

**Valoración del
Cumplimiento de la Norma
de Acreditación
INTE-ISO/IEC 17025:2005 en tres
Ensayos de Laboratorio de la
Empresa Concretos Orosi S.A.**



Abstract

The specialty practice focuses in analyzing the quality and efficiency of the laboratory of Concretos Orosi S.A. This laboratory is dedicated to the tests of the product that offers the company and it does not offer external services to individuals or clients.

The tests that are applied to the raw material (added) and to concrete premixed fresh and hardened.

The development of this project is born like the necessity that this type of tests norms and international standards are governed under, for which is due to fulfill requirements established by competent institutions.

As it leaves from those requirements they are the suitable taking of data, the documentation of procedures and the analysis of the quality of the results and the product that is being tried. For it one is due to know the tests, to process the data and from this to focus in the instructive development of forms for taking of data, documentation and elaboration of instructive and finally analyzing the quality of the product that is put under test.

This with the purpose of fulfilling the requirements for accreditation INTE-ISO/IEC 17025:2005 for three tests of a laboratory of concrete.

Resumen

La práctica de especialidad se enfoca en analizar la calidad y eficiencia del laboratorio de Concretos Orosi S.A. Dicho laboratorio se dedica a las pruebas del producto que ofrece la empresa y no ofrece servicios a particulares o clientes externos.

Las pruebas que se realizan son aplicadas a la materia prima (agregados), y al concreto premezclado fresco y endurecido.

El desarrollo de este proyecto nace como la necesidad de que este tipo de ensayos se rijan bajo normativas y estándares internacionales, para lo cual se debe cumplir con requerimientos establecidos por instituciones competentes.

Como parte de esos requerimientos están la adecuada toma de datos, la documentación de procedimientos y el análisis de la calidad de los resultados y del producto que se está ensayando. Para ello se debe conocer las pruebas, interpretar los datos y a partir de esto enfocarse en el desarrollo de formularios para toma de datos, documentación y elaboración de instructivos y por último analizar la calidad del producto que se somete a prueba.

Esto con el fin de cumplir los requisitos para la acreditación INTE-ISO/IEC 17025:2005 para tres ensayos de laboratorio de concreto.

Valoración del Cumplimiento de la Norma de Acreditación INTE-ISO/IEC 17025:2005 en tres Ensayos de Laboratorio de la Empresa Concretos Orosi S.A.

JESÚS ANTONIO SÁNCHEZ RAMÍREZ

Informe final de práctica profesional dirigida para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre del 2007

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen ejecutivo	2
Introducción	5
Marco teórico	6
Resultados.....	12
Análisis de los resultados	26
Conclusiones	31
Apéndices	33
Anexos.....	43
Anexos.....	44
Referencias.....	45

Prefacio

El cumplimiento con normativas internacionales y las acreditaciones del tipo ISO es un tema al cual las empresas deben aspirar, ya que es un punto de partida para verificar la calidad y tener un respaldo documentado de ésta.

Para Concretos Orosi S.A. es necesario analizar la factibilidad de que la empresa opte por esa acreditación en algunos de los ensayos que se realizan en su laboratorio para tener un respaldo propio que garantice sus propios resultados, además de llegar a cumplir con los estándares de calidad en el nivel internacional para este tipo de empresa.

Se espera que Concretos Orosi S.A. se beneficie con este proyecto desde el punto de vista tecnológico, estadístico y económico, pues una vez establecidas las directrices por seguir se deberá modificar o actualizar tanto el laboratorio como la planta de producción del concreto. Se contará con una base de datos sólida y con el respaldo que da una acreditación de este tipo en cuanto a la credibilidad de los datos y en el nivel económico porque con los resultados obtenidos en laboratorio se pretende identificar problemas, causas y soluciones, aciertos y otros en cuanto a la producción del concreto.

El siguiente trabajo se lo dedico a Dios, agradeciéndole a Él, a Aidalina, Hernán, William, Franklin, Jhonny, Javier, Nelson, a mis amigos y amigas, a mis compañeros y compañeras, al profesor Ing. Eduardo Barquero Solano y a los demás profesores y profesoras, a Andrés Rojas Zamora, al Ing. Orlando Cerdas y a María Paula.

Resumen ejecutivo

La obtención de una acreditación internacional como la que se otorga al cumplir los requerimientos de la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 es de gran importancia, por las exigencias del mundo actual en cuanto a calidad y diversidad de productos.

De acuerdo con lo anterior y analizando el caso de la empresa Concretos Orosi S.A. la cual cuenta con un laboratorio dedicado al control de la calidad a nivel interno, se evidencian las ventajas que daría la obtención de esta acreditación en algunos de sus ensayos en cuanto servicio al cliente, al tener un respaldo que garantice su producto y que les garantice a ellos que su trabajo se está realizando de buena manera.

Para esto se buscó cumplir con el objetivo general de analizar la factibilidad de lograr esta acreditación en tres ensayos y posteriormente desarrollar una base de datos y la documentación para continuar con el sistema de gestión bajo el cual se estaba rigiendo la empresa y por ende el laboratorio al ser parte de la misma.

Son muchos los requisitos que se deben cumplir para aspirar a la acreditación, tanto para el personal técnico como para el personal de la dirección, es un trabajo conjunto, se debe desarrollar desde las acciones más básicas, como la obtención de la norma mencionada, hasta las más complejas, desde el punto de vista económico o del punto de vista técnico, como las calibraciones de equipos y la inserción de nuevo personal y capacitación del mismo.

El desarrollo de los formularios se hizo con base en formularios existentes y en modificaciones a los mismos, entre ellas: corrección de unidades de medición, adicionar un espacio para que el encargado de los ensayos sea el responsable de cada ensayo que realice y otro espacio para que el supervisor de calidad del ensayo dé su visto bueno para cada ensayo que se efectúe en cualquier parte donde se estén empleando técnicas, personal y equipo del laboratorio.

Los formularios desarrollados son 4 y están ubicados en el apartado de apéndices, estos son:

- FCO-01 Formulario Concretos Orosi, colillas para toma de datos (Apéndice VII).
- FCO-02 Formulario Concretos Orosi, ensayo de resistencia a la compresión de cilindros (Apéndice VIII).
- FCO-03 Formulario Concretos Orosi, control de humedades diarias (Apéndice IX).
- FCO-04 Formulario Concretos Orosi, control de datos de pruebas gravedades específicas, absorciones, granulometrías y pesos unitarios (Apéndice X).

Una vez registrados los formularios se procedió a darle identificación al registro electrónico para la base de datos de las pruebas y determinar la resistencia a la compresión; este registro es nombrado como RECO-01, Registro Electrónico Concretos Orosi.

Después de esta identificación el siguiente paso fue registrar el equipo propiedad del laboratorio, tanto para los ensayos como el equipo de seguridad, de la siguiente manera:

Equipo de laboratorio:

- Equipo general de laboratorio (cucharas, malla, canastas, carretillo, palas, bandejas, etc) EECO-00.
- Juego de mallas estándar para tamizado EECO-01.
- Balanza con precisión $\pm 10g$ EECO-02.
- Plantilla de gas de 2 discos EECO-03.
- Balanza con precisión $\pm 0,01g$ EECO-04.
- Prensa universal EECO-05.
- Moldes para cilindros de concreto 30cm de altura por 15cm de diámetro EECO-06.
- Cono de Abrahams (revenimiento) EECO-07.

- Pilas para curado de cilindros EECO-08.
- Molde cónico y apisonador metálico EECO-09.

Equipo de seguridad por utilizar:

- Zapatos de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Guantes para temperatura.
- Lentes para protección ocular.
- Tapones para los oídos.
- Chaleco reflector.
- Mascarilla.

La selección de la estructura de los 6 instructivos se hizo de acuerdo con criterio personal, introduciendo términos que no vienen en las normas estándares (ASTM, para los ensayos que están siendo analizados) que se conocen. Por ejemplo, tienen un apartado para documentos de referencia internos, describen procedimientos normalizados y propios del laboratorio, describen paso a paso las directrices por seguir para el desarrollo de un ensayo.

Los instructivos desarrollados son:

- IECO-01, Instructivo de Ensayo concretos Orosi, instructivo para gravedad específica y absorción en agregado grueso y fino (Apéndice I).
- IECO-01.1, Instructivo de Ensayo concretos Orosi, instructivo para gravedad específica y absorción en agregado grueso (Apéndice II).
- IECO-01.2, Instructivo de Ensayo concretos Orosi, instructivo para gravedad específica y absorción en agregado y fino (Apéndice III).
- IECO-02, Instructivo de Ensayo concretos Orosi, instructivo para medir el asentamiento del concreto (Apéndice IV).
- IECO-03, Instructivo de Ensayo concretos Orosi, instructivo para resistencia a la compresión de especímenes de concreto (Apéndice V).

- IECO-04, Instructivo de Ensayo concretos Orosi, instructivo para fabricación de especímenes de concreto en el laboratorio (Apéndice VI).

Los instructivos están en los apéndices del I al VI.

Todo esto realizado paralelamente con las pruebas de laboratorio con el fin de controlar la calidad de lo que se produce y la aplicabilidad de los formularios e instructivos desarrollados. Cabe destacar que el desarrollo de los instructivos no hubiese sido posible sin el acercamiento que se tuvo con la realización de las pruebas.

La aplicación de los ensayos contribuyó en el aspecto del análisis de la factibilidad de la obtención de la acreditación por las siguientes razones:

- Fue la base para el desarrollo de los instructivos de ensayo, por ende, de la documentación de los procedimientos seguidos en las pruebas dentro y fuera del laboratorio.
- Permitió verificar que las variaciones en los datos obtenidos a partir de los ensayos eran debidos a la naturaleza misma del concreto y no a razones de calibración de los equipos, lo cual se comprobó, por ejemplo, con la congruencia de los datos para concretos con un mismo revenimiento.
- Es parte de una auditoría interna inicial, donde se verificó la calidad de los ensayos, la definición del personal técnico y directivo, la documentación existente y faltante.
- Da paso a proceder con una revisión por parte de la dirección previa a solicitar ante el Ente Costarricense de Acreditación una evaluación de los ensayos que se deseen acreditar.

Una vez se estén realizando moldeos de especímenes de concreto se deberá tardar al

menos 28 días para tener los primeros resultados de resistencia a la compresión, por eso los reportes de labores de julio, agosto y setiembre fueron revisados y entregados al profesor guía treinta días después de finalizado el respectivo mes.

A partir de esto se pudo analizar la calidad desde el punto de vista de trabajabilidad (reventamientos), resistencia a la compresión y consumos de materias primas.

Se llegó a un buen análisis, constructivo y objetivo el cual evidenció que las variaciones presentadas en el primer mes de labores pudieron ser causa del personal que operó la planta dosificadora, de procedimientos inadecuados en el moldeo de especímenes y no a fallas en los diseños o calidad de los agregados.

Introducción

El informe para la práctica de especialidad desarrollada en el laboratorio de concreto de la empresa Concretos Orosi S.A se presenta estructurado de acuerdo con el objetivo general de analizar la factibilidad de la obtención de la de la acreditación INTE-ISO/IEC 17025:2005 en tres ensayos del laboratorio de concreto de la empresa antes mencionada.

El análisis antes mencionado se hace de acuerdo a un diagnóstico preliminar de los aciertos y requerimientos del laboratorio, esto quiere decir que se realiza una evaluación de las cosas que son requisito en la norma y cuáles están siendo cumplidas, cuáles deben empezar a cumplirse y cuáles pueden ser desarrollados en el período de la práctica de especialidad.

Dentro de los objetivos específicos que se plantean está la evaluación de los ensayos de porcentaje de humedad en los agregados, medición del revenimiento en el concreto fresco y la resistencia a la compresión del concreto endurecido. Se elige estos ensayos pues son los más utilizados en la planta de producción de la empresa.

Para estos ensayos, como otro objetivo específico, se desarrollan instructivos o manuales de gestión que describen los procedimientos que se deben aplicar en la toma de muestras y realización de los ensayos, además se modifican los formularios y los registros para toma de datos de estos ensayos.

Lo anterior se hace con el fin de empezar a llenar los vacíos respecto a las condiciones de la norma la cual exige contar con documentación tanto de procedimientos estándares (ASTM, entre otros) y de procedimientos propios del laboratorio, además del respectivo control de datos y la facilidad de acceder a los mismos.

Así, se simplificarían los medios para efectuar las auditorías internas de calidad y de la dirección del laboratorio las cuales son requisito de la norma.

La obtención de esta acreditación es factible para cualquier tipo de laboratorio de ensayos o calibración, siempre y cuando se apegue a los requerimientos que exige la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.

Como parte de estos requerimientos están la recolección de datos de manera adecuada, la correcta interpretación de los mismos y su debido registro en bases de datos de fácil acceso.

Como un complemento a la elaboración de los instructivos y formularios se desarrolla otro objetivo específico, el cual pretende poner en práctica lo desarrollado mediante la realización de los ensayos y el análisis de la calidad, tanto del producto producido en la planta como de los ensayos en sí y los datos que mediante estos se recolectan. Este objetivo específico se refiere al análisis de la calidad de los diseños y muestras del concreto producido en planta, de acuerdo a los resultados de los ensayos respectivos y la comparación de estos con los resultados esperados.

Una vez desarrollado lo anterior se establece las modificaciones a corto plazo para cumplir con las condiciones para aspirar a la acreditación.

El informe hace una breve descripción teórica sobre los elementos en estudio, concreto específicamente, y profundiza en los resultados obtenidos, que son la preparación de formularios, elaboración de instructivos para tres ensayos y el análisis de la calidad del concreto producido.

Marco teórico

Concreto

El concreto consta de dos partes principales, el agregado y la pasta. Los agregados se clasifican en finos (tamaño inferior a 6mm) o arena y gruesos (mayores a 6mm). La pasta se compone de cemento, agua y, en ocasiones, aire incluido.

Cuando el concreto se prepara de manera correcta, cada partícula de agregado está completamente cubierta por pasta y todo el espacio entre partículas está relleno de pasta. Por lo regular una mezcla de concreto presenta porcentajes de contenido de pasta de entre un 20% y un 40% del volumen total de la mezcla, el aire comprende hasta un 8% y el agregado constituye del 60% al 80% del concreto.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta, a su vez, la calidad de la pasta depende, para el adecuado desarrollo de la resistencia potencial, de factores como:

- La relación agua cemento.
- El grado de curado.
- La calidad del cemento y el agua utilizados.

El concreto en su estado fresco es una mezcla fluida y trabajable. Aunque el concreto permanece fluido corto tiempo, sus propiedades son importantes, pues influyen en la calidad y el costo del mismo ya endurecido.

El concreto de consistencia fluida no se desmorona, sino que fluye lentamente sin segregarse. Esto hace al concreto trabajable o, dicho de otro modo, hace que el concreto tenga dificultad o facilidad para colarse y compactarse.

Por lo general, la mezcla más económica es la que tiene mayor proporción agregado/cemento y aún así es trabajable con la relación agua/cemento requerida para desarrollar resistencia, durabilidad y otras propiedades.

Después de alcanzar el fraguado inicial, el concreto continúa ganando resistencia por períodos que, en ocasiones, pueden comprender años, pero la resistencia que se especifica,

comúnmente, es la resistencia a la compresión a los 28 días.

Se considera que, a los 28 días, el concreto ha alcanzado un 80% de su resistencia última y es un período razonable para que la nueva estructura de concreto pueda ponerse en uso. En cualquier caso, la resistencia del concreto depende de dos factores principales que son la relación agua/cemento y el grado de hidratación alcanzado.

Relación agua cemento

Para un grupo determinado de materiales y condiciones, la resistencia del concreto se determina por la cantidad neta de agua que se emplea por cantidad unitaria de cemento o el total de materiales cementantes. El contenido neto de agua excluye la absorbida por los agregados.

Las diferencias en resistencia para una misma relación agua/cemento pueden ser consecuencia de cambios en:

- El tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Textura superficial.
- Diferencias en tipos de cemento y orígenes.
- Otros.

Una predicción apropiada sobre la resistencia, para una determinada relación agua/cemento se debe basar en mezclas de prueba o en experiencias obtenidas con los materiales que se utilizarán.

El apartado para definir los tipos de relación agua/cemento para concreto estructural del **ACI-318S-05 (Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario)** se refiere a concretos expuestos a condiciones de congelamiento y deshielo, a suelos y aguas con sulfatos, o para prevenir la corrosión del refuerzo.

Condición de exposición	Concreto de peso normal: Relación agua/material cementante en peso	Concreto con agregado normal y ligero, f'c mínima, MPa
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0.50	28
Concreto expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0.45	31
Para proteger el refuerzo en el concreto de la corrosión cuando está expuesto a sales descongelantes, sal, agua salobre, o salpicaduras del mismo origen	0.40	35

Tabla 1. Requisitos para condiciones de exposición especial. Fuente: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318S-05).

Pero también se cuenta con concretos de producción normal, o al menos que se consideran estarán expuestos a condiciones normales.

Los valores de la siguiente tabla indican las resistencias promedio estimadas para concreto que contiene un porcentaje de aire no mayor al 2%, para concreto sin aire incluido, y 6% para concreto con aire incluido. Para una relación agua/cemento constante la resistencia del concreto se reduce conforme el contenido de aire aumenta.

Resistencia a la compresión a los 28 días (MPa)	Relación agua/cemento, peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
40	0.42	---
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

Tabla 2. Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

Fuente: Tablas para el proporcionamiento de mezclas de concreto. Normas y procedimientos del curso para laboratorio de concreto.

Métodos para el curado del concreto

El curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto para que se desarrollen las propiedades deseadas.

El desarrollo pleno de propiedades como resistencia y durabilidad dependen del desarrollo adecuado del curado del concreto.

La cantidad de agua de mezclado en el concreto es normalmente más de la que se debe retener para el curado. Sin embargo, la pérdida excesiva de agua por evaporación puede reducir la cantidad de agua retenida a un nivel inferior al necesario para el desarrollo de las propiedades deseadas. Los efectos potencialmente perjudiciales de la evaporación deben evitarse, ya sea con la colocación de agua o evitando la evaporación excesiva.

Curado con agua

Cuando se elige una aplicación de agua se debe estudiar la economía del método que se usará en cada caso. El método seleccionado debe proporcionar una cubierta completa y continua de agua.

Inmersión

Este es el método más completo de curado, consiste en la inmersión total de la unidad de concreto ya terminada, en agua

El agua no debe ser más fría de 11°C que el concreto, para evitar que se desarrollen esfuerzos por temperatura en la superficie que pueden llegar a causar agrietamiento.

El curado será efectivo cuando los contenidos de humedad y temperatura mantenidos permitan el desarrollo de los niveles deseados en las propiedades del concreto y eviten el agrietamiento, empolvado y otras que pudieren resultar de no haberse llevado a cabo. Cuando estas consecuencias se dan por causa de un curado inadecuado son normalmente debidas a no mantener un contenido de humedad en el concreto inmediatamente adyacente a la superficie.

Además del método se pueden mencionar otros como el de cámara húmeda y el de cámara a vapor, si se desea conocer detalles acerca de ellos se recomienda consultar el libro Tecnología del Concreto, su descripción se presenta en las referencias al final de este escrito.

Producción de concreto

La producción de concreto a gran escala se realiza mediante una planta de concreto o fábrica. Esta planta contará con equipo para dosificar, lotes de materiales o componentes para la mezcla y material adicional para reponer los lotes que son utilizados.

Existen dos tipos de plantas de dosificación: el primero que se describe es la planta mezcladora central, donde se descargan los componentes dosificados en una planta interna, revolvedora estacionaria que los mezcla antes de descargarlos en los camiones o unidades de entrega, a esta planta también se le conoce como planta húmeda.

El operador u operadores de la planta estarán obligados a no sólo controlar el material que se dosifique, sino que controlarán tiempos y calidad de mezclado.

El otro método para plantas de dosificación es en donde los componentes se descargan directamente a la unidad de

transporte, la cual se encargará del mezclarlos. El operador de la planta deberá limitarse a dosificar, sin embargo es recomendable que éste supervise el proceso de mezclado de los materiales.

En el manual *Producción de Grandes Volúmenes de Concreto* se clasifica el concreto producido en plantas como las descritas primeramente como “concreto premezclado” y al producido en el otro tipo de plantas como “concreto mezclado en camión”.

Ambos pueden catalogarse como concreto premezclado pues ese producto será el que acepte el cliente como completamente mezclado, listo para descargarlo en el lugar de colado.

Existen muchas especificaciones para el mezclado de concreto que generalmente exigen que los procedimientos operativos para cualquiera de los tipos de planta se cumplan adecuadamente, estas especificaciones no se comentan con detalle sin embargo a continuación se mencionan algunas muy importantes como: las tolerancias o porcentaje permitido de variación en la dosificación y tiempo de mezclado.

El concreto es el producto final de la mezcla entre los agregados, la pasta y aditivos. El concreto se vende por unidad de volumen, recién mezclado y en estado fluido. Su peso unitario (2400kg/m³) es superior al peso unitario de cualquiera de sus componentes (1600 kg/m³) debido a que en el proceso de mezclado la pasta llena los vacíos entre las partículas de agregado grueso.

Los aditivos son frecuentemente utilizados como reguladores de inclusión de aire, reductores de agua, aceleradores o retardantes del tiempo de fraguado y reguladores de fluidez. Este último punto es la razón por la cual se utilizan aditivos líquidos, esto por la trabajabilidad que se requiere de de una muestra, especialmente si se está haciendo uso de bombas telescópicas o si se requiere una fluidez tal que no se pueda alcanzar adicionando agua a la mezcla porque se rompería con la relación agua/cemento máxima permitida.

Los aditivos podrán ser introducidos a la mezcla en la planta o en el sitio de colado mediante métodos visuales con recipientes de volumen conocido.

Medios de dosificación

Dosificador por peso

Un dosificador por peso cuenta con una tolva o una banda transportadora conectada con un sistema de báscula.

Cuando se cuenta con una sistema de peso sobre la banda transportadora se tiene que colocar sobre la misma más material del requerido lo que puede llevar a que se esté dando más de lo que el cliente solicita y más importante aún que se puede estar alterando la dosificación especificada en el diseño. En la actualidad se utilizan sistemas que controlan el peso por medio de sensores que hacen que lo proporcionado sea más exacto.

Secuencia de dosificación

Idealmente, por cada material dosificado por peso se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Revisar que el indicador de la báscula esté en cero dentro de la tolerancia prescrita.
- Activar el alimentador del dosificador.
- Observar el indicador de peso.
- Desactivar el mecanismo de carga una vez logrado el peso deseado.
- Verificar que el peso dosificado no excede ni esté por debajo del peso requerido más allá de la tolerancia permitida.
- Proceder si el peso está dentro de las tolerancias.
- Verificar que el indicador de la báscula regrese a su posición cero.

La importancia de esto es permitir que las cantidades de cada componente se dosifiquen y entreguen al equipo de mezclado en forma correcta.

En el caso de que la cantidad pesada exceda la tolerancia permitida se deberá corregir inmediatamente el proporcionamiento con el encargado de los diseños de mezcla.

Tolerancias de dosificación

Antes de referirse a las tolerancias en los pesos de los componentes que se adicionan a la mezcla se debe recalcar que los equipos de pesado o básculas tienen capacidad y estado para proceder al cierre final el material en el momento preciso que se alcanza el peso o volumen requerido.

El manual *Producción de Grandes Volúmenes de Concreto* dice que para dosificadores individuales las tolerancias permitidas son:

- Cemento: $\pm 1\%$ del peso requerido del material que se pesa, ó $\pm 0,3\%$ de la capacidad de la báscula, lo que sea mayor.
- Agregados: $\pm 2\%$ del peso requerido del material que se pesa, ó $\pm 0,3\%$ de la capacidad de la báscula, lo que sea mayor.
- Agua: $\pm 1\%$ del peso requerido del material que se pesa, ó $\pm 0,3\%$ de la capacidad de la báscula, lo que sea mayor.
- Aditivos: $\pm 3\%$ del peso requerido del material que se pesa, ó $\pm 0,3\%$ de la capacidad de la báscula, o \pm la dosis mínima por saco de cemento, lo que sea mayor.

Lo anterior se aplica para cuando se esté pesando material con un peso entre el 10% y el 100% de la báscula.

Proporcionamiento del concreto

Existe gran cantidad de publicaciones que proporcionan métodos para llegar a cálculos aceptables del proporcionamiento necesario. Estos métodos pueden requerir ajustes a posteriori resultado de pruebas de laboratorio, debido a mezclas en lotes de materiales o variaciones en humedades de los agregados.

Tres de las publicaciones más utilizadas son:

- Práctica recomendada por el American Concrete Institute ACI 211.1-91: Proporciona un método, de acuerdo con el revenimiento y resistencia requerida, para estimar

pesos de dosificación del agregado grueso, contenido de aire y cálculos del contenido de cemento y agua. La arena se utiliza para completar el volumen necesario para hacer un metro cúbico de concreto, además de dar la relación agua/cemento necesaria.

- *Design and Control of Concrete Mixtures* de la PCA: contiene tablas de las mezclas de prueba sugeridas e incluye ejemplos de los procedimientos de prueba y error para hallar las proporciones. Dependiendo del agregado que se trate los cálculos pueden ser no muy cercanos a los requeridos.

Según ACI 211.1-91 el orden del procedimiento sigue los siguientes pasos:

- Paso 1: selección del revenimiento para cumplir con los requisitos de trabajabilidad. El concreto demasiado seco puede ser difícil de trabajar mientras que si está demasiado húmedo puede afectar su calidad y su resistencia.

Tipo de construcción	Revenimiento (mm)	
	Máximo*	Mínimo
Muros y zapatas	75	25
Zapatas simples	75	25
Vigas y muros	100	25
Columnas	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Concreto masivo	75	25

Tabla 3. Revenimientos recomendables para diversos tipos de construcción. Fuente: manual de normas y procedimientos para laboratorio de concreto, Miguel Mora Ch.

Por lo general se requiere revenimientos mayores por lo tanto se debe agregar un aditivo a la mezcla para cumplir sin sacrificar la calidad.

- Paso 2: Selección del diámetro máximo del agregado. Depende de las especificaciones del cliente y de el confinamiento del concreto, el espesor del elemento que se va a colar y de la separación del refuerzo.
- Paso 3: Estimación del contenido de agua y de aire. La cantidad de agua

se selecciona de acuerdo con la tabla 2.

- Paso 4: Cálculo del cemento. Se calcula de acuerdo con la relación agua/cemento.
- Dosificación del agregado grueso: Se proporciona de acuerdo con el volumen unitario de concreto, el volumen unitario de agregado seco compactado con varilla y para diferentes módulos de finura.
- Cálculo del peso el agregado fino: Se calcula como el faltante para completar un metro cúbico de concreto y puede ser mediante el cálculo del peso del metro cúbico de concreto restando los pesos de los demás componentes.

Las proporciones de las mezclas se hacen de acuerdo a las características del agregado en condición de superficie saturada seca.

Pruebas al Concreto

Las pruebas al concreto y a la materia prima de la mezcla son necesarias para garantizar que se está dando uso adecuado de los agregados, que la mezcla está equilibrada y que el concreto cumple con especificaciones de trabajabilidad, durabilidad y resistencia.

Pruebas para los agregados

Los agregados deben probarse con cierta frecuencia para verificar que cumplan con las especificaciones y, sobre todo si se extrae mucho agregado de un mismo punto, que sus características no están variando y si varían controlar esas variaciones.

Prueba	Norma
Muestreo de agregados	ASTM D-75
Reducción de muestras de agregados aportados al laboratorio	ASTM C-702
Impurezas orgánicas en agregados finos para concreto	ASTM C-40
Determinación del material más fino que la malla N° 200 en	ASTM C-117

agregados minerales mediante lavado	
Análisis de agregados finos y gruesos	ASTM C-136
Pesos unitarios y vacíos en agregados	ASTM C-29
Resistencia a la degradación del agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles	ASTM C-131
Gravedad específica y absorción del agregado grueso	ASTM C-127
Gravedad específica y absorción del agregado fino	ASTM C-128

Tabla 4. Pruebas aplicables a agregados. Fuente: manual de normas y procedimientos para laboratorio de concreto, Miguel Mora Ch.

Pruebas al concreto fresco

Las especificaciones exigen que se pruebe el revenimiento y el contenido de aire incluido en el concreto, así como el moldeo de cilindros para probar su resistencia en fechas posteriores.

Prueba	Norma
Método para medir el revenimiento del concreto por medio del cono	ASTM C-143
Determinación del peso del concreto fresco	ASTM C-138

Tabla 5. Pruebas aplicables a concreto fresco. Fuente: manual de normas y procedimientos para laboratorio de concreto, Miguel Mora Ch.

Pruebas al concreto endurecido

La medición normal de la resistencia del concreto es la presión requerida para romper un cilindro en compresión después de un determinado número de días. La más común es la resistencia a los 28 días y se reporta en unidades de kg/cm^2 . De ahí que el concepto de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ se refiere a la resistencia del concreto a los 28 días se espera sea de 210 kg/cm^2 .

La norma ASTM C-39 describe el método estándar para evaluar probetas de concreto, además se tiene con normas complementarias para la realización del procedimiento como la norma ASTM C-192 referida a la fabricación de

especímenes de concreto en el laboratorio y curado de los especímenes.

Características del concreto

El concreto como material debe cumplir con características básicas como trabajabilidad, resistencia, durabilidad y otras más complejas como módulo de elasticidad.

La consistencia y la compactación que se le dé a una mezcla de concreto afectan o benefician seriamente la resistencia del concreto, de ahí que la consistencia debe ser tal que permita transportar, colar y darle acabado al concreto.

Trabajabilidad

La trabajabilidad, por si misma, determina la facilidad de colocación y evita la segregación, además depende de los métodos y equipos disponibles para darle compactación, es en sí, una propiedad únicamente física del concreto por lo tanto esta puede variar con las circunstancias que se den en el lugar de colocación de la mezcla.

Otra definición de trabajabilidad es la que da A.M. Neville en su libro *Tecnología del Concreto*, en donde dice que la trabajabilidad es la cantidad de trabajo interno útil requerida para producir una compactación total.

El concreto deberá presentar una consistencia que permita que se compacte con una densidad máxima mediante una cantidad de trabajo razonable, esto porque si se excede en el tiempo de vibrado el concreto segregará sus agregados. Se busca este grado de compactación porque las cavidades internas (burbujas de aire atrapado) limitan la resistencia del concreto.

La trabajabilidad se mide por medio de la prueba de revenimiento y se ve afectada por aspectos como el contenido de agua en la mezcla, contenido de aire en la mezcla, tamaño de agregados, forma, textura y granulometría de los mismos.

Se dice que la trabajabilidad dependerá de la fineza del agregado en la medida que la relación agua/cemento sea mayor.

No existe ningún método confiable para medir la cantidad de trabajo aplicado para compactar completamente una mezcla de concreto, sino que este se mide indirectamente por una relación de densidad.

Existen otras pruebas para medir la trabajabilidad como la prueba de fluidez, prueba de remoldeo, prueba de Vebe y otras descritas en el escrito de Neville, no se profundiza en ellas por la no aplicación de las mismas.

Segregación y sangrado

La segregación es la separación de los diferentes elementos que constituyen una mezcla heterogénea, de modo que su distribución pierde uniformidad, puede controlarse eligiendo una granulometría adecuada y dándole un manejo adecuado a la mezcla, sin excederse en tiempos de vibrado ni variando las cantidades de dosificación de la misma.

Se diferencian dos tipos de segregación, una cuando los agregados tienden a desplazarse hacia afuera y la otra cuando se manifiesta la separación de la pasta.

El sangrado es un tipo de segregación en donde se presenta ganancia de agua, el agua tiende a subir a la superficie del concreto recién colado. El sangrado puede provocar la formación de cavidades y porosidad en la superficie que si se dan entre elementos superpuestos restarán resistencia a los elementos.

Módulo de elasticidad

Como sucede con otros materiales, el concreto es elástico hasta cierto grado, se dice que un material es perfectamente elástico cuando las deformaciones aparecen y desaparecen inmediatamente al aplicar o quitar los esfuerzos. No obstante, cuando el concreto se sujeta a cargas sostenidas, la deformación aumenta por lo que el concreto presenta fluencia.

Existen relaciones entre esfuerzo-deformación y módulo de elasticidad, con apreciaciones demasiado técnicas respecto a las curvas esfuerzo-deformación para el concreto cargado a compresión o a tensión.

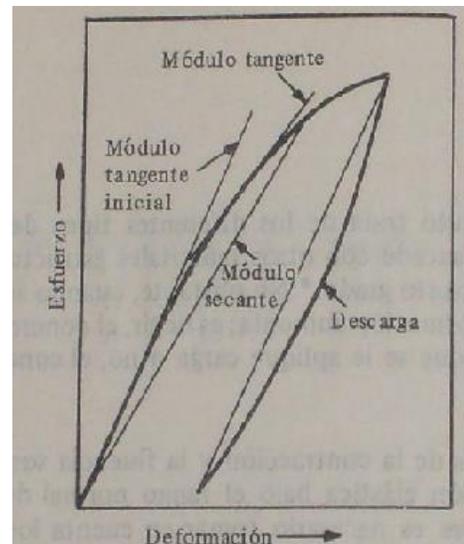


Figura 1. Curva elástica esfuerzo deformación para el concreto.

El término módulo de elasticidad se refiere a la parte recta del gráfico de esfuerzo-deformación, o sea la relación permisible entre esfuerzo y deformación para volver a su estado inicial una vez se descargue el elemento y es una de las características más usadas para describir las características de un material.

El módulo de elasticidad puede ser medido para esfuerzos en compresión o en tensión y es frecuentemente referido como el módulo de elasticidad de Young.

Este apartado se va a limitar a describir la relación entre módulo de elasticidad y la resistencia del concreto a diferentes edades.

Es importante ver cómo se comportan los dos componentes del concreto, la pasta y el agregado, cuando se ensayan individualmente, muestran una relación esfuerzo-deformación bastante lineal. La relación curva de una mezcla de concreto se debe a los microagrietamientos presentados entre las caras de las partículas de agregado y la pasta.

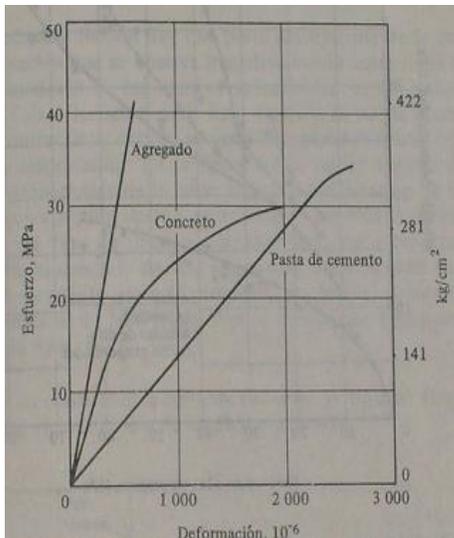


Figura 2. Relaciones esfuerzo-deformación para la pasta de cemento.

Esta relación depende asimismo de las proporciones de la mezcla (generalmente, los agregados tienen un módulo mayor que la pasta de cemento) y de la edad del espécimen: a mayor edad el módulo aumenta con más rapidez.

A continuación se muestra la variación de los módulos de elasticidad conforme aumenta la resistencia:

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (10 ⁵ kg/cm ²)
211	2.5
246	2.7
316	2.9
422	3.2
527	3.4
598	3.7

Tabla 5. Módulo de elasticidad de concretos de diferentes resistencias de acuerdo con el British Code of Practice CP 110:1972 para el uso estructural del concreto. Fuente: Tecnología del Concreto. A.M Neville.

Conforme aumente el módulo de elasticidad la pendiente en la parte elástica de la curva esfuerzo-deformación va a ser mayor, con eso se tiene que las deformaciones vana ser menores, sin embargo se recomienda llegar a la uniformidad para un mismo tipo de diseño, ya que las variaciones en resistencias para un mismo diseño, independientemente del motivo que sea, hacen que las deformaciones entre elementos sean diferentes, lo que es perjudicial para una estructura.

Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005

Esta norma tuvo su primera edición en el año 2000 y fue producto de la norma ISO/IEC 25 y de la Norma EN 45001, a las cuales reemplazó. Contiene todos los requisitos, desde un punto de vista administrativos, que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración si desean demostrar que tienen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados técnicamente válidos.

Objeto y campo de aplicación

Es aplicable a cualquier tipo de laboratorio que realice ensayos o calibraciones, incluyendo muestreos y que utilicen métodos normalizados, no normalizados y métodos propios del laboratorio.

Se aplica a cualquier organización, independientemente del número de personas empleadas por el laboratorio, o de la extensión de las actividades del mismo.

Si un laboratorio cumple con esta norma actuará bajo un sistema de gestión de la calidad para sus actividades de ensayo o de calibración.

Requisitos

La norma tiene muchos requisitos relacionados con la gestión y también técnicos, sin embargo, a continuación se mencionan los más importantes.

- El laboratorio deberá ser parte de una entidad legal.
- El laboratorio desarrollará sus actividades de modo que satisfagan los requerimientos de esta norma.
- Cubre las actividades dentro y fuera de las instalaciones fijas del laboratorio.
- Personal directivo y técnico de alta calidad.
- Proveer supervisión al personal.
- Tener un miembro del personal responsable de la calidad.
- Establecer un sistema de gestión al alcance de sus actividades.
- Documentar políticas para asegurar la calidad de los resultados.

- Manual o instructivo de la calidad.
- Controlar los documentos, formularios, registros electrónicos, etc.
- Aprobar los documentos por el personal directivo.
- Si se subcontrata un ensayo, por el motivo que sea, el subcontratado deberá demostrar que es competente, por ejemplo, siendo certificado con esta norma.
- Mejorar continuamente.
- Analizar las causas de errores.
- Tomar acciones preventivas, acciones pro-activas para la mejora del laboratorio.
- Auditorías internas.
- Revisiones por la dirección, al menos una cada 12 meses.
- Instalaciones y condiciones adecuadas para el tipo de ensayo o tipos de ensayos que se quieran certificar con esta norma.
- El laboratorio debe estar provisto de todos los equipos necesarios.
- Documentar software desarrollados por personal del laboratorio además del resto de documentos.
- Todos los equipos deberán ser calibrados.
- Se podrá hacer uso de comparaciones interlaboratorios que permitan el aseguramiento de la calidad.
- Los informes deben ser claros, exactos, objetivos y no ambiguos.

Para observar más requisitos se puede referir a la norma misma.

En Costa Rica la entidad encargada de estas certificaciones es el ECA (Ente Costarricense de Acreditación).

Para aspirar a esta acreditación se debe seguir un procedimiento que se adjunta en el anexo I.

Proceso de acreditación

Antes de la solicitud de la evaluación ante el ECA, la organización deberá someterse a auditorías internas a todo su sistema de gestión y a la revisión del sistema en general por parte de

la dirección. Posteriormente se deberá presentar la solicitud de acreditación firmada por el representante legal de la organización la cual será revisada por la secretaría de acreditación y determinará si la solicitud está o no completa. En el caso de que la solicitud no esté completa la organización tendrá sólo una oportunidad para subsanar las deficiencias en un plazo de diez días hábiles. Una vez se hayan corregido los errores o deficiencias la secretaría procederá con el estudio de admisibilidad técnica, por parte de un comité asesor de el ECA para revisar la disponibilidad de recursos de acuerdo al alcance de los servicios de acreditación que da el ECA, esto conjunto a la cotización o costo de la evaluación y al nombramiento del tribunal evaluador.

El organismo deberá presentar una carta de aceptación y el comprobante del pago inicial para proceder con las evaluaciones de documentos e in situ, y se harán de acuerdo al procedimiento ECA-MC-P13.

Luego de las evaluaciones el comité asesor deberá presentar la aprobación o no de la acreditación a la secretaría de acreditación la cual comunicará al organismo y solicitará el pago final para efectos de otorgar el certificado por parte de la gestoría de calidad que indica el compromiso y alcance de la acreditación el cual deberá ir firmado y autenticado por la gerencia del Ente Costarricense de Acreditación.

Por último la aprobación de la acreditación deberá ser registrada y publicada. El organismo podrá renunciar a la acreditación por medio de un comunicado por escrito y la misma podrá ser suspendida por parte del ECA por el incumplimiento de obligaciones descritas en el documento ECA-MC-P16.

Metodología

El proceso para obtener la acreditación varía según sea el tipo de ensayo y el tipo de empresa aspirante a la misma, sin embargo en general, se tiene que el aspirante deberá comprender totalmente el concepto de calidad que la norma solicita que se implante y apegarse a las disposiciones de la misma para llegar al cumplimiento de ésta.

Los pasos seguidos para la verificación de la aptitud de los ensayos que se realizan en el laboratorio para aspirar a esta acreditación serán descritos a continuación:

Recopilación de datos y revisión bibliográfica: Es mucha la información que se debió manejar y por motivos de tiempo no se pudo llegar a analizar toda para comprenderla totalmente y poder hacerle frente a la autoevaluación previa a presentar la solicitud de acreditación ante el ECA (Ente Costarricense de Acreditación). Existe gran cantidad de información sobre el tema, además de empresas y profesionales que pueden dar asesoría, para comprender la norma y posteriormente a la revisión del cumplimiento o no de los requisitos establecidos.

Obtención de la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005: aunque parezca obvio, la obtención de la norma fue un paso indispensable, además de esta norma se debió contar con todas las especificaciones correspondientes a la realización de los ensayos, ya sean las indicaciones de la ASTM o el ACI o por cualquier otra institución concerniente, la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005, las especificaciones de los ensayos se obtuvieron de la base de datos de la empresa, tanto por información propia de la misma como personal que maneja el técnico encargado del laboratorio, Andrés Rojas Zamora.

Formación de un equipo y definición de la estrategia: Se habla de la formación de un equipo más allá del estudiante, profesor guía y visor de la empresa, por ejemplo, se necesitó que la dirección de la empresa estuviera dispuesta e involucrada en la evaluación de la factibilidad de

obtención de la norma y del análisis de la calidad del producto que ellos ofrecen.

Auto-capacitación: Se habla de este término para hacer notar la necesidad de que la norma y especialmente los ensayos debieron ser comprendidos en su totalidad. A partir de de la comprensión de las especificaciones de la norma se procedió con el estudio de las especificaciones de los ensayos y realización de los mismos, una vez asimilada toda esta información se procedió con el análisis y planteamientos para los diferentes formularios para la recolección de datos en los ensayos y muestreos, mediante la mejora de los existentes.

Conocimiento de los requisitos de la norma por parte de los involucrados: en este paso es importante la auto-capacitación, ya que sólo así es posible hacer que los demás involucrados en el proceso conocieran cómo se iba a proceder en lo que se estaba realizando y qué se pretendía con el desarrollo de la práctica de especialidad.

Evaluación de los ensayos: La evaluación de los ensayos se dio en el momento en que todos los involucrados manejaban la información. Se hizo de acuerdo con los requisitos de la norma, mediante comparación de lo que se hacía con lo que se debía estar haciendo, se verificó la confiabilidad de los ensayos mediante comparaciones entre los mismos ensayos a nivel interno.

Elaboración de los instructivos de los sistemas de gestión: una vez identificados los aspectos positivos y negativos en el nivel interno sobre lo que se hace en el laboratorio, se procedió con la etapa para llegar a estandarizar los procedimientos para que el desarrollo de los ensayos cumpla con los requisitos de documentación de los procedimientos de los métodos normalizados, no normalizados y propios del laboratorio que se especifican en la norma. Estos instructivos son aplicables a los ensayos mencionados en los objetivos y corresponden a las características del laboratorio,

esto para facilitar el manejo de los mismos por parte de terceros que estén en capacidad de hacer uso del laboratorio.

Una vez realizado lo anterior se inició la complementación de la base de datos y la evaluación de la calidad del concreto por medio de los resultados obtenidos en los ensayos, esto fue corroborar que se está produciendo concreto con resistencias reales a la compresión, contenidas dentro del rango esperado en el diseño. Para identificar posibles causas que estén haciendo que no se tenga un porcentaje de adecuado de cumplimiento en las características requeridas de la producción de concreto premezclado.

Documentación: El cumplimiento de los aspectos que señala la norma será evaluado por la Entidad Costarricense de Acreditación. Antes de solicitar la evaluación el laboratorio deberá someterse a la conclusión de la auditoria interna respecto al sistema de gestión y a la revisión de todo el sistema por parte de la dirección. A partir de esto el laboratorio será visto como un Organismo de Evaluación de la Conformidad.

Esta etapa se refiere, además de la elaboración de los instructivos, a la identificación de cuáles otros documentos tienen que ser desarrollados y cuáles otros ya los tiene la empresa.

Se pretende con los anteriores instructivos y formularios optimizar la realización de los ensayos, así, cuando se tenga métodos adecuados se debe hacer el análisis de la factibilidad para que el laboratorio solicite ante el ECA la evaluación de los ensayos, además de esto se midió la posibilidad de realizar más ensayos en el laboratorio con la maquinaria y el personal con que cuenta en el momento, lo cual arrojó que el laboratorio está en su máxima capacidad de realización de ensayos, si puede cumplir con la realización de más repeticiones en los ensayos.

Siempre es factible aspirar a una acreditación de este tipo, la cual traería beneficios para los intereses de la empresa, sin embargo, esta depende directamente de si la empresa estará dispuesta a realizar la inversión económica que una evaluación requiere además de la inversión a posteriori si se quisiera seguir teniendo la acreditación de los ensayos que se evalúen.

.El control de lo anterior se hizo a través de consultas al profesional responsable por parte de la empresa y a reuniones y presentación de avances de trabajo con el profesor guía ing. Eduardo Barquero Solano.

La parte de recolecta de información fue una actividad paralela al inicio de la Práctica Profesional Dirigida, esto porque se pretendía recopilar y analizar la información mientras se realizan otras tareas como toma de muestras reuniones con personas experimentadas.

Resultados

Los resultados se obtuvieron de acuerdo con lo descrito en la metodología, los reportes de resistencia se hicieron en su mayoría para concreto de 210kg/m^3 , durante tres meses, julio, agosto y setiembre.

También se incluye los datos de consumo de materia prima para la producción de julio y agosto.

Todos los cuadros y gráficos se realizaron con MS Excel 2007.

Se destaca que todos los datos que se toman en cuenta aquí son una parte de la base de datos con la que cuenta la empresa, no se

consumos de materia prima por que se extendería demasiado la parte de resultados, ni tampoco es preciso incluir todos los reportes de resistencias, se hace una síntesis que permita el adecuado análisis de las situaciones en cuanto a la calidad del concreto que se presentaron a lo largo del desarrollo de la práctica de especialidad.

A continuación se presenta la información de las resistencias correspondiente al mes de julio.

Todos los cuadros y gráficos presentados

Cuadro 1. Comportamiento de las muestras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, julio 2007.

Edad	7días	14días	28días
Resistencia Promedio(kg/cm^2)	144	183	220
Resistencia Requerida(kg/cm^2)			210
Cantidad de muestras	44	44	88
Cantidad de muestras con resistencia superior al promedio	25	22	45
Cantidad de muestras con resistencia inferior al promedio	19	22	50
Porcentaje inferior al promedio (%)	43,18	50,00	56,82
Cantidad de muestras con resistencia inferior a la requerida			43
Porcentaje inferior a la resistencia requerida (%)			48,86
Resistencia Máxima(kg/cm^2)	220	269	348
Resistencia Mínima(kg/cm^2)	96	123	124
Desviación Estándar	32,87	33,35	44,64

pueden incluir, por ejemplo, todos los reportes de

son resultado de la realización de los ensayos, en su totalidad son de autoría propia.

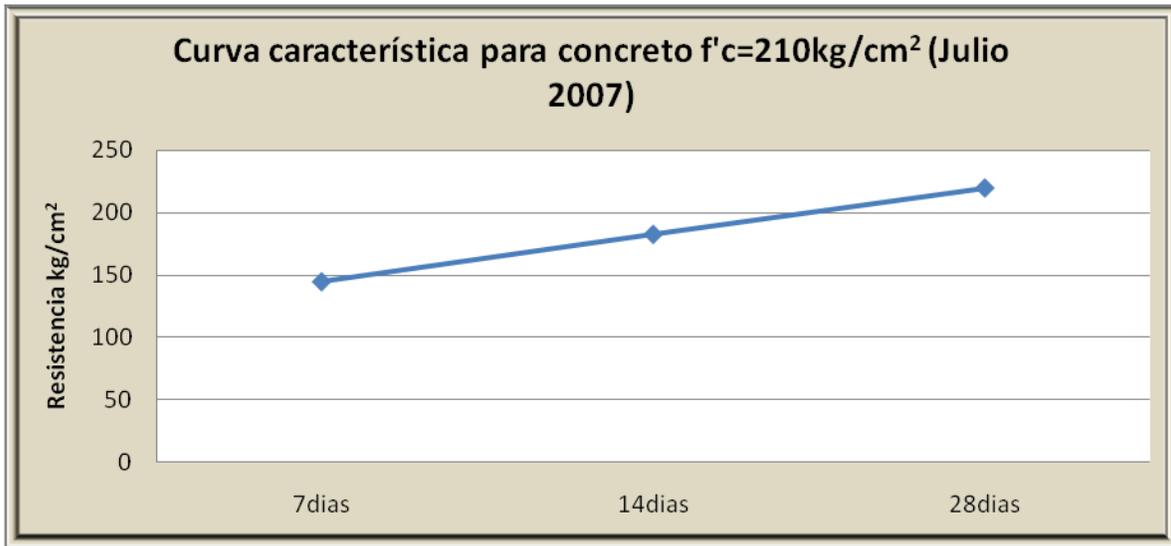


Figura 3. Curva característica de las muestras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, julio2007.

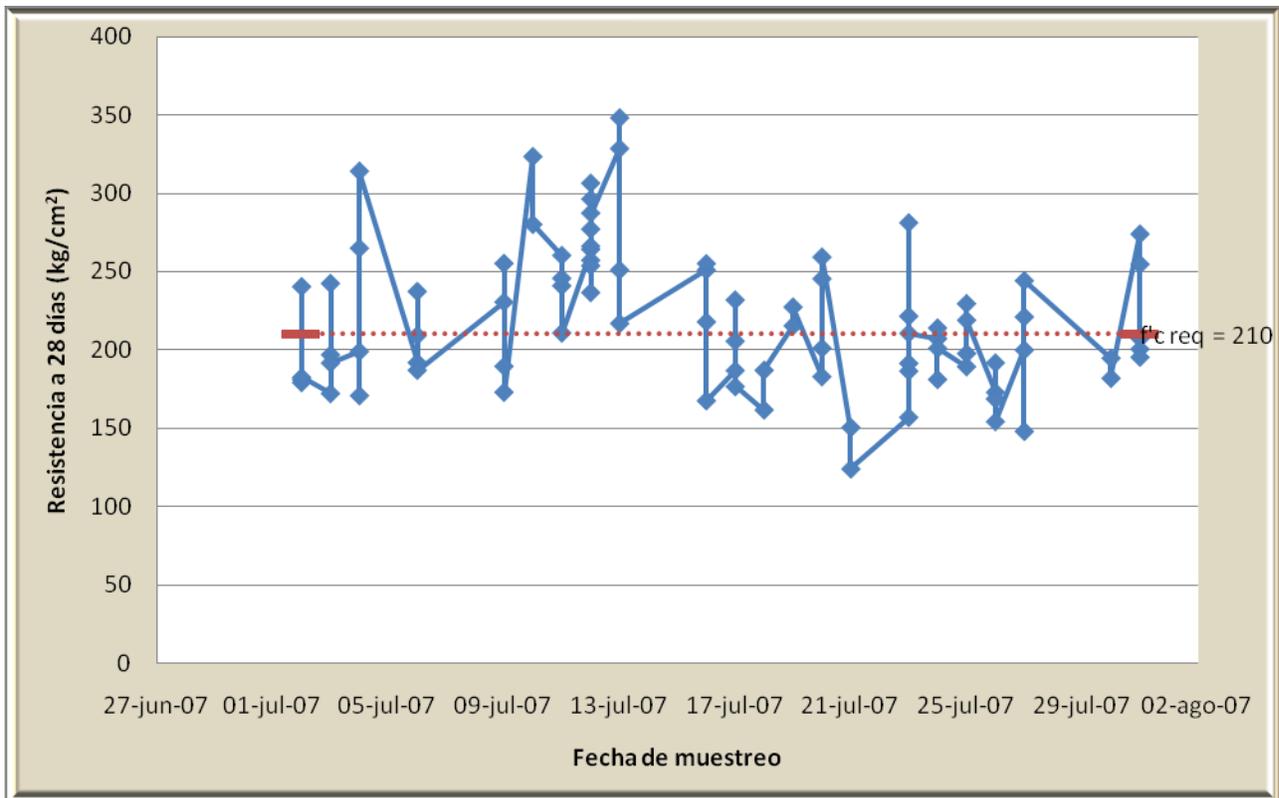


Figura 4. Dispersión de resistencia a los 28 días, concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, julio2007.

Observaciones:

- La resistencia promedio correspondió a 220 kg/cm², lo cual indica que se tuvo un factor de seguridad de apenas 10 kg/cm² ó un factor equivalente a 1,05 veces la resistencia requerida.
- Se realizaron 44 muestreos para un total de 25 días hábiles, o sea, un aproximado de 7 muestreos cada 4 días.

de 210 kg/cm² equivale a 184 kg/cm² mientras que el promedio de las muestras con resistencia superior a la requerida es de 255 kg/cm².

- El promedio de la resistencia a los 7 días(144 kg/cm²) es un 69% de la resistencia solicitada a 28 días, y el promedio de la resistencia a los 14

Cuadro 2. Comportamiento de las muestras de concreto f'c=245kg/cm², julio2007.

Edad	7días	14días	28días
Resistencia Promedio(kg/cm ²)	143	158	211
Resistencia Requerida(kg/cm ²)			245
Cantidad de muestras	4	4	8
Cantidad de muestras con resistencia superior al promedio	1	1	3
Cantidad de muestras con resistencia inferior al promedio	3	3	5
Porcentaje inferior al promedio (%)	75,00	75,00	62,50
Cantidad de muestras con resistencia inferior a la requerida			5
Porcentaje inferior a la resistencia requerida (%)			62,50
Resistencia Máxima(kg/cm ²)	179	199	274
Resistencia Mínima(kg/cm ²)	113	125	156
Desviación Estándar	27,21	30,61	46,45

- El promedio de resistencia a los 28 días

días(183 kg/cm²) es un 87%.

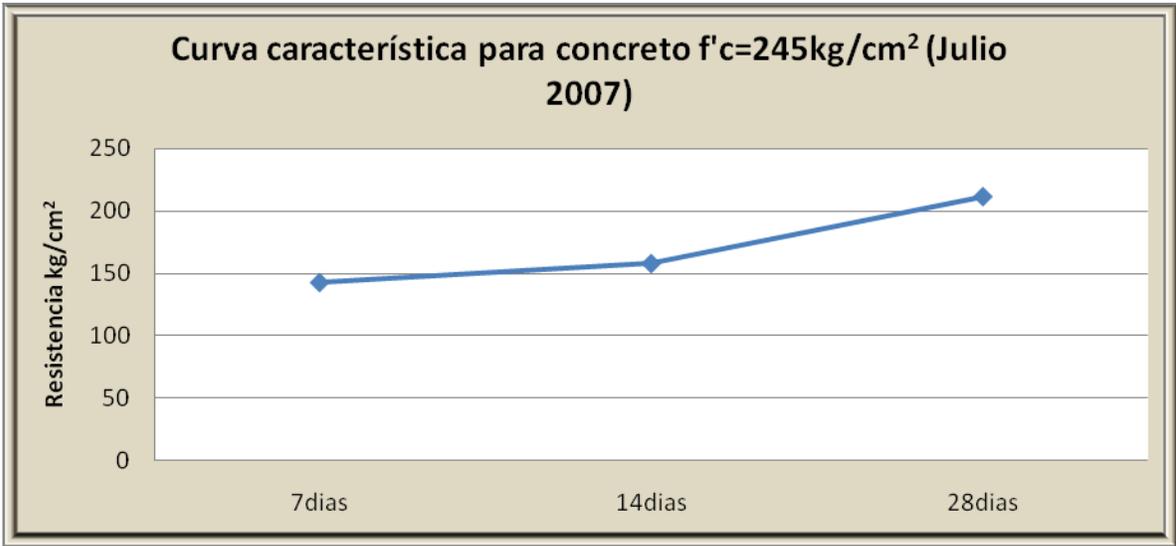


Figura 5. Curva característica de las muestras de concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$, julio2007

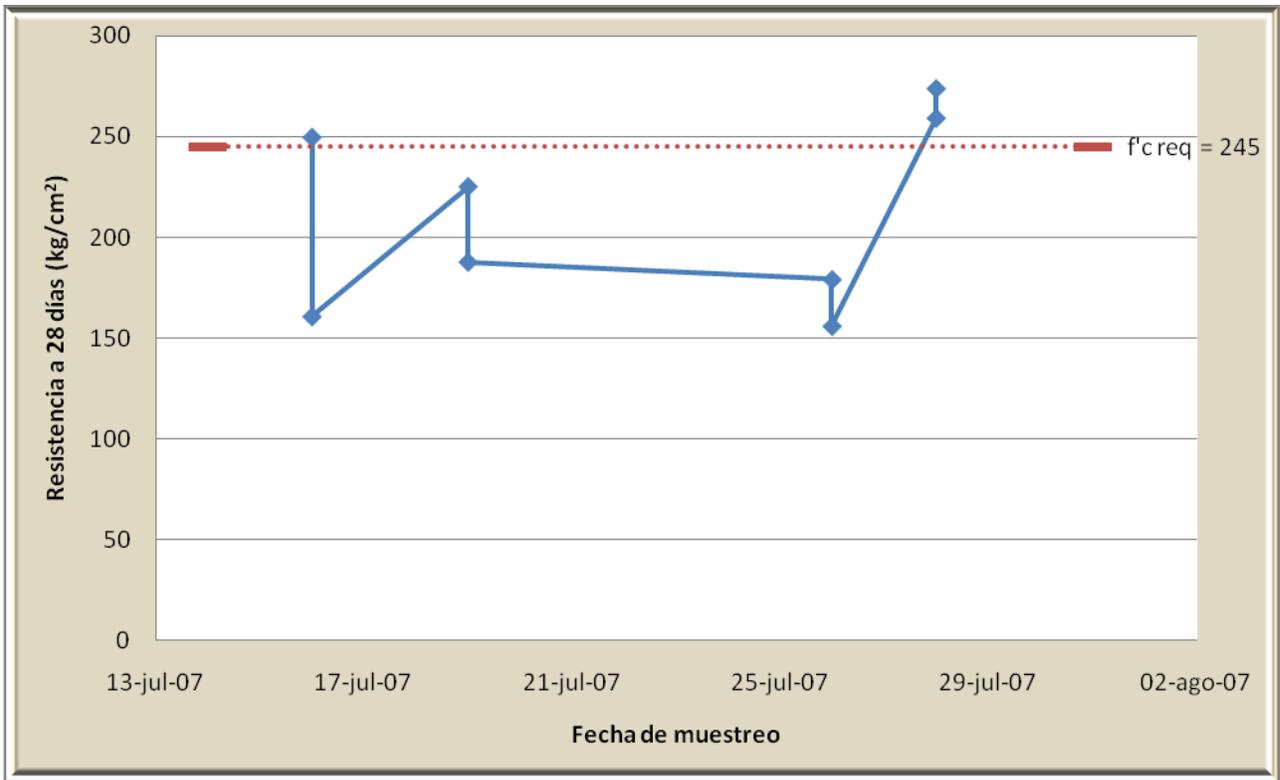


Figura 6. Dispersión de resistencia a los 28 días, concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$, julio2007.

Observaciones:

- La resistencia promedio correspondió a 211 kg/cm², incluso inferior a la resistencia promedio del concreto f'c=210 kg/cm².
- Se realizaron 4 muestreos para un total de 25 días hábiles, para los que se fallaron 8 cilindros a 28 días de edad de

los cuales solamente 3 alcanzaron la resistencia requerida.

- Las resistencias promedio a 7 y 14 días de edad también fueron inferiores a las resistencias promedio de las muestras de concreto f'c=210 kg/cm².
- La resistencia sufre un incremento importante entre la edad de 14 y 28 días.

Cuadro 3. Comportamiento de las muestras de concreto f'c=280kg/cm², julio2007.

Edad	7días	14días	28días
Resistencia Promedio(kg/cm ²)	179	212	256
Resistencia Requerida(kg/cm ²)			280
Cantidad de muestras	11	11	22
Cantidad de muestras con resistencia superior al promedio	6	6	13
Cantidad de muestras con resistencia inferior al promedio	5	5	9
Porcentaje inferior al promedio (%)	45,45	45,45	40,91
Cantidad de muestras con resistencia inferior a la requerida			15
Porcentaje inferior a la resistencia requerida (%)			68,18
Resistencia Máxima(kg/cm ²)	275	351	428
Resistencia Mínima(kg/cm ²)	105	125	93
Desviación Estándar	51,85	62,68	76,79

Cuadro 4. Comportamiento de las muestras de concreto $f'c=420\text{kg/cm}^2$, julio2007.

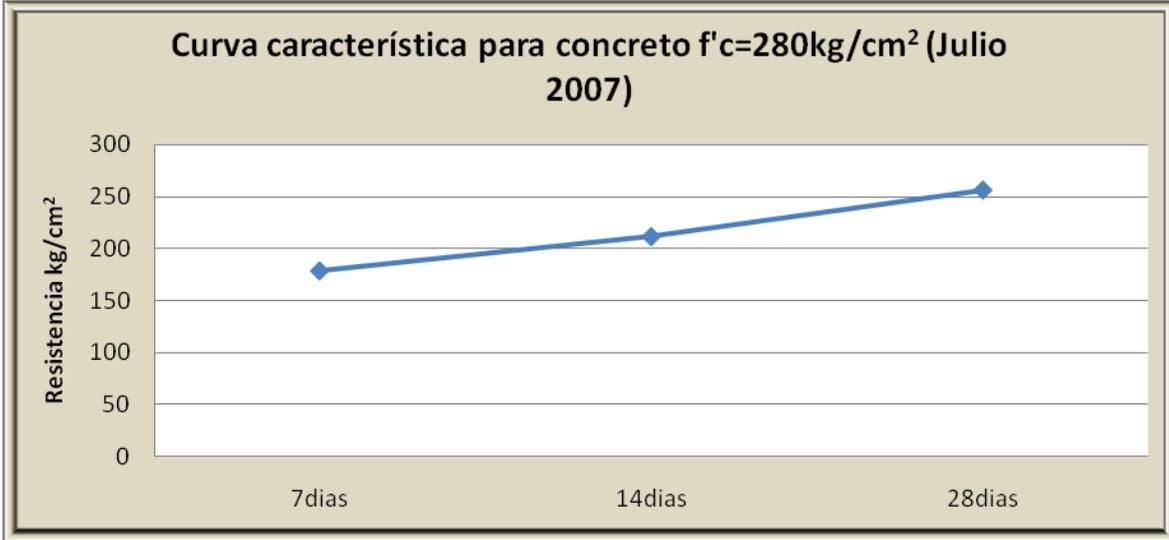


Figura 7. Curva característica de las muestras de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, julio2007

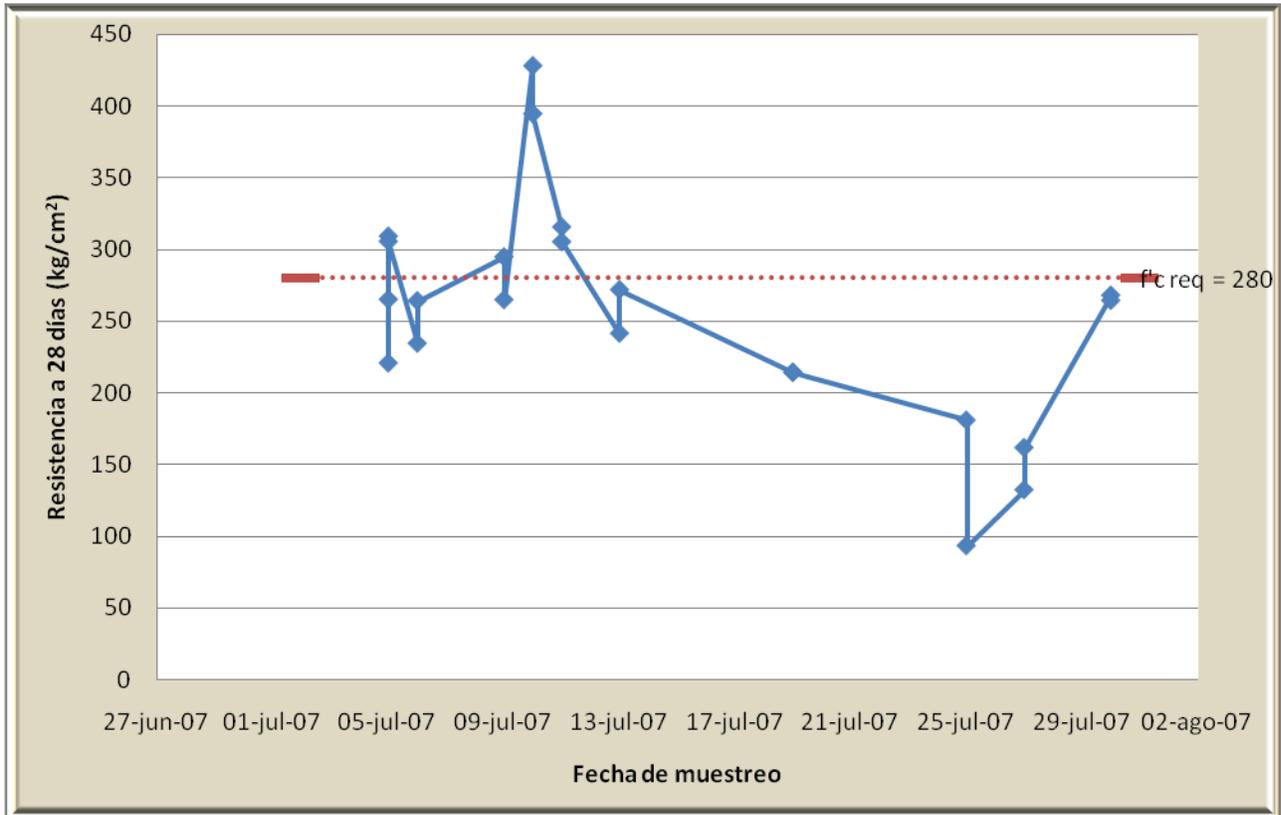


Figura 8. Dispersión de resistencia a los 28 días, concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, julio2007.

Observaciones:

- La resistencia promedio correspondió a 256 kg/cm^2 , más alta que las resistencias anteriores pero por debajo de la requerida.

Edad	7días	14días	28días
Resistencia Promedio(kg/cm ²)	305	387	380
Resistencia Requerida(kg/cm ²)			420
Cantidad de muestras	3	3	6
Cantidad de muestras con resistencia superior al promedio	1	2	3
Cantidad de muestras con resistencia inferior al promedio	2	1	3
Porcentaje inferior al promedio (%)	66,67	33,33	50,00
Cantidad de muestras con resistencia inferior a la requerida			4
Porcentaje inferior a la resistencia requerida (%)			66,67
Resistencia Máxima(kg/cm ²)	381	426	462
Resistencia Mínima(kg/cm ²)	259	316	298
Desviación Estándar	66,42	61,69	71,44

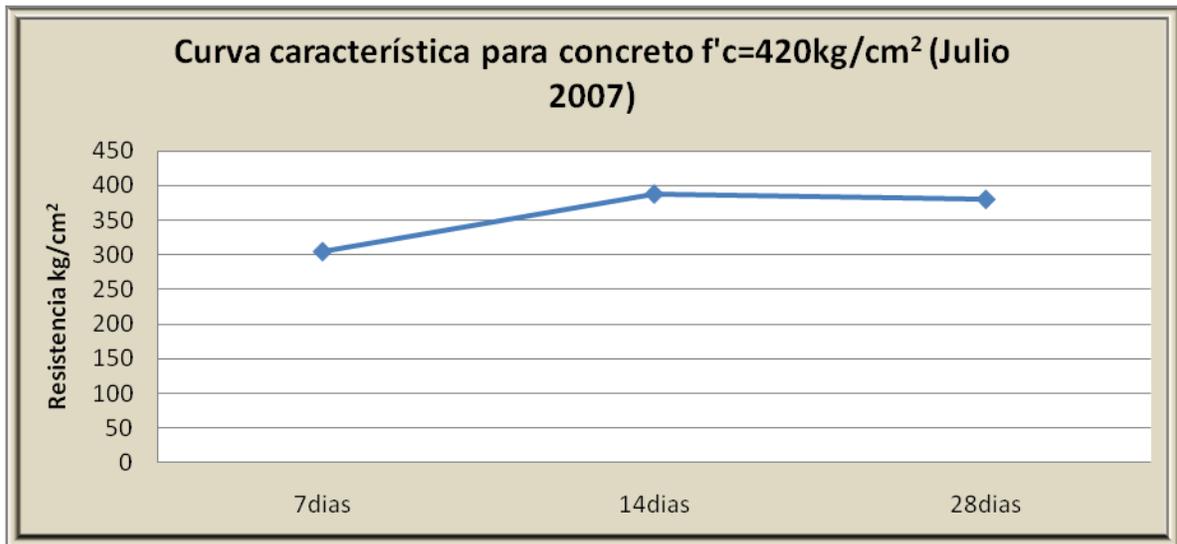


Figura 9. Curva característica de las muestras de concreto f'c=420kg/cm², julio2007

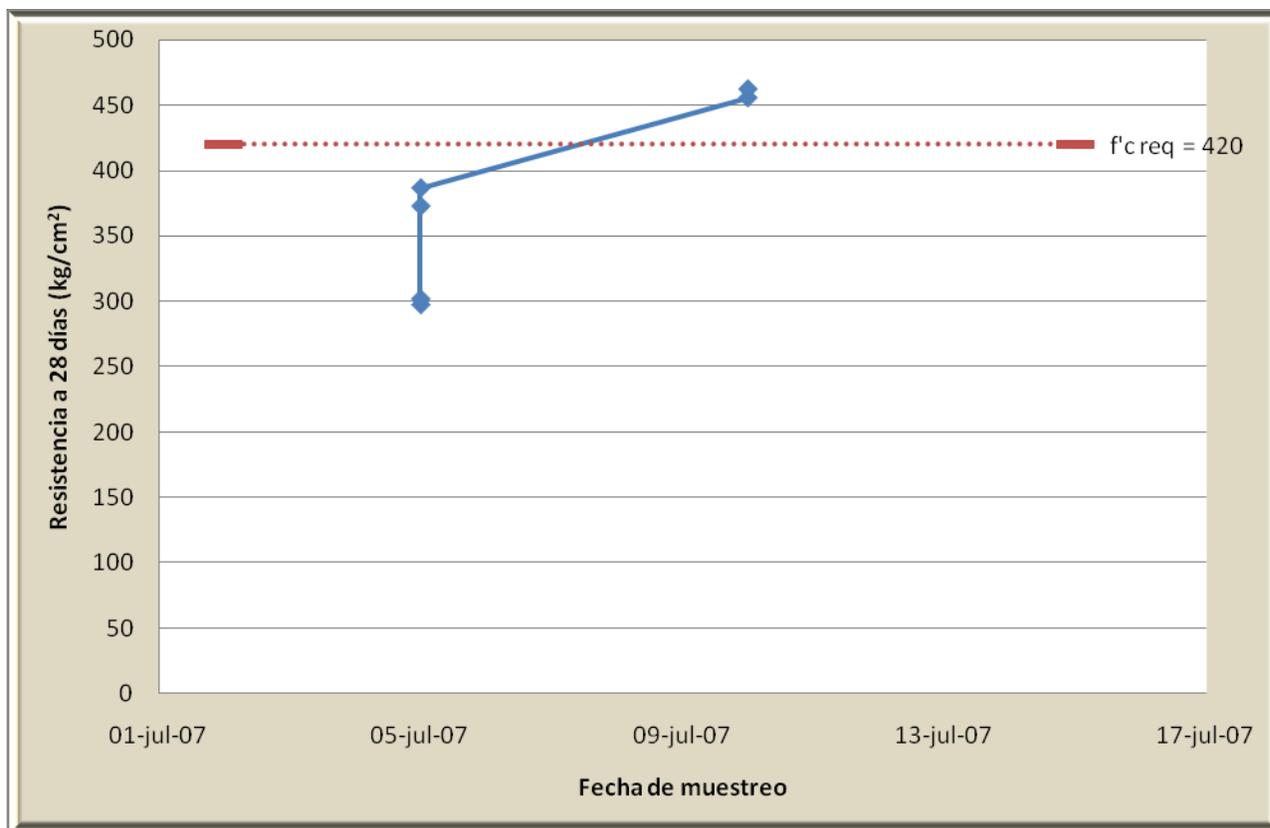


Figura 10. Dispersión de resistencia a los 28 días, concreto $f'c=420\text{kg/cm}^2$, julio2007

Observaciones:

- La resistencia promedio correspondió a 380 kg/cm^2 , pero se observa una disminución en el promedio de las resistencias con respecto a las fallas realizadas a la edad de 14 días.
- Se realizaron 3 muestreos para un total de 25 días hábiles, que es una baja cantidad, se presume que la variación presentada se debe al bajo número de muestras

Cuadro 5. Consumos de materia prima para muestras con mejor y peor resistencia, julio.

Cliente	Consumos					
	Piedra 4ta (kg/m ³)	Arena industrial (Guapiles) (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Cemento (kg/m ³)	Agua (kg/m ³)	Rel a/c
Agrícola potrerillo	752,14	358,83	792,23	304,27	123,69	0,406513951
Alejandro Cob	753,83	357	793,66	302,17	111,17	0,367905484
Cía Acero Cofala	755,29	357,06	793,52	302,35	132,94	0,439689102
Elca Zeledón	781,81	503,18	503,18	302,27	142,72	0,472160651

Cuadro 6. Complemento cuadro 5.					
Cliente	m ³ vendidos	Muestreos	Fecha	Revenimiento (cm)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
Agrícola potrerillo	51,5	1	12-jul	17	291,5
Alejandro Cob	30	1	13-jul	16	338
Cía Acero Cofala	8,5	1	21-jul	18	137,5
Elca Zeledón	11	1	26-jul	15	161,5

A continuación se presenta los datos correspondientes a las resistencias para el mes de agosto.

Cuadro 7. Comportamiento de las muestras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, Agosto 2007.			
Edad	7dias	14dias	28dias
Resistencia Promedio(kg/cm ²)	211	243	288
Resistencia Requerida(kg/cm ²)			210
Cantidad de muestras	43	43	86
Cantidad de muestras con resistencia superior al promedio	25	19	46
Cantidad de muestras con resistencia inferior al promedio	18	24	40
Porcentaje inferior al promedio (%)	41,86	55,81	46,51
Cantidad de muestras con resistencia inferior a la requerida			7
Porcentaje inferior a la resistencia requerida (%)			8,14
Resistencia Máxima(kg/cm ²)	384	390	458
Resistencia Mínima(kg/cm ²)	80	132	125
Desviación Estándar	55,20	54,10	61,87

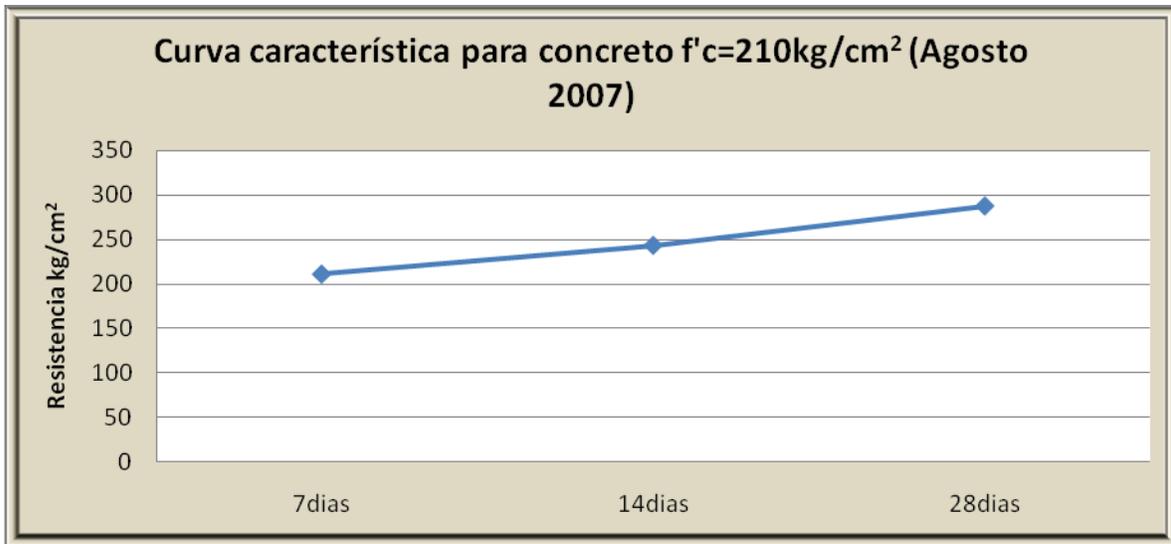


Figura 11. Curva característica de las muestras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, agosto 2007

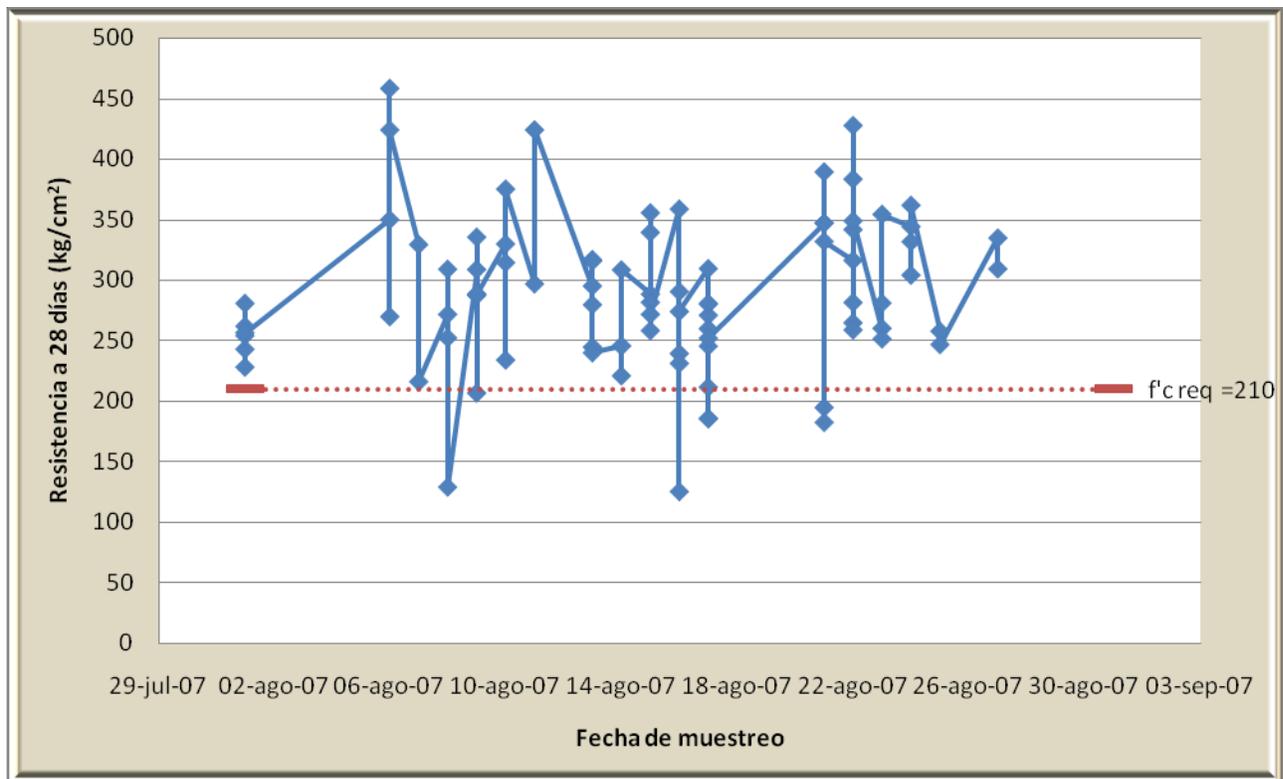


Figura 12. Dispersión de resistencia a los 28 días, concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, agosto 2007

Observaciones:

- La resistencia promedio correspondió a 288 kg/cm², superior a la resistencia promedio del mes de julio.
- Se realizaron 86 muestreos para un total de 25 días hábiles, para un aproximado de 7 muestreos cada 2 días.
- Las resistencias promedio a 7 y 14 días de edad también fueron superiores a las resistencias promedio de las muestras de concreto del mes de julio.
- a resistencia sufre un incremento importante entre la edad de 0 a 7 y no aumentó tan aceleradamente entre las edades de 7 y 14 días como lo hizo en el mes de julio, para este mes la resistencia promedio a los 7 días correspondió a un 73%(69% para julio) de la resistencia promedio a los 28 días y para la edad de 14 días la resistencia promedio fue del 84%(87% en el mes de julio).
- ara 86 testigos fallados a la edad de 28 días únicamente 7 no alcanzaron la resistencia requerida.

L

P

Cuadro 8. Consumos de materia prima para muestras con mejor y peor resistencia, agosto.

Consumos						
Cliente	Piedra 4ta (kg/m ³)	Arena industrial (Guapiles) o quinta (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Cemento (kg/m ³)	Agua (kg/m ³)	Rel a/c
Municipalidad de San José	784,67	501,33	589,67	302	118,67	0,39294702
Proinsa	727,14	357,86	829,29	302,62	134,76	0,445310951
Gran Piedra	540,91	400,9	594,09	312,27	118,63	0,379895603
Victor Vega	555,62	331,25	954,38	310,94	106,25	0,341705795

Cuadro 9. Complemento cuadro 8.

Cliente	m ³ vendidos	Muestreos	Fecha	Revenimiento (cm)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
Municipalidad de San José	15	1	06-ago	17	436
Proinsa	21	1	17-ago	16	185
Gran Piedra	11	1	21-ago	15	188
Víctor Vega	16	1	24-ago	15	337

A continuación se presenta los datos correspondientes a las resistencias para el mes de setiembre.

Para este mes no se realizó prueba a los cilindros de 14 días de edad y sólo se evalúan las muestras tomadas hasta el 22 de setiembre.

Cuadro 10. Comportamiento de las muestras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, Setiembre 2007.		
Edad	7días	28días
Resistencia Promedio(kg/cm^2)	218	270
Resistencia Requerida(kg/cm^2)		210
Cantidad de muestras	32	96
Cantidad de muestras con resistencia superior al promedio	14	54
Cantidad de muestras con resistencia inferior al promedio	18	42
Porcentaje inferior al promedio (%)	56,25	43,75
Cantidad de muestras con resistencia inferior a la requerida		7
Porcentaje inferior a la resistencia requerida (%)		7,29
Resistencia Máxima(kg/cm^2)	343	351
Resistencia Mínima(kg/cm^2)	149	164
Desviación Estándar	40,00	42,00

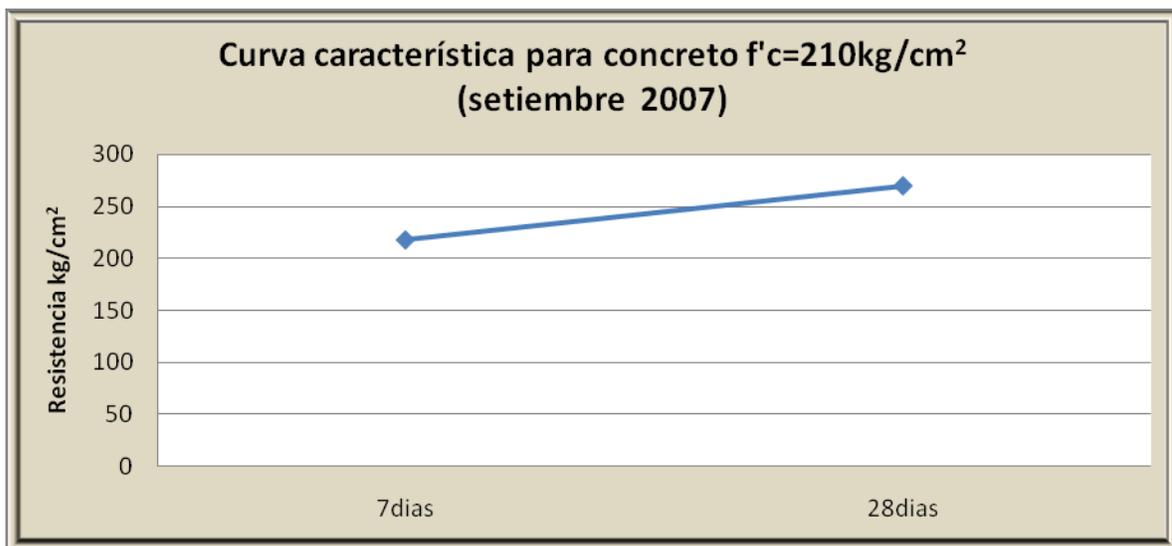


Figura 13. Curva característica de las muestras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, setiembre 2007

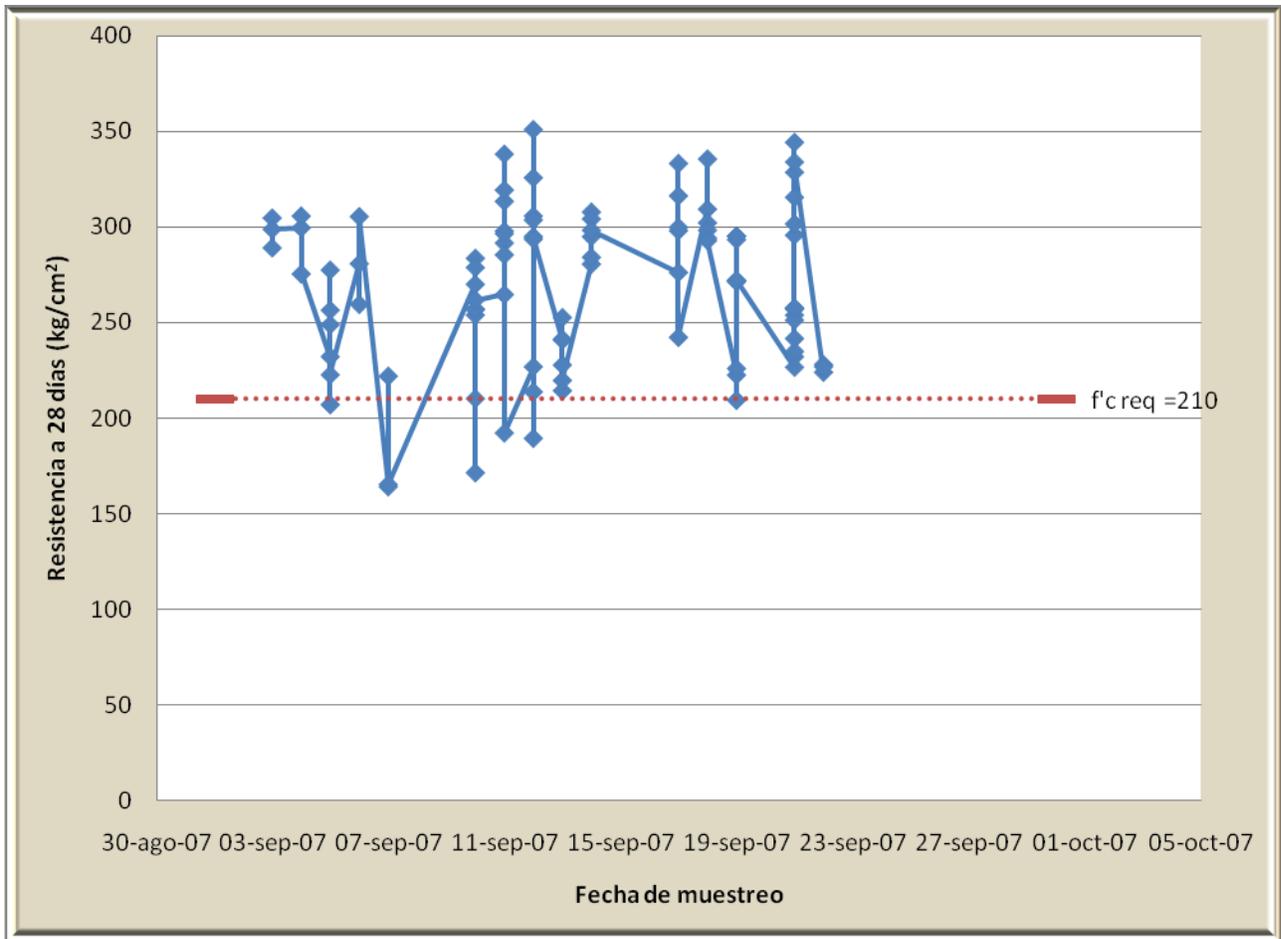


Figura 14. Dispersión de resistencia a los 28 días, concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$, setiembre 2007

Observaciones:

- La resistencia promedio correspondió a 270kg/cm^2 , con un factor de seguridad de 60 kg/cm^2 ó un factor equivalente a 1,28 veces la resistencia requerida.
- El promedio de la resistencia a los 7 días (218 kg/cm^2) es un 80% de la resistencia solicitada a 28 días.

Análisis de los resultados

Analizando las muestras hechas durante el mes de julio se tiene que:

- Se presenta una desviación estándar muy alta para las muestras falladas a los 28 días de edad, que según el ACI 318 se califica como aceptable, mientras que la presentada para las probetas falladas a 7 y 14 días se considera buena.
- Aunque se tiene un porcentaje alto de muestras con resistencia menor a la requerida, en el caso de concreto $f'c=210$ kg/cm², el promedio dice que su resistencia es aceptable, aunque estos datos hacen que la desviación estándar se incremente.
- Para los concretos 245 kg/cm², 280 kg/cm² y 420 kg/cm², se tiene que las resistencias promedio a los 28 días son inferiores a las resistencias esperadas. Una causante de esto fue que los cilindros se fallaron sin sus respectivos cabeceos o almohadillas de neopreno.
- La baja cantidad de muestras para concretos diferentes al $f'c=210$ kg/cm² hace que se presenten variaciones grandes, como en el caso del concreto de 420 kg/cm² que presenta una disminución en su resistencia conforme aumenta de su edad.
- Para el mes de julio se realizaron un total de 62 muestreos para un total de 25 días hábiles que corresponde a 5 muestreos cada 2 días.
- El revenimiento más común de los concretos $f'c=210$ kg/cm² es de 18 cm, presentado en 13 de los 44 muestreos de este concreto, seguido por 16 cm y 17 cm, que se presentaron en 10 muestreos cada uno, y el menor revenimiento presentado para este concreto fue de 9cm para una muestra.
- El promedio de resistencia para las muestras con 18cm de revenimiento fue de 211 kg/cm², mientras que para las muestras de 16 cm y 17 cm de revenimiento fue de 217 kg/cm² y 229 kg/cm², respectivamente.
- Para 26 cilindros de concreto de $f'c=210$ kg/cm² con 18 cm de revenimiento fallados a los 28 días se tiene que 14 de ellos estuvieron por debajo de la resistencia requerida, por otro lado para los cilindros con 16cm y 17 cm de revenimiento se tuvo que 12 muestras y 7 muestras, respectivamente, estuvieron por debajo de la resistencia requerida.
- El promedio de resistencia más alto lo presentan las muestras con revenimiento de 15cm (7 en el mes) con una resistencia promedio de 230 kg/cm².
- De igual manera para la segunda población más grande de muestras ($f'c=280$ kg/cm²) el revenimiento más común fue el de 18 cm y 16cm, en este caso se presentaron revenimientos de hasta 19cm para una muestra.
- Se realizaron 3 muestreos para concreto 280 kg/cm² con 18 cm y 16 cm de revenimiento (3 muestreos para cada caso) los cuales presentaron una resistencia promedio de 219 kg/cm² y 278 kg/cm², respectivamente.
- De estos 3 muestreos se fallaron 6 cilindros, para cada caso, a 28 días con

únicamente 2 de cada tipo superando la resistencia requerida.

Respecto a los consumos de materia prima se tiene que:

- De las cuatro muestras analizadas dos fueron las que presentaron resistencia a la compresión y dos la menor resistencia de todas las probetas falladas durante el mes de julio.
- Los consumos de agregado son similares en todos los casos, al ver esta variación se asume que se está cumpliendo con la tolerancia de dosificación mencionada en capítulos anteriores.
- Las muestras con menor relación agua/cemento dan las mayores resistencias promedio a la edad de 28 días.
- Si se ve el compara el concreto del cliente Alejandro Cob con el concreto de Compañía Acero Cofala se observa que una variación en el contenido de agua del orden de 22 litros por metro cúbico, aproximadamente, ello implica una variación de más de 200 kg/cm² en la resistencia promedio, ahora, si nos referimos a la tabla 5 vemos una variación de $0,4 \times 10^5$ kg/cm² en el módulo de elasticidad, variación considerable a la hora del diseño de elementos de concreto por efectos de la deformación que se pueda presentar.

Para las muestras de agosto se tiene:

- Se presenta una desviación estándar muy alta para las muestras falladas a los 28 días de edad, para el ACI 318 no es una desviación aceptable.
- Se disminuyó considerablemente el número de muestras con resistencia menor a la requerida.
- Para los concretos 245 kg/cm² y 280 kg/cm² no se hace análisis ya que las

muestras correspondieron a únicamente 3 y 7 respectivamente.

- Se realizó 1 muestreo más que en el mes de julio.
- El revenimiento más común de los concretos $f'c=210$ kg/cm² es de 16 cm, presentado en 16 de los 86 muestreos de este concreto, seguido por 15 cm que se presentó en 14 muestreos, y el menor revenimiento presentado para este concreto fue de 9cm para una muestra.
- El promedio de resistencia más alto lo presentan las muestras con revenimiento de 17cm (4 en el mes) con una resistencia promedio de 326 kg/cm².

Respecto a los consumos de materia prima:

- Las relaciones agua/cemento para estas cuatro muestras fueron más uniformes que para las muestras de julio, sin embargo la variación en la resistencia fue mayor, una razón fue el cambio en los agregados, se observa que al menos hasta el 17 de agosto se usó diseños que incluían arena industrial (2 muestras) y para fechas posteriores se utilizó piedra "quintilla" en sustitución de la arena industrial.
- La variación en la resistencia para las muestras que utilizaron arena industrial se debió a que, para el concreto de Proinsa, se disminuyó en casi 150 kg por metro cúbico la cantidad de arena industrial y se compensó con arena aumentando esta cantidad en casi 250 kg por metro cúbico.
- Para las muestras tomadas en fechas siguientes al 17 de agosto se observa que el consumo de cemento se aumento en un aproximado de 10kg por metro cúbico de concreto, esto se evidencia en la mejora en la resistencia promedio a final de mes.

Para el mes de setiembre se tiene que:

- La resistencia promedio fue inferior en 18kg/cm^2 a la resistencia promedio de agosto y superior a la resistencia promedio del mes de julio.
- Se realizaron 41 muestreos para un total de 18 días hábiles, con un aproximado de 7 muestreos cada 3 días.
- La resistencia sufre un incremento importante entre la edad de 0 a 7 días (80% de la resistencia promedio a 28 días) superior a lo que se presentó en los meses anteriores.
- Para 96 testigos fallados a la edad de 28 días únicamente 7 no alcanzaron la resistencia requerida.
- Se presenta una desviación estándar muy alta para las muestras falladas a los 28 días de edad, considerada como aceptable por el ACI-318.
- Para los concretos 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 no se hace análisis ya que las muestras correspondieron a únicamente 2 y 6 respectivamente.
- El revenimiento más común de los concretos $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ es de 15 cm, presentado en 15 de los 32 muestreos de este concreto, seguido por 16 cm que se presentó en 7 muestreos, y el menor revenimiento presentado para este concreto fue de 11cm para una muestra. Lo anterior muestra las mejoras en uniformidad de la producción de concreto.
- El promedio de resistencia más alto lo presentan las muestras con revenimiento de 16cm (7 en el mes) con una resistencia promedio de 295 kg/cm^2 .

En términos globales para los tres meses se tiene que:

El promedio de resistencia a la compresión para concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ fue de 259 kg/cm^2 , el cual es un promedio muy bueno, sin embargo la variación de resistencias es un aspecto que se debe enfrentar mediante una adecuada medición de la cantidad de agua que se le adiciona a la muestra, si se observa la información relacionada con los consumos de materia prima se puede intuir que esas variaciones se dan por esta razón pues las demás cantidades de los otros materiales mantienen una regularidad dentro de las tolerancias. Mientras que el agua presenta variaciones de más de 25% en algunos casos.

7 testigos presentaron una resistencia inferior a la requerida (la mayoría del mes de julio) para un promedio de resistencia de 183 kg/cm^2 .

Las muestras con revenimientos de 16cm y 18 cm fueron las que más testigos presentaron, un total de 73 cilindros con 16cm revenimiento y un promedio de resistencia de 266 kg/cm^2 . Para las muestras con 18 m de revenimiento se fallaron 32 cilindros (uno más que para los de 17cm de revenimiento) con una resistencia promedio de 219 kg/cm^2 .

Uno de los aspectos que influyó positivamente en la calidad del concreto, específicamente en el aumento de la resistencia fue el cambio de personal encargado de la dosificación en la planta, exactamente para la segunda mitad del mes de agosto, es para esas fechas que se hace notoria la mejoría.

En términos de cantidad de pruebas por cantidad de metros cúbicos se cumple con lo especificado en ACI 318, apartado

5.6.2, donde dice que se debe realizar al menos un muestreo cada 110m³ cúbicos que se produzcan, sin embargo debido a la falta de personal no se cumple con la otra parte de la especificación que se refiere a realizar al menos un muestreo diario.

Para el cumplimiento de los otros objetivos enfocados a la factibilidad de la obtención de la certificación INTE-ISO/IEC 17025:2005, se obtuvo como resultado 6 instructivos para certificar y documentar la gestión de calidad requerida, estos instructivos se presentan más adelante en los apéndices.

También se modificó los formularios con los que contaba el laboratorio en cuanto a registro, identificación y otras correcciones de menor grado como la colocación de unidades de medición correctas. Estos también se presentan más adelante en los apéndices.

Como medidas por tomar a futuro, respecto a la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005, para lograr alcanzar la acreditación en estos tres ensayos se debe:

- Generar políticas que aseguren la confidencialidad de información y derechos de propiedad que sean de interés, únicamente del personal técnico y director (punto 4.1.5.c).
- Nombrar sustitutos para el personal directivo clave (4.1.5.j).
- Declarar, desde la dirección, el tipo de servicio ofrecido por el laboratorio (4.2.2.b).
- Generar disponibles, los documentos pertinentes y autorizados, en los sitios

donde se lleven a cabo operaciones del laboratorio (4.3.2.2.a).

- Documentar cualquier cambio en los documentos (instructivos y formularios) (4.3.3)
- Verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos mencionados en el apartado 5 de la norma referidos a: Personal, Instalaciones y condiciones ambientales, Métodos de ensayo y validación de los mismos, Equipos y calibración, Muestreos e informes.
- Seguir el procedimiento de solicitud presentado en el anexo correspondiente.

Antes de presentar el documento de solicitud las auditorías internas a las que se hace énfasis deberán ser orientadas a verificar e indicar cuáles de los siguientes documentos y procedimientos documentados relativos a la gestión, requisitos contenidos en el documento ECA-MC-P13-F02 son necesarios para una evaluación satisfactoria del cumplimiento de la norma:

- Responsabilidades del personal clave.
- Plan anual de calidad, declaración de la política de la calidad, declaración de la dirección con respecto al tipo de servicio ofrecido por el laboratorio, propósito del sistema de gestión concerniente a la calidad, el personal relacionado con las actividades de ensayo debe familiarizarse con la documentación de la calidad e implementar políticas y procedimientos en su trabajo y el compromiso de la dirección del laboratorio con el cumplimiento de la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 y mejora continua del sistema de gestión
- Escribir la estructura de la documentación, a partir de lo existente se

- tomará como base los instructivos desarrollados, el manual de gestión de la calidad realizado por Andrés Rojas Zamora y la estructuración existente del personal, desde la dirección y responsable de la calidad hasta el personal encargado de las pruebas.
- controlar y revisar periódicamente la documentación de los procedimientos.
- aunque el laboratorio sea destinado para el análisis interno de la calidad del concreto producido por ellos, deberá documentarse los métodos de solicitud de ensayos, quejas, aclaraciones, acciones correctivas y acciones preventivas, salvaguardo y respaldo de registros para que estos procedimientos consten en documentación escrita.
- anual de políticas para mejora continua.
- periodos y procedimientos para auditorías internas y revisiones de la dirección.

Además se deberá definir requisitos en el aspecto técnico y con enfoque a la capacitación del personal como:

- políticas para identificar las necesidades de formación del personal.
- analizar los requisitos técnicos del personal y del laboratorio y las condiciones ambientales.
- corroborar la validez de los métodos descritos en los instructivos desarrollados y actualizaciones de los mismos.
- definir los procedimientos para la obtención de la incertidumbre de los ensayos que se realizan.
- valorar la forma de presentación la forma

de presentación de informes y la protección de datos.

- documentar las calibraciones de los equipos.
- asegurar la calidad de los ensayos mediante procesos estadísticos.

Estos requisitos por cumplir fueron tomados del documento señalado anteriormente, el cual es una lista para la evaluación documental que deberá ser completado por la dirección de la empresa, se divide en los puntos: 4. Requisitos relativos a la gestión y 5. Requisitos técnicos. El desarrollo de los instructivos y formularios para toma de datos permite cumplir con la documentación de los siguientes requisitos:

- 4 Métodos de ensayo y de calibración y validación de métodos.
- 7 Muestreo.
- 8 Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración.
- 10 Informe de los resultados.

El aporte de los instructivos es importante para iniciar un proceso de gestión de calidad que permita que sea factible aspirar a la certificación, siempre y cuando esto vaya de la mano con el compromiso de inversión económica que esto requiere, por ejemplo: el costo para la presentación de la solicitud ante el ECA asciende a \$400, además las evaluaciones documentales e in situ tienen un costo que establece la secretaría de acreditación al momento de ser nombrado el comité evaluador, de darse la aprobación el organismo solicitante deberá cancelar \$800 y para el mantenimiento de dicha acreditación deberá desembolsar \$600 anuales. Además de las inversiones que se deben hacer para mantener el proceso de mejora continua y capacitación de personal, entre otros.

“Difícil es llegar, pero más difícil aún mantenerse”.

Métodos de ensayo y de calibración y validación

Conclusiones

- Se desarrollaron seis instructivos de ensayo y cuatro formularios de toma de datos para los ensayos más importantes que se realizan en el laboratorio de la empresa Concretos Orosi S.A.
- Los instructivos describen métodos normalizados y propios del laboratorio, documentándolos y haciendo que se cumpla con una de las especificaciones de la norma.
- La obtención de la certificación no garantiza que el laboratorio continúe bajo los estándares de calidad, eso lo garantizan los planes de mejora continua y las auditorías realizadas en el nivel interno.
- La dirección deberá ser conciente e invertir en capacitación del personal, técnico y director, ya que de ello depende la calidad de sus productos.
- Las variaciones en las resistencias promedio de los cilindros se deben a variaciones en la dosificación y no a problemas de diseño de mezcla.
- La báscula para el agua deberá ser calibrada debido a que es con este material que se presentan las variaciones más grandes, fuera de las tolerancias admisibles.
- Se deberá controlar que no penetre agua al camión cuando éste es lavado y está mezclando concreto.
- De los cuatro formularios desarrollados tres fueron mejoras a formularios existentes.
- La empresa no contaba con instructivos para la realización de las pruebas, solamente contaba con uno muy general para la gestión de la calidad, el cual no se modificó.
- Se debe realizar mayor cantidad de pruebas diariamente y cumplir con la extracción de al menos una muestra por día en que se produce concreto.
- La producción asciende a más de 200m³ lo que indica que se debe realizar como mínimo 2 muestras.
- El revenimiento que se presenta con mayor frecuencia es el de 16cm, además, los concretos con este nivel de asentamiento son los que presentan uno

- de los mejores comportamientos respecto a resistencia a la compresión.
- El aumento en la resistencia del concreto aumenta el módulo de elasticidad del mismo por lo que se disminuyen posibles deformaciones.
 - La relación agua/cemento determina la resistencia del concreto.
 - Siempre es factible aspirar a una acreditación del tipo que se ha descrito a lo largo de este informe, sin embargo esto conlleva responsabilidades para seguir ostentando la misma. Con esto no se quiere decir que sea fácil llegar a ser acreditados, se quiere hacer ver que llegar a la aprobación por parte del ECA es el primer paso para establecer todo un sistema de calidad que permita mantener al laboratorio dentro de la acreditación de los ensayos.
 - El desarrollo de auditorías internas permitirá verificar la documentación existente y con base a lo descrito en el análisis corroborar la documentación faltante.
 - Se deberá complementar el Instructivo Gestión Laboratorio de Calidad con anexos como: Personal titular o actual en la dirección y parte técnica, personal suplente y espacios para actualizaciones y modificaciones.
 - Siempre y cuando se siga los procedimientos documentados se presume que las evaluaciones in situ serán aprobadas.
 - Se podrá solicitar una visita preliminar de carácter general antes de las evaluaciones.
 - Los puntos que se describen en el análisis son sólo los puntos generales con los que se debe cumplir, se recomienda verificar todo el paquete informativo disponible en la página electrónica del Ente Costarricense de Acreditación para analizar de manera detalla toda la información.
 - El proceso de acreditación lleva implícito una inversión económica alta, antes, durante y después de la certificación.
 - Para el laboratorio de Concretos Orosi S.A. es factible aspirar a la certificación INTE-ISO/IEC 17025:2005 por parte del ECA.

Apéndices

I. Instructivo de Ensayo Concretos Orosi. IECO-01.

Apéndices

II. Instructivo de Ensayo Concretos Orosi. IECO-01.1.

Apéndices

III. Instructivo de Ensayo Concretos Orosi. IECO-01.2.

Apéndices

IV. Instructivo de Ensayo Concretos Orosi. IECO-02.

Apéndices

V. Instructivo de Ensayo Concretos Orosi. IECO-03.

Apéndices

VI. Instructivo de Ensayo Concretos Orosi. IECO-04.

Apéndices

VII. Formulario Concretos Orosi. FCO-01.

Apéndices

VIII. Formulario Concretos Orosi. FCO-02

Apéndices

IX. Formulario Concretos Orosi. FCO-03.

Apéndices

X. Formulario Concretos Orosi. FCO-04.

Anexos

I. Procedimiento general de acreditación de concreto, página oficial ECA.

Anexos

II. Criterios generales para la evaluación y acreditación, página oficial ECA.

Referencias

- ACI 318S-05. 2005. **REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL Y COMENTARIO.** 120p.
- ASTM Comité C-9. 1978. **SIGNIFICANCE OF TESTS AND PROPERTIES OF CONCRETE AND CONCRETE-MAKING MATERIALS.** Special Technical publication, 10p.
- Beer Ferdinand, Johnston Rusell, DeWolf John. **MECÁNICA DE MATERIALES.** Editorial McGraw Hill, 2p
- A.M Neville. **TECNOLOGÍA DEL CONCRETO.** Editorial LIMUSA, 35p
- Instituto Mexicano del cemento y del concreto. **PRODUCCIÓN DE GRANDES VOLÚMENES DE CONCRETO.** 60p
- Instituto Mexicano del cemento y del concreto. **ACI-308 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA EL CURADO DEL CONCRETO.** 10p
- Instituto Mexicano del cemento y del concreto. **ACI-211.1 PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS.** 10p
- Instituto de normas técnicas de Costa Rica. **INTE-ISO/IEC 17025:2005.** 38p
- Mora Ch. Miguel. 1999 **INTE-ISO/IEC 17025:2005 NORMAS Y PROCEDIMIENTOS PARA LABORATORIO DE CONCRETO.** 50p.
- Barquero Solano Eduardo. 2007. CONSULTAS GENERALES. Cartago y San José. Comunicación personal.
- Cerdas Orlando. 2007. CONSULTAS GENERALES. Curridabat, San José. Comunicación personal.
- Rojas Zamora Andrés. 2007. CONSULTAS GENERALES. Curridabat, San José. Comunicación personal.
- Villachica Néstor. 2007. CONSULTAS GENERALES. Curridabat, San José. Comunicación personal.

