

Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos

Calidad del concreto en la Zona del Pacífico Central

1 Introducción

El presente documento, muestra los resultados de una investigación realizada por el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) en asociación con el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA), sobre la calidad del concreto hecho en obra en la zona del Pacífico Central.

Se realizó un muestreo aleatorio, de veinticinco construcciones ubicadas específicamente en el Cantón de Garabito, por ser el área con más solicitudes de permisos y obras en construcción en el año 2007, según informe del CFIA.

Se tomaron un total de 75 probetas de concreto fresco, correspondientes a 25 construcciones. Se muestreó concreto que iba a ser destinado para cimientos, columnas, losas de entrepiso, vigas, pavimentos, entre otros, con el fin de verificar que alcanzara a 28 días una resistencia mínima de 21 MPa.

Con los valores de resistencia obtenidos, las observaciones de campo y el análisis estadístico de los resultados, se brindarán recomendaciones, para mejorar la calidad del concreto fabricado en el sitio de obra.



Figura N° 1: Área geográfica del estudio

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del concreto estructural hecho en obra, de construcciones de la Zona del Pacífico Central, específicamente en el cantón de Garabito, mediante un muestreo aleatorio, en el cual se determine la resistencia del concreto que se está utilizando y otros aspectos relativos a prácticas constructivas.

2.2 Objetivos específicos

1. Comprobar si la resistencia a la compresión del concreto estructural hecho en obra a los 28 días es de 21 MPa.
2. Determinar el revenimiento del concreto fabricado en el sitio.
3. Verificar la temperatura del concreto hecho en obra.
4. Verificar el contenido de aire del concreto realizado en sitio.
5. Comprobar aquellas prácticas constructivas que pudiesen afectar la calidad del concreto.
6. Establecer programas de mejora en procedimientos o capacitación a profesionales y/o técnicos para mejorar la calidad del concreto en obra.

3 Antecedentes

En el año 2005, el ICCYC y el CFIA, iniciaron con un proyecto de investigación de la calidad del concreto en el Área Metropolitana de Costa Rica, donde se muestrearon 30 obras con áreas menores de 300 m² y en esta oportunidad, el 55% de los concretos analizados no alcanzaron los 21 MPa de resistencia a los 28 días.

Para el año 2006 se realizó el estudio en la Zona de Guanacaste y se obtuvo que el concreto de un 29% de las muestras de obras visitadas, no cumplían con la norma mínima establecida por el Código Sísmico de 21 MPa. El 20% de los datos señalaron resistencias inferiores a los 14 MPa.

La elección de la Zona del Pacífico Central, como tercera región del país donde se efectúa este tipo de investigación, tiene su fundamento en el crecimiento acelerado de las obras nuevas que se están construyendo en esa región, específicamente en el cantón de Garabito.

Según datos del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, en el primer cuatrimestre del 2007, Puntarenas creció un 136% en comparación con el año 2006.

4 Procedimiento experimental

4.1 Muestreo del concreto hecho en obra

Área de influencia: Región Pacífico Central, Cantón de Garabito

Lugares de muestreo: Edificaciones en construcción, donde se estuviera empleando concreto estructural hecho en obra.

- Esterillos Oeste
- Playa Hermosa y sitios anexos
- Jacó y sitios anexos
- Herradura y sitios anexos
- Quebrada Ganado y sitios anexos
- Tárcoles y sitios anexos

Período de ejecución: Del 16 al 27 de octubre del 2007

Magnitud de la intervención: 25 muestras. Se muestreó además un concreto de relleno de celdas de bloques.

Unidad Ejecutora: ICCYC, CFIA y el LanammeUCR

Organización para la ejecución: El equipo de muestreo lo constituyó un representante del CFIA, uno del ICCYC y el técnico de laboratorio del LanammeUCR.

Para determinar el tamaño de la muestra, se revisaron los listados de registro de responsabilidad profesional de las obras ante el CFIA, entre los meses de enero y

agosto del 2007, ya que se consideraron de 3 a 6 meses de tiempo entre el momento de registro de la responsabilidad profesional y el momento de iniciar las obras.

El total de obras registradas sumaron 364 permisos de construcción aprobados por el CFIA para la zona del Pacífico Central (Tárcoles y Garabito). De ellos se eliminaron aquellos permisos de construcción correspondientes a obras de un área mayor a 350 m²; proyectos en donde se supone el concreto estructural será suplido principalmente por la industria premezcladora. Como resultado de lo anterior, se tiene una población de 278 permisos de construcción.

Se utilizó la siguiente fórmula para determinar la muestra:

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N}$$

En donde se tiene:

$$n' = \frac{s^2}{\sigma^2}$$

s^2 es la varianza de la muestra, la cual podrá determinarse en términos de probabilidad como $s^2 = p(1 - p)$

$(se)^2$ es el error estándar al cuadrado, que nos servirá para determinar σ^2 , por lo que $\sigma^2 = (se)^2$ es la varianza poblacional.

La fórmula anterior, es utilizada en el análisis estadístico cuando se requiere determinar la ausencia o presencia de determinado fenómeno; como es el caso que nos ocupa, en donde se requiere determinar si se cumple con una resistencia del concreto estructural de al menos 21 MPa

Se utilizaron los siguientes parámetros para determinar la muestra: un error estándar de 0,045 y un índice de confianza del 95%. Se tiene entonces que la muestra para una población de 278 es de 22.

Finalmente, se muestrearon 25 obras, de ellas 22 corresponden a muestras de elementos estructurales en viviendas; 2 constituyen muestras de pavimentos en concreto para urbanizaciones, 1, constituye una muestra para una piscina. Además, se muestreó el concreto de relleno de bloques, en una obra.

El proceso de muestreo se llevó a cabo durante 10 días de trabajo de campo, donde se visitaron obras que estuvieran en la etapa constructiva y se ejecutaron las siguientes pruebas:

Tabla N°1: Métodos de ensayo

Designación ASTM	Nombre
C 172	Práctica estándar para el muestreo del concreto recién mezclado
C 1064	Método de ensayo estándar para la medición de temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado
C 143	Método de ensayo estándar para la determinación del revenimiento en el concreto a base de cemento hidráulico
C 231	Método de ensayo estándar para determinar por el método de presión, el contenido de aire del concreto recién mezclado
C 31	Práctica estándar para la fabricación y curado en campo de especímenes de concreto para su ensayo
C 39	Método de ensayo estándar para determinar la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de hormigón

Además de las mediciones a la resistencia del concreto, se elaboró una lista de revisión, concerniente a aspectos técnicos relacionados con el proceso constructivo. Esta lista de revisión abordó temas como:

- Sistema constructivo
- Disposición del acero de refuerzo
- Dosificación del concreto
- Disposición y almacenamiento de los agregados
- Equipo de seguridad y salud ocupacional
- Otros

La ejecución de las pruebas de laboratorio, estuvo a cargo del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Criterio de resistencia para aceptación de concreto

Los criterios para determinar si una muestra de concreto cumple con requisitos mínimos de resistencia son:

Código Sísmico de Costa Rica 2002:

“8.1.2 Concreto: La resistencia mínima especificada del concreto en compresión debe ser 210 kg/cm²...¹”

¹ 210 kg/cm² = 21 MPa

Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (American Concrete Institute ACI 318S-05):

“5.6.3.3 El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

- (a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a f'_c .
- (b) Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que f'_c por más de 3.5 MPa cuando f'_c es 35 MPa o menor; o por más de $0.10f'_c$ cuando f'_c es mayor a 35 MPa.”

Además, en el CR2002, se establece en la Tabla 501-1, los requisitos para hormigón hidráulico Portland para pavimentos. Allí se indica que la resistencia a la compresión, a los 28 días debe ser mínimo 25 MPa. Para tráfico ligero, (como es el caso de los pavimentos muestreados), se acepta 21MPa.

5 Datos obtenidos

Tabla N°2: Distribución de las muestras por fecha

Fecha de muestreo	Puntos muestreados
16/10/2007	5
18/10/2007	6
19/10/2007	2
22/10/2007	1
24/10/2007	7
25/10/2007	4
Total	25

Tabla N° 3: Localización de los sitios de muestreo

Sitio (centro y alrededores)	Muestras tomadas
Tárcoles	1
Quebrada Ganado y Punta Leona	8
Herradura	9
Jacó	3
Playa Hermosa	3
Esterillos Oeste	1
Total	25

6 Análisis de resultados

6.1 Almacenamiento de materiales

Durante la presente investigación, no se realizaron pruebas a los agregados para determinar el grado de aceptabilidad de los mismos, para la elaboración de concreto. Sin embargo, se realizaron una serie de observaciones de los aspectos más representativos y comunes en las obras visitadas, en donde se calificó cualitativamente el almacenamiento y calidad de los agregados y del cemento como óptimo, regular o deficiente, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Apilamientos de agregados gruesos y finos traslapados (mala práctica)
- Limpieza del área del apilamiento (ejemplo: presencia de barro)
- Presencia de lona o plástico para cubrir los agregados
- Segregación de los agregados
- Presencia evidente de partículas contaminantes en los apilamientos (Ejemplo: zacate)
- Sobre-tamaños en los agregados
- Utilización de tarimas para el almacenamiento del cemento
- Disposición de los apilamientos de cemento (Ejemplo: en bodega o al aire libre)

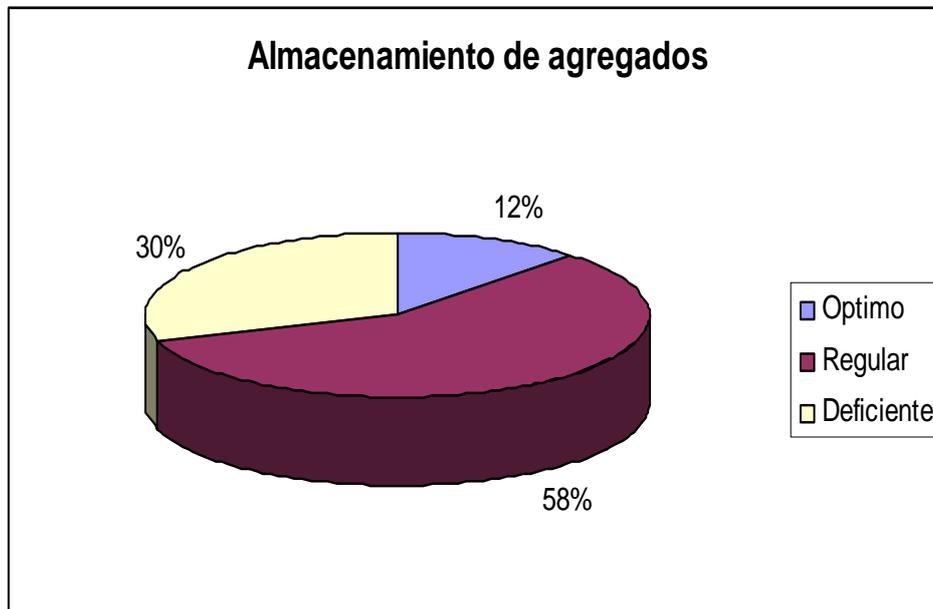


Gráfico N°1: Clasificación cualitativa del almacenamiento de los agregados

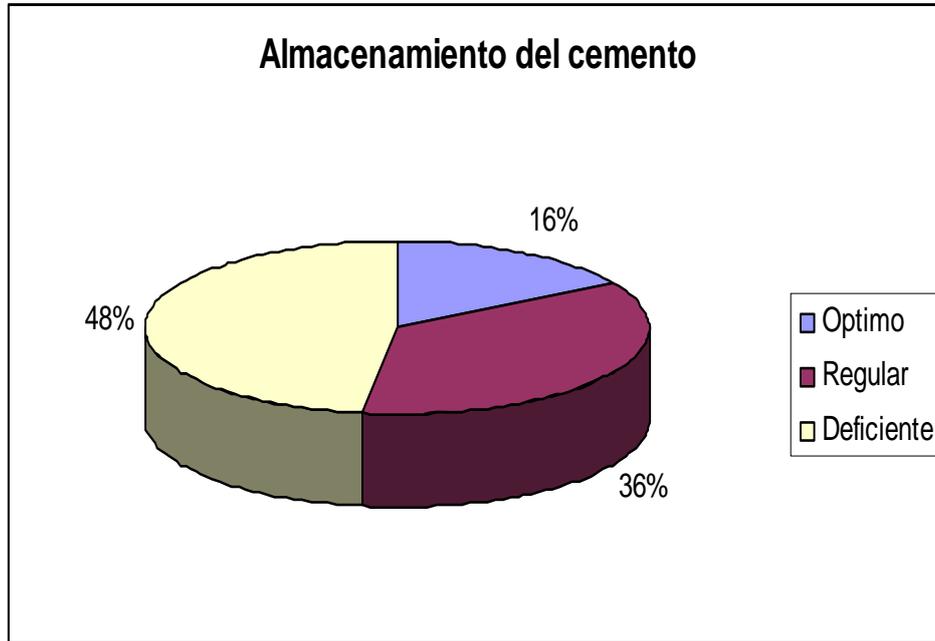


Gráfico N°2: Clasificación cualitativa del almacenamiento del cemento

En los gráficos 1 y 2, se presentan los resultados analizados de las obras visitadas, en donde fue posible calificar las condiciones de almacenamiento de los agregados y del cemento, utilizados.

Los gráficos anteriores se realizaron sobre 26 muestras; puesto que se visitaron 26 construcciones, en 25 de ellas se muestreó concreto estructural (objetivo del estudio) y en una de ellas se muestreó concreto de relleno de bloques.

Esta calificación, puede explicar en gran medida, resultados deficientes de la calidad del concreto en las obras, donde se obtiene bajas resistencias de concreto. Lo anterior, porque los diseños originales, suponiendo que éstos existan, no pueden ponderar el grado de contaminación de los agregados o los efectos de la segregación en la dosificación del concreto, ni tampoco el grado de hidratación del cemento al momento de realizar la mezcla.

6.2 Resistencia del concreto – Pruebas de compresión a especímenes cilíndricos

En los 25 proyectos visitados, se tomaron muestras de concreto fresco. Tres cilindros en cada obra, para un total de 75 testigos, los cuales fueron fallados a los 28 días de edad, con el fin de determinar la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla Nº 4: Resultados de resistencia a compresión de probetas tomadas a concreto fresco

Muestra	Muestra para	f'c (MPa)			Promedio
		Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	
1	Viga corona	15,4	14,2	15,5	15,0
2	Pavimento	26,0	24,4	29,1	26,5
3	Columna	32,4	30,6	30,6	31,2
4	Columna	19,3	18,6	15,9	17,9
5	Columna	22,8	22,1	22,9	22,6
6	Columna	18,9	18,8	19,2	19,0
7	Columna	26,5	25,6	21,0	24,4
8	Columna	27,7	26,7	27,3	27,3
9	Columna	18,9	18,6	17,4	18,3
10	Columna	18,5	20,2	18,7	19,2
11	Muro	26,4	27,3	28,1	27,3
12	Piso de bodega	19,9	20,2	18,4	19,5
13	Viga	21,8	21,4	20,6	21,3
14	Columna	17,4	19,4	16,7	17,8
15	Piscina	11,2	13,9	13,4	12,8
16	Entrepiso	17,0	17,7	18,0	17,5
17	Pavimento	15,8	16,8	18,4	17,0
18	Cimiento de tapia	4,23	4,11	3,97	4,10
19	Columna	22,8	24,3	23,9	23,7
20	Entrepiso	30,3	30,2	32,9	31,1
21	Columnas para entrepiso	26,8	28,5	28,8	28,0
22	Entrepiso	20,5	19,2	21,7	20,5
23	Pavimento	20,1	19,1	18,4	19,2
24	Losa de entrepiso	29,6	27,1	27,8	28,2
25	Losa de piso	17,1	16,6	13,6	15,8

De los datos anteriores, se tienen los siguientes datos estadísticos:

Media: 21 MPa

Desviación estándar: 6,2 MPa

Coefficiente de variación: 0,3 (30%)

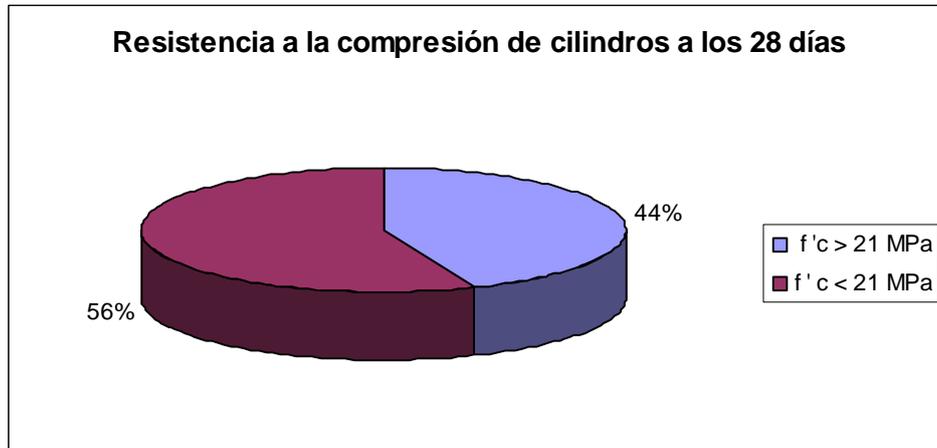


Gráfico N° 3: Resultados con respecto a requisito mínimo de 21 MPa

Como se observa en la tabla N° 4 y el gráfico N° 3, más de la mitad de los concretos muestreados mediante la técnica de elaboración de especímenes de concreto en estado fresco, no cumple con el requisito mínimo de resistencia del concreto estructural para Costa Rica de 21 MPa .

Por otra parte, si sacamos del total de muestras, aquellas específicas de concreto para pavimento; tenemos un total de 12 muestras por debajo de 21MPa de un total de 23. Lo anterior, representa un 52% de las muestras por debajo del parámetro establecido por el Código Sísmico de Costa Rica, de resistencia para concreto estructural en vivienda o edificaciones.

Se presenta a continuación el histograma de las resistencias; en donde se indica la frecuencia de los datos, agrupados en rangos de 7 MPa.

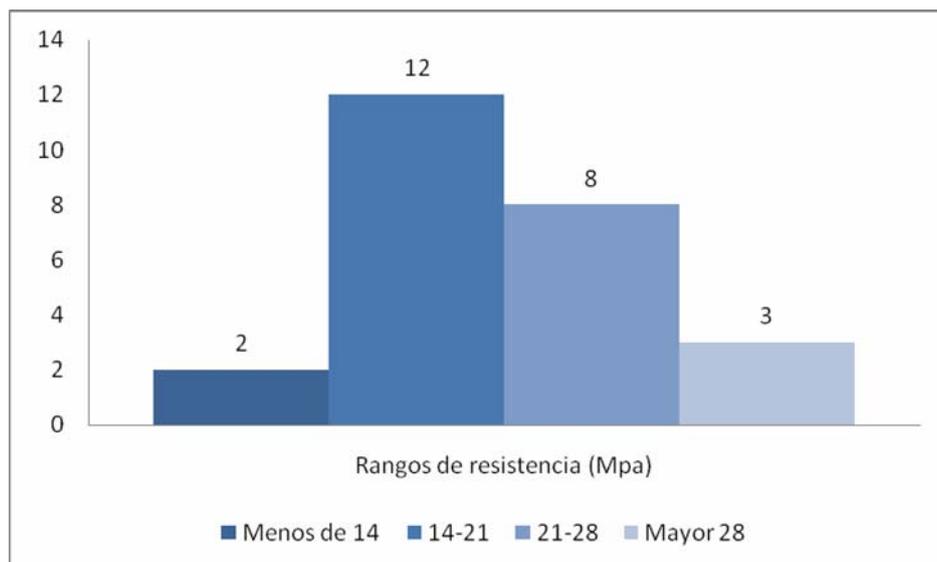


Gráfico N° 4: Histograma de resistencias

Del gráfico anterior, se concluye que una mayoría de los resultados obtenidos (12 de 25), a saber un 48% son resultados entre 14 y 21 MPa.

Como se indicó anteriormente, también se muestreó un concreto de relleno de bloques, el cual esta fuera del objetivo de este estudio; sin embargo, se incluye a continuación los resultados obtenidos:

Tabla Nº 5: Resultados de resistencia a compresión de probetas tomadas a concreto de relleno de bloques

Muestra	Muestra para Concreto relleno bloques	f'c (MPa)			Promedio
		Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	
1		7,07	8,02	7,72	7,72

En el Código Sísmico, se establece: El concreto de relleno tipo A debe tener una resistencia de 175 kg/cm² (17,5 MPa), el tipo B de 140 kg/cm² (14 MPa) y el tipo C de 120 kg/cm² (12 MPa).

Según la información anterior, el resultado obtenido no cumple con los requerimientos del Código Sísmico para concreto de relleno en ninguno de los casos (tipo A, B o C).

Se aclara, que este resultado no es estadísticamente representativo; pero da un indicio de un problema potencial, cual es la calidad de la construcción de las obras de mampostería de concreto.

6.3 Factor temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes que influyen en la calidad, el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto. Sin el control de la temperatura del concreto, predecir su comportamiento es muy difícil, si no imposible. Por ello, la aplicación del método de ensayo estándar ASTM C1064.

Adicionalmente, en la zona de muestreo, éste factor es crítico, debido a las condiciones de alta temperatura ambiental, radiación solar y velocidad del viento, factores que intervienen con la temperatura del concreto y pueden provocar problemas durante el mezclado, colocación y curado del mismo.

El efecto de la temperatura del concreto en clima caliente, provoca pérdida de trabajabilidad del concreto fresco debido a un aumento en la velocidad de hidratación del cemento y por lo tanto una aceleración en el fraguado mismo, así como una pérdida de agua de mezclado por fenómenos de evaporación.

No es recomendable establecer un límite estricto de la temperatura máxima que deba tener un concreto al momento de la colocación, esto porque la humedad relativa ambiental y de velocidad del viento pueden ser bajas, permitiendo temperaturas ambientales o del concreto más altas, sin alterar el buen desempeño. (ACI 305)

A continuación, se muestra la tabla de temperaturas medidas para los concretos en estado fresco muestreados:

Tabla N° 6: Temperatura de las muestras de concreto fresco

Muestra #	Temperatura de la mezcla (°C)
1	32,2
2	29,3
3	27,3
4	32,8
5	30,2
6	28,7
7	30,7
8	30,9
9	31,4
10	29,0
11	28,8
12	29,4
13	27,9
14	28,4
15	30,0
16	30,0
17	30,0
18	33,0
19	32,5
20	31,7
21	27,0
22	26,7
23	29,0
24	30,6
25	33,0

De los resultados de temperatura, se tiene que los tres (3) inferiores son 26.7 °C – muestra 22-, 27.0 °C –muestra 21- y 27.3 °C –muestra 3-. En dos de estos tres casos, se explica su relativa baja temperatura debido a que los agregados estaban dispuestos a la sombra, no así en el resto de los casos, en donde los agregados se encontraban bajo la influencia directa de los rayos del sol.

Debe aclararse, que no se realizaron mediciones de temperatura ambiental, humedad relativa o velocidad del viento; sin embargo, las mediciones de temperatura del concreto evidencia *que uno o la suma de estos factores*, afectan de forma directa e inequívoca las propiedades del concreto colocado, ya que para los casos abordados, se considera que temperaturas por arriba de los 30° centígrados son perjudiciales, en alguna medida, a las propiedades ideales de colocación, a la propensión de contracción por secado, al agrietamiento por diferencias de temperatura y a la variabilidad del acabado superficial, entre otros inconvenientes para el desempeño idealizado de la estructura.

La temperatura medida en la muestra de concreto de relleno de bloques fue de 28,4 °C

6.4 Prueba de revenimiento

El ensayo de revenimiento se usa para medir la consistencia del concreto, tal y como se muestra en la fotografía N°1. Para una dada proporción de cemento y agregado, sin aditivos, cuanto mayor el revenimiento, más húmeda es la mezcla. El revenimiento es un indicador de trabajabilidad cuando se evalúan mezclas similares (PCA 2004).

Todas las mezclas fueron preparadas con dosificaciones cemento arena y piedra, normales para nuestro país, sin ningún tipo de aditivo o fibras.



Fotografía N°1: Prueba de revenimiento

Tabla N° 7: Resultados de revenimiento

Muestra #	Revenimiento (mm)
1	100
2	90
3	200
4	154
5	130
6	210
7	55
8	200
9	85
10	230
11	25
12	195
13	282
14	54
15	234
16	225
17	80
18	54
19	143
20	144
21	125
22	95
23	87
24	140
25	260

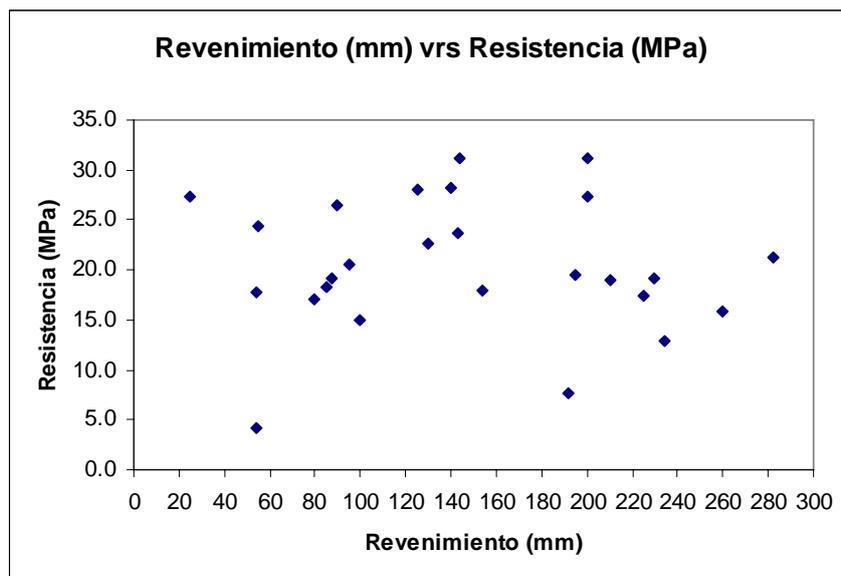


Gráfico N° 5: Pruebas de revenimiento vs resistencia obtenida

En el gráfico N° 5, se observa que se obtienen resistencias bajas en mezclas secas con revenimientos bajos como 54 mm, así como también en mezclas muy fluidas con revenimientos de 260 mm. Para ambos escenarios, es constante la falta de un diseño de mezcla adecuado.

El revenimiento medido en la muestra de concreto de relleno para bloques fue de 192 mm.

6.5 Contenido de aire

El contenido de aire, es un parámetro importante; ya que conforme se incrementa el contenido de aire en más de un 5%, habrá una reducción correspondiente en la resistencia del concreto. Esta reducción de resistencia será del orden del 3% al 5% por cada 1% de contenido de aire por arriba del valor de diseño. Por ejemplo, un concreto proporcionado para 5% de aire será aproximadamente de 15% al 25% menor en resistencia si el contenido de aire se eleva al 10% (ASTM C 231 y ASTM C 173)

En concretos diseñados para alcanzar 20 a 35 MPa, conforme se incrementa el contenido de aire, habrá una reducción correspondiente en la resistencia del concreto.

Tabla N° 8: Contenido de aire en las muestras de concreto fresco

Muestra #	Contenido de aire (%)
1	1,4
2	1,2
3	0,5
4	1,6
5	1,2
6	0,8
7	2,1
8	0,9
9	1,7
10	0,3
11	1,5
12	0,6
13	0,5
14	1,4
15	0,4
16	0,9
17	1,5
18	2,8
19	1,3
20	1,9
21	1,2
22	1,2
23	1,4
24	1,2
25	0,4

Para el caso específico del estudio realizado, al no existir el uso de aditivos de ningún tipo, se asume que el aire contenido en las mezclas es el establecido por el proporcionamiento mismo.

De la Tabla N°8 se puede determinar que los porcentajes de aire contenidos en las mezclas, no son suficientes como para provocar una disminución en la resistencia del concreto.

La muestra de concreto de relleno de bloques, se obtuvo un contenido de aire de 0,6%

7 Aspectos generales de los sistemas constructivos empleados en las obras

En las visitas a los proyectos, se tomaron anotaciones de los sistemas constructivos empleados en las obras, cuyos destinos tienen múltiples propósitos, tales como: pavimentos, entrepisos, muros de contención, losa de pisos, entre otros, pero en aquellas obras de construcción vertical para el albergue de personas, ya sean habitacionales o comerciales, tienen una característica en común, en todos los proyectos se utilizaron marcos de concreto rellenos con paños de mampostería.

De los 25 proyectos, en 17 el sistema constructivo es marcos de concreto reforzado, colmados con paños de mampostería reforzada, 2 muros, 3 losas de pisos, 2 pavimentos de concreto y 1 losa de entrepiso.

La aplicación de estos sistemas constructivos, conllevan el control de una serie de factores de los que dependerá la calidad de la obra, entre ellos se pueden citar:

- Limpieza del terreno y condiciones de regularidad para colocación del concreto.
- Calidad de los materiales: cemento, agregados, bloques de concreto, acero de refuerzo, otros.
- Almacenamiento de los materiales.
- Alineamiento y disposición del acero de refuerzo.
- Verticalidad de paredes y columnas.
- Equipo adecuado de trabajo, para lograr rendimientos deseados y especificaciones de la obra.
- Equipo de seguridad y salud ocupacional.

En el *anexo 1* se muestran ejemplos con fotografía de situaciones corregibles.

8 Conclusiones

De la investigación realizada se tienen como conclusiones del análisis estadístico:

- El concreto de un 56% de las muestras, no cumplen con la norma mínima establecida por el Código Sísmico de 21 MPa o por el CR2002 para el caso de pavimentos.
- El Coeficiente de Variación es del 30%, el cual es un valor alto; lo que significa que los valores encontrados en la muestra varían significativamente con respecto a la media (21 MPa); lo cual se observa en la tabla N° 4; en donde se obtuvieron valores muy por debajo de dicho coeficiente.
- Se tiene además, que una mayoría de los datos obtenidos, 48%, se encuentran en el rango de valores entre 14 y 21 MPa, un 32% se encuentran en el rango entre 21 y 28 MPa, un 12% en el rango mayor a 28 MPa y un 8% en el rango menor a 14 MPa.

Según lo observado en el campo y de acuerdo con los resultados obtenidos, el principal problema del concreto hecho en obra, radica en la falta de un adecuado diseño de mezcla y en el caso de que exista, del incumplimiento que es objeto, durante su elaboración en el sitio.

Adicionalmente, existe un inapropiado almacenamiento del cemento y agregados; en donde se tiene en el primer caso un 48% de almacenamiento deficiente y un 36% regular. En el caso de los agregados, un almacenamiento deficiente en un 30% y un 58% regular.

En la mayoría de los casos, no se tiene control de calidad del concreto elaborado en la obra, de hecho un 72% de los sitios muestreados no cuentan con dicho control.

Con respecto al equipo para la fabricación de concreto; en todos los casos se contaba con batidora; sin embargo el uso del equipo no era el óptimo, ni su estado físico o manejo. Se considera que un 76% tiene un equipo de elaboración de concreto regular, contra un 20% óptimo, un 4% deficiente.

No se preguntó sobre la preparación técnica o experiencia de las personas que elaboraban el concreto en la obra; pero se induce por el sistema de dosificación utilizado en la mayoría de las obras; que ésta es escasa y se debe hacer un esfuerzo en ese sentido. De los resultados obtenidos, no se puede concluir de forma determinante, que el porcentaje de aire contenido en las mezclas, no influye en las resistencias obtenidas.

Otros factores perjudiciales observados, que afecta la calidad del concreto son:

- Ejecución del mezclado sobre una superficie no adecuada, sin control en la cantidad de agua a utilizar en la mezcla.
- Deficiencias en el almacenamiento y manejo de los materiales.
- Falta de control sobre los factores que afectan nocivamente la temperatura de la mezcla de concreto.
- Deficiente preparación del terreno sobre el cual se colocará el concreto.
- Mezclado con batidora, pero agregando agua directamente desde la manguera, es decir, sin medida del agua de dosificación y buscando al tanteo un punto de trabajabilidad de la mezcla.
- Exceso de agua en la mezcla, especialmente para la chorrea de columnas, con el fin de no provocar hormigueros en las partes bajas de la columna, relacionado con esta práctica, se notó la ausencia en la mayoría de los casos de un vibrador para concreto en obra.
- Operarios no calificados o con poca preparación técnica, además de pobre supervisión de los profesionales encargados.
- Agregados contaminados y sin protección contra la lluvia, montículos de agregados en donde es evidente la segregación.
- Proporcionamiento deficiente de las mezclas de concreto.

9 Bibliografía

1. American Concrete Institute. "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario". ACI – ICCYC, Costa Rica, 2005.
2. American Standard for Testing of Materials. Standards for Concrete, Vol 2004.
3. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. "Código Sísmico de Costa Rica". Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica, 2002.
4. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto "Manual de consejos prácticos sobre el concreto", Segunda Edición. Costa Rica, 2007.
5. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto – Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. "Calidad de las obras que usan cemento y concreto", informe de investigación. Costa Rica, 2005.
6. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto – Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. "Calidad de las obras que usan cemento y concreto", informe de investigación. Costa Rica, 2006.
7. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. "Manual del Técnico CP-1 (07)". México, 2007.
8. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. "Manual para Supervisar Obras de Concreto, ACI 311-99". México, 2002.
9. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. "Elaboración, colocación y protección del concreto, en clima caluroso ACI-305". México, 2004.
10. Portland Cement Association. "Diseño y Control de Mezclas de Concreto". México, 2004.

10 ANEXO 1

Ejemplos de prácticas constructivas que perjudican la calidad de las obras.

10.1 Mezcla de los agregados en los apilamientos:



Problema:

Al estar entremezclados el agregado grueso y el agregado fino, provocará que cuando se utilice la parte mezclada no se tenga precisión sobre la proporción de los mismos, por lo tanto se pierde el control sobre la mezcla deseada.

Solución:

Apilarlos de forma separada.

10.2 Condiciones en obra y equipo personal de seguridad



Problema:

La carencia de condiciones mínimas y del equipo de seguridad personal básico es una invitación al accidente

Solución:

Preparar el área de trabajo con las condiciones de seguridad ocupacional e invertir en equipo de seguridad, a saber: casco, chalecos reflectores, anteojos de protección, guantes, cinturones lumbares, mascarillas, zapatos especiales para trabajo pesado, entre otros.

10.3 Contaminación con material orgánico



Problema:

La presencia de materia orgánica provoca resistencias deficientes en el concreto.

Solución:

Utilizar agregados limpios y bien graduados para lograr las mezclas especificadas en el diseño.

10.4 Limpieza y orden del lugar de trabajo



Problema:

La presencia de escombros, basura, deficiente disposición de los materiales, provocan atrasos en el desarrollo de las obras, accidentes y desperdicios.

Solución:

Establecer lugares específicos para colocación de escombros, basura, materiales y establecer lineamientos de operación sobre este aspecto.

10.5 Preparación del terreno para la colocación del concreto



Problema:

Presencia de agua en empozada en las zanjas donde se colocarán los cimientos de la construcción, siendo agua contaminada y que influirá como parte del agua de dosificación de la mezcla. Además no permite comprobar la correcta colocación del acero de refuerzo de los cimientos, ni la uniformidad de la superficie.

Solución:

Asegurar la evacuación o el drenaje de toda el agua presente.



Créditos:

Proyecto: Calidad del concreto elaborado en sitio, Cantón Garabito.

Informe Técnico: Ing. Karla López Achío (ICCYC)

Muestreo y visitas al sitio: Ing. Marvin Moya Arguedas (ICCYC)
Arq. Olga Solís (CFIA)
Ing. Alejandra Piedra (CFIA)
Téc. Cristian Ramírez Portilla (LanammeUCR)
Téc. Marco Sandoval (LanammeUCR)

Pruebas de resistencia: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica.

Fecha: Muestreo: Octubre 2007