

## Protocolo de ronda de aptitud interlaboratorial en ensayos al concreto 2016

### INTRODUCCIÓN

Este programa de ronda de aptitud Interlaboratorial en ensayos al concreto es organizado por el Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto (ICCYC). Se tomaron en cuenta las directrices indicadas en las normas ASTM E691: Standard Practice for conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method, y la norma INTE ISO/IEC 17043 Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud.

### OBJETIVO

Proveer a los laboratorios que realizan ensayos físicos al concreto, tanto en estado fresco como endurecido, un medio para participar en ensayos de aptitud. Esto con el fin de mejorar la confiabilidad de sus resultados, hacer el seguimiento a métodos establecidos, además de proveer confianza adicional a los clientes de los laboratorios. De igual forma, el fin de este programa es facilitar los criterios objetivos para los procesos de acreditación de los laboratorios y promover este tipo de ensayos como una herramienta para el aseguramiento interno de la calidad de los laboratorios.

### ALCANCE

El presente programa cubre los métodos de ensayo indicados a continuación:

Norma INTE	Norma ASTM	Descripción
INTE 06-02-06	ASTM C1064	Medición de temperatura del concreto recién mezclado con cemento hidráulico.
INTE 06-02-03	ASTM C143	Método de ensayo para el asentamiento en el concreto del cemento hidráulico.
INTE 06-02-01	ASTM C39	Método de ensayo para la resistencia a la compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto.
*INTE 06-02-04	ASTM C231	Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto por el método de presión.
*INTE 06-02-37	ASTM C138	Método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire en el concreto por el método gravimétrico.
*INTE 06-02-08	ASTM C78	Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión del concreto (usando una viga simple con carga en los tercios medios)

\* Los ensayos de densidad, contenido de aire y resistencia a la flexión, son opcionales. Está establecido un mínimo de seis laboratorios que realice cada una de estos ensayos para que el análisis estadístico tenga validez. Aplican la normativa en su versión vigente.

## **EL PROVEEDOR DE ENSAYOS DE APTITUD**

La coordinación general de los ensayos está a cargo del ICCYC quien puede delegar tareas específicas a la entidad especializada.

Las oficinas del ICCYC están ubicadas en Montes de Oca, Ofiplaza del Este, Edificio C, Oficina 7.

El coordinar de los programas es la Ing. Irene Campos, Directora Ejecutiva del ICCYC, la operación del programa está a cargo de la Ing. Gabriela Araya Mendoza, del Área de Vivienda y Edificaciones en el ICCYC.

## **ACTIVIDADES SUBCONTRATADAS**

Dentro de las actividades subcontratadas para la ronda interlaboratorial, se encuentran el concreto premezclado, la ejecución de los ensayos de trabajabilidad y homogeneidad del concreto y el análisis estadístico. A continuación, se detalla sobre cada una de estas actividades.

### **Concreto premezclado:**

El concreto utilizado para realizar los ensayos se subcontrata según la ubicación de las actividades de la ronda. Se espera que el concreto tenga una resistencia cercana a los 21 MPa.

### **Pruebas de trabajabilidad de la mezcla del concreto:**

Se realizarán ensayos para demostrar que la trabajabilidad del concreto no varíe de manera considerable, durante el periodo de muestreo de todos los laboratorios. Esta actividad se subcontratará al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (Lanamme UCR), ubicado en la ciudad de la investigación de la Universidad de Costa Rica, en Montes de Oca.

Para determinar la variabilidad en la trabajabilidad de la muestra, se realizarán dos ensayos de asentamiento, uno previa y uno posterior al muestreo de los laboratorios. Se estableció como criterio de aceptación, que el valor de asentamiento no varíe en más de un 10% entre un ensayo y otro.

### **Pruebas homogeneidad del concreto:**

Según la norma INTE ISO/IEC 17043:2010, en toda prueba de aptitud interlaboratorial, se deben establecer criterios para la apropiada homogeneidad y estabilidad de diferentes factores que puedan tener efecto sobre los resultados y la evaluación del desempeño de los participantes.

Se establecieron como parámetros para medir la homogeneidad y estabilidad de las muestras, dos propiedades físicas del concreto, la densidad y el contenido de aire. Se realizarán seis pruebas para determinar la variación de cada uno de los parámetros escogidos. Las pruebas se deben distribuir de manera uniforme a lo largo de la toma de muestra de los diferentes laboratorios, realizándose una prueba previa, una posterior y cuatro intercaladas en el muestreo de la totalidad de los

laboratorios participantes. Esta actividad se subcontrata al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (Lanamme UCR).

Los técnicos que realicen los ensayos deben tener la certificación del Técnico de Pruebas en Campo, Grado I del American Concrete Institute (ACI).

### **Análisis estadístico:**

El análisis estadístico para los resultados de los ensayos, de los datos de trabajabilidad y los de homogeneidad de la muestra, lo realizará, mediante subcontrato el Lic. Eric Romero Blanco.

## **LABORATORIOS PARTICIPANTES**

Este programa de ensayos de aptitud está dirigido a los laboratorios, acreditados o no, que realizan ensayos físicos al concreto, de acuerdo con las metodologías definidas en el alcance. A los laboratorios se les enviará una invitación vía correo electrónico, para participar en el programa de ensayos y se considerará su participación una vez recibido el Formulario de inscripción (ver Anexo A2) firmado por parte del profesional responsable del laboratorio invitado.

Cada laboratorio utilizará su propio equipo para los ensayos a realizar: termómetro, caretillo, pala, equipo para determinar el asentamiento, el equipo para moldear y la máquina de fallar especímenes. A los laboratorios participantes se les enviará el formulario donde reportarán los datos (ver Anexo 2).

De acuerdo a la norma ASTM E 691 "Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method", para que los resultados del programa de comparación interlaboratorial se considere válido, se necesita la participación de al menos 6 (seis) laboratorios.

## **COSTOS**

El costo de inscripción dependerá de la cantidad de laboratorios que participan y deberá cubrir el costo de concreto premezclado y los honorarios del profesional responsable de efectuar el análisis estadístico; así como otros costos de logística asociados a la actividad. Para el año 2016 se establece un costo de \$700 por cada laboratorio.

## **PREPARACION Y VERIFICACIÓN DE LA HOMOGENEIDAD DE LA MUESTRA**

La muestra de concreto para realizar los ensayos será premezclada en un camión. Se solicitará a la empresa suplidora de concreto una mezcla que contenga aditivo retardador de fragua, que garantice la misma trabajabilidad de la mezcla en un periodo de una hora. Período que deberá ser garantizado por la empresa suplidora mediante ensayos efectuados previamente.

Esta propiedad además deberá demostrarse durante las pruebas mediante 6 (seis) ensayos de densidad y 6 (seis) de contenido de aire, realizados a muestras tomadas de manera intercalada entre la entrega de las muestras de los laboratorios participantes. La variación (%CV) de los

resultados de estos ensayos deberá ser menor que el respectivo coeficiente de variación calculado para cada uno de los laboratorios participantes. Dichos ensayos serán efectuados por un técnico de referencia. Este técnico será seleccionado por parte del ICCYC y deberá tener la certificación del Técnico de Pruebas en Campo, Grado I del American Concrete Institute (ACI). La realización de los ensayos para determinar la homogeneidad de la muestra se subcontratará al Lanamme (UCR).

Para asegurarse que el concreto dentro del camión automezclador es homogéneo, se pedirá un tiempo de mezclado mínimo de 20 minutos a partir de la salida del camión del centro de carga de concreto. Si la prueba se efectuara fuera del sitio de una planta de concreto, el tiempo de viaje forma parte del lapso necesario de 20 minutos.

Una vez efectuado el ensayo para determinar el asentamiento inicial se procederá con la toma de muestra por parte de laboratorios participantes.

## **REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES Y PROTECCIÓN DE LOS ESPECÍMENES**

Para controlar algunos aspectos de las condiciones ambientales durante las actividades, el lugar donde se realice la ronda debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Los cilindros se mantendrán en un espacio techado, protegidos de la intemperie y de su movilización por parte de personas ajenas a la actividad.
- Se coordina por escrito con el administrador del lugar donde se realiza la ronda que el acceso sea controlado y se permita solo a personas autorizadas por el ICCYC, hasta que se dé por finalizada la actividad, al momento en que se haya retirado la totalidad de los especímenes del lugar.
- Se debe proteger los especímenes de la evaporación, según como se indique en el método de ensayo correspondiente.
- Se deben detener las actividades de ensayos de aptitud pertinentes cuando las condiciones ambientales pongan en riesgo la calidad o las operaciones del programa.
- Cada participante debe contar con un área exclusiva para que pueda realizar las tareas requeridas por el programa, sin interferencia de los demás participantes.

## **REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS**

El muestreo de concreto por parte de cada técnico se hará de acuerdo a la norma INTE 06-01-05 "Muestreo de concreto recién mezclado". Cada técnico debe asegurarse que la mezcla que va a utilizar sea homogénea, tal y como lo indica la norma. Por aspectos logísticos, se omitirá la práctica de hacer una muestra compuesta, a cada laboratorio se le otorgará una sola muestra, con la que deberá realizar todos los ensayos.

Se procederá con la realización de los ensayos cuya aptitud se evalúa. Se realizarán en el siguiente orden: toma de temperatura (INTE 06-02-06), asentamiento (INTE 06-02-03) y moldeo de cilindros (INTE 06-02-01). Posteriormente, los laboratorios que participen en los ensayos de densidad (INTE 06-02-37), contenido de aire (INTE 06-02-04) y módulo de ruptura (INTE 06-02-08), realizarán estas pruebas. Todos los ensayos se realizarán siguiendo las normas definidas en el alcance. Los datos se reportarán en los formularios previamente entregados a los laboratorios.

Intercalado en el muestreo de los laboratorios, el técnico de referencia tomará cuatro muestras, a las cuales les realizará ensayos de asentamiento, contenido de aire y de densidad. Esto con el fin de determinar si el concreto mantuvo su trabajabilidad a lo largo del muestreo de todos los laboratorios.

Los especímenes recién moldeados se dejarán en el sitio por 24 horas. Se procurará que el sitio sea protegido de lluvia, viento y la radiación solar directa. Posterior a las 24 horas cada laboratorio vuelve al sitio para recoger los cilindros y llevarlos a su laboratorio, donde les dará el curado adecuado hasta la edad de falla previamente definida. El cuidado y manejo de los cilindros hasta el momento de la falla debe ser el adecuado para que no afecte los resultados de los ensayos. Se permitirá el ingreso al sitio solo en el transcurso de la mañana.

Dependiendo de los ensayos en los que participe, cada laboratorio moldeará 8 (ocho) cilindros de 150 x 300 mm, 8 (ocho) cilindros de 100 x 200 mm y 3 (tres) vigas cuya sección transversal sea de 150 x 150 mm. La falla de los cilindros se efectuará de acuerdo a la norma INTE 06-02-01, 28 días después del moldeo.

Los laboratorios deben procurar que el trato que reciban las muestras y especímenes sea el mismo que reciben las muestras y especímenes que el laboratorio maneja diariamente, para garantizar que su resultado se representativo. Cada laboratorio asegurará la perpendicularidad de las caras de los cilindros según el procedimiento más empleado en sus actividades diarias.

Cada laboratorio debe velar por la calibración de los equipos a utilizar para realizar los ensayos.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados de los ensayos se reportarán en los formatos previamente establecidos y se enviarán al ICCYC por medio de correo electrónico en un archivo no modificable (pdf). El ICCYC es responsable de entregar dichos resultados al profesional que efectuará el análisis estadístico.

## **VALOR ASIGNADO Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO**

El valor asignado a los parámetros en los ensayos se establecerá por consenso, es decir se utilizará el indicador más adecuado de centralidad procedente de los resultados que reporten los laboratorios participantes, el promedio.

La evaluación de desempeño de los laboratorios individuales se realizará por medio del valor Z determinado de la siguiente forma:

$$Z = \frac{(x - \bar{X})}{s}$$

donde,  $x$  : valor individual de cada laboratorio,

$\bar{X}$  : el valor asignado (el promedio) y

$s$  : desviación estándar.

El criterio será el siguiente:

- $|Z| \leq 2$ , el resultado es SATISFACTORIO
- $2 < |Z| < 3$ , el resultado es CUESTIONABLE
- $|Z| \geq 3$ , el resultado NO es ACEPTABLE

El profesional que analizará los datos utilizará las herramientas de estadística para detectar y eliminar del conjunto de datos aquellos valores que se pueden demostrar que son “anómalos”.

Esta evaluación se realizará para temperatura, asentamiento, resistencia a la compresión. Para analizar los ensayos de densidad, contenido de aire y módulo de ruptura se requiere un mínimo de 6 participantes, para que el análisis estadístico tenga validez.

## POTENCIALES FUENTES DE ERROR

Dentro de las potenciales fuentes de error en los ensayos contenidos en este programa se encuentran:

- Un remezclado inadecuado de la muestra previo a los ensayos.
- Equipo deficiente (desgastados, deformados, con material viejo adherido, no calibrado)
- Una inadecuada ejecución del método de ensayo (llenado, compactación, cálculos)
- Traslado inadecuado del espécimen (golpes o vibración)
- Curado inapropiado (humedad, temperatura)
- Exposición de los especímenes a un ambiente inapropiado por largo tiempo previo al ensayo.

## CONFIDENCIALIDAD

Cada laboratorio participante recibirá un código por parte de ICCYC para mantener la confidencialidad de los resultados.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Invitación de los laboratorios para participar en el proceso de prueba de aptitud	Viernes 20 de mayo 2016
Recepción por parte de ICCYC de la confirmación de participación	Hasta el miércoles 1 de junio 2016
Reunión de apertura	Fecha apertura = Fecha confirmación + 1 semana
Recepción de muestra y ensayos en concreto fresco	Miércoles 15 de junio 2016
Recepción de los datos de laboratorios	Hasta el viernes 16 de julio 2016
Entrega de informe y reunión de cierre	Miércoles 31 de agosto 2016

## AGENDA

8:30 – 9:30 a.m.	Registro del personal y asignación de zona de trabajo. Acondicionamiento del área y del equipo por parte de los laboratorios
9:30 a.m.	Inicio de los ensayos (entrega de la muestra)

## EQUIPO

Cada laboratorio debe aportar el siguiente equipo:

- ✓ Equipo de seguridad
- ✓ Caretillo, de 100 L o dos de 50 L
- ✓ Lona para cubrir el área de trabajo
- ✓ Cubeta y esponja
- ✓ Pala
- ✓ Extensión eléctrica
- ✓ Termómetro para medir la temperatura del ambiente
- ✓ Equipo para medir temperatura de acuerdo a INTE 06-02-06 (ASTM C1064)
- ✓ Equipo para determinar el asentamiento tal y como lo pide INTE 06-02-03 (ASTM C143)
- ✓ Equipo para moldear cilindros y vigas de acuerdo a INTE 06-01-08 (ASTM C31)
- ✓ Equipo para medir densidad según la norma INTE 06-02-04 (ASTM C138)
- ✓ Equipo para medir el contenido de aire según la norma INTE 06-02-37 (ASTM C231)
- ✓ Bolsas de plástico, plástico o tapas para cilindros
- ✓ Máquina para la falla de los cilindros. No se espera que la capacidad de concreto supere los 45 MPa.
- ✓ Equipo adecuado para garantizar la planicidad de las caras de cilindro: equipo para capeo, almohadillas de neopreno, pulidora de cilindros, etc.

## **PERSONAL TÉCNICO**

Se requiere de personal técnico calificado para llevar a cabo los ensayos al concreto. Este personal será elegido por cada laboratorio. La cantidad de técnicos queda a criterio de cada laboratorio. Este personal debe representar las actividades diarias del laboratorio.

## **UBICACIÓN**

La ronda se realizará en instalaciones adecuadas para cumplir con los requisitos de las normas de referencia.

## **ENTREGA DE RESULTADOS**

Los resultados de los ensayos se entregan al proveedor de ensayos en el formato que se presenta en la hoja llamada Informe de resultados, antes de la fecha límite establecida.

Las unidades y la precisión de los datos reportados deben cumplir con la normativa establecida para cada método de ensayo.

## **INFORME FINAL Y LA PUBLICACIÓN DE LOS RESULTADOS**

La coordinación preparará un informe final donde se presentará la evaluación estadística del desempeño de todos los laboratorios participantes.

Se realizará una reunión de cierre donde se presentarán los resultados y donde estarán presentes los representantes de cada laboratorio. De igual forma a todos los representantes de laboratorio se les enviará el informe final en formato digital vía correo electrónico.

El informe final es público, ya que los resultados se presentan de manera que guarda la confidencialidad del desempeño específico de cada laboratorio. Los resultados también se publican en una revista técnica de circulación nacional y en el sitio web del Instituto [www.iccyc.com](http://www.iccyc.com).

## **ANEXOS**

Anexo A1 - Formulario de Inscripción

Anexo A2 - Formato de reporte de resultados