

# **CRITICAS A LOS PROCESOS DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE HORMIGON EN EL ECUADOR**

**Marlon F. Valarezo Aguilar**

Universidad Técnica Particular de Loja,  
San Cayetano Alto, calle Marcelino Champagnat, Loja, Ecuador.

## **RESUMEN**

En la presente investigación se detectan las falencias y debilidades de los procesos de control de calidad de las obras de hormigón en nuestro país. La experiencia desarrollada a través del Programa de Certificación del American Concrete Institute en las ciudades de Guayaquil, Cuenca, Riobamba y Loja ha permitido obtener información importante de cómo se ejecuta el control de calidad. Estos procesos han sido evaluados fundamentados en una comparación de los procesos empleados y los procedimientos exigidos en especificaciones nacionales e internacionales. Frente a las falencias detectadas se proponen medidas preventivas para mejorar los sistemas de calidad y disminuir el riesgo de incidencia de un deficiente control de calidad en las propiedades estructurales de los elementos.

**Palabras Clave:** control, calidad, hormigón, obra, procesos.

## **ABSTRACT**

In the present research work the flaws and weaknesses of the processes of quality control of concrete works in our country are detected. The experience acquired through the American Concrete Institute Certification Program in the cities of Guayaquil, Cuenca, Riobamba and Loja, has allowed us to get important information about how the quality control is performed. These processes have been evaluated based on a comparison of the processes used and the procedures demanded in the national and international specifications. Facing the flaws found in the quality processes, control preventive measures are proposed to improve the quality systems and to diminish the risk of incidence of a deficient quality control in the structural properties of the elements.

**Keyword:** control, quality, concrete, process, works.

## INTRODUCCION

Es notorio en nuestro país el “boom” que se ha generado por la construcción de viviendas, muchas de las cuales se realizan sin la debida planificación y menos aún el control de un ente regulador. La mayoría de estas construcciones utilizan como materia prima el hormigón, siendo su característica principal la resistencia a la compresión. Este material debido a su naturaleza heterogénea, esta sujeto a la influencia de variables como las características de los componentes, prácticas de producción, transporte, colocación, curado y los procesos de ensayo del material. Factores que se convierten en fuentes de variabilidad de los resultados de resistencia.

Por esta razón cuando se diseña un hormigón se lo hace para una resistencia mayor a la especificada, con la suposición de que todos los parámetros de variabilidad sean cubiertos por la sobrerresistencia de diseño. Además esta variabilidad disminuirá notablemente si los procesos de ensayo se ejecutan siguiendo los lineamientos de cada norma. Todo esto nos permite hablar de una probabilidad de que la resistencia especificada  $f^c$  sea igualada o superada en obra.

En términos generales las características del hormigón se la puede determinar por el cumplimiento de ciertos estándares tanto en su estado fresco como endurecido. Como objetivos de este trabajo de investigación se ha planteado: 1) Exponer la situación actual de la problemática de la calidad tanto en el ámbito local como nacional y particularmente en las construcciones de hormigón, y 2) Revisar los métodos y criterios para garantizar la seguridad requerida por la sociedad. Además se hace hincapié en el análisis de los datos de resistencia a la compresión del hormigón.

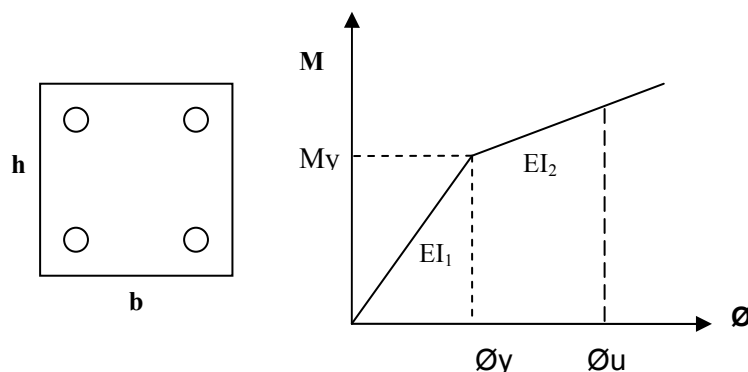
Este documento recoge la información presentada en dos investigaciones realizadas en nuestra universidad sobre control de calidad en edificaciones. El trabajo termina con algunas recomendaciones y planteamientos claros para los entes gubernamentales de cómo realizar un efectivo control de calidad en las construcciones. Se hace énfasis en la necesidad de capacitar al personal que realiza las pruebas de control.

## METODOLOGIA

Se evalúan los procesos de control de calidad tomando como indicador la calidad del hormigón usado en estructuras de hasta 9 pisos (viviendas y edificios) y en canales de riego. De esta manera abarcamos el aspecto particular y publico de la construcción civil.

Para las obras de tipo particular se escogieron 3 edificaciones de más de cuatro pisos destinadas a vivienda y 18 edificaciones de uso variado de hasta 4 pisos en plena etapa de construcción. Se realizo la verificación de acuerdo a un registro en el que constan datos como: la presencia de un técnico responsable en la obra, dosificaciones utilizadas, ensayos de control de calidad entre otras. Además en cada una de ellas se realizo el muestreo de hormigón<sup>1</sup> en el momento de su colocación. Luego se ejecutaron los ensayos de asentamiento<sup>2</sup>, temperatura<sup>3</sup>, peso unitario<sup>4</sup>, fabricación de probetas cilíndricas<sup>5</sup> y posteriormente el ensayo de compresión<sup>6</sup>. También se analiza la influencia de la resistencia a la compresión en las características de ductilidad de los elementos, mediante diagramas momento-curvatura (Fig. 1). Se determina la ductilidad por curvatura  $\mu_{\phi} = \phi_u / \phi_y$ , en donde  $\phi_u$  es la curvatura ultima y  $\phi_y$  la curvatura de

fluencia. Este valor se adopta como una cuantificación del daño estructural. Desde luego valores altos de  $\mu_{\phi}$  indican una gran capacidad de ductilidad de la sección y poco daño estructural.



**Figura 1. Diagrama momento curvatura bilineal para una sección rectangular.**

En las obras de tipo público se verifica el cumplimiento de los procesos de control de calidad en la construcción de un canal de riego. En ambos casos se realiza una comparación de los procesos realizados y los procesos especificados en la normativa vigente<sup>7,8</sup>.

## RESULTADOS Y ANALISIS

La tabla 1 presenta las características de configuración, ocupación y el precio aproximado de venta al público de un metro cuadrado de construcción, para las edificaciones mayores a cuatro pisos.

**Tabla 1. Características de los edificios en estudio.**

Edificio	Pisos	Sistema Resistente	D. Técnica	\$/m <sup>2</sup>
A	5	Columna-losa plana	SI	545
B	5	Viga-columna(sentido x)	NO	520
C	9	Portico (Viga-columna)	SI	600

**Fuente:** Análisis del desempeño sísmico de las edificaciones en la ciudad de Loja, 2005.

Analizando los resultados obtenidos se comprobó que el 80% de las obras se realizan con hormigonera estacionaria y el resto con hormigón premezclado. Se determinó también que solo el 60% de las construcciones mantenían un técnico (ingeniero o arquitecto) responsable de la obra<sup>9,10</sup>.

Todas las obras intervenidas son de construcción particular y solo en una de ellas estaba previsto realizar ensayos de control de calidad (únicamente resistencia a la compresión). La

dosificación más utilizada en el medio es 1:3:4 en volumen de parihuelas de 32cm por lado<sup>9</sup>. Para determinar la calidad del hormigón en obra se analizaron los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión tomando en cuenta los criterios del documento ACI 214.

La resistencia promedio del hormigón en los edificios de más de cuatro plantas fue determinada mediante 20 ensayos en diferentes fechas, obteniéndose una resistencia promedio de 15MPa<sup>10</sup>. En una de estas edificaciones todavía se fabrica hormigón en forma manual. En este caso no se puede asegurar la uniformidad del proceso y sus resultados.

Para determinar la calidad del hormigón en las viviendas se realizó un muestreo aleatorio a 18 losas alivianadas de edificaciones en plena etapa de construcción, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 2.

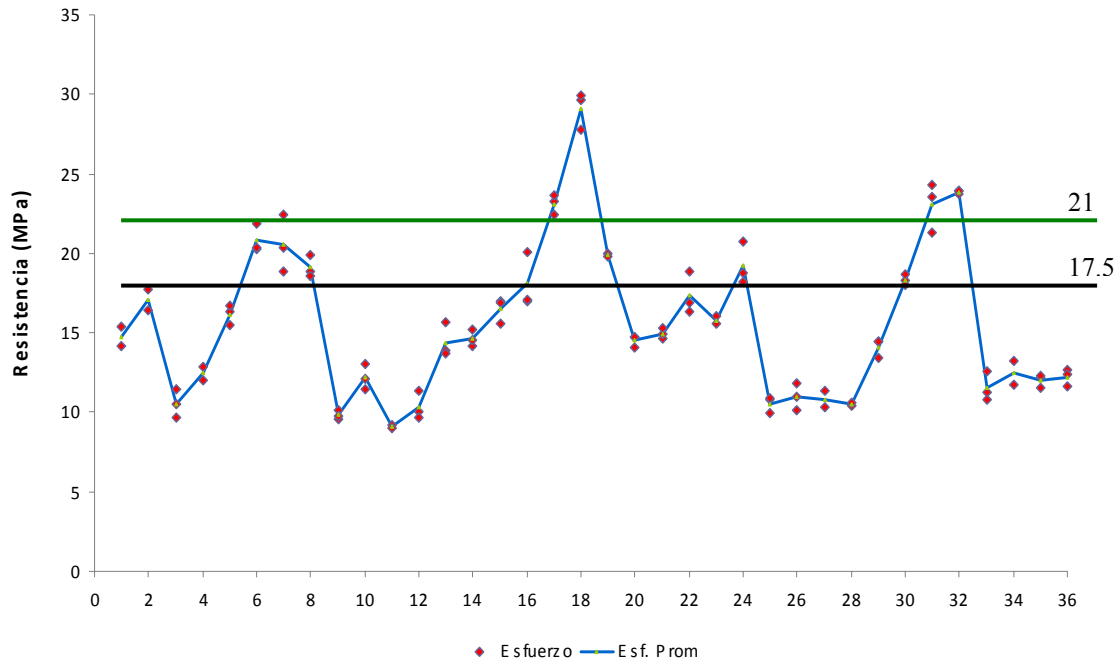
**Tabla 2. Características del hormigón colocado en obra.**

	<b>T</b> (°C)	<b>Asen.</b> (mm)	<b>P. Unit.</b> (KN/m <sup>3</sup> )
máx	26	190	2.56
min.	19	150	2.26
<b>promedio</b>	<b>21</b>	<b>180</b>	<b>2.35</b>

La temperatura no mantiene mayor variación y los valores extremos se encuentran dentro de los márgenes especificados de 13°C como mínimo y 32°C como máximo para colocación del hormigón<sup>11</sup>.

El asentamiento promedio de 180mm es considerable si tenemos presente que solo el 50% de las construcciones utilizan algún aditivo plastificante. Esta variación se atribuye a que en estas obras no se dispone de recipientes con medida exacta para determinar la cantidad de agua requerida en el diseño de la mezcla. Además se obtuvo que para un metro cúbico de hormigón de la misma resistencia la cantidad de agua aplicada a la mezcla varía en hasta 14li de una edificación a otra.

La figura 2 muestra los resultados de resistencia a la compresión obtenidos de las 18 muestras analizadas. De acuerdo a ACI318M-05 la resistencia mínima del hormigón debe ser 17.5MPa y en el capítulo 21 “Disposiciones Especiales para diseño sísmico” se establece que la resistencia del concreto no debe ser menor a 20MPa. Así en la gráfica se aprecia que el 88% está por debajo de la resistencia especificada  $f'_c = 21\text{MPa}$ . Solo el 28% cumple con el segundo criterio de aceptación del hormigón que dice: ningún ensayo individual de resistencia será menor que  $f'_c \cdot 3.5$ <sup>12</sup>. Definitivamente esto representa un posible problema estructural.



**Figura 2. Hormigón utilizado en la construcción de edificaciones en la ciudad de Loja (2004, 2005).**

Se encontraron además defectos constructivos como pésima concepción del sistema estructural, pórticos no alineados, tuberías que pasan a través de las vigas, no se respetan las longitudes de traslape y desalineamiento vertical de las columnas. En la figura 3 se presentan algunos de los defectos mencionados.



**a) Mala distribución de tubería.**



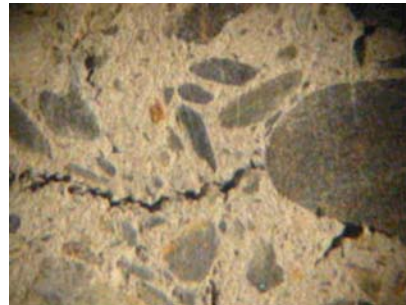
**b) Acero colocado no cumple con diámetro mínimo.**

**Figura 3. Defectos constructivos.**

Otro defecto detectado en el proceso es el no realizar un debido curado y protección de los elementos hormigonados. El documento ACI-302.1 recomienda como mínimo 7 días de curado con agua en condiciones de humedad normal. La figura 4 muestra el efecto negativo que se produce ante la falta de curado en el hormigón.



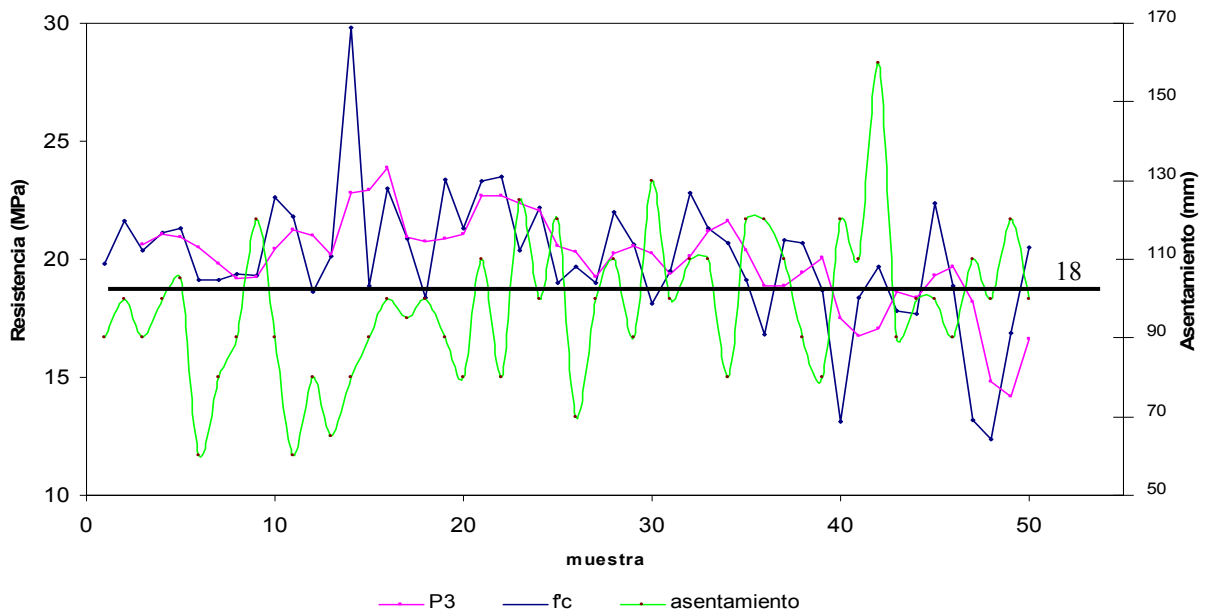
a) Hormigón curado con agua.



b) Hormigón sin curar.

**Figura 4. Efectos del curado en el hormigón (edad 28 días).**

En la figura 5 se puede observar los resultados de resistencia de 50 muestras obtenidas para un canal de riego con un  $f'c$  especificado de 18MPa. Aquí se aprecia que el control de calidad se ha llevado de mejor manera. Se representa además el primer criterio de aceptación del hormigón: el promedio de tres ensayos consecutivos no puede ser menor a  $f'c^{13}$ . Criterio que se cumple en gran parte de la obra decayendo al final de la misma. En la figura se superpone el asentamiento determinado en la obra para cada muestra. De esto se concluye que no necesariamente un incremento del asentamiento significa una disminución en la resistencia, pero si puede ser un indicador.



**Figura 5. Resultados de resistencia a la compresión obtenidos en un canal de riego.**

Expresado esto podemos asegurar que ni un solo resultado individual y ni un solo ensayo practicado, pueden determinar el comportamiento del concreto, peor aún estimar su calidad. Práctica que se ha convertido común en nuestro medio, donde se exige un solo resultado de resistencia para determinar la aceptación o rechazo del hormigón colocado en obra, aspecto que afecta enormemente al constructor y/o al estado.

Para la obtención de la ductilidad se utilizo un  $f_c$  promedio de 12MPa con una cuantía de acero igual a la que se pudo verificar en obra. La verificación se realizo únicamente para un elemento tipo viga en las edificaciones mayores a 4 pisos. El índice de daño estructural utilizado nos indica que solo el 30% de las edificaciones cumplen con la ductilidad requerida de sus elementos<sup>10</sup>.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusión podemos indicar que los problemas detectados en la construcción en nuestro país son:

- Ausencia total de control de calidad, no existe una conciencia de calidad desarrollado en nuestro país.
- Desconocimiento de la normativa y reglamentos vigentes para control de calidad y aceptación de un material.
- Uso e interpretación errónea de los resultados de compresión.
- Sistemas estructurales poco aptos para resistir sismos y poco detallamiento estructural.
- Personal no calificado ejecutando ensayos de control de calidad.

Estos problemas se pueden minimizar con propuestas de control de calidad de la construcción orientadas a los entes gubernativos. Así como recomendaciones mínimas a tener presentes en la construcción y control de calidad de este tipo de obras, y la necesidad de capacitar a las personas que trabajan en el proceso mismo de construcción con hormigón. Para lo cual se plantean las siguientes recomendaciones:

- Concienciar a los propietarios, diseñadores y constructores en cumplir con los estándares establecidos por los reglamentos de construcción. La calidad no cuesta más.
- Se requiere de una normativa local capaz de hacer cumplir con lo estipulado en la ley de construcciones y que exija la presencia de un técnico permanente en la ejecución de una obra civil. Ejemplo de ello es el Reglamento de construcciones que se debate en este momento en el M. I. Municipio de Loja.
- La ejecución de los ensayos de control de calidad deben realizarse por personal certificado, tal como lo exige el código ACI 318M-05 y la normativa ecuatoriana<sup>8</sup> en su capitulo sobre la aceptación del concreto. Se ha determinado que los programas de certificación del ACI en Ecuador han logrado un impacto positivo en nuestro medio<sup>14</sup>

consiguiendo mejorar la ejecución de los mismos y siendo un aporte para la superación personal.

## REFERENCIAS

- [1] American Society Testing Materials-ASTM, C172: Standard Test Method for Sampling Freshly Mixed Concrete, Michigan, USA, 2004.
- [2] ASTM, C143: Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Michigan, USA, 2004.
- [3] ASTM, C1064: Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland-Cement Concrete, Michigan, USA, 2003.
- [4] ASTM, C138: Standard Test Method for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete, Michigan, USA, 2004.
- [5] ASTM, C31: Standard Test Method for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, Michigan, USA, 2004.
- [6] ASTM, C39: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Michigan, USA, 2004.
- [7] Instituto Ecuatoriano de Normalización-INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción-CEC, Parte 2: Requisitos de Diseño de Hormigón Armado, Primera Edición, Ecuador, 1993.
- [8] INEN, 1855-1 Hormigón Premezclado. Requisitos, Primera Edición, Ecuador, 2001
- [9] Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Civil realizada por: Juan Jiménez Jara, Carlos A. Chillogallo Granda, Coautor: Ing. Marlon Valarezo Aguilar, Ecuador, 2005
- [10] Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Civil realizada por: Lucio Sánchez Sarmiento, Coautor: Ing. Humberto Ramírez Romero, Ecuador, 2005.
- [11] INEN, 1855-2: Hormigón Preparado en Obra. Requisitos, Primera Edición, Ecuador, 2001.
- [12] American Concrete Institute ACI 318M, Building Code Requirements for Structural Concrete and commentary, Michigan, USA, 2005
- [13] ACI 214, Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete, Michigan, USA, 2002.
- [14] León C., Palacios J., Valarezo M., Evaluación de los Programas de Certificación del American Concrete Institute (ACI) en el Ecuador, Isla Margarita, Venezuela, 2006.
- [15] ACI, 302.1: Guide for Concrete Floor and Slab Construction, Michigan, USA, 2004.