

# Producción de carbonato de calcio precipitado a partir de piedra caliza

## Production of precipitated calcium carbonate from limestone

Valeria Vaca Guevara<sup>1</sup>, Julio Amilcar Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Ana Checa Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urququi, Ecuador.

<sup>2</sup> Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA). Ibarra, Ecuador.

Autor para correspondencia: valevacag@gmail.com

*Recibido: noviembre 15 de 2018*

*Aceptado: diciembre 26 de 2018*

---

### RESUMEN

Este trabajo describe el proceso de producción de Carbonato de Calcio Precipitado (CCP) por carbonatación. Se encontró que la purificación es el Punto Crítico de Control (PCC), ya que impurezas como la arenilla afectan las propiedades fisicoquímicas del producto y la viabilidad económica del proceso.

**PALABRAS CLAVE:** apagado de cal, carbonatación, CCP, lechada.

### ABSTRACT

This work describes the process of production of Precipitated Calcium Carbonate (CCP, by its initials in Spanish) by carbonation. It was found that the purification is the Critical Control Point (PCC, by its initials in Spanish), since impurities such as grit affect the physicochemical properties of the product and the economic viability of the process.

**KEYWORDS:** Lime quench, carbonation, grout.

---

### INTRODUCCIÓN

El carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) es un producto natural obtenido de los yacimientos de calcita (cal viva), el cual es muy estable, y más si se compara con el aragonito y la vaterita, que teniendo la misma "fórmula química" presentan distinta estructura cristalina (Ramón, Blanquer, & Manuel). Los principales productos comerciales son el carbonato calcio natural molturado (GCC: ground calcium carbonate) y el carbonato calcio precipitado (PCC, precipitated calcium carbonate) (Maurer, Skrzypczak, Pedroso, & Spiegel, 2018). Se puede presentar comercialmente como producto de la molienda de la piedra caliza o como Carbonato de Calcio Precipitado (CCP), el cual

se considera de alta pureza; ambos compuestos son químicamente semejantes pero tienen diferencias en cuanto a la tecnología empleada para su elaboración y aplicación industrial (Bragagnini, Beltrán, Morea, Maldonado, & Toselli, 2014). (CCP), el cual posee un alto nivel de pureza, brillo y morfología controlada (Muñoz, 2013).

El CCP es un producto obtenido de la molienda de caliza o dolomía con pureza mínima del 97 % y tamaño de grano por debajo de 45 mm (Maurer, Skrzypczak, Pedroso, & Spiegel, 2018). Es un producto de importación dada a su aplicación en una amplia variedad de procesos como: elaboración de pinturas, papel, caucho, selladores, adhesivos, cosméticos, farmacia,

alimentos. Además puede ser usado como fortificante de calcio, aditivo para alimentos, agente control de pH, nutriente, acondicionador de masa, agente reafirmante, dentífricos, cosméticos, entre otros (Bragagnini, 2014). En la actualidad el 80 % de este producto está destinado a servir como carga y pigmento en la industria de papel. La demanda nacional de este producto es cubierta mediante importaciones, que se sitúan en torno a las 16 mil toneladas en los últimos años (Márquez, 2011).

La piedra caliza es un producto natural, que se constituye básicamente de calcita (caliza), aragonito y dolomita (dolomía), con porcentajes variables de impurezas (Hernández Guerrero, 2001). El grado de pureza de la piedra caliza depende del sitio en donde se localicen los yacimientos; por ejemplo, la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) en el año 2014 determinó que en el proyecto ubicado en la provincia amazónica de Zamora Chinchipe la piedra caliza tenía un grado de pureza del 85 %, determinando un valor in-situ de 300 a 400 millones de dólares calculado en base a un precio internacional de 5 a 6 dólares por cada tonelada ( Gaacia Del Cura, S. Ordoñez & Y J. A . Gonzalez Maatin, 1994).

La tecnología disponible a nivel internacional para la producción de  $\text{CaCO}_3$  precipitado requiere de minerales de  $\text{CaCO}_3$  mayores a 97 %, los cuales no se encuentran disponibles en Ecuador. En la región Amazónica e Intag se encuentran los yacimientos más importantes de minerales de  $\text{CaCO}_3$  (Márquez, 2011). La Empresa Nacional Minera (Enami), calcula que en ese proyecto minero conocido como "Isimanchi" se encontrarían unos 67 millones de toneladas de roca caliza, con una pureza del 85 %; dichos recursos podrían tener un valor calculado entre 300 y 400 millones de dólares, tomando como base el precio internacional actual de la caliza que fluctúa entre los 5 y 6 dólares. El alto contenido de impurezas de este mineral es la principal limitante para ser utilizado como materia prima para producir CCP

con la tecnología disponible, la cual consta de las siguientes etapas: calcinación, hidratación y carbonatación (Javier, 2015).

Es típicamente deseable que el carbonato de calcio sea tan brillante como sea posible en estas aplicaciones de revestimiento de alta calidad. Sin embargo, es difícil retirar las impurezas finas de color oscuro que se introducen debido a la fuente de cal quemada inicial, que se utiliza habitualmente como material de partida en el procedimiento de precipitación de PCC (Alvarez-Aguilar, 2014). Dichas impurezas tienen un impacto negativo sobre las propiedades de grado de blancura y tono de los productos de reacción PCC resultantes después del procesado. Químicamente, una cal quemada es principalmente  $\text{CaO}$ , aunque los ejemplos de las impurezas encontradas habitualmente en la fuente de cal quemada incluyen pirita (sulfuro de hierro), óxidos de hierro y magnesio, óxidos de hierro y calcio, sulfuro de calcio y sílices cristalinas. A medida que el tamaño de partícula de las impurezas de color oscuro se reduce por pulverización su potencia de teñir de color aumenta drásticamente dando como resultado así pérdidas significativas en el grado de blancura global del producto (Por M . A. Gaacia, S. Ordoñez& y J. A . Gonzalez Maatin, 1994).

Existe limitado conocimiento con respecto al proceso de eliminación de residuos y la operación de reducción de tamaño de partícula. En cuanto a la reducción de tamaño de partículas existen algunos avances científicos, pero no se ha logrado optimizar los factores de tamaño de partícula y la eliminación de residuos, lo cual hace ineficiente la tecnología. El carbonato de calcio precipitado es uno de los compuestos más utilizados en industrias de papel, pintura, plásticos, etc.; siendo necesario que cumpla con las especificaciones exigidas tales como pureza, blancura y tamaño de partícula (Hernández y Hernández, 2009). Por tal razón, resulta de interés ampliar el estudio de las

distintas etapas de fabricación, evaluando el comportamiento de las principales variables de proceso. Se considera como etapas críticas el apagado y preparación de la lechada de cal, cuyas propiedades y condiciones de procesamiento afectan las características del producto final (Marcas, 2010).

Con este estudio se pretende formar la base teórica para el desarrollo de la tecnología en la producción de carbonato de calcio precipitado a escala de laboratorio.

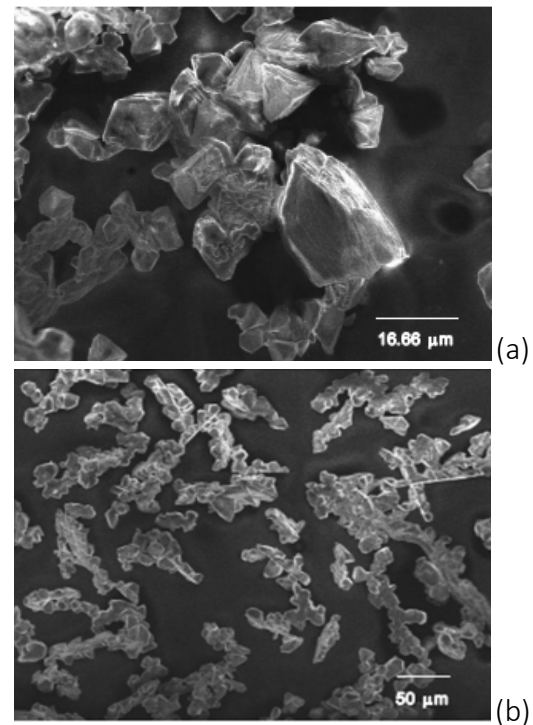
## PIEDRA CALIZA

La caliza es una roca compuesta por lo menos del 50 % de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), con porcentajes variables de impurezas, en su interpretación más amplia, el término incluye cualquier material calcáreo que contenga carbonato de calcio como mármol, creta, travertinos, coral y marga. Cada uno de los cuales poseen propiedades físicas distintas, sin embargo, generalmente se considera que la caliza es una roca calcárea estratificada compuesta principalmente de mineral calcita (ver figura 1), que por calcinación da la cal viva o cal pura también llamada cal viva está compuesta por óxido de calcio. Al tratar con agua se desprende grandes cantidades de calor y se forma hidróxido de calcio, que se vende comercialmente como un polvo blanco denominado cal apagada o cal muerta son rocas calizas de diversos grados de pureza (Hernández Guerrero, 2001). En la tabla 1 se relacionan las características básicas de las principales piedras calizas:

**Tabla 1:** Características de piedras calizas

Nombre mineralógico	Fórmula química	Peso molecular (gr/mol)	Peso específico (gr/cc)	Dureza (escala de Mohs)	Forma de los cristales
DOLOMITA	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	184,4	2,84	3,5 – 4,00	Romboédrica
CALCITA	$\text{CaCO}_3$	100,1	2,72	3,0	Romboédrica
MAGNESITA	$\text{MgCO}_3$	84,3	3,00	3,5 – 4,5	Romboédrica

Fuente:(Hernández Guerrero, 2001).

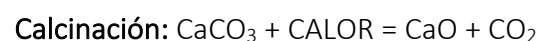


**Figura 1:** Micrografía electrónica de barrido de la nucleación (a) y formación longitudinal (b) de la calcita (Castro & Munevar, 2013).

## MÉTODO DE OBTENCIÓN DE CCP

El  $\text{CaCO}_3$  es obtenido por la molienda de la roca caliza y posterior purificación; se podría decir que se trata químicamente del mismo producto, la diferencia radica en la tecnología aplicada en el proceso de obtención y en las características del producto final, tales como pureza, brillo y morfología controlada. Normalmente, el carbonato de calcio precipitado obtenido por carbonatación del hidróxido de calcio muestra propiedades o pacificantes y efectos abrillantadores superiores cuando se usa como carga o pigmento de revestimiento en aplicaciones de papel en comparación con el carbonato de calcio natural triturado (Pohl, Rainer, & Primosch, 2017).

El CCP se obtiene por un proceso físico-químico, que consta de tres etapas: calcinación, hidratación o apagamiento y carbonatación.



**Hidratación o apagamiento:**  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$

**Carbonatación:**  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{Ca(OH)}_2 + \text{CaCO}_3$  precipitado.

La calcinación consta de la descomposición de carbonato de calcio a óxido de calcio (cal viva) por adición de calor a 1000°C. Puede llevarse a cabo en hornos o reactores (en ocasiones denominados hornos de secado) de diversos diseños incluyendo hornos de cuba, hornos de secado rotatorios, hornos de múltiples fogones y reactores de lecho fluidizado (Pohl, 2017).

El método de hidratación de cal consiste en un proceso de adición de agua al óxido de calcio para producir hidróxido de calcio. Es una reacción exotérmica que genera una gran cantidad de calor (-65.2 [kJ/mol]). Cuando se adiciona la cantidad de agua justa se denomina "hidratación seca" y el producto es un polvo seco; mientras que cuando se usa agua en exceso se denomina "apagado" y el producto es una lechada. El proceso de apagado normalmente se hace con una gran cantidad de agua en exceso variando desde 3 a 6 partes de agua por 1 parte de CaO en relación peso a peso (Juan Pablo Morey Marticorena, 2016).

La carbonatación consta de la introducción de dióxido de carbono en una suspensión acuosa de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) denominada "lechada de cal" hasta precipitar el carbonato de calcio (Usedo, 2016). En la práctica, dicha suspensión de hidróxido de calcio tiene un contenido máximo de sólidos de hasta aproximadamente el 40 % en peso. Resulta difícil preparar y manipular la lechada de cal con un contenido de sólido superior al 30 % en peso sin la adición de sustancias reductoras de la viscosidad (Ministerio, Tzul, & Ics, 2016). La viscosidad de la lechada de cal puede variar dependiendo de la cal de procedencia, además de las condiciones del proceso que afectan el tiempo de sedimentación. Algunas veces la viscosidad crece con temperaturas de apagado de 82 °C y superiores a esta (Mohammad

Hassibi, 1999). En general se presume que la alta viscosidad es producto del bajo tamaño de partícula del hidróxido, la gran superficie específica y la relación de sedimentación. La viscosidad de la lechada cal puede variar entre 45 – 700 centipoises (Pohl, 2017).

La patente japonesa JP2007-161515 se refiere a un método para producir carbonato de calcio, en el que se reduce el contenido de impurezas, particularmente, el contenido de estroncio. El método comprende las siguientes etapas: 1) disolución de ácido clorhídrico, ácido nítrico, cloruro de amonio o nitrato de amonio en una suspensión acuosa de hidróxido de calcio; 2) precipitación de impurezas por adición de amoníaco acuoso y aumento del pH sobre 12; 3) separación sólido-líquido de las impurezas precipitadas y la disolución; 4) precipitación del carbonato de calcio por adición de dióxido de carbono en estado gaseoso; 5) recuperación del carbonato de calcio precipitado por decantación y secado (Pohl, 2017).

La patente ES2649468 T3 describe un método y una máquina de banda fibrosa para la producción en línea de lechada de cal en un proceso de producción de PCC. En dicho proceso, la cal se apaga a una temperatura de al menos 80 °C a 100°C, luego se limpia la lechada de cal producida mediante la separación de cantidades excesivamente grandes partículas de hidróxido de calcio inmediatamente y finalmente se inicia la carbonatación para la producción de PCC (Mohamad Hassibi & Singh, 2014).

## **SEPARACIÓN DE ARENILLA PRESENTE EN LA LECHADA DE CAL**

Un problema importante en la preparación y la carbonatación de lechada de cal es la presencia de arenilla, que es un material particulado que se puede encontrar en la cal calcinada o la lechada de cal y puede incluir, entre otras cosas, cuarzo y carbonato de calcio no quemado. Estos compuestos, cuando están

presentes en la lechada de cal, pueden mostrar poca o ninguna reactividad frente al dióxido de carbono y, por lo tanto, deben eliminarse antes de la carbonatación de dicha lechada. El término "arenilla" o "fracción de arenilla" se puede definir como la fracción sobredimensionada retenida por un tamiz que tiene un tamaño de abertura especificado de 400  $\mu\text{m}$  o más fino. Dependiendo del tamaño de abertura utilizado para el cribado, la fracción de arenilla puede representar del 3 al 8 % en peso del total de sólidos presentes en la lechada de cal (Maurer, 2018).

La arenilla muestra poca o ninguna reactividad en los procesos de carbonatación, y da lugar a una caída en el brillo del CCP y una distribución de tamaño de la partícula no deseada (Mohamad Hassibi & Singh, 2014). Además, la eliminación de arenilla no deseada puede dar lugar a un aumento en los costos de producción ya que, por un lado, el material de arenilla eliminado está incluido en el precio de compra del óxido de calcio o lechada de cal y, por otro lado, se puede incurrir en costes de eliminación significativos (Maurer, 2018).

Con el fin de superar este inconveniente, es bastante común eliminar la arenilla de la

lechada de cal previo a la carbonatación; por ejemplo, en un proceso de cribado aguas arriba. Se reporta tamices con tamaño de abertura de 400  $\mu\text{m}$  o más fino para obtener la lechada de cal con un contenido reducido en arenilla y una o más fracciones de arenilla, las cuales se muelen y se someten al proceso de carbonatación, es decir, la introducción de dióxido de carbono para obtener carbonato de calcio precipitado (Pohl, Michael Y Schmölzer, 2015).

Todavía hoy, las fracciones de arenilla separadas de la lechada de cal se consideran material de desecho, en particular debido a su bajo brillo (R457) que en la mayoría de los casos está por debajo del 90 % o incluso por debajo del 80 % (Maurer, 2018).

## CONCLUSIONES

El Carbonato de Calcio Precipitado (CCP) es un derivado de la piedra caliza con diversos usos industriales. Su producción se ve limitada por la presencia de arenilla en la cal calcinada o la lechada de cal, afectando las propiedades fisicoquímicas del producto final y la viabilidad económica del proceso.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Aguilar, A. S. (2014). Evaluación de la certificación de industria limpia en Tijuana: Indicadores de desempeño ambiental, 1–127. Retrieved from <http://www.prtr-es.es/data/images/Sumario-Ejecutivo-Cemento-final-CIRCA.pdf>
- Bragagnini, V. M., Beltrán, R. A., Morea, P., Maldonado, P., & Toselli, L. A. 2014. (2014). Analisis De Reactividad Y Comportamiento Térmico De Cales Industriales Para Producción De Carbonato De Calcio Precipitado, (1), 3–8. Retrieved from [http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2349/Análisis de reactividad y comportamiento térmico de cales industriales para producción de carbonato de calcio precipitado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2349/Análisis%20de%20reactividad%20y%20comportamiento%20térmico%20de%20cales%20industriales%20para%20producción%20de%20carbonato%20de%20calcio%20precipitado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Campreci, E. (2010). Unicum, 207–212. Retrieved from <https://www.raco.cat/index.php/UNICUM/article/viewFile/287955/376099>
- Carvalho, E. A., & Almeida, S. L. M. (1997). Caulim e carbonato de cálcio: competição na indústria de papel. *Série Estudos e Documentos*, 41, 26. Retrieved from

<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/266/1/sed-41.pdf>

Castro, H., & Munevar, Ó. (2013). Mejoramiento Químico De Suelos Ácidos Mediante El Uso Combinado De Materiales Encalantes. *Cient*, 16(2), 409–416. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a15.pdf>

Crespo, B. O., Fernández, I. G., & Serrano, E. M. (2011). CARBONATO DE CALCIO COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL DIOXIDO DE TITANIO, 1–9. Retrieved from [http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2011\\_Otano\\_Crespo\\_MIN5-P8.pdf](http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2011_Otano_Crespo_MIN5-P8.pdf)

Do, B., Iguacu, A., Região, N. A., & Curitiba, M. D. E. (n.d.). (1, 2) , (1), 9120. <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000001900>

Hassibi, M. (1999). Una Perspectiva General Del Apagado De La Cal Y Los Factores Que Afectan El Proceso. 3er Symposium Internacional Sorbalit, 1–19. Retrieved from [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38686211/FactAfectanPreparacionLechadaCal.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1533087695&Signature=og4GQb7tTx5Db89Mn30HctshEjM%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DFact\\_Afectan\\_Pr](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38686211/FactAfectanPreparacionLechadaCal.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1533087695&Signature=og4GQb7tTx5Db89Mn30HctshEjM%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DFact_Afectan_Pr)

Hassibi, M., & Singh, I. (2014). La preparación de la lechada de cal y su impacto en la eficiencia del proceso de flotación y costo de operación. I Congreso Internacional de Flotación de Minerales, 12. Retrieved from <http://www.agt.cl/mining/doc/d201410181231es.pdf>

Hernández Guerrero, C. J. (2001). Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña. *Temas De Ciencia Y Tecnología*, 5, 3–14. Retrieved from <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/ensayo1t14R.pdf>

Hernández y Hernández, M. de los Á. (2009). Estudios de precipitación de CaCO<sub>3</sub> como herramienta para entender los procesos de biomineralización, usando como modelo biológico la cáscara de huevo de gallina. Retrieved from <https://hera.ugr.es/tesisugr/17928138.pdf>

Javier, I. C. M. E. (2015). Diseño De Explotacion De Las Calizas Existentes El El Yacimiento "Isimanchi". Retrieved From File:///C:/Users/Yo/Downloads/T-Uce-0012-371.Pdf

Juan Pablo Morey Marticorena. (2016). Profesor Guía : Dr . Juan Patricio Ibañez Rivera Noviembre 2016, (November), 0–100. Retrieved from [file:///C:/Users/Yo/Downloads/MemoriaJuanPabloMorey\\_Octubre\\_2016Final\(2\).pdf](file:///C:/Users/Yo/Downloads/MemoriaJuanPabloMorey_Octubre_2016Final(2).pdf)

Lador, D., Xperime, S. E., Gándara, M. A. P., Foster, R. E., Petros, G., Margulis, R. G. B., & Grado, J. A. (2005). 4 5 6 1, 21(1), 5–15. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v21n1/0188-4999-rica-21-01-5.pdf>

Marcas, P. Y. (2010). 2 540 248, 1–15.

Márquez, M., Quintero, A., Sanz, A., Ramírez, V., Inostroza, C., & Chaparro, A. (2011). Efecto de la arginina 8%-carbonato de calcio y del fluoruro de sodio al 5% en la reducción de la hipersensibilidad dentinaria post terapia periodontal: ensayo clínico. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 4(1), 22–25. [https://doi.org/10.1016/S0718-5391\(11\)70061-1](https://doi.org/10.1016/S0718-5391(11)70061-1)

- Maurer, M., Skrzypczak, M., Pedroso, L. Y, & Spiegel. (2018a). 2 649 468. Retrieved From <https://Patentimages.Storage.Googleapis.Com/93/5e/34/82567fc38f84f1/Es2649468t3.Pdf>
- Maurer, M., Skrzypczak, M., Pedroso, L. Y, & Spiegel. (2018b). 2 649 468. Retrieved From <https://Patentimages.Storage.Googleapis.com/93/5e/34/82567fc38f84f1/ES2649468T3.pdf>
- Mesa-Lago, C. (2009). Disponible en: América Latina Hoy, 52, 41–61. <https://doi.org/1130-2887>
- Ministerio, N., Tzul, C. A., & Ics, R. (2016). Método de ensayo. Ensayos físicos de la cal viva, cal hidratada y piedra caliza. Correspondencia, (502).
- Muñoz, D. M. S. (2013). Desarrollo De Tecnologias Para La Produccion De Carbonato De Calcio Prcipitado A Partir De Minerales. Retrieved From [https://Goreatacama.Gob.Cl/Wp-Content/Uploads/08-10-2013\\_17-43-56\\_79099576.Pdf](https://Goreatacama.Gob.Cl/Wp-Content/Uploads/08-10-2013_17-43-56_79099576.Pdf)
- Pohl, Michael Y Schmölzer, T. (2015). 2 549 029, 1–24. Retrieved From <https://Patentimages.Storage.Googleapis.Com/B1/C5/99/39328efb38a197/Es2549029t3.Pdf>
- Pohl, M., Rainer, C. Y, & Primosch, G. (2017). 2 606 004, 1–9.
- Por M . A. Gaacia Del Cura, S. Ordoñez, E. D., & Y J. A . Gonzalez Maatin. (1994). Rocas Industriales Yhttp://Www.limp.Org.Pe/Pptjm/Jm20140828\_Calcesur.Pdf Ornamentales. Madrid. Retrieved From <https://core.ac.uk/download/pdf/157765719.pdf>
- Ramón, M., Blanquer, G., & Manuel, J. (n.d.). MINERALES CARBONATADOS Apellidos, nombre. Retrieved from [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13677/carbonatos\\_revisado\\_definitivo.pdf?sequence=3](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13677/carbonatos_revisado_definitivo.pdf?sequence=3)
- Usedo, R. (2016). Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico, 150. Retrieved from <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/60200>