

---

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR RESIDUOS  
CALCÁREOS DE *Argopecten purpuratus* (CONCHAS DE ABANICO)  
EN MEZCLAS DE CONCRETO**

**PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY LIME SCALE OF  
*ARGOPECTEN PURPURATUS* (SCALLOPS) IN CONCRETE MIXTURES**

César Julián Benites<sup>1</sup>, Celso Manrique Cornelio<sup>1</sup>, Lidia M. Lizarzaburu Montero<sup>2</sup>,  
Manuel Hermoza Conde<sup>1</sup>, Liz Campos Staub<sup>3</sup>, Lenin G. Zegarra Iglesias<sup>1</sup>

**RESUMEN**

El presente informe contiene los resultados de la utilización del polvo proveniente del reciclaje y calcinación a 800° C de los residuos calcáreos de *Argopecten purpuratus* (conchas de abanico). Este polvo así obtenido fue utilizado para sustituir el cemento comercial tipo Portland I en un porcentaje del 5% en el diseño de mezcla de concreto. Las mezclas de concreto obtenidas con este orden de sustitución se sometieron a la medición de su resistencia en compresión para los periodos de 7, 14 y 28 días de fraguado. Estas resistencias se compararon con las resistencias de una mezcla patrón en la cual el cemento no fue sustituido en absoluto y cuya resistencia de diseño fue  $f' = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: a los 7 días la resistencia de la mezcla sustituida superó a la resistencia de la mezcla estándar alcanzando los valores de 167,95 kg/cm<sup>2</sup> y 159,6 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. A los 14 días la resistencia de la mezcla estándar supera a la resistencia de la mezcla sustituida alcanzando los valores de 225,36 kg/cm<sup>2</sup> para la primera y 193,19 kg/cm<sup>2</sup> para la segunda. A los 28 días la resistencia de la mezcla estándar y de la mezcla sustituida supera la resistencia del diseño 210 kg/cm<sup>2</sup> y alcanza los valores de 273,37 kg/cm<sup>2</sup> para la estándar y de 225,83 kg/cm<sup>2</sup> para la sustituida. Este último resultado confirma la hipótesis de nuestro trabajo y nos permite continuar los estudios de sustitución en otros porcentajes hasta encontrar un óptimo de sustitución. Al mismo tiempo podemos concluir que es posible utilizar los materiales de los desechos calcáreos de conchas de abanico en beneficio del sector construcción a través de la reducción de costos y disminución de la contaminación del medio ambiente.

Palabras clave: materiales cementantes, mezclas de concreto.

**ABSTRACT**

This study reports the results of the use of the scallop shell powder recycled and calcined at 800° C. The powder of scallop shell was used to substitute 5% of the Portland cement type I in concrete composites. Concrete mixtures obtained in this order replacement underwent measurement of compressive strength for periods of 7, 14 and 28 days of curing. The compressive strength of this concrete obtained with the substitution mention above were compared with the design resistance of 210 Kg./cm<sup>2</sup> in which the cement was not substituted at all.

We got the following results: At 7 days the resistance of the concrete composites in which the cement was substitute by 5% by powder of scallop shells was 167,95% kg/cm<sup>2</sup>, this value is above the standard concrete composites with resistance of 159,6 kg/cm<sup>2</sup>. At 14 days the resistance of the standard concrete composites got the value of 225,36 kg/cm<sup>2</sup> above the substitute concrete composites that were only of 193,19 kg/cm<sup>2</sup>. The design resistance at 28 days was established to be of 210 kg/cm<sup>2</sup>; at this time our results were above the design resistance reaching the values of 273,37 kg/cm<sup>2</sup> for standard concrete composites, and 225,83 kg/cm<sup>2</sup> for the substituted concrete composites. This last result confirm the hypothesis of our work, and this referential result allow us to suggest to continue this line of work in order to find an optimum percentage of substitution of cement by scallop shells powder. At the same time our result permits to conclude that it is possible to use scallop shells powder in useful materials and contribute to eliminate the pollution waste of scallop shells.

Keywords: cement materials, concrete composite

1. Facultad de Ingeniería, cjulianb@hotmail.com,
2. Oficina Central de Investigación Universitaria,
3. Institut für Bau und Umwelt, Suiza.

Recibido: 11 de agosto del 2011.  
Aceptado el 13 de octubre del 2011

## INTRODUCCIÓN

Antecedentes y fundamentación científica.

William (1993) considera a las mezclas de concreto como un material compuesto de carácter cerámico formado por un material tosco e inerte o agregado encajado en una dura matriz de una pasta de material activo o aglutinante normalmente conformado por cemento y agua. Las composiciones de estas mezclas varían considerablemente, pero se tienen como valores referenciales (en volúmenes absolutos) los siguientes: de 7 a 15% de cemento, de 14 a 21% de agua, de 24 a 30% de agregado fino y de 31 a 51% de agregado tosco. La importancia de las mezclas de concreto en ingeniería es que se usa como elemento estructural en las construcciones de puentes, edificios, presas, pavimentos etc. Y además es económico, tiene dureza, resistencia al fuego, apariencia estética y brinda las facilidades de ser fabricado o premezclado en el sitio de su utilización. El elemento preponderante en este tipo de mezclas es el cemento el cual actúa como un “pegamento” para mantener unidas las partes del agregado dentro de la mezcla.

Sakoda, Watanabe, Ishiyama y Saito (2003) señalan que los volúmenes anuales de conchas de abanico en Japón son del orden de 300 000 toneladas y los correspondientes desperdicios calcáreos del orden de 150 000 toneladas al año. Por lo tanto estos residuos calcáreos lanzados a la intemperie generan efectos adversos del medio ambiente del suelo sobre los que son lanzados estos desechos. Desde esta perspectiva es que la utilización de estos residuos calcáreos en mezclas de concreto ha comenzado a ser estudiada recientemente en Japón. Sin embargo, las propiedades del concreto conteniendo residuos calcáreos de conchas de abanico no han sido del todo dilucidadas. Los resultados experimentales de este estudio en que se utilizó concreto hecho con cemento aglomerante compensado con residuos calcáreos de conchas de abanico se encontró que el peso unitario del concreto conteniendo conchas de abanico fue menor que del concreto ordinario. La velocidad de onda longitudinal del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue menor que el de concreto ordinario. La relación entre la dinámica del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión del concreto conteniendo conchas de abanico fue muy baja. La resistencia de compresión del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue de alrededor de  $20 \text{ N/mm}^2$  o su equivalente a  $203,87 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días de secado. El módulo estático de elasticidad del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue más pequeño que del concreto ordinario. El ratio de la resistencia a la tensión del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue mayor comparado al del concreto ordinario.

Blas, Avendaño y Prieto (2002) reportan una investigación sobre el aprovechamiento de residuos en el procesamiento de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía de Paracas. Sobre los compuestos que contienen los residuos calcáreos de las conchas de abanico este estudio señala que la eliminación de arenilla y tierra por procesos de lavado directo en agua corriente fue del orden del 2%, luego de secar y triturar las valvas fueron sometidas a procesos de calcinación a  $600^\circ\text{C}$  por cuatro horas obteniéndose 98% de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_2$ ); para luego ser sometidas a una segunda calcinación de cuatro horas adicionales a  $800^\circ\text{C}$ , obteniéndose 62% de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) a partir del carbonato de calcio, más otras sales cálcicas como  $\text{CaSiO}_3$  y  $\text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$ . Entre las posibles aplicaciones de estos productos se plantea los productos cerámicos y la industria del cemento.

Julián y Rodríguez (2008) reportan un ensayo de mezclas de concreto en los que se ha remplazado parcialmente el elemento (fino e inerte) arena por conchas de abanico en polvo en un porcentaje arbitrario y referencial del 30%, obteniéndose como resultado resistencias del orden de  $155 \text{ Kg/cm}^2$ . Es decir un 74% de una estándar de  $210 \text{ Kg/cm}^2$ . Esta referencia puntual es un resultado interesante que requiere mayor estudio y confirmación en la medida que podría significar una reducción de costos para una aplicación particular para un producto con las resistencias alcanzadas.

#### Justificación de la investigación

La importancia de esta propuesta se sustenta en tres aspectos fundamentales. El primero es la reciente importancia que viene adquiriendo en contexto internacional y nacional la investigación sobre el uso de los residuos calcáreos de las conchas de abanico para aplicaciones tan diversas como pinturas naturales, dietas cálcicas para reducción de peso, fibras de vidrio antibacteriales y antifúngicas, materiales funcionales luminiscentes y con mayor intensidad como agregado en las mezclas de concreto para construcción. El segundo aspecto está relacionado con el carácter finito de los materiales naturales no renovables como la piedra caliza a partir de los cuales se fabrican los actuales cementos comerciales. Estos materiales tienden a un agotamiento en el tiempo, y dado su carácter finito, plantean desde una perspectiva futurista y medio ambiental investigar nuevos materiales de sustitución con nuevas y mejores características compatibles con el sostenimiento medio ambiental, como en el presente caso el posible aprovechamiento de residuos inorgánicos provenientes de las conchas de abanico, que es posible su permanencia en el tiempo desde un manejo empresarial con buenas prácticas de manejo ambiental. Por último, existe un aspecto energético y por ende de costos involucrado en el proceso. Los actuales productos cementantes se obtiene a través de procesos térmicos del orden de  $1600^\circ\text{C}$ , mientras que los productos cementantes provenientes de los residuos de conchas de abanico se estarían obteniendo a los  $800^\circ\text{C}$ , lo que implicaría una reducción de costos en la obtención de este material alternativo el cemento convencional. Desde la perspectiva de la generación de nuevos conocimientos relacionados con nuevos materiales estaría ganando una experiencia inicial sobre un aspecto tan importante para el desarrollo y sostenimiento regional en base a sus recursos renovables. Los resultados de estos conocimientos permitirán a nuestra institución insertarse al sector productivo de su entorno con alternativas de mejoramiento de su medio ambiente.

Se planteó el siguiente problema:

¿Qué resistencia en compresión tendrá una mezcla de concreto en la cual se ha sustituido el 5% del cemento por residuos calcáreos de conchas de abanico, respecto a una mezcla convencional de diseño de resistencia de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  a 28 días?

Se formuló la siguiente hipótesis:

La resistencia en compresión de una mezcla de concreto, en la cual se ha sustituido el 5% del cemento por residuos calcáreos de conchas de abanico tendrá un valor próximo al de una mezcla convencional de diseño de resistencia de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  a 28 días.

El objetivo general fue:

Determinar la resistencia en compresión de mezclas de concreto en las que se ha sustituido el 5% del cemento por residuos calcáreos de conchas de abanico y compararlo con la resistencia de una mezcla convencional de diseño de resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup> a 28 días.

Y como objetivos específicos:

- a) Elaborar probetas de mezclas de concreto con sustitución parcial del cemento por residuos calcáreos de conchas de abanico en una proporción del 5% respecto al cemento sustituido en un 0% en una mezcla convencional de concreto de resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup> a 28 días.
- b) Determinar las resistencias en compresión de las probetas elaboradas en el objetivo anterior y compararlas con la resistencia de una probeta convencional a 210 Kg/cm<sup>2</sup> a 28 días.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La presente es una investigación de tipo experimental siguiendo los procesos de calcinación y recalcinación reportados por Blas, Avendaño y Prieto 2002.

Se trabajó con el material proveniente de la Cantera de residuos calcáreos de concha de abanico ubicado sobre la margen derecha de la Panamericana Norte a la altura del Km. 313, contigua al Valle de Culebras, provincia de Huarmey. Se consideró puntos aleatorios para recolectar el material cementante.

El presente estudio corresponde a un diseño experimental en base al único factor de la mezcla que se ha alterado (sustituido) es el cemento; los otros elementos como el agua, la piedra, y la arena se mantienen constantes.

Elaboración de probetas estándares o sin sustitución.

Para ello se hizo el cálculo de los materiales cementantes.

Pesos finales para la elaboración de las 03 probetas: Cemento: 6,95 kg; agua: 3,92 kg; agregado fino: 15,95 kg y agregado grueso: 21,78 kg. Para la elaboración de probetas con 5% de sustitución de concha de abanico: Cemento: 6,60 kg; agua: 3,92 kg; agregado fino: 15,95 kg; agregado grueso: 21,78 kg; Concha de abanico: 0,35 kg. Estos materiales se muestran en la siguiente vista:



FIGURA N° 01 Materiales constituyentes de las mezclas

**RESULTADOS**

Ensayo de resistencia a la compresión:

Para cada ensayo se considero la elaboración de 9 probetas, los resultados de su resistencia se muestran en el Cuadro N ° 01.

**CUADRO N° 01  
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN EN EL TIEMPO**

Sustitución	7 días			14 días			28 días		
0 %	166,53	140,11	158,35	233,04	233,03	225,96	287,46	288,46	303,62
	179,16	187,70	172,94	223,11	235,50	233,65	261,84	264,42	272,13
	144,87	141,69	145,84	217,50	213,20	213,31	274,13	219,27	289,07
5 %	137,94	136,90	139,92	170,72	179,56	188,45	214,89	233,01	206,75
	186,52	164,42	177,75	191,39	194,56	213,71	209,47	263,30	235,73
	187,58	188,25	192,28	201,45	192,38	206,53	226,67	225,63	217,07

Los resultados de este cuadro se muestran en el siguiente gráfico.

**GRÁFICO N° 01  
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN VS. TIEMPO**

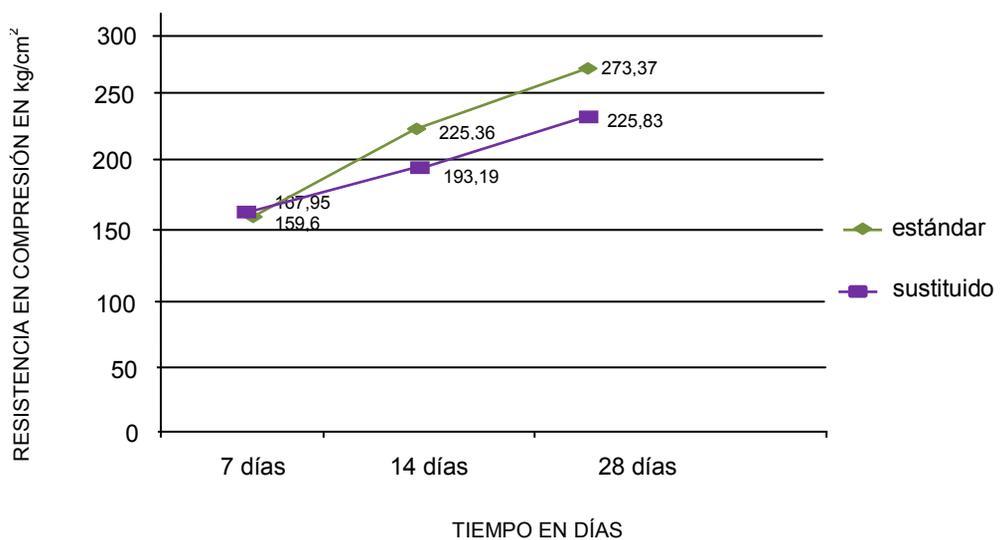
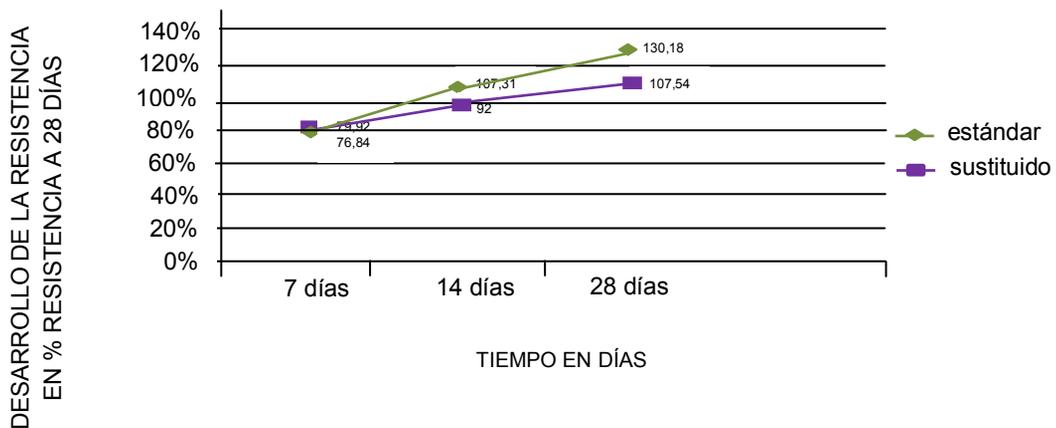


GRÁFICO N° 02  
DESARROLLO DE LA RESISTENCIA EN PORCENTAJE DE RESISTENCIA A 28 DÍAS



## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El recurso de residuos calcáreos de concha de abanico ubicado en el Km 313 de la Panamericana norte tiene una extensión aproximada de 10 Ha, con montículos de residuos que varía entre uno y tres metros de altura. Esta Cantera de desechos es un foco de contaminación en el área de Casma y Huarney que tiende a incrementarse a razón de 10 000 toneladas métricas por año provenientes de la actividad marisquera actual. Estos volúmenes se tienden a incrementar ostensiblemente a futuro cuando entre en producción nuevas empresas de criadero de conchas en el área de Culebras y Huarney.

Dentro de las limitaciones enfrentadas en el presente trabajo ha tenido que ver con la capacidad de los volúmenes de quemado del material. Los equipos existentes en nuestra Universidad tienen cámara de quemado de 5 148 cm<sup>3</sup> que nos han permitido obtener el material cementante para una sustitución del 5% del cemento en las mezclas de concreto de nuestro estudio. Sin embargo para sustituciones mayores de 10 o 15% se requiere cámaras de quemado del orden de 140 000 cm<sup>3</sup>. Este es un problema técnico que se requiere resolver para continuar desarrollando el proyecto.

En relación a la disminución de masa en los procesos de calcinación se ha encontrado que éstos no son muy significativos puesto que para la primera calcinación de 4 horas a 600°C se encontraron pérdidas del 3% y del 10% en la segunda calcinación por 4 horas a 800°C. Este último porcentaje se vio afectado por nuestra inexperiencia al manejar la expansión pos calcinación del material (derrames).

De los resultados gráficos se puede apreciar que la resistencia en compresión de la mezcla estándar, es decir, con 0% de sustitución del cemento, alcanza valores mayores que la mezcla sustituida al 5%. El tope de las resistencias en compresión a 28 días para la mezcla estándar es de 273,37 kg/cm<sup>2</sup> para la mezcla sustituida es de 225,85 kg/cm<sup>2</sup>. Ambos valores están por encima de la resistencia de diseño que es de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Este resultado confirma nuestra hipótesis y los objetivos de nuestro

estudio y a la vez permite avanzar a etapas de evaluar durabilidad y posibles aplicaciones de la mezcla de concreto sustituida al 5%.

En esta gráfica también se puede apreciar que alrededor de los 20 días de edad de la mezcla sustituida, esta alcanza la resistencia de diseño y a partir de ese valor sigue incrementándose siguiendo el patrón ascendente de la mezcla estándar.

Otro aspecto interesante a considerar es que a los siete días de edad la resistencia de la mezcla sustituida al 5% tiene un valor de 177,95 kg/cm<sup>2</sup>, que está por encima del valor de la resistencia de la mezcla estándar que es de 159,60 kg/cm<sup>2</sup>. Esta diferencia se incrementa y el efecto es aún más resaltante si se toma en cuenta que el material cementante de nuestra primera corrida experimental correspondiente a las probetas Y<sub>571</sub>, Y<sub>572</sub>, Y<sub>573</sub>; que por desconocimiento del manejo del material se elaboró con una antelación del orden de sesenta días y se mantuvo abierto durante ese tiempo, lo que probablemente originó su hidratación parcial que influyó un cambio en su homogeneidad de granulación y que se reflejó en las bajas resistencias de estas probetas. A partir de esta experiencia todos los materiales en polvo obtenido de las conchas de abanico fueron herméticamente sellados hasta el momento de su utilización. Si se tomara en cuenta esta corrección, el efecto de la resistencia a siete días de la mezcla sustituida con respecto a la resistencia de la estándar se incrementaría, lo que estaría indicando una potencialidad del nuevo material como acelerante en la mezcla de concreto en corta edad que sería bueno explorar.

## CONCLUSIONES

1. Se requiere sólo de 800° C para calcinar los desechos calcáreos de concha de abanico; lo cual contribuye a una disminución de costo del proceso y al mismo tiempo una disminución del efecto contaminante de eliminación del CO<sub>2</sub>.
2. Los resultados satisfactorios de este trabajo permiten concluir que es posible utilizar los materiales contaminantes de los desechos calcáreos de conchas de abanico en beneficio del sector construcción a través de nuevos materiales disminuyendo la contaminación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blas, W., Avendaño, S., Prieto, M. (2002). *Aprovechamiento de residuos en el procesamiento de la concha de abanico (Argopecten Purpuratus) en la Bahía de Paracas*. Primer Congreso Nacional de Acuicultura [en línea]. Consultado el 25 de mayo del 2009,

[www.unfv.edu.pe/site/ocinv/pdf\\_catalogo/2002.pdf](http://www.unfv.edu.pe/site/ocinv/pdf_catalogo/2002.pdf)

Julián, C., y Rodríguez, F. (2008). *Mezcla de Concreto con Conchas de Abanico*. (Trabajo de Asignatura de Dinámica). Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería. Chimbote, Perú.

Sakoda, S., Watanabe, S., Ishiyama, N. y Saito, H. (2003). Effective Utilization of Scallop Shell with Shrinkage-Compensating Cement. *JCA Proceedings of cement & concrete (Japan Cement Association)*, vol. N°. 57, pp. 578-583. Consultado el 20 de mayo del 2009,

<http://sciencelinks.jp/j-east/article/200409/000020040904A0262197.php>

Sakoda, S., Watanabe, S. (2006). The Effect of Direction of Shell in Concrete on the Properties of Concrete Made with Scallop Shells [en línea] vol. N°. 59; pp. 531-536. Consultado el 20 de mayo del 2009,  
<http://sciencelinks.jp/j-east/article/2006008/000020060806A0149098.php>

Smith, W. (1993). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. (2ª Ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.

Sugiyama, M. (2004). *Sustainable Waste Managment and Recycling*. Japan.

William, S. (1993). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. (2ª Ed.). Madrid: McGraw-Hill.

Yoda, A., Yokomuro, S. y Ogura, Y. (2003). Utilization of Scallop Shells to Concrete Admixture. *Research Reports Ashicaga Institute of Technology*, vol. N° 37; pp. 31-32. Consultado el 20 de mayo del 2009,  
<http://sciencelinks.jp/j-east/article/200406/000020040604A0104557.php>