno de aire; un vacío de aire atrapado es característicamente 1 mm o más de anchura y de forma irregular; un vacío de aire atrapado es típicamente entre 10 y 1000 micras de diámetro y esférica o casi.

Relación agua-cemento. La relación de la masa de agua, entre el material cementicio.

Trabajabilidad. Propiedad determinar el esfuerzo necesario para manipular una cantidad recién mezclado de concreto con una mínima pérdida de homogeneidad.

Referencias

Donald A. St John. ; Alan W. Poole.; Ian Sims . 2005. Concrete Petrography. A handbook of investigative techniques. El Sevier

ACI Comite 302R, 1996 “Guía para la construcción de pisos y losas de concreto” pp. 93-104.

ACI Comité 309, 2005 “ Compactación del concreto” pp. 25-28

ACI Comité 308, 2001 “ Guía para el curado del concreto”

NMX-C-111 – ONNCCE -2014 Industria de la construcción - Agregados para concreto hidráulico – Especificaciones y métodos de ensayo.

NMX-C- 265 – ONNCCE-2010 Industria de la construcción - Agregados para concreto hidráulico – Examen petrográfico – Método de ensayo

ASTM- C- 856 – 14 - Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete

ASTM C 125 Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi . 2004 Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Portland Cement Association.

James A. Farny. 2013. Pisos Industriales de Concreto . Portland Cement Association.

Richard D. Stehly y Adam J. Brewer. El informe petrográfico. Revista Construcción y tecnología en concreto. Núm. 06, Septiembre 2011

Richard D. Stehly y Adam J. Brewer. El informe petrográfico (segunda parte). Revista Construcción y tecnología en concreto. Núm. 06, Octubre 2011