



# ALTERNATIVAS AL CEMENTO PORTLAND

## Introducción

El cemento, o cualquier material cementante, es un ingrediente esencial en la mayoría de construcciones. El cemento es el agente aglomerante más importante en concretos, morteros y enlucidos, y es usado en la producción de unidades de albañilería y tejas.

Desde su invención en la primera mitad del siglo XIX, el cemento Portland se ha convertido en el aglomerante más difundido. Su predominio sobre los cementos alternativos se debe en parte al éxito de un agresivo sistema de mercadeo. Esto a pesar de sus claras desventajas técnicas para ciertas aplicaciones, además es relativamente caro de producir y usualmente escaso en muchos países en desarrollo. Por ejemplo, un trabajador rural del Perú necesitará trabajar durante casi una semana para poder comprar una bolsa de cemento. En comparación, los cementos alternativos pueden producirse localmente a pequeña escala y a menor costo.

Los cementos alternativos no pueden re-emplazar totalmente al cemento Portland, pero pueden ofrecerse como una alternativa en muchos tipos de construcción donde tienen ventajas: morteros, enlucidos y concretos no estructurales. Los cementos alternativos normalmente no son considerados adecuados en aplicaciones estructurales como vigas y columnas de concreto armado debido a su lento fraguado.

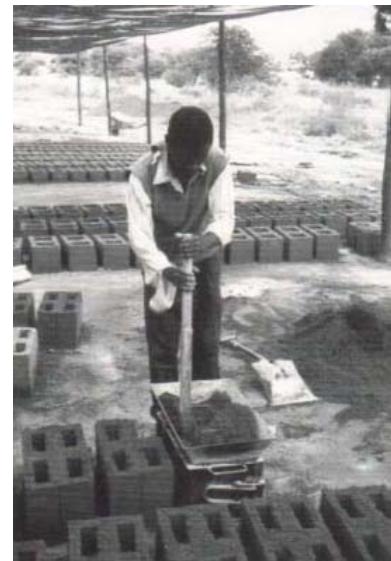
El más común de estos así llamados aglomerantes alternativos es la cal, a la cual pueden ser agregados otros materiales conocidos como puzolanas para aumentar su fortaleza y resistencia al agua. Otros aglomerantes tales como el yeso, azufre, asfalto, barro y estiércol también son utilizados.

## Sistemas aglomerantes en la historia

El más simple y posiblemente el más antiguo aglomerante utilizado fue el barro, y hay registros de su uso en el antiguo Egipto. Otro ejemplo del pasado, es el asfalto natural utilizado por los babilonios y los asirios en sus ladrillos y construcciones de alabastro.

La cal fue conocida por los griegos y ampliamente usada por los romanos. El arquitecto e ingeniero romano, Vitruvius, publicó las primeras especificaciones del uso de la cal en la construcción en su célebre tratado "De Arquitectura". Los romanos también sabían preparar un cemento de puzolana (mineral sílico-alumínico que puede formar compuestos cementantes) y cal, agregándole a esta última, materiales como ceniza volcánica o ladrillos, tejas y vajillas de arcilla pulverizados.

El acueducto Pont du Gard en Francia, construido en el año 18 antes de Cristo, con un mortero a base de cal hidráulica, es aún impermeable; la excelencia de la mezcla se



Producción manual de bloques de puzolana y cemento Portland

Prácticas  
técnica  
s

Practical Action, The Schumacher Centre for Technology and Development, Bourton on Dunsmore, Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ, UK

T +44 (0)1926 634400 | F +44 (0)1926 634401 | E [infoserv@practicalaction.org.uk](mailto:infoserv@practicalaction.org.uk) | W [www.practicalaction.org](http://www.practicalaction.org)

Practical Action is a registered charity and company limited by guarantee.  
Company Reg. No. 871954, England | Reg. Charity No.247257 | VAT No. 880 9924 76 |  
Patron HRH The Prince of Wales, KG, KT, GCB

atribuye a la selección de los materiales y al tiempo invertido en compactar la mezcla en el encofrado durante la construcción.

La reconstrucción del faro de Eddystone en el Canal Inglés realizada por John Smeaton en 1756, es el más reciente desarrollo en la tecnología de la cal. Esto se logró con el descubrimiento, por parte de Smeaton, de las propiedades hidráulicas de la cal, que resulta del calcinado de una piedra caliza arcillosa. Para preparar un mortero altamente resistente al agua, que necesitaba para unir las piedras, Smeaton preparó cuidadosamente una mezcla compuesta por su cal hidráulica con una porción igual de puzolana italiana (agregando así mayor "hidraulicidad" al mortero).

### **Por qué seguir usando cementos alternativos**

Las mayores ventajas de los cementos alternativos al Portland, son las siguientes: los costos de producción son menores, se requiere menor inversión de capital para comenzar a producir, y menos tecnología y equipos importados. También pueden ser producidos en pequeña escala para abastecer un mercado local, lo que da como resultado la reducción de los costos de transporte y un mayor grado de participación local en el suministro de materiales de construcción, con lo que se obtiene un mayor desarrollo de la industria local.

Menores costos de producción significa menores precios para el consumidor, lo que permitiría a aquéllos que no pueden comprar el cemento Portland, contar con un aglomerante de calidad.

Los cementos puzolánicos también tienen numerosas ventajas técnicas sobre el cemento Portland:

- Mejoran la trabajabilidad.
- Mejoran la retentividad, reduciendo la exudación.
- Mejoran la resistencia a los sulfatos.
- Mejoran la resistencia a la reacción de los agregados alcalinos.
- Más bajo calor en el proceso de hidratación.

Las ventajas sociales incluyen el potencial de tener al alcance viviendas de calidad y la oportunidad de incrementar los puestos de trabajo locales, dada la intensiva labor de las técnicas de producción.

Las ventajas técnicas y económicas de los cementantes alternativos no son desaprovechadas por los arquitectos e ingenieros de los países desarrollados. Cada vez más, los arquitectos se dan cuenta de la fragilidad asociada a los morteros de cemento Portland por lo que ahora prescriben morteros mixtos de cemento Portland y cal.

En muchos de los grandes proyectos de ingeniería civil, que involucran el trabajo con concreto masivo de cemento Portland, las mezclas de puzolana son utilizadas por las ventajas técnicas anteriormente mencionadas y por el ahorro que se puede efectuar.

Por otra parte, los cementos alternativos juegan un rol importante en todo el mundo para la conservación de antiguos edificios, muchos de los cuales fueron construidos antes de conocerse el cemento Portland. Esto ha renovado el interés en los antiguos sistemas de aglomeración.

Es bien conocido el hecho que para la conservación exitosa de monumentos antiguos, tales como lugares de culto religioso, fortificaciones y otros lugares históricos, se requiere de los mismos sistemas de aglomeración utilizados originalmente. Los intentos de restaurar estos edificios con mezclas de cemento Portland, han traído mayores problemas de deterioro en estas edificaciones.

Soluciones Prácticas  
técnicas  
sustentables

## Tipos de cementos alternativos

### Cal

Existen dos formas de cal: cal viva y cal hidratada. La cal viva es producida mediante el quemado de la roca que contiene carbonato de calcio (piedra caliza, mármol, tiza, etc.), a unos 1000°C, por varias horas, en un proceso conocido como "calcinado" o simplemente "quemado".

La cal viva es un producto inestable y ligeramente peligroso, por ello normalmente es hidratada o aflojada no sólo para darle mayor estabilidad, sino para que sea más fácil y segura de manejar. La cal hidratada se produce al agregar agua a la cal viva, las cuales se combinan químicamente formando un polvo seco y fino.

Si la cal viva es hidratada con gran cantidad de agua y es bien agitada, se forma una suspensión lechosa conocida como lechada de cal. Una vez que se asientan los sólidos y se extrae el exceso de agua, queda un residuo pastoso llamado masilla de cal.

En la mayoría de los países, la cal es embolsada y vendida en la forma de cal seca hidratada, y en otros países se vende como masilla de cal.

La cal con un alto contenido de calcio, conocida con el nombre de cal pura o blanca o grasa, es la más requerida por la mayoría de las industrias, aun cuando la industria de la construcción puede usar cal con impurezas. Por ejemplo, las piedras calizas que contienen una proporción de arcilla, son una ventaja en la construcción ya que producen cal hidráulica, que fragua bajo el agua y produce morteros más fuertes.

En la industria de la construcción, la cal, ya sea hidratada o en forma de masilla, es mezclada con agregados y agua, para producir concreto o mortero de la manera usual. La masilla de cal generalmente produce morteros y enlucidos de excelente calidad y consistencia.

Los morteros simples de cal y arena son débiles y cualquier esfuerzo de adhesión temprano es resultado del proceso de secado, pero la verdadera resistencia y dureza tienen lugar con el tiempo debido a la recarbonatación por la acción del dióxido de carbono del aire sobre la cal.

Tradicionalmente, los enlucidos de cal y yeso eran mezclados con pelo animal para mejorar la cohesión. Hoy es más común agregar yeso o cemento Portland y / o puzolanas para aumentar su durabilidad y obtener un tiempo menor de fraguado.

### Puzolanas

Las puzolanas son materiales que, aunque no son cementantes en si mismos, se combinan químicamente con la cal en presencia del agua, para formar un fuerte material cementante.

Son materiales puzolánicos:

- Cenizas volcánicas.
- Cenizas de plantas generadoras de energía.



Construcción de una vivienda tradicional en Zanzíbar, usando cal, a base de coral, como cemento en pisos y muros.

- Arcilla calcinada.
- Cenizas de algunas plantas industriales.
- Tierras silíceas.

Los materiales que no están en forma de polvo fino se tienen que moler, y algunos necesitan calcinarse a unos 600°C - 750°C para optimizar sus propiedades puzolánicas.

Las puzolanas pueden ser mezcladas con cal y / o cementa Portland para reducir costos y mejorar la calidad del concreto.

En algunos países las puzolanas son mezcladas con cementa Portland y vendidas como cementa combinado (India) o simplemente como cementa Portland (Kenya). En otros países (Rwanda), una combinación de cal/puzolana y cemento Portland es ensacada y vendida como alternativa al cementa Portland.

Fábricas que producen una combinación de cal y puzolana han sido establecidas, aunque no siempre con éxito (Tanzania).

Las puzolanas pueden ser mezcladas con la cal y / o cemento Portland en obra, asegurando que la puzolana es de calidad uniforme y que los materiales estén bien mezclados.

### Yeso

El yeso en su forma natural es un mineral abundante y se necesita una baja temperatura - alrededor de 150°C - para convertirlo en un material aglomerante muy útil, conocido como yeso hemihidratado o yeso de París que, mezclado con agua, fragua muy rápido. Para dar más tiempo para su aplicación, se agregan 5% de cal y 0.8% de sustancia retardante como cola (extractos conseguidos del hervido de huesos de pescado, cascós de animales o cuernos) para retardar el fraguado.

Este tipo de yeso de París se puede usar solo o en una mezcla con tres partes de arena limpia y se le puede agregar cal hidratada para aumentar su resistencia y durabilidad ante la presencia de agua; también se le puede reforzar usando diversos materiales fibrosos desde juncos hasta fibra de vidrio picada. El enlucido de yeso no resiste bien la humedad y se usa normalmente para ambientes interiores, con excepción de las zonas secas del Mediterráneo y el Medio Oriente donde acostumbran a usarlo en enlucidos exteriores.

### Otros aglomerantes alternativos

El azufre es usado como aglomerante alternativo en la región del Golfo Pérsico, donde un millón de toneladas por año son extraídas de plantas de gas natural en los Emiratos Árabes.

En otros lugares como la isla Santa Lucía (en el Caribe), se emplea el azufre que se acumula alrededor de las fumarolas de los volcanes.

Una combinación del 15% - 25% de azufre derretido a 130°C con 5% de un aditivo orgánico, y de 75% - 85% de arena o de otro agregado mineral previamente calentado a 160°C ó 170°C, puede ser puesto en un molde y vaciado en unos 5 minutos. El aditivo se emplea principalmente para proveer durabilidad. El concreto de azufre se utiliza por su rapidez en endurecer, por su resistencia a la corrosión o porque el cemento



Extracción de arcilla en la India para ser usada como puzolana. La arcilla es quemada y mezclada con cal para producir mezclas para enlucidos y morteros.

soluciones  
técnicas  
sustentables

Portland es caro, escaso o poco práctico (en temperaturas bajo 0°C, por ejemplo).

La tierra mezclada con agua forma el barro, que ha sido y es todavía empleado en muchos lugares del mundo como material aglomerante. Desarrolla una adhesión bastante fuerte con ladrillos horneados o secados al sol, y resulta satisfactorio siempre que esté protegido de las lluvias. Resulta práctico utilizar morteros de barro en paredes interiores y morteros de cal o cementa en exteriores. Los mejores suelos para la construcción con tienen arena y arcilla, de tal modo que sería necesario mezclar dos tipos diferentes de suelo para obtener óptimos resultados. Tradicionalmente, los morteros de barro se mejoran agregando materia orgánica como paja y estiércol de vaca.

## Referencias y lectura adicional

- *Cal Introducción* Fichas Técnicas Soluciones Prácticas
- *Puzolanas Introducción* Fichas Técnicas Soluciones Prácticas
- *Diseños de Hornos de Cal* Fichas Técnicas Soluciones Prácticas
- *Producción de Cal a Pequeña Escala para Construcción* John Spiropoulos, GATE/GTZ, 1985

Practical Action  
The Schumacher Centre for Technology and Development  
Bourton-on-Dunsmore  
Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ  
Reino Unido  
E-mail: [inforser@practicalaction.org.uk](mailto:inforser@practicalaction.org.uk)  
Website: <http://practicalaction.org/practicalanswers/>

Soluciones Prácticas  
Apartado Postal 18-0620  
Lima 18  
Perú  
Teléfonos: (511) 447-5127, 444-7055, 446-7324  
E-mail: [info@solucionespracticas.org.pe](mailto:info@solucionespracticas.org.pe)  
Website: [www.solucionespracticas.org](http://www.solucionespracticas.org)

Soluciones Prácticas es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos, mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas.

No ponemos en primer lugar a la tecnología, sino a las personas. Las herramientas pueden ser simples o sofisticadas, pero proveen respuestas apropiadas, prácticas y de largo plazo; deben estar firmemente bajo el control de las poblaciones locales; son ellas quienes les dan forma y las utilizan para su propio beneficio.

Febrero 1994

**fichas  
técnicas  
soluciones  
prácticas**