

EL CAOLIN Y LA ARENA SILICEA COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Alfonso J. Moraño Rodríguez⁽¹⁾, José Luis Guillén Viñas⁽²⁾, José Antonio Martínez Alarcón⁽³⁾, Moisés Martínez Alarcón⁽³⁾ y Julián Díaz Hospital⁽³⁾

- (1) *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid. C/ Alenza 4. 28003 Madrid. España. alfonsoj.morano@upm.es. Miembro del Grupo de Investigación: Sostenibilidad en la Construcción y en la Industria SCI.*
- (2) *Comersand, S. L. guillensanchez@coacm.es. Miembro del Grupo de Investigación: Sostenibilidad en la Construcción y en la Industria SCI.*
- (3) *Caolina, S. L. Ctra. De Utiel. 58. 16360 Arguisuelas. Cuenca. España. caolina@caolina.es.*

RESUMEN

El caolín es una arcilla, blanca procedente de la descomposición de rocas feldespáticas y puede venir mezclada con cuarzo, feldespato y minerales ferruginosos.

El caolín que se trata en esta ponencia procede la compañía Caolina, ubicada en Arguisuelas - Cuenca (España). El objetivo es la explotación minera, lavado, concentración y comercialización de caolín y arena silícea, dado que los dos minerales aparecen conjuntamente en la explotación.

Caolina explota a cielo abierto su recurso minero, para obtener un producto cuyas características sean aceptadas por grandes fabricantes de porcelana sanitaria y de esmaltes cerámicos.

El valor añadido de los productos finales de Caolina se aporta en la planta de tratamiento, mediante procesos de molienda, lavado, cribado, hidrociclado, filtrado, secado y extrusionado.

El caolín es un mineral básico para la fabricación de la porcelana sanitaria y otros materiales cerámicos de construcción tales como baldosas, azulejos, tejas y sus correspondientes esmaltes. En Caolina el principal mercado es la porcelana sanitaria dadas las excelentes propiedades cerámicas del producto.

El segundo mineral que se obtiene en Caolina, es un importante material de construcción, la arena silícea. Además de las aplicaciones en la industria de la cerámica, el vidrio y los abrasivos, la arena silícea es un constituyente de morteros y hormigones de alta resistencia a la abrasión. Caolina comercializa su arena silícea fundamentalmente para estos prefabricados de hormigón. Además, la arena silícea presenta muy buenas propiedades como material de construcción drenante y filtrante. El artículo describe detalladamente las aplicaciones del caolín de Caolina en los materiales cerámicos y de construcción.

ABSTRACT

Kaolin is white clay, coming from feldspar rocks decomposition that can be mixed with feldspar, quartz and iron minerals.

Kaolin described in this article is coming from Caolina society allocated in Arguisuelas – Cuenca (Spain). Target of this company is extracting, washing, concentrating and selling the kaolin and silica sand, because both minerals are placed together in the geological bed.

Caolina is doing Kaolin open mining to get a product which will be accepted for the big sanitary and ceramic enamel industry.

The added value of the Caolina end products is getting through the milling, washing, screening, filtrating, drying and extrusion.

Kaolin is a basic raw material to produce sanitary pieces and some other ceramic products like floor and roof tiles and its ceramic enamels. The main business of Caolina is the sanitary industry thanks to the excellent properties of the minerals.

Second mineral obtained which is an important building material is the silica sand. A part of the applications in the ceramic and glass industry and abrasives, silica sand is a top component of mortars and high resistance to abrasion concretes. Caolina is selling their silica sand for these concrete prefabricated products. Besides Caolina silica sand has very a good performance as building material for filters and drainages.

Article describes in detail the main applications of Caolina minerals in the ceramic and building materials industry.

Palabras clave:

Caolín, arena silícea, materiales cerámicos, hormigón. Kaolin, silica sand, ceramic products, concrete.

1.- INTRODUCCIÓN

Se denomina caolín a una arcilla muy pura, blanca o levemente manchada, que procede principalmente de la descomposición de rocas feldespáticas y que suele venir mezclada con otros componentes, tales como cuarzo, feldespato y minerales ferruginosos derivados de la roca matriz. Hay quien piensa que la palabra caolín deriva del chino kaoling (cresta alta). En el Reino Unido la arcilla de la localidad de Cornualles se llamaba “arcilla china” (china clay), término todavía usado en esta comarca, por ser un excelente caolín cerámico, similar a los caolines chinos. Los principales yacimientos económicos de esta arcilla son los formados a partir de procesos meteóricos.

Los minerales que componen básicamente el caolín son la caolinita, la dikita y la nacrita. Es higroscópico (absorbe agua) y su plasticidad es de baja a moderada. Otras propiedades importantes son su blancura, su inercia ante agentes químicos, es inodoro, aislante eléctrico, moldeable y de fácil extrusión; además, resiste altas temperaturas, no es tóxico ni abrasivo y tiene elevada refractariedad y facilidad para la dispersión en agua. Es compacto, suave al tacto y difícilmente fusible. Tiene gran poder de cubrición es absorbente y tiene baja viscosidad en altos porcentajes de sólidos.

El caolín que se trata en este artículo procede la compañía Caolina, ubicada en Arguisuelas, provincia de Cuenca (España). Caolina es una empresa familiar, que goza de una gran reputación dentro del sector de la minería del caolín y de la industria cerámica. El objetivo principal de la compañía es la explotación minera, lavado y comercialización de mineral de caolín y arena silícea, dado que los dos minerales aparecen conjuntamente en la explotación.

La arena silícea o arena de sílice es un compuesto resultante de la combinación del silicio con el oxígeno, formando una molécula muy estable (SiO_2). Esta molécula es insoluble en agua, y en la naturaleza se encuentra en forma de cuarzo en estado cristalino y en forma de ópalo en estado amorfo. En Caolina, realmente la arena silícea es un producto secundario, pero dada su presencia al estar combinada con el caolín, su buena calidad y el valor añadido que se le aporta, constituye un producto comercial muy apreciado.

Desde el punto de vista minero, Caolina lleva a cabo la explotación a cielo abierto de su recurso con el máximo rigor, para obtener un producto cuyas características sean aceptadas por los grandes fabricantes de porcelana sanitaria y de esmaltes cerámicos.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

El caolín se encuentra fundamentalmente en dos tipos de depósito:

- Caolín residual, donde la arcilla sustituye a la roca pegmatita (roca granítica de grano grueso compuesta en su mayor parte por feldespato y cuarzo), a partir del cual se formaba por descomposición de la roca u otras alteraciones.
- Caolín sedimentario formado por partículas de arcilla transportadas desde el punto de origen por la acción de torrentes condiciones favorables no alcalinas y sedimentando en el fondo de aguas tranquilas a menudo con ulterior alteración.

Los caolines de la zona de Arguisuelas son de tipo sedimentario y se presentan en forma lenticular con potencias muy variables. Se encuentran estratificados en grandes superficies que se extienden a lo largo de la Cordillera Ibérica en terrenos del Wealdense (cretácico inferior) y la formación Utrillas (albense).

Todas las tareas de explotación redonda de forma muy positiva en la calidad del producto entendida en su totalidad: Calidad de producto, servicio y logística y satisfacción del cliente.

Después de la geología y la explotación minera, el tercer pilar básico para diferenciar y caracterizar los productos finales de Caolina es la planta de tratamiento, ya que ahí es donde se da el valor añadido a los minerales, transformándoles en productos comerciales.

Después de ser extraído el todo - uno se carga en un dumper y es transportado hasta las instalaciones de Caolina. Allí se va apilando el mismo en diferentes acopios en función de sus características. Los acopios de mineral se vierten en una tolva, provista de bandeja alimentadora para alimentar al molino desmenuzador. El molino cuenta con un sistema de cintas transportadoras que van introduciendo el mineral a un tromel, donde se mezcla con agua y comienza el proceso de lavado y de molienda autógena



Fotografía 1: Tromel donde se produce el proceso de lavado.

En el interior del tromel además de lavarse el material se desmenuza y se clasifica granulométricamente, diferenciándose los siguientes productos:

- Granza: Material mayor de 8 mm que constituyen el rechazo,
- Arena gruesa, material con un diámetro entre 3 - 8 mm que se acopia para su posterior comercialización,
- Material con un diámetro inferior a 3 mm, que pasa del tromel a un lavadero especial para caolines
- Arena silícea.

En el lavadero lleva a cabo mediante hidrociclonado, la separación arenas silíceas y caolines. Las primeras se acopian para su posterior comercialización, mientras que los caolines con una finura inferior quedan suspendidos en agua, y son tratados en micro-hidrociclones, donde se eliminan los sólidos de mayor granulometría, 44 μm . Esta fracción caolinífera entre 44 μm y 55 μm se acopia para su posterior comercialización en el sector cerámico.

A la fracción fina (inferior a 44 μm) procedente de la fase anterior se le añade floculante para que ayude a decantar y se envía al tanque clarificador donde el caolín se va depositando en el fondo y el agua va rebosando, quedando limpia y reutilizable. El caolín del fondo es bombeado a un pozo donde se succiona y se introduce en unos filtros prensa. En los filtros prensa, el caolín va perdiendo todo el agua, formándose unas planchas o tortas.



Fotografía 2: Tanque clarificador para decantación de caolín de tamaño inferior a 44 μm .

Dichas planchas de caolín se paletizan y se acopian para posteriormente ser introducidas en el secadero. Antes de entrar al secadero las planchas de caolín pasan por una extrusionadora para obtener formas tipo "macarrón", dándole más esponjosidad y facilitando con ello el secado.

Una vez seco el caolín en forma de "macarrón", a través de cintas transportadoras se almacena en forma de apiles, quedando preparado para ser cargado y suministrado a los consumidores. Para darle más valor añadido se puede transportar el caolín seco mediante una cinta hasta el molino de micronización donde el caolín es micronizado y almacenado posteriormente en silos, para la carga de cisternas.



Fotografía 3: Filtro prensa. Se forman unas planchas o tortas.



Fotografía 4: Caolín extrusionado.



Fotografía 5: Caolín micronizado y seco.

Los cuatro productos ofrecidos al mercado son: Arena gruesa, Arena sílicea, Caolín grueso (tipo G2), Caolín extrusionado y Caolín micronizado.

3.- APLICACIONES DEL CAOLIN Y LA ARENA SILICEA COMO MATERIALES DE CONSTRUCCION

Porcelana – Materiales cerámicos.

El caolín es un mineral básico para la fabricación de la porcelana. La porcelana es un tipo de cerámica dura, translúcida de composición triaxial: arcilla (caolín) + cuarzo + feldespato. Según la aplicación se pueden diferenciar tres tipos de porcelana: Sanitaria, De Mesa, Artística y Eléctrica, siendo la primera la de uso más extendido. Así mismo algunos tipos de azulejos, baldosas, tejas, etc., pueden estar fabricados con caolín al igual que los esmaltes cerámicos. Todos de uso en construcción.

Por lo tanto, está claro que dentro de los materiales de construcción, la cerámica ocupa un lugar muy importante y a su vez, dentro de las materias primas que componen algunos tipos de cerámica el caolín es un constituyente fundamental. Dadas las propiedades mineralógicas y físicas del mineral y al específico tratamiento sometido en la planta, se consigue un excelente caolín para la fabricación de porcelana. De ahí que su principal mercado sea la cerámica sanitaria, siendo el Grupo Roca el cliente más importante de la compañía.

Considerando el caso particular de un lavabo sanitario de porcelana, se puede aproximar que la cantidad de caolín en peso por lavabo es de 4,8 Kg.

Suponiendo que en una obra de nueva ejecución se coloquen 2 lavabos por vivienda, serán necesarios $4,8 \times 2 = 9,6$ Kg de caolín.

Considerando 100 000 viviendas nuevas al año, y solo teniendo en cuenta los lavabos se obtienen $100\ 000 \times 9,6 = 960\ 000$ Kg = 960 T de caolín.

Si además se tiene en cuenta otros sanitarios como platos ducha, vides e inodoros, la cantidad de caolín para 100 000 viviendas nuevas puede superar las 4000 T/ año. De este modo se pone de manifiesto la dependencia del consumo de caolín con la nueva edificación.

Tabla 1: Composición química caolín.

COMPOSICION QUIMICA	%
SiO ₂	49,60
Al ₂ O ₃	36,30
Fe ₂ O ₃	0,44
CaO	0,11
MgO	0,11
Na ₂ O	<0,01
K ₂ O	0,44
TiO ₂	0,15
MnO ₂	<0,01
P ₂ O ₅	0,08
Pérdida por calcinación a 1000°C	12,80

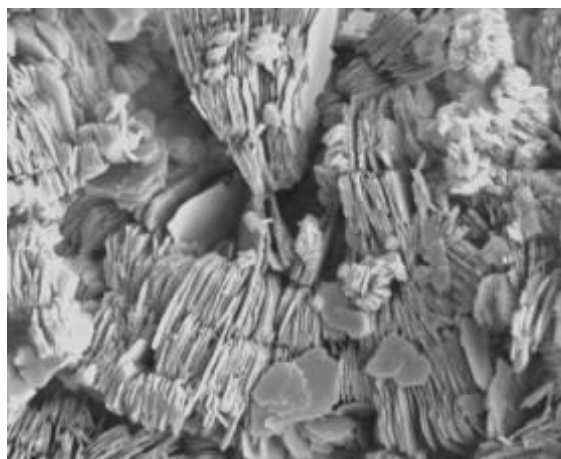
Tabla 2: Granulometría caolín

GRANULOMETRIA	%
+ 124 µm	49,60
+ 74 µm	36,30
+ 44 µm	0,44
- 20 µm	0,11
- 15 µm	0,11
- 10 µm	<0,01
- 5 µm	0,44
- 2 µm	0,15
- 1 µm	<0,01
- 0,5 µm	0,08
SO ₄ ²⁻ (ppm)	62
Ca ²⁺ (ppm)	614
Mg ²⁺ (ppm)	281

Materia prima para cemento blanco.

La fabricación del cemento es un proceso químico que consiste en la transformación de las materias primas minerales (piedra caliza y arcilla) constituyentes del crudo del clinker, formado por minerales sintetizados diferentes como silicatos cálcicos, aluminatos y ferritos de calcio que le darán las propiedades hidráulicas al cemento. En el caso del cemento blanco, las fases de ferritos son muy pequeñas, ya que para obtener el color blanco, las materias primas deben estar exentas de hierro.

Las materias primas minerales para la fabricación de cemento blanco son: piedra caliza y arcilla blanca de caolín. En la fabricación del cemento blanco, la selección de las materias primas es mucho más crítica que en la fabricación del cemento gris. Deben ser minerales muy puros, que deben estar libres de hierro y otros elementos cromóforos, para asegurar la blancura del cemento. La piedra caliza debe contener menos de 0,15% de Fe₂O₃ y menos de 0,015% de MnO₂.



Fotografía 6: Caolín visto por microscopio electrónico.

Estos materiales se trituran y almacenan en naves o áreas reservadas para tal fin; se mezclan en dosificaciones preestablecidas de acuerdo a su análisis químico y se muelen hasta convertirlas en un producto pulverulento homogéneo (harina cruda) del que se controla la composición química y la granulometría.

La temperatura de clinkerización es de 1 450°C, donde se producen las reacciones que transforman los minerales en el clínker de cemento. Finalmente el clínker pasa por un sistema de parrillas de enfriamiento.

El cemento está formado por clínker (blanco o gris) y yeso, que regula el fraguado. Sin esta adición de yeso, el cemento produciría un fraguado instantáneo con la mezcla de agua, por lo que impediría su trabajo en las etapas iniciales de la preparación de morteros y hormigones.

El resultado de la molienda del clínker con el yeso es el polvo de cemento; en este caso se trataría de un cemento sin adición. En los cementos con adiciones, se agrega durante la molienda caliza blanca, en proporciones controladas y normalizadas.

Sus usos pueden presentarse en una variedad de soluciones en la construcción civil moderna; a continuación se detallan las más comunes:

a) Piezas prefabricadas: Baldosas de cemento, terrazos, adoquines, rejillas (adoquines perforados), losas (integrales), mortero (sobre losas, vaciados impresos, lavados, pulidos), placas GRC, etc.

b) Muros y pilares: De hormigón claro y hormigón arquitectónico, bloques y paneles prefabricados, etc.

c) Morteros: Enfoscados, revoques claros, monocapas, pinturas a base de cemento blanco, gunitados, etc.

d) Techos: Exterior (tejas), Interior (cielo raso, techo de cemento – perlita), etc.

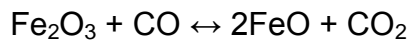
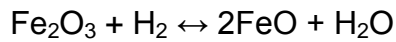
e) Prefabricados ornamentales: Dinteles, elementos ornamentales, pedestales, molduras, lavaderos, mobiliario interior, mesas, mobiliario urbano, bancos, jardineras, bajo relieve, señalización, letreros, etc.

Para obtener una tonelada de cemento blanco se utilizan aproximadamente 1,5 toneladas de materia prima. La relación aproximada entre los materiales calizos y arcillosos en el crudo del clínker blanco es de 3 a 1 (es decir, se toma alrededor del 75% de caliza y el 25% de arcilla tipo caolín para confeccionar el crudo)

El caolín debe contener del 65% - 80% de SiO_2 , no más que 1,0% Fe_2O_3 , menos de 0,8% de TiO_2 , y solamente rastros de MnO_2 .

La composición de la mezcla cruda del cemento blanco (en peso) es del 20% de SiO_2 , hasta el 5% del Al_2O_3 y el 75 - 85% de CaCO_3 . Generalmente, la composición de la mezcla cruda se diseña para proporcionar un coeficiente de saturación de 0,85 - 0,88 y un módulo de silicato de 3,2 - 4,0.

El clínker blanco después de fabricarlo y antes de enfriarlo del todo, es necesario decolorarlo. En este proceso el Fe_2O_3 se transforma en FeO , es decir, lleva los iones Fe del estado de oxidación (+3) de color rojo, al estado (+2) de color verde. Esta reacción se desarrolla en un medio reductor rico en CH_4 , según las siguientes reacciones:



Para conservar el hierro a su estado (+2), el clínquer se empapa en agua a partir de su salida del decolorante con la temperatura aproximadamente entre 250°C - 300°C.

Arena silícea.

Uno de los productos comerciales que se obtiene en Caolina es la arena silícea. Este tipo de arenas se utilizan en morteros, hormigones, fabricación de vidrio y para fracturación hidráulica en sondeos geotérmicos.



Fotografía 7: Arena clasificada y lavada

Concretamente la arena silícea de Caolina, se está suministrando en la actualidad para prefabricados de hormigón y esmaltes cerámicos, dada su gran pureza y calidad. La composición química de la arena silícea se muestra a continuación:

Tabla 3: Composición química arena silícea.

COMPOSICION QUIMICA	%
SiO ₂	99,00
Al ₂ O ₃	0,55
Fe ₂ O ₃	0,037
CaO	0,01
MgO	<0,01
Na ₂ O	0,01
K ₂ O	0,06
TiO ₂	0,05
MnO ₂	<0,01
P ₂ O ₅	0,01
Pérdida por calcinación a 1000°C	0,36

Destaca el elevado porcentaje de sílice, lo cual evidencia la gran pureza química de la arena utilizada, y gracias ello, la posibilidad de ser usada en cerámica fina, para elaboración de pastas de porcelana, esmaltes, etc. La granulometría de la arena se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Granulometría arena silícea.

GRANULOMETRIA (mm)	(%)
> 2,8	0,6
2,8 - 2,00	2,71
2,00 - 1,60	3,90
1,60 - 1,00	12,26
1,00 - 0,80	7,75
0,80 - 0,40	30,71
0,40 - 0,250	19,41
< 0,250	21,99
FONDO	1,08

PESO EN HUMEDO	1000,00 g
PESO SECO	951,30 g
DIFERENCIA PESO	48,7 g
% PERDIDA PESO	4,87

Las acciones de tipo físico que pueden deteriorar al hormigón dando lugar a su desgaste superficial o a su pérdida de integridad o disgregación pueden ser de diferentes tipos tales como: hielo y deshielo, abrasión, cavitación y choques térmicos. Existen procesos muy variados de erosión del hormigón, parte de ellos ligados a usos industriales específicos. Otros son de tipo más general y se resumen a continuación los que afectan al uso de la arena silícea:

Desgaste superficial por abrasión

- La abrasión producida por elementos que rozan sobre las superficies del hormigón produce un desgaste muy importante del mismo que no sólo se traduce en la formación de una superficie suave y deslizante sino también, en muchas ocasiones, en la destrucción del hormigón.
- El desgaste superficial es producido por acciones mecánicas debidas a tráfico de peatones, vehículos ordinarios, vehículos industriales especiales y más excepcionalmente a la acción del oleaje, si el agua lleva partículas en suspensión. La resistencia a la abrasión es proporcionada por el árido grueso, pues el mortero tiene una resistencia al desgaste inferior a la del árido.

Una capa de acabado de alta resistencia (mayor a 40 MPa) proveerá mayor resistencia a la abrasión utilizando los agregados disponibles localmente. En general, el tamaño máximo nominal de los agregados de una capa de acabado es de 12,5 mm. Seleccionar bien los agregados es una manera de mejorar la resistencia mecánica para una relación arena /cemento determinada, pero también

mejora la resistencia a la abrasión. Estos agregados normalmente se aplican en forma de mezcla espolvoreada en seco o en una capa de acabado de alta resistencia. Como recomendaciones en el uso de la arena silíceas como agregado para mejorar la resistencia superficial se pueden señalar las siguientes:

- Es importante retrasar el aplanado y fratasado hasta que el hormigón haya perdido el brillo que provoca el agua superficial.
- Puede ser necesario eliminar el agua libre de la superficie para permitir su correcto acabado antes que la base del hormigón haya endurecido.
- No se deben acabar las superficies de hormigón si hay agua acumulada, ya que al hacerlo se reducirá radicalmente la resistencia a la compresión en la superficie.
- La demora en el acabado dependerá de la temperatura, la humedad y la circulación de aire.

Las características de la arena silíceas indicada de Caolina la hacen muy adecuada para este uso.

4.- CONCLUSIONES

CAOLIN

- Los depósitos de arcillas caoliníferas combinadas con arenas silíceas de la zona de Arguisuelas (Cuenca) y sus alrededores son susceptibles de ser explotados económicamente mediante minería a cielo abierto.
- Desde el punto de vista mineralógico los dos productos básicos que se obtienen, caolín y arena silíceas, presentan excelentes propiedades y una gran pureza química.
- La planta de tratamiento de Caolina permite aumentar el valor comercial de dichos productos especialmente del caolín, obteniendo caolín molido, lavado, seco y concentrado. Según el tratamiento al que se somete al caolín se obtienen diferentes productos comerciales. Hay que destacar la acción de los hidrociclones que permiten cortes muy finos, proporcionando curvas granulométricas adaptadas a las necesidades de cada industria consumidora.
- La principal aplicación del caolín de Caolina, así como el principal mercado de este producto es la Industria Cerámica Sanitaria. El caolín constituye la base arcillosa de la porcelana triaxial, por lo que cuanto mayor es la calidad de caolín, mejor porcelana sanitaria se obtiene (dentro de un proceso cerámico controlado). La producción de sanitarios va estrechamente ligada con la construcción y dentro de esta última, ésta en relación directa con la edificación; es decir a mayor actividad en la edificación, mayor es la producción de sanitarios y mayor es el consumo de caolín, y viceversa.
- La aplicación como materia prima para cemento blanco también es adecuada cumpliendo todos los requisitos necesarios. La ubicación de la explotación relativamente alejada de cualquier fábrica de cementos hace que no sea una aplicación habitual de este caolín

ARENA SILICEA

- En relación a la arena silícea, para que puede ser destinada a labores de fracturación hidráulica y realice un trabajo eficiente debe presentar alto grado de redondez, y su tamaño de la partícula debe estar comprendido entre la malla 40 (0,516 mm) y malla 65 (0,274 mm). La arena de Caolina está bastante redondeada pero requeriría separar la fracción granulométrica entre la malla 40 (0,516 mm) y la malla 65 (0,274 mm) para poder ser usada en fracturación hidráulica. Para ello habría incorporar un equipo de cribado en seco adicional para separar esa fracción.
- Considerando (según Norton) que las pastas cerámica triaxiales son aquellas que están compuestas por arcilla, cuarzo y feldespato se puede afirmar que los minerales explotados en Caolina aportan a la cerámica fina dos de los tres compuestos: La arcilla que es el caolín, y el cuarzo que es la arena silícea, dado que el porcentaje en SiO_2 es del 90%.
- Las características de la arena silícea de Caolina la hacen muy adecuada para evitar el desgaste superficial del hormigón por abrasión, en cualquiera de los procesos indicados.

5.- BIBLIOGRAFÍA

- Blazy Pierre. EL BENEFICIO DE LOS MINERALES. Rocas y Mierales
- Concrete Technology Today, Portland cement Association, April 1999.
- Damaris Giovanna. Tesis CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO BLANCO. Navarrete. VALDIVIA — CHILE, 2006
- KEIL, Fritz. "CEMENTO, FABRICACION, PROPIEDADES y APLICACIONES". Editores Técnicos Asociados, S.A. 1973
- Norton F.H. CERAMICA FINA. Ediciones Omega,1988
- Rodas Magdalena. CAOLINES. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela Ingeniería en Construcción. Noviembre 2008