

# RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE PROBETAS DE HORMIGÓN, H21, UTILIZANDO AGREGADOS DEL RÍO PIRAÍ

## RESISTANCE TO COMPRESSION OF DIFFERENT TYPES OF H21 CONCRETE TESTS USING AGGREGATES FROM THE PIRAÍ RIVER

ADUANA MAREÑO, L.

### RESUMEN

**E**n Bolivia se tiene como referencia la norma ASTM D1633-00 que habla de métodos de prueba estándar para resistencia a la compresión de cilindros de cemento y suelo moldeados. También, se encuentra la ASTM C39-99, cuyo método de prueba estándar para resistencia a la compresión de muestras de hormigón cilíndricas consiste en aplicar una compresión, carga axial, a los cilindros a una velocidad que está dentro de un rango prescrito hasta que se produce el fallo. Se pretende analizar el uso de muestras cilíndricas y cúbicas, para determinar la resistencia a la compresión de hormigón convencional, de acuerdo a la norma vigente. Se describe el proceso de fracturación y compara la resistencia de muestras vaciadas en probetas cúbicas con muestras cilíndricas normalmente utilizadas, planteando que las probetas cúbicas obtendrán mayor resistencia a la compresión respecto a las cilíndricas. Se dosificó el hormigón siguiendo la metodología de la A.C.I., se calcularon las cantidades necesarias para una dosificación H-21. Se procedió al vaciado del hormigón en las probetas de distintas dimensiones, como ser: Probetas cúbicas de 20 x 20 cm y probetas cilíndricas de 15 x 30 cm. Se confeccionaron un total de 30 probetas cilíndricas y 30 cúbicas. Una vez transcurridas 20 horas desde su confección, las probetas se desmoldaron e identificaron. Luego, se trasladaron a piscinas para realizar el curado bajo agua con temperatura controlada en  $20 \pm 3$  °C. Se evaluó la resistencia a compresión de muestras cilíndricas y cúbicas de hormigón convencional a los 7, 14 y 28 días. Una vez realizados los ensayos de resistencia a compresión del hormigón en las probetas cilíndricas y cúbicas, se analizó el tipo de fractura que estas presentan y si el tipo de rotura que presentaban era el correcto. Se logró diseñar un hormigón que a los 7 días llegó a una resistencia a la compresión promedio para una probeta cilíndrica 210,74 kg/cm<sup>2</sup> (78%), para una probeta cúbica 218,84 kg/cm<sup>2</sup> (81%). A los 14 días se llegó a una resistencia a la compresión promedio para una probeta cilíndrica 218,63 kg/cm<sup>2</sup> (80%), para una probeta cúbica 237,60 kg/cm<sup>2</sup> (88%). A los 28 días se llegó a una resistencia a la compresión promedio para una probeta cilíndrica 234,47 kg/cm<sup>2</sup> (86%), para una probeta cúbica 242,48 kg/cm<sup>2</sup> (90%). Con la aplicación de los factores de conversión que indica la norma ACI 214R, se logró determinar una relación donde a los 7 días la probeta cilíndrica con relación a probeta cúbica incremento un 8,65%, a los 14 días se incrementó un 6,3%, a los 28 días se incrementó 9,97%.

### ABSTRACT

**I**n Bolivia, the ASTM D1633-00 standard is used as a reference, it speaks of the standard test methods for resistance to compression of the molded cement and soil cylinders, there is also the ASTM C39-99, which is demonstrated by the method standard test for compressive strength of cylindrical concrete specimens, this test method involves applying a compression, axial load to the cylinders at a rate that is within a prescribed range until failure occurs. Analyze specimen uses cylindrical and cubic samples to determine the compressive strength of conventional concrete according to the current standard, it is relevant today, describing the fracturing process and comparing the resistance; stating that the samples cast in cubic specimens to the specimen standardized in the manual made of conventional concrete will obtain greater resistance to compression compared to cylindrical samples normally used. Concrete was dosed following the A.C.I methodology, the quantities necessary for a H-21 dosage were calculated. The concrete was poured into specimens of different dimensions, such as the 20 x 20 cm cubic specimens and the 15 x 30 cm cylindrical specimen. A total of 30 cylindrical and 30 cubic test tubes were made, once 20 hours have elapsed since their manufacture, the test tubes are removed from the mold and identified. Then, they are transferred to swimming pools to cure under water with a controlled temperature of  $20 \pm 3$  °C. The compressive strength of cylindrical and cubic samples of conventional concrete was evaluated at 7, 14 and 28 days. Once the compressive strength tests of the concrete have been carried out on the cylindrical and cubic specimens, the type of fracture they present and whether the type of break they present is correct is analyzed. It was possible to design a concrete that after 7 days reached an average compressive strength for a cylindrical specimen 210.74 kg/cm<sup>2</sup> (78%), for a cubic specimen 218.84 kg/cm<sup>2</sup> (81%). After 14 days, an average compressive strength was reached for a cylindrical specimen 218.63 kg/cm<sup>2</sup> (80%), for a cubic specimen 237.60 kg/cm<sup>2</sup> (88%). At 28 days, an average compressive strength was reached for a cylindrical specimen 234.47 kg/cm<sup>2</sup> (86%), for a cubic specimen 242.48 kg/cm<sup>2</sup> (90%). The application of the conversion factors indicated by the ACI 214R standard, it was possible to determine a relationship where at 7 days the cylindrical specimen in relation to the cubic specimen increased by 8.65%, at 14 days it increased by 6.3%, at the 28 days increased 9.97%.

### PALABRAS CLAVE

Hormigón, Resistencia a compresión, Probetas cilíndricas, Probetas cúbicas.

### KEYWORDS

Concrete, Compressive strength, Cylindrical specimens, Cubic specimens.

## INTRODUCCIÓN

La resistencia real del hormigón tiende a ser menor que la resistencia obtenida en laboratorio a partir de las probetas fabricadas y ensayadas de acuerdo a normas, y esto debido a que en teoría las probetas miden el potencial resistente del hormigón al cual representan. Por ello se pretende analizar el uso de muestras cilíndricas y cúbicas para determinar la resistencia a compresión de hormigón convencional de acuerdo a la norma vigente, describiendo el proceso de fracturación y comparando la resistencia. Se plantea que las muestras vaciadas en probetas cúbicas elaboradas de hormigón convencional, obtendrán mayor resistencia a la compresión respecto a muestras cilíndricas normalmente utilizadas de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto. En Bolivia se tiene como referencia la norma ASTM D1633-00. Se habla de los métodos de prueba estándar para resistencia a la compresión de los cilindros de cemento y suelo moldeados. También se encuentra la ASTM C39-99, donde se demuestra mediante el método de prueba estándar para resistencia a la compresión de muestras de hormigón cilíndricas. Este método de prueba consiste en aplicar una compresión, carga axial, a los cilindros a una velocidad que está dentro de un rango prescrito hasta que se produce el fallo. Y el más importante en Bolivia que es el "Manual de Ensayos de Suelo y Materiales", de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), en el capítulo H0307. El método de ensayo a la compresión de probetas cúbicas y cilíndricas (ASTM C39 AASHTO T22), o habla de la toma de muestras de hormigón en obra para luego realizar el respectivo ensayo con las especificaciones que indica la norma. En Bolivia se conoce de la norma, principalmente del uso de las probetas cúbicas las cuales se encuentran en el manual de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), pero no se hace uso de la misma. Debido a este desconocimiento se pretende realizar un estudio más profundo de la norma, y de esa manera, poder determinar la resistencia a compresión de diferentes tipos de probetas y verificar si la resistencia a compresión varía según la dimensión que presenten las probetas. Históricamente en nuestro país, y en muchos otros, se han empleado las probetas normalizadas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para evaluar la compresión del hormigón armado y de esa manera conocer si el mismo cumple o no con la calidad solicitada. El uso de probetas cilíndricas y cúbicas para la prueba de aceptación del hormigón se hace cada vez más general en el mundo de la construcción, principalmente por las ventajas que estas presentan comparadas con las probetas tradicionales de 15 x 30 cm, que entre otras son: Facilidad de almacenamiento y protección en la obra, menor ocupación en las áreas de curado en laboratorio, menor requerimiento de material para su fabricación por probeta, facilidad para transportarlas y menor peso.

## MÉTODOS Y MATERIALES

### MÉTODOS

Previamente a la elaboración de la dosificación del hormigón, se realizan estudios a los materiales, para determinar sus propiedades físicas, como ser: Densidad, peso suelto, porcentaje de absorción, granulometría, etc.

El cemento utilizado es de la marca FANCESA®, tipo IP-30, cemento portland con puzolana de primera calidad según la Norma boliviana NB 011.

Se obtienen otras características del cemento como ser:

Finura del cemento (ASTM C-184), peso unitario suelto (ASTM C29) y peso específico del cemento (ASTM C-188)

Para la determinación de las propiedades físicas del agregado fino se obtiene material de las orillas de río Pirai, en la ciudad de Santa Cruz.

El material que se encuentra en el lecho de este río está compuesto predominantemente de arena, grava y canto rodados. Se determina la granulometría (ASTM C33), peso específico (ASTM C-128) y peso unitario (ASTM C29).

Para la determinación de las propiedades físicas del agregado grueso se realizan las determinaciones de granulometría (ASTM C33), peso específico (ASTM C-128), peso unitario (ASTM C29) y desgaste de los ángeles (ASTM C131).

Para la dosificación de hormigón se sigue la metodología de la A.C.I., calculándose las cantidades necesarias para una dosificación H-21.

Para el proyecto se utiliza una dosificación para 30 litros, con el fin de realizar ensayos de resistencia a compresión. Por motivo de cantidad de abastecimiento de máquina, se tiene que realizar las dosificaciones por día. Se llega a los asentamientos deseados y se determina el porcentaje de humedad de los materiales para evitar excesos y/o falta de agua.

Se realizan los ajustes por humedad de los agregados.

Una vez elaboradas las dosificaciones de hormigón se procede a la evaluación de la consistencia del hormigón, según la norma ASTM C-143.

Una vez realizada la probeta cúbica se procede al vaciado del hormigón en las probetas de distintas dimensiones, como ser las probetas cúbica de 20 x 20 cm y la probeta cilíndrica de 15 x 30 cm.

Se confecciona un total de 30 probetas cilíndricas y 30 cúbicas, lo cual implica que el volumen de hormigón que se confecciona es de 320 litros (se considera un 25% de pérdida en la confección de las probetas y el hormigón utilizado para los ensayos del hormigón fresco), los cuales, debido a la capacidad de la mezcladora, se confeccionan en 2 coladas de 160 litros.

La confección de las probetas se realiza de acuerdo a la norma (ASTM C 39 - AASHTO T22) y curado en obra de probetas para ensayos de compresión.

Una vez transcurridas 20 horas desde su confección, las probetas se desmoldan e identifican. Luego, se trasladan a piscinas para realizar el curado bajo agua con temperatura controlada en  $20 \pm 3$  °C.

Se evalúa la resistencia a compresión de muestras cilíndricas y cúbicas de hormigón convencional a los 7, 14 y 28 días.

Una vez realizados los ensayos de resistencia a compresión del hormigón en las probetas cilíndricas y cúbicas, se analiza el tipo de fractura que estas presentan y si el tipo de rotura que presenta es el correcto.

## RESULTADOS

Previamente a la elaboración de la dosificación del hormigón, se realizaron estudios a los materiales, para determinar sus propiedades físicas, como ser: Densidad, peso suelto, porcentaje de absorción, granulometría, etc., los resultados obtenidos se detallan en la tabla 1.

Para la preparación del hormigón se utilizó cemento FANCESA® tipo IP-30 cemento portland con puzolana de primera calidad según la Norma boliviana NB 011. De peso específico 3.005 g/cm<sup>3</sup>, peso unitario suelto 1,193 g/cm<sup>3</sup> y 5% finura por tamizado en el tamiz # 200.

Tabla 1. Propiedades físicas de los agregados finos Y gruesos provenientes de las orillas de río Pirai.

Ensayo	Agregado Fino	Agregado Grueso
Tamaño Máximo del Agregado Grueso, mm	--	40,00
Módulo de Fineza	2,45	3,37
Material que pasa el tamiz No 200 %	2,26	0,55
Peso específico, kg/m <sup>3</sup>	2,544	2,564
Peso específico a granel superficialmente seco, kg/m <sup>3</sup>	2,578	2,611
Peso específico aparente, kg/m <sup>3</sup>	2,650	2,690
Contenido de humedad, %	3,48	1,65
Porcentaje de absorción, %	1,345	1,820
Peso unitario suelto, kg/m <sup>3</sup>	1,608	1,608
Peso unitario compactado, kg/m <sup>3</sup>	1,734	1,632
Resistencia a la abrasión, %	--	29,03

Se dosificó el hormigón H-21 siguiendo la metodología de la A.C.I. y se calcularon las cantidades necesarias como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Dosificación del hormigón H-21.

Material	Por peso		Relación al Cemento
	Seco	Húmedo	
Cemento, kg	375,00	375,00	1,00
Agua, litros	180,0	169,1	0,45
Arena, kg	601,90	622,85	1,66
Grava, kg	1150,56	1169,54	3,12

Por el ensayo del Cono de Abrams se determinó una altura de asentamiento de 75 mm que indica una consistencia blanda, clase B, para el uso en cimentaciones.

Las tablas 3 y 4 indican los resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas y cúbicas a los 7 días.

Tabla 3. Resistencia a compresión de probetas cilíndricas a los 7 días.

N	Resistencia, kg/cm <sup>2</sup>
1	210,74
2	204,00
3	203,76
4	197,10
5	197,91
6	208,92
7	200,75
8	206,00
9	209,87
10	195,36
Promedio	203,44
Característica	210,74

Tabla 4. Resistencia a compresión de probetas cúbicas a los 7 días.

N	Resistencia, kg/cm <sup>2</sup>
1	220,14
2	208,60
3	214,99
4	221,44
5	217,73
6	214,78
7	216,76
8	210,84
9	214,09
10	218,49
Promedio	215,79
Característica	218,84

Las tablas 5 y 6 indican los resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas y cúbicas a los 14 días.

Tabla 5. Resistencia a compresión de probetas cilíndricas a los 14 días.

N	Resistencia, kg/cm <sup>2</sup>
1	217,55
2	206,83
3	204,72
4	212,50
5	221,82
6	203,88
7	201,64

Tabla 5. Resistencia a compresión de probetas cilíndricas a los 14 días.

N	Resistencia, kg/cm <sup>2</sup>
8	201,12
9	210,22
10	203,38
Promedio	208,37
Característica	218,63

Tabla 6. Resistencia a compresión de probetas cúbicas a los 14 días.

N	Resistencia, kg/cm <sup>2</sup>
1	232,98
2	235,00
3	239,36
4	232,70
5	227,43
6	229,95
7	234,45
8	236,73
9	228,58
10	227,60
Promedio	232,48
Característica	237,60

Las tablas 7 y 8 indican los resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas y cúbicas a los 28 días.

Tabla 7. Resistencia a compresión de probetas cilíndricas a los 28 días.

N	Resistencia, kg/cm <sup>2</sup>
1	221,82
2	220,19
3	218,23
4	221,37
5	233,47
6	219,89
7	223,07
8	217,85
9	233,03
10	234,47
Promedio	224,34
Característica	232,47

Tabla 8. Resistencia a compresión de probetas cúbicas a los 28 días.

N	Resistencia, kg/cm <sup>2</sup>
1	235,11
2	236,93
3	238,19
4	241,24
5	234,94
6	244,08
7	228,38
8	235,31
9	241,42
10	242,66
Promedio	237,83
Característica	242,48

## DISCUSIÓN

La resistencia obtenida del hormigón tiene como principal característica que se relaciona con la forma de probeta. En la figura 1, se ve que la probeta cúbica presenta mayor resistencia que la probeta cilíndrica, esto debido a las formas de la probeta. Esta anomalía también se puede deber a su confección en laboratorio, la temperatura y el fraguado del hormigón.

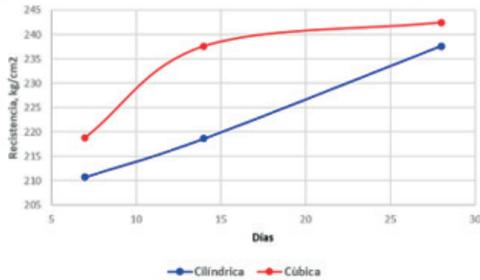


Figura 1. Resistencia a la compresión de las probetas cilíndrica y cúbica a los 7, 14 y 28 días de edad.

En la tabla 9 se expone un resumen de la diferencia en el ensayo de resistencia a compresión entre probetas cúbicas y cilíndricas.

Tabla 9. diferencia en el ensayo de resistencia a compresión entre probetas cúbicas y cilíndricas

	7 días	14 días	28 días
N	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	9,4	17,43	13,29
2	4,6	28,17	16,74
3	11,23	34,64	19,96
4	24,34	20,2	19,87
5	19,82	5,61	1,47
6	5,86	26,07	24,19
7	16,01	32,81	5,31
8	4,84	35,61	17,46
9	4,22	18,36	8,39
10	23,13	24,22	8,19
Promedio	12,34	24,31	13,49

Se efectuó el análisis con gráficos de dispersión de las resistencias obtenidas en las distintas probetas, ya sea la probeta cúbica o la probeta cilíndrica, para visualizar cómo varía la resistencia a compresión, dependiendo de la forma de la probeta como se exhibe en las figuras 2, 3 y 4.

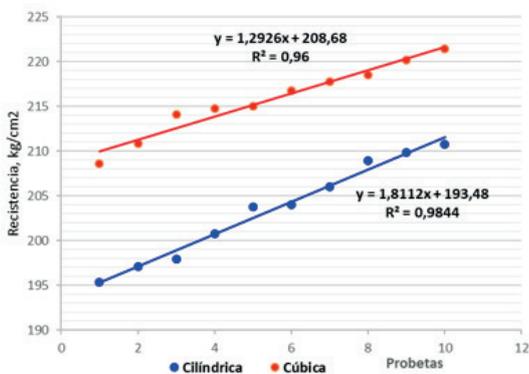


Figura 2. Regresión lineal de la resistencia de las probetas cilíndrica y cúbica a 7 días de edad.

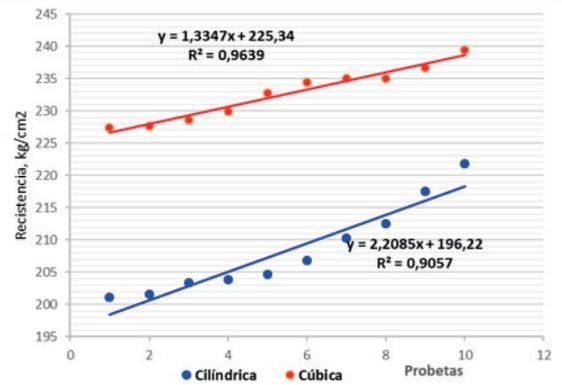


Figura 3. Regresión lineal de la resistencia de las probetas cilíndrica y cúbica a 14 días de edad.

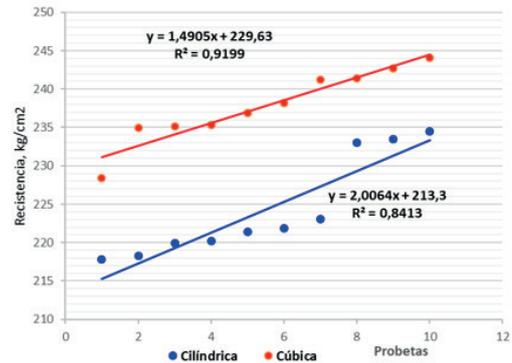


Figura 4. Regresión lineal de la resistencia de las probetas cilíndrica y cúbica a 28 días de edad.

Del análisis anterior se pudo evidenciar la necesidad de aplicar factores de corrección para poder modelar los resultados de las probetas cúbica y cilíndrica, ya que como se ve en el resultado, los valores de la resistencia a compresión de la probeta cúbica aumentan la resistencia, siendo la probeta cúbica mucho más esbelta que la probeta cilíndrica. Lo que se pretende estimar en este punto es el comportamiento de la resistencia mediante factores que se encuentran en la norma NB1225001 y la norma ACI 214R.

La tabla 10 muestra las resistencias luego de aplicar el factor de conversión a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 10. las resistencias luego de aplicar el factor de conversión a los 7, 14 y 28 días para probetas cúbicas de hormigón H-21

	7 días	14 días	28 días
N	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	174,91	180,57	184,11
2	169,32	171,67	182,76
3	169,12	169,92	181,13
4	163,59	176,38	183,74
5	164,27	184,11	193,78
6	173,40	169,22	182,51
7	166,62	167,36	185,15
8	170,98	166,93	180,82
9	174,19	174,48	193,41
10	162,15	168,81	194,61

Se evidenció que, una vez aplicando el factor de la norma, los valores se ajustan más a los obtenidos ver figuras 5, 6 y 7.

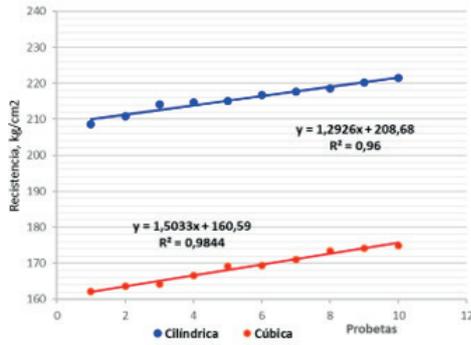


Figura 5. Regresión lineal de la resistencia corregida de las probetas cilíndrica y cúbica a 7 días de edad.

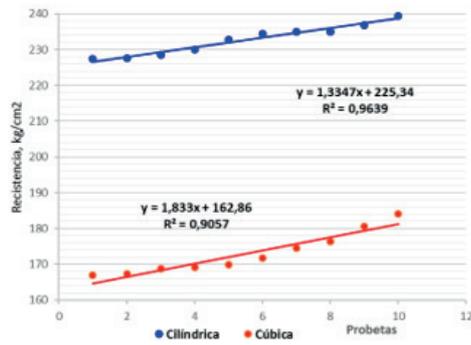


Figura 6. Regresión lineal de la resistencia corregida de las probetas cilíndrica y cúbica a 14 días de edad.

Gráficamente se apreció que los valores tienden a reducir su diferencia, sin embargo, estos resultados no son del todo congruentes con lo esperado. Por consecuencia, se realizaron estimaciones que puedan modelar de forma exacta estas transformaciones y así obtener un margen de diferencia mucho menor al obtenido en el ensayo realizado.

Se estudió el grado de relación entre las resistencias lo que se denominó análisis de correlación. Para representar esta relación se utilizó un diagrama de dispersión y, finalmente, el modelo matemático para estimar el valor de una variable basándose en el valor de otra, que se denominó análisis de regresión.

La figura 8 muestra la regresión lineal de la resistencia de las probetas cúbica contra la cilíndricas a los 7 días de edad.

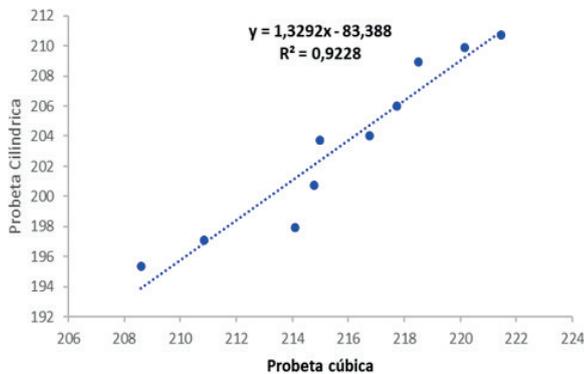


Figura 8. Regresión lineal de la resistencia de las probetas cilíndrica contra cúbica a 7 días de edad.

Dado que el coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” en la estimación es 0,9228 se concluyó que la correlación entre las variables es positiva y de carácter fuerte, por lo tanto, la función:

$$Y = 1,3192x - 83,388$$

Es una buena estimación de los datos originales, para

correlaciones de probetas cilíndricas de 15 x 30 cm en relación a la probeta cubica 20 x 20 cm.

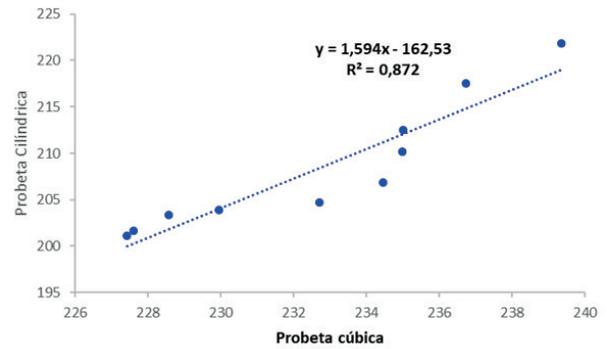


Figura 9. Regresión lineal de la resistencia de las probetas cilíndrica contra cúbica a 14 días de edad.

La figura 9. Muestra la regresión lineal de la resistencia de las probetas cúbica contra la cilíndricas a los 14 días de edad. El coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” para probetas de 15 x 30 cm, de hormigón grado H21, es de 0,872, que indicó un grado de correlación positivo entre variables y de carácter fuerte, por consecuencia la función:

$$Y = 1,594x - 162,53$$

Es un buen estimador de los datos originales.

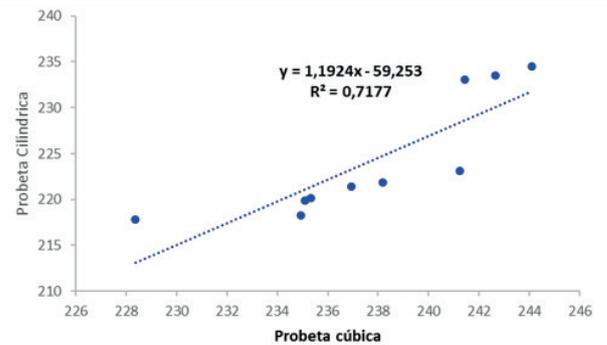


Figura 10. Regresión lineal de la resistencia de las probetas cilíndrica contra cúbica a 28 días de edad.

La figura 10. Muestra la regresión lineal de la resistencia de las probetas cúbica contra la cilíndricas a los 28 días de edad.

Se observó que el coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” es 0,7177, es una correlación positiva y de carácter fuerte, se deduce que la función:

$$Y = 1,1924x - 59,253$$

Es una buena estimación de los datos originales.

Es importante emplear factores de corrección si se utilizan probetas cúbicas para el ensayo de resistencia a compresión. Cada vez más, en los laboratorios en distintos países, eligen para sus ensayos este tipo de probetas que, a diferencia de las probetas cilíndricas, no precisan refrenado ni pulido, lo cual contribuye al equilibrio ecológico y a la protección del medio ambiente.

Se determinó que la resistencia a compresión de las probetas cúbicas obtuvo mayor resistencia que las probetas cilíndricas. Esto debido a que las probetas cúbicas tienen mayor superficie de contacto con la maquina a compresión entre las caras de la probeta cúbica y también debido a la esbeltez de ésta ya que la probeta incrementa la carga de rotura conforme disminuye la esbeltez de la probeta.

También se pudo apreciar, luego de la rotura, la porosidad, adherencia insuficiente, segregación, rotura del mal tercio central. Se demostraron las fuertes diferencias de la resistencia a compresión que presenta la probeta cúbica, utilizando el manual de la ABC, que hace referencia al correcto ensayo de resistencia

a compresión en probetas cúbicas y probetas cilíndricas. Se utilizó el método de mezcla de hormigón convencional de resistencia a compresión, siguiendo el manual de la ABC y en el método ACI, por que trabaja con una resistencia a la compresión promedio, que incluye un factor de seguridad.

Gracias a este método, se realizó la dosificación del hormigón patrón, y se determinó la siguiente expresión:  $1: 1,66: 3,12 a/c = 0,45$ . Se obtuvo una dosificación para un hormigón H-21, con un asentamiento de 75 mm que presenta una consistencia plástica, para estructuras como pavimentos, banquetas, presas, puentes, muros de contención, cimentaciones de hasta 6 cm de espesor.

Se logró diseñar un hormigón que, a los 7 días, llegó a una resistencia a la compresión promedio para una probeta cilíndrica de  $210,74 \text{ kg/cm}^2$  (78%), para una probeta cúbica de  $218,84 \text{ kg/cm}^2$  (81%). A los 14 días se llegó a una resistencia a la compresión promedio para una probeta cilíndrica de  $218,63 \text{ kg/cm}^2$  (80%), para una probeta cúbica de  $237,60 \text{ kg/cm}^2$  (88%). A los 28 días se llegó a una resistencia a la compresión promedio para una

probeta cilíndrica de  $234,47 \text{ kg/cm}^2$  (86%), para una probeta cúbica de  $242,48 \text{ kg/cm}^2$  (90%). Se determinó que, al utilizar la probeta cúbica, aumenta considerablemente la resistencia a la compresión del hormigón en relación a la probeta cilíndrica.

Al aplicar de los factores de conversión que indica la norma ACI 214R, se logró determinar una relación donde a los 7 días a probeta cilíndrica con relación a probeta cúbica incrementa en un 8,65%, a los 14 días incrementa en un 6.3%, a los 28 días incrementa en un 9,97%. Estos valores no son los esperados, debido que, al aplicar los factores de conversión, disminuye la resistencia del hormigón.

Del análisis estadístico efectuado a los resultados obtenidos en este estudio, tanto aplicando el factor propuesto como los factores de conversión que figuran en la norma ACI 214R, se comprobó que los índices estadísticos como: Diferencia de promedio, variación estándar, varianza y valor de la media, mejoran con la estimación lineal propuesta, lo cual refleja que los factores lineales (ecuaciones), son mejores predictores que los factores numéricos establecidos en la norma.

## REFERENCIAS

- NORMA ACI. ACI 211-1, diseño de mezclas de hormigón, 2010.  
NORMAS ASTM PARA HORMIGONES, norma ASTM C 1240  
RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA CON PROBETAS CÚBICAS Y CILÍNDRICAS DE VARIOS TAMAÑOS EN HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Castilla-La Mancha Avenida Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real, España.  
IBNORCA (2016), Norma Boliviana NB-1225001.  
REGLAMENTO CIRSOC 201-05, Norma Argentina del Hormigón  
INACAP, Análisis de muestras de hormigones, suelos y materiales  
MANUAL DE ENSAYOS ABC, Manual de ensayos de suelos y materiales de suelos  
IBNORCA, ANTE PROYECTO DE NORMA BOLIVIANA, APNB 122500-2  
PIÑEIRO, MOISÉS. "Resistencia a la compresión del hormigón. Influencia de los defectos de la probeta cúbica."; Revista del IDIEM, Volumen 8, 1969.  
NORMA ACI 214.4R, Guía para obtener núcleos e interpretar resultados de resistencia a la compresión., 2010.

CITA

