

ESTUDIO DE HORMIGONES CAVERNOSOS

Méndez Arévalo, Adriana¹

¹ Investigadora Junior de la Carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología
- UAJMS Dirección para correspondencia: adri_ana_m@hotmail.com

RESUMEN

La búsqueda de reducir el peso propio de la estructuras, ha llevado a la ingeniería a desarrollar nuevas técnicas con el objetivo de alcanzar nuevos hormigones más livianos que cumplan las características de los hormigones convencionales. La disminución del peso de estos hormigones se produce por una presencia de vacíos en los áridos y/o mortero.

El uso de Hormigones livianos es una solución para la disminución del peso. Estos hormigones son clasificados como, hormigones celulares, hormigones con agregados livianos y hormigones cavernosos o “sin finos”.

Los hormigones cavernosos llamados también “Sin finos” o de textura abierta son mezclas constituidas por agregados gruesos o medianos y cemento portland destinado a aglomerarlos. Contienen en la mezcla un volumen de agregado fino menor a 10% del volumen del agregado grueso.

El alcance del presente trabajo de investigación está delimitado al análisis de las características físico-mecánicas del hormigón cavernoso, principalmente el peso específico y la resistencia a la compresión que alcanzan los hormigones cavernosos, de modo que concluidos los ensayos se elaboraron curvas con las variables estudiadas, como ser: porcentaje de agregado fino vs. Peso específico, porcentaje de agregado fino vs. Resistencia a la compresión, Peso específico vs. Resistencia.

Además, se realizó un análisis comparativo entre los resultados de los ensayos para los diferentes tipos de agregado grueso.

Palabras claves: Hormigón cavernoso, Resistencia.

ABSTRACT

The quest to reduce the weight of the structures, has led the engineers to develop new techniques in order to reach new lighter concrete with the characteristics of conventional concrete. The decreased weight of these concretes is produced by a presence of voids in the aggregate and / or mortar.

The use of lightweight concretes is a solution for weight loss. These are classified as concrete, cellular concrete, concrete with lightweight aggregates and cavernous concrete or "no fines". The cavernous concrete also called "fine Sin" or open texture are mixtures of heavy or medium aggregates and portland cement intended to agglomerate. The mixture containing a smaller volume of fine aggregate to 10% of the volume of coarse aggregate.

The scope of this research is bounded to the analysis of physical-mechanical cavernous concrete, mainly the specific gravity and the compressive strength reaching the cavernous concrete, so that concluded curve characteristics tests were developed with the variables studied such as: percentage of fine aggregate vs. Specific gravity, vs. percentage of fine aggregate Compressive strength, specific gravity vs. Resistance.

In addition, a comparative analysis of the results of tests for different types of coarse aggregate was performed.

Keywords: Cavernous concrete, resistance

INTRODUCCIÓN

Los hormigones cavernosos llamados también “Sin finos” o de textura abierta son mezclas constituidas por agregados gruesos o medianos y cemento portland destinado a aglomerarlos. Contienen en la mezcla un volumen de agregado fino menor a 10% del volumen del agregado grueso.

Estos hormigones se diferencian esencialmente de los normales en la granulometría de los agregados utilizados, obteniéndose la disminución de peso específico por la formación de grandes huecos en su masa como consecuencia de la reducción del agregado fino.

Esto es posible por el hecho de que el aglomerante tiene como única función envolver los granos de agregado grueso y vincularlos entre sí. El lugar ocupado en el hormigón ordinario por el agregado fino es reemplazado en los hormigones cavernosos, por huecos llenos de aire.

El peso específico del hormigón endurecido depende de varios factores, principalmente de naturaleza de los áridos, de su granulometría y del método de compactación empleado. Será tanto mayor cuanto mayor sea el de los áridos utilizados y mayor cantidad de agregado grueso contenga, y tanto mayor cuanto mejor compactado este. De todas formas, las variaciones de peso del hormigón son pequeñas, pudiendo tomarse en los cálculos valores entre 2.250 y 2.450 kg/m³ y puede suponerse igual a 2.300 kg/m³.

Según el peso específico los hormigones cavernosos, pueden ser agrupados en dos categorías:

- Hormigones cavernosos de agregados ordinarios, cuyo peso específico aparente seco es inferior al de los hormigones comunes debido a que contienen una proporción relativamente importante de huecos, pudiendo variar entre 1600 y 2000 kg/m³.
- Hormigones cavernosos de agregados livianos, cuyo peso específico aparente oscila entre 700 y 1000 kg/m³.

La resistencia a la compresión del hormigón cavernoso varía generalmente entre 15 k/cm² y 140 kg/cm², lo que depende principalmente de su densidad, que es rígida por el contenido de cemento.

La resistencia es, en general más reducida con escorias y piedra pómez y más elevada con cascotes de ladrillos, piedras trituradas y grava. Para la mayor parte de las aplicaciones corrientes,

sólo se requiere una resistencia de 20 a 25 kg/cm².

La resistencia a la tracción por flexión es del orden de 25% a 30% de la resistencia a la compresión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación y caracterización de materiales que conforman la mezcla

Para la obtención de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón cavernoso como ser la resistencia compresión y el peso específico de dicho hormigón, como primer paso se llevó a cabo la preparación y caracterización de los agregados con el fin de realizar una dosificación adecuada. Preparación de materiales

Los agregados fueron previamente lavados con el fin de eliminar materias orgánicas u otras partículas innecesarias que podrían afectar en la dosificación de la muestra y luego secados para su posterior uso, mientras que el cemento fue almacenado en un lugar seco para evitar que este absorba humedad del ambiente y comience un fraguado superficial.

La caracterización de los materiales se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 1. Resultados ensayo Peso específico agregado grueso.

Peso específico		Canto rodado	Chancado
Peso específico a granel	[gr/cm ³]	2.58	2.59
Peso específico saturado sup. Seca	[gr/cm ³]	2.6	2.63
Peso específico aparente	[gr/cm ³]	2.63	2.7
% de absorción	[%]	0.73	1.59

Tabla 2. Resultados del Peso unitario del agregado grueso.

Peso unitario		Canto rodado	Chancado
Suelto	[gr/cm ³]	1.49	1.42
Compactado	[gr/cm ³]	1.58	1.51

Tabla 3. Resultados peso específico agregado fino.

Peso específico		Agregado fino
Peso específico a granel	[gr/cm ³]	2.28
Peso específico saturado sup. seca	[gr/cm ³]	2.31
Peso específico aparente	[gr/cm ³]	2.36
% de absorción	[%]	1.55

Tabla 4. Resultados peso unitario agregado fino

Peso unitario		Agregado fino
Suelto	[gr/cm ³]	1.57
Compactado	[gr/cm ³]	1.74

Metodología y procedimiento

Una vez realizada la caracterización de los áridos, el estudio experimental se plantea de la siguiente manera: Partiendo de un hormigón dosificado según la ACI para que alcance una resistencia a compresión de 210 kg/cm² y haciendo que dicha dosificación cumpla con los parámetros principales en los que se basa el hormigón cavernoso, como ser: la relación agua/cemento entre 0.4-0.5 y que la granulometría contenga partículas con tamaño máximo de 30 mm, se realizaron varias dosificaciones en las cuáles el estudio en objeto fue la reducción de la cantidad de agregado fino existente en la mezcla en los siguientes porcentajes: 20%, 40%, 60%, 80%, 90% y 95% medidos en peso, basándonos en la teoría que un hormigón se llama cavernoso cuando contienen en la mezcla hasta 10% de agregado fino.

Se elaboraron cuatro probetas cilíndricas con medidas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para cada reducción de agregado fino. Se practicó el ensayo con dos tipos diferentes de agregado grueso:

- Agregado grueso de canto rodado proveniente del río Tarija en el sitio donde se juntan tres afluentes (Guadalquivir, Santa Ana y Camacho).
- Agregado grueso chanchado proveniente del banco de agregados de la empresa Erika Srl.

Curado de probetas

Al cabo de 24 horas se desmoldan las probetas y se colocan en piscinas con agua, cuya temperatura debe permanecer entre 18 y 24 °C, donde se las deja reposar generalmente entre 7 y 28 días.

Para el curado de las probetas se tuvo una limitación en el procedimiento, debido a que no se contaba con la piscina de agua disponible los 28 días en el laboratorio, se curó las probetas 14 días. Ensayos de rotura de probetas

El ensayo de rotura de probetas a compresión está basado según la norma ASTM C39 y se realizó el ensayo a los 28 días de edad de todas las muestras.

RESULTADOS

Resultados del ensayo resistencia a compresión

Una vez realizado el ensayo de Resistencia a compresión se procede a presentar los resultados obtenidos donde se muestra la resistencia promedio para cada muestra con reducción de agregado fino para 2 tipos diferentes de agregado grueso: Canto rodado (R) y Chancado (C).

Resultados de peso específico

Se presentan los resultados experimentales obtenidos en ensayos para determinación del peso específico de las muestras.

El peso específico se lo encuentra con la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{\text{Peso promedio}}{\text{Volumen de probeta}}$$

En las Tabla 7 y Tabla 8 la columna llamada "Peso específico [%] en relación a probeta patrón" fue encontrada bajo la siguiente relación:

$$\gamma [\%] = \frac{\gamma_{\text{con reducción de finos}}}{\gamma_{\text{patrón (100\% A.F.)}}} \cdot 100$$

Con el único fin de hallar el peso que reduce el hormigón si es que se quita el agregado fino expresado en porcentaje.

En la siguiente columna se utilizó la subsiguiente fórmula:

$$\text{Reducción } [\%] = 100 - \gamma [\%]$$

Tabla 5. Resistencia a compresión de probetas realizadas con agregado grueso (canto rodado).

Probeta N°	Especificación	Resistencia Proyección 28 días [kg/cm ²]	Promedio Resistencia [kg/cm ²]
1	Probeta #1 100%(R)	231.15	221.71
2	Probeta #2 100%(R)	210.19	
3	Probeta #3 100%(R)	218.97	
4	Probeta #4 100%(R)	226.53	
5	Probeta #9 80%(R)	205	221.42
6	Probeta #10 80%(R)	215.8	
7	Probeta #11 80%(R)	235.58	
8	Probeta #12 80%(R)	229.3	
9	Probeta #17 60%(R)	219.53	220.08
10	Probeta #18 60%(R)	227.16	
11	Probeta #19 60%(R)	220.58	
12	Probeta #20 60%(R)	213.03	
13	Probeta #25 40%(R)	180.67	198.38
14	Probeta #26 40%(R)	186.9	
15	Probeta #27 40%(R)	213.09	
16	Probeta #28 40%(R)	212.86	
17	Probeta #33 20%(R)	108.27	93.75
18	Probeta #34 20%(R)	95.18	
19	Probeta #35 20%(R)	54.92	
20	Probeta #36 20%(R)	116.64	
21	Probeta #41 10%(R)	67.61	93.12
22	Probeta #42 10%(R)	61.78	
23	Probeta #43 10%(R)	137.58	
24	Probeta #44 10%(R)	105.5	
25	Probeta #49 5%(R)	88.68	92.56
26	Probeta #50 5%(R)	120.33	
27	Probeta #51 5%(R)	70.75	
28	Probeta #52 5%(R)	90.46	

Tabla 6. Resistencia a compresión de probetas realizadas con agregado grueso (chancado).

Probeta N°	Especificación	Resistencia Proyección 28 días [kg/cm ²]	Promedio Resistencia [kg/cm ²]
1	Probeta #5 100%(C)	220.46	224.39
2	Probeta #6 100%(C)	219.72	
3	Probeta #7 100%(C)	226.7	
4	Probeta #8 100%(C)	230.68	
5	Probeta #13 80%(C)	222.96	223.86
6	Probeta #14 80%(C)	222.14	
7	Probeta #15 80%(C)	219.55	
8	Probeta #16 80%(C)	230.8	
9	Probeta #21 60%(C)	195.06	199.17
10	Probeta #22 60%(C)	197.56	
11	Probeta #23 60%(C)	210.79	
12	Probeta #24 60%(C)	193.28	
13	Probeta #29 40%(C)	172.88	198.87
14	Probeta #30 40%(C)	204.26	
15	Probeta #31 40%(C)	198.43	
16	Probeta #32 40%(C)	219.89	
17	Probeta #37 20%(C)	115.02	113.62
18	Probeta #38 20%(C)	123.33	
19	Probeta #39 20%(C)	94.83	
20	Probeta #40 20%(C)	121.31	
21	Probeta #45 10%(C)	104.06	93.38
22	Probeta #46 10%(C)	84.91	
23	Probeta #47 10%(C)	117.91	
24	Probeta #48 10%(C)	66.63	
25	Probeta #53 5%(C)	83.49	91.89
26	Probeta #54 5%(C)	120.27	
27	Probeta #55 5%(C)	77.3	
28	Probeta #56 5%(C)	86.48	

Tabla 7. Peso específico de probetas con agregado grueso (Canto rodado).

Probeta N°	Especificación	Peso probeta antes de rotura [kg]	Promedio peso [kg]	Peso específico [kg/m³]	γ [%] en relación a probeta patrón	Reducción γ [%]
1	Probeta #1 100%(R)	13.07	13.05	2461.36	100	0
2	Probeta #2 100%(R)	13.05				
3	Probeta #3 100%(R)	13.1				
4	Probeta #4 100%(R)	12.99				
5	Probeta #9 80%(R)	12.9	12.96	2443.68	99.28	0.72
6	Probeta #10 80%(R)	12.92				
7	Probeta #11 80%(R)	13.12				
8	Probeta #12 80%(R)	12.89				
9	Probeta #17 60%(R)	12.89	12.91	2435.9	98.97	1.03
10	Probeta #18 60%(R)	12.94				
11	Probeta #19 60%(R)	12.95				
12	Probeta #20 60%(R)	12.88				
13	Probeta #25 40%(R)	12.55	12.56	2368.46	96.23	3.77
14	Probeta #26 40%(R)	12.67				
15	Probeta #27 40%(R)	12.55				
16	Probeta #28 40%(R)	12.47				
17	Probeta #33 20%(R)	11.34	11.24	2120.65	86.16	13.84
18	Probeta #34 20%(R)	11.34				
19	Probeta #35 20%(R)	10.94				
20	Probeta #36 20%(R)	11.36				
21	Probeta #41 10%(R)	11.29	11.23	2118.76	86.08	13.92
22	Probeta #42 10%(R)	11.16				
23	Probeta #43 10%(R)	11.19				
24	Probeta #44 10%(R)	11.3				
25	Probeta #49 5%(R)	11.23	11.22	2116.41	85.99	14.01
26	Probeta #50 5%(R)	11.15				
27	Probeta #51 5%(R)	11.29				
28	Probeta #52 5%(R)	11.21				

Tabla 8. Peso específico de probetas con agregado grueso (chancado).

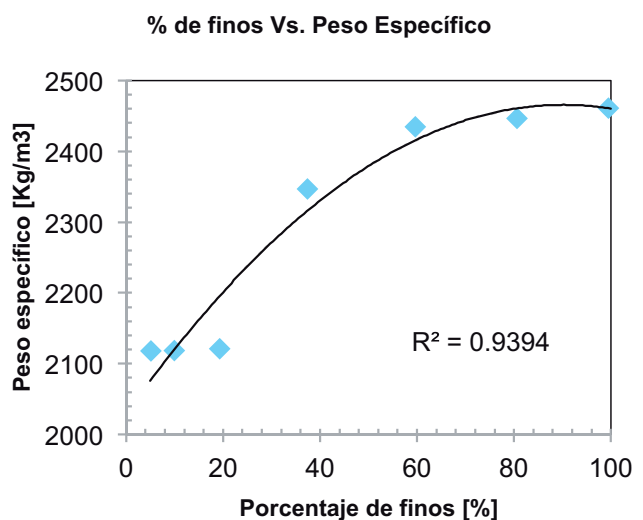
Probeta N°	Especificación	Peso probeta antes de rotura [kg]	Promedio peso [kg]	Peso específico [kg/m ³]	! [%] en relación a probeta patrón	Reducción ! [%]
1	Probeta #5 100%(C)	12.89	12.87	2427.17	100	0
2	Probeta #6 100%(C)	12.9				
3	Probeta #7 100%(C)	12.87				
4	Probeta #8 100%(C)	12.81				
5	Probeta #13 80%(C)	12.87	12.79	2412.55	99.4	0.6
6	Probeta #14 80%(C)	12.86				
7	Probeta #15 80%(C)	12.78				
8	Probeta #16 80%(C)	12.65				
9	Probeta #21 60%(C)	11.99	11.99	2261.65	93.18	6.82
10	Probeta #22 60%(C)	12.04				
11	Probeta #23 60%(C)	12.04				
12	Probeta #24 60%(C)	11.89				
13	Probeta #29 40%(C)	12.09	11.9	2243.73	92.44	7.56
14	Probeta #30 40%(C)	11.82				
15	Probeta #31 40%(C)	11.78				
16	Probeta #32 40%(C)	11.89				
17	Probeta #37 20%(C)	11.5	11.54	2177.24	89.7	10.3
18	Probeta #38 20%(C)	11.62				
19	Probeta #39 20%(C)	11.52				
20	Probeta #40 20%(C)	11.53				
21	Probeta #45 10%(C)	10.78	10.64	2007.47	82.71	17.29
22	Probeta #46 10%(C)	10.37				
23	Probeta #47 10%(C)	10.8				
24	Probeta #48 10%(C)	10.62				
25	Probeta #53 5%(C)	10.62	10.63	2005.12	82.61	17.39
26	Probeta #54 5%(C)	10.66				
27	Probeta #55 5%(C)	10.53				
8	Probeta #56 5%(C)	10.71				

Determinación de curvas

Para relacionar las variables estudiadas como ser el peso específico y la resistencia a compresión con el porcentaje de finos que posea la mezcla, se realizaron gráficas con los resultados obtenidos, de igual manera se realizó un ajuste de los datos con funciones de 1er y 2do grado, que fueron las que más se ajustaron a nuestros datos alcanzados en laboratorio.

En la $\text{!Error! No se encuentra el origen de la referencia.}$ se observa que el peso específico en relación al porcentaje de finos que contenga la mezcla varía parabólicamente con una correlación de 0.93.

Figura 1. Influencia del porcentaje de finos en el peso específico de las muestras (canto rodado).

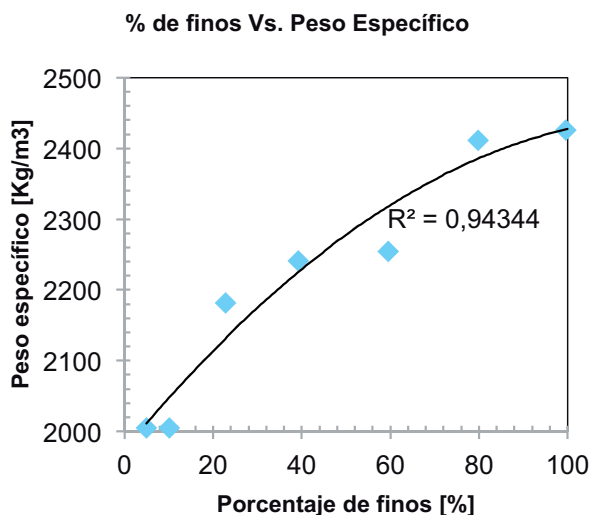


Se observa que en el rango de 5-20% de existencia de agregado fino el peso específico permanece aproximadamente constante. De igual manera se observa que para un porcentaje de finos entre 20-60%, se tiene un incremento del peso específico.

En el rango de 5-20% se presentan los valores de menor peso específico, esto puede indicar que las muestras presentan mayor porosidad en su estructura, mientras que entre 60-100% de contenido de agregado fino en la mezcla, este puede ocupar los vacíos y exponer mayor peso específico.

En la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, se muestra la relación entre el porcentaje de finos existente en la mezcla y su peso específico con agregado grueso tipo chancado.

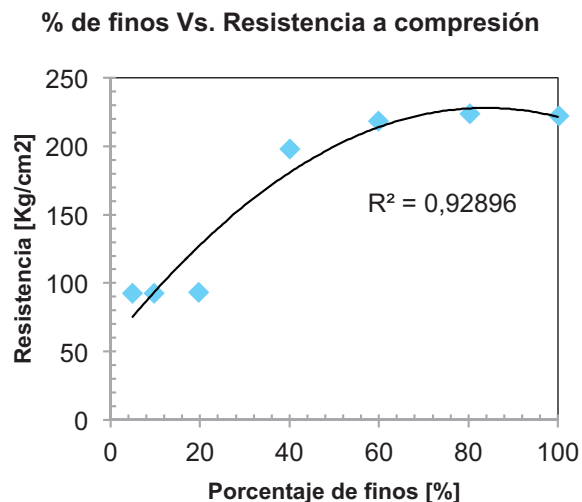
Figura 2. Influencia del porcentaje de finos en el peso específico de las muestras (material chancado).



Se puede notar que el peso específico de la mezcla incrementa apreciablemente en todo el rango de contenido de porcentaje de finos en la mezcla. En donde se adquiere el menor peso específico cuando el contenido de finos es mínimo y el máximo cuando el porcentaje de finos es al 100%.

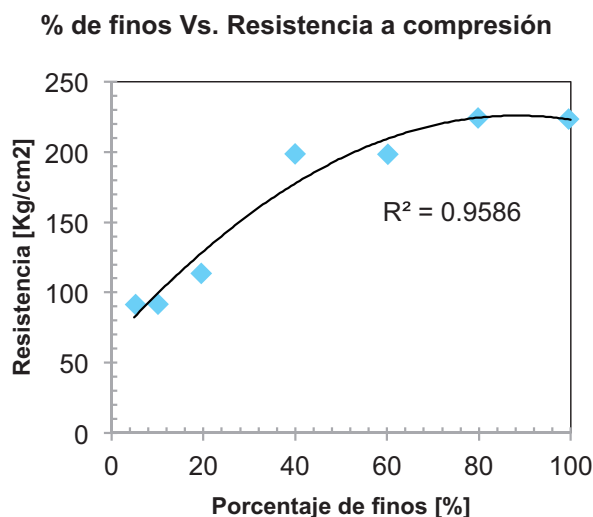
Cuando el contenido de agregado fino en la mezcla es el mínimo en un rango de 5-10% hasta un 20% la resistencia a compresión permanece casi constante, mientras que en el rango de 20-60% la resistencia a compresión aumenta sustancialmente.

Figura 3. Influencia del porcentaje de agregado fino en la resistencia a compresión (canto rodado).



Se observa que es una gráfica parabólica, con correlación de 0.93 porque es la función que más se ajusta a la gráfica, pero los valores se comportan prácticamente de manera lineal.

Figura 4. Influencia del porcentaje de agregado fino en la resistencia a compresión (chancado).



A partir de los resultados mostrados anteriormente se muestra la relación que existe entre la resistencia a compresión y el peso específico de las muestras.

Figura 5. Curva peso específico vs resistencia a compresión (canto rodado).

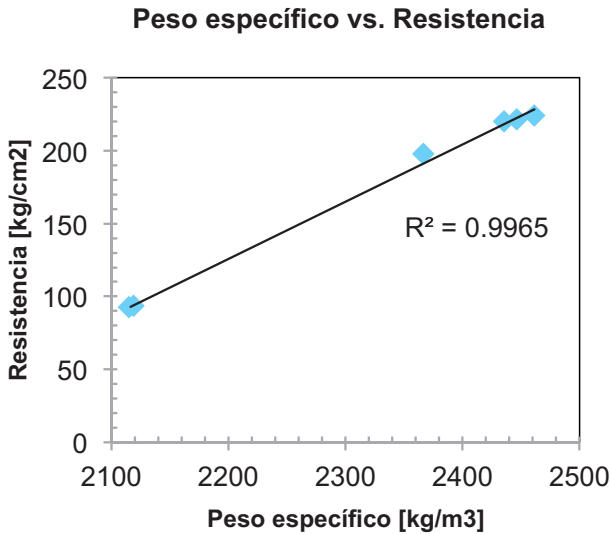


Figura 7. Relación entre el contenido de agregado fino y la resistencia para 2 tipos de agregado grueso.

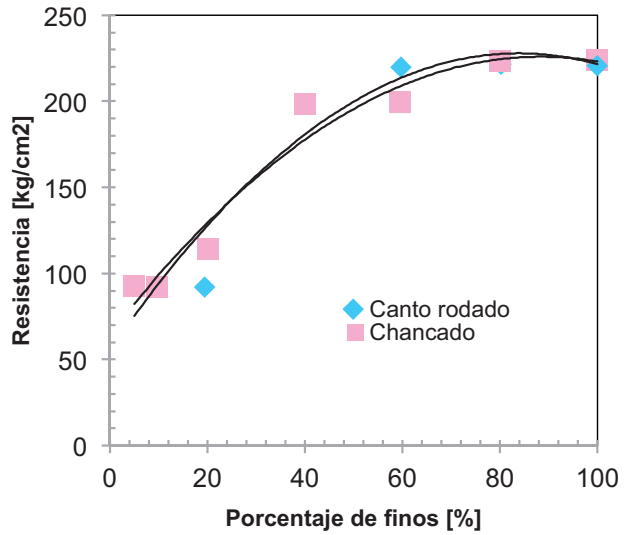


Figura 6. Curva peso específico vs resistencia a compresión (chancado).

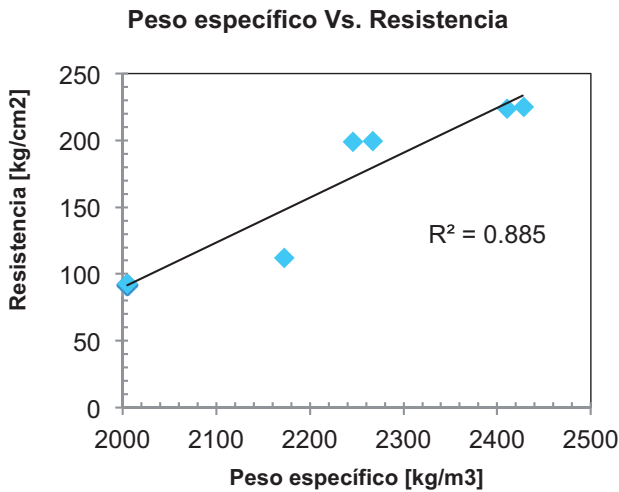
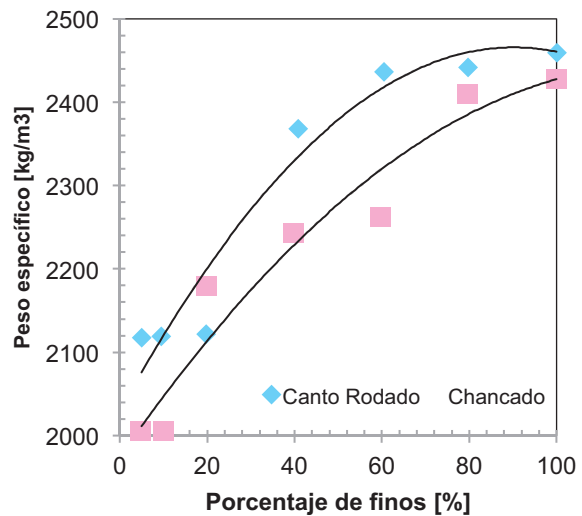


Figura 8. Relación entre el contenido de agregado fino y el peso específico para 2 tipos de agregado grueso.



Al igual que en el caso de las probetas ensayadas con agregado grueso tipo canto rodado, se observa una gráfica lineal que relaciona el peso específico de las muestras con la resistencia a compresión cuando se dosifica con agregado grueso proveniente de chancadora donde los datos se encuentran más dispersos, obteniendo una correlación de 0.88.

En la Figura 8, se muestra una comparación de la influencia de la forma del agregado (canto rodado/chancado) con respecto al peso específico de las muestras para los diferentes porcentajes de agregado fino contenido en la mezcla.

DISCUSIÓN

Análisis de resultados de variables en estudio

Se puede observar que cuando se reduce el agregado fino a un hormigón dosificado de manera convencional incluyendo los parámetros de un hormigón cavernoso, ya sea en el cumplimiento de ciertas relaciones como ser la relación Agua/Cemento, el tamaño máximo de sus partículas, como en su forma de mezclado y vaciado, la resistencia disminuye en función a la cantidad de agregado fino que posea la mezcla, si esta cantidad se reduce entonces la resistencia en el hormigón de igual manera disminuirá su valor.

Uno de los factores que influyen en el incremento de la resistencia a compresión mientras se aumenta el porcentaje de agregado fino contenido en la mezcla es la compactación, cuando hay más agregado fino que trabaja conjuntamente con la pasta de cemento existe mayor superficie específica produciendo una mayor adherencia y un mejor ordenamiento de las partículas. Por tanto, a mayor compactación se produce una mayor resistencia a compresión.

La resistencia del hormigón está influida por el volumen de vacíos dentro de este, al aumentar la compactación disminuye la relación de vacíos. Lo mismo ocurre con el peso específico del hormigón estudiado. Mientras se reduce la cantidad de agregado fino que posea la dosificación de la mezcla dicho peso reducirá en valor. Provocando así que el hormigón sea más liviano.

También podemos observar cuando las probetas son dosificadas con agregado grueso de canto rodado, las resistencias promedio en la mayoría de los porcentajes de agregado fino que posee la mezcla son menores que las resistencias a compresión de probetas realizadas con agregado grueso chancado.

Se puede observar que los resultados de peso específico de las probetas realizadas con agregado grueso chancado que son más livianas

que las probetas practicadas con agregado grueso de canto rodado. Podemos decir que la forma del agregado grueso con el que se dosifica tiene gran influencia a la hora de adquirir resultados, de igual manera tiene bastante importancia la caracterización de los agregados.

Se puede observar que cuando el hormigón tiene un 10% de agregado fino en la mezcla este reduce en peso un 13,92% con relación a la dosificación patrón, mientras que cuando la mezcla posee un 5% de agregado fino la reducción del peso específico es aún menor, alcanzando un valor de 14,01% comparado con la mezcla patrón, por lo que se puede deducir que entre el 5-10% de contenido de agregado fino no existe una disminución significativa del peso. Estos resultados presentados son para hormigones con agregado grueso de canto rodado.

En lo que respecta al hormigón cavernoso con tipo de agregado grueso chancado, para una mezcla con contenido de 10% de agregado fino, la reducción del peso específico es de 17,29% con respecto a la patrón, y cuando el contenido de agregado fino en la mezcla es de 5% la disminución de peso específico del hormigón es de 17,39%.

Por otra parte, la resistencia a compresión disminuye considerablemente al disminuir el contenido de agregado fino en el hormigón cavernoso. Los valores de resistencia a compresión del hormigón dosificado con agregado grueso canto rodado, para un hormigón con 10% de agregado fino contenido en la mezcla la resistencia promedio es de 93,12 kg/cm² y para un contenido de 5% de agregado fino la resistencia es de 92,56 kg/cm², entrando en el rango establecido en la hipótesis planteada de 15-140 kg/cm².

Por otro lado, se puede observar las resistencias para un hormigón con 10% de contenido de agregado fino nos presenta un valor de 93,39 kg/cm² y para un hormigón con 5% de agregado fino en la mezcla nos muestra un valor de 91,89 kg/cm².

Entre 5-10% de contenido de agregado fino la diferencia del peso específico ya sea de un hormigón dosificado con agregado grueso canto rodado o chancado es insignificante por lo que resulta mejor un hormigón cavernoso con 10% de contenido de agregado fino ya que reduce bastante el peso específico y la resistencia a compresión es un poco mayor.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el trabajo de laboratorio y definidas las propiedades físicas y mecánicas del hormigón cavernoso, se puede concluir que:

Desde el punto de vista de la resistencia a compresión de la mezcla, el tipo de agregado (canto rodado/chancado) no muestra influencia significativa en la resistencia a compresión de las probetas en el rango total de porcentaje de finos analizado. Aparentemente la forma y textura de la superficie de los agregados ejerce gran influencia en la resistencia del hormigón pero se ve más afectada la resistencia a flexión que la resistencia a compresión.

Experimentalmente se pudo observar que para el rango de interés del presente estudio (5-10% de contenido de agregado fino), con agregado grueso chancado se obtienen probetas más livianas que para una mezcla estudiada en el mismo rango pero dosificada con el tipo de agregado grueso canto rodado.

De lo citado anteriormente se puede concluir que una mezcla con agregado grueso chancado, será más liviana y de resistencia similar en comparación con una mezcla de agregado rodado. Por tanto, el agregado grueso tipo chancado con formas angulares tiene mejor comportamiento que en el hormigón que un agregado grueso de canto rodado.

El hormigón con reducción de agregado fino se convierte en "No estructural", con respecto a la resistencia a la compresión, cuando se le reduce el agregado fino en un 76% ya sea dosificado con los dos tipos de agregado grueso estudiados. Por tanto, el hormigón cavernoso tiene una aplicación con fines no estructurales.

El uso principal del hormigón cavernoso es en

muros que no soportan carga, muros interiores en estructuras porticadas, fabricación de bloques y en contra pisos para losas.

El costo por m³ de hormigón cavernoso con 5% y 10% de contenido de agregado fino reduce un 6% comparado con la dosificación patrón en estudio. Es importante determinar una granulometría apropiada, cuyo tamaño máximo de agregado contemple los rangos de 5-30mm, debido a que tamaños mayores al mencionado son poco aconsejables, porque permite que presente una estructura demasiado porosa.

La forma de mezclado de los componentes de este tipo de hormigones es muy importante, ya que la mezcla puede presentar segregación de materiales ocasionando una mala resistencia, por el exagerado tiempo de mezclado o mala forma de introducción de los componentes a la mezcladora ocasionando que la pasta de cemento se adhiera a las paredes. El tiempo de mezclado luego de introducidos todos los componentes es de 2 a 3 minutos.

El hormigón cavernoso, debido a su porosidad, aporta diferentes propiedades, en relación a otros hormigones, como son: capacidad de drenaje, aislamiento térmico, por lo que podría tener diferentes usos como ser: pavimentos alrededor de árboles y en estacionamientos domésticos de automóviles.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAM M. NEVILLE. (1995). Tecnología del concreto, cuarta edición. Editorial Imcyc. México.
- ALVAREZ DE ZAYAS CARLOS M., SIERRA LOMBARDIA VIRGINIA M. (2001). Metodología de la investigación científica, tercera edición. Bolivia.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. (2005). Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario (ACI 318s-05). USA.
- HUGON. M. SERRE. Técnicas de la construcción. Editores técnicos asociados. Barcelona.
- JACK C. McCORMAC. (2002). Diseño de concreto reforzado", cuarta edición. Editorial AlfaOmega. México.
- JIMENEZ M. PEDRO. (2000). Hormigón Armado, catorceava edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- JOHNNY ORGAZ F. (1991). Manual de laboratorio de hormigón. Tarija, Bolivia.
- ROLAND STULZ, KIRAN MUKERJI. (1993). Materiales de construcción apropiados.