



**NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Estudio del efecto de la calamina en la consistencia normal del cemento

Melanny Varela Montoya, Santiago Ruiz Leal

**Pontificia Universidad Javeriana
Santiago de Cali, Colombia**

Resumen

La problemática universal de disminución de recursos naturales y la contaminación derivada de la producción de materia prima para las construcciones motiva la búsqueda de alternativas sostenibles, como el aprovechamiento de residuos inertes calificados como material de desecho en ciertos procesos industriales.

Justamente, en ciertos sectores económicos se generan grandes masas de residuos que suelen arrojarse en lugares que terminan contaminando recursos naturales. En otras empresas, como ejemplo, aquellas dónde trabajan con malla electrosoldada de acero se generan toneladas mensuales de limadura de cascarilla de laminación que conlleva a un gasto de la empresa para su descarte.

En este estudio se plantea la evaluación de la consistencia normal y el comportamiento del tiempo de fraguado en mezclas de cemento preparadas con calamina, que es un residuo del proceso posterior a la laminación, de las pasadas por los trenes de laminación de acabado y durante el enfriamiento, en la producción de las mallas. Este material es una película fina, inferior a un milímetro de espesor, dura y superficial formada principalmente por magnetita y por formas cristalinas de protóxido de hierro, de estos componentes nace su característico color gris azulado. La muestra estudiada proviene de la empresa Conaldesa S. A ubicada en el corregimiento de La Dolores en Palmira (Valle del Cauca, Cali). Se realizaron pruebas de consistencia normal en pastas de cemento comparando el comportamiento de mezclas testigo y mezclas preparadas con sustitución del 5% y 10% de calamina. Los resultados muestran que frente a la mezcla testigo se requiere menor cantidad de agua para lograr la consistencia normal, hecho que representa un beneficio ambiental por la reducción en el consumo de agua, que, de igual forma, se traduce en una reducción de costos. Actualmente se continúan los estudios para estimar el comportamiento mecánico de morteros siguiendo estándares para la producción de las mezclas.

Palabras clave: calamina; cemento; consistencia normal

Abstract

The universal problem of the reduction of natural resources and the pollution derived from the production of raw materials for construction motivates the search for sustainable alternatives, such as the use of inert residues classified as waste material in certain industrial processes.

Precisely, in certain economic sectors large masses of waste are generated that are usually dumped in places that end up polluting natural resources. In other companies, for example, those where they work with electro-welded steel mesh, monthly tons of mill scale filings are generated, which leads to a company expense for its disposal.

This study proposes the evaluation of the normal consistency and the behavior of the setting time in cement mixtures prepared with calamine, which is a residue of the post-lamination process, of those passed through the finishing lamination trains and during the cooling, in the production of the meshes. This material is a thin film, less than a millimeter thick, hard and superficial, formed mainly by magnetite and by crystalline forms of iron protoxide, from these components its characteristic bluish gray color is born. The sample studied comes from the company Conaldesa S. A located in the village of La Dolores in Palmira (Valle del Cauca, Cali). Normal consistency tests were carried out on cement pastes, comparing the behavior of control mixtures and mixtures prepared with substitution of 5% and 10% calamine. The results show that compared to the control mixture, less water is required to achieve normal consistency, a fact that represents an environmental benefit due to the reduction in water consumption, which, in the same way, translates into a reduction in costs. Studies are currently continuing to estimate the mechanical behavior of mortars following standards for the production of mixtures.

Keywords: calamine; cement; regular consistency

1. Introducción

El cemento es un material noble para su uso y modificación, si un residuo industrial complementa su estructura, puede generar una mezcla novedosa y aprovechable para el mundo actual (Abdul-Wahab, Al-Dhamri, Ram, & Chatterjee, 2021). Además de conocer su funcionalidad, que en su mayoría es de conocimiento popular en el ámbito ingenieril, cabe reconocer además que es el ingrediente principal del concreto y es la segunda sustancia que más se utiliza en el mundo después del agua (Hewlett, 2003), la cual también hace parte de su composición.

En el desarrollo de esta investigación se incorporó un material no convencional como sustituto parcial del cemento: la calamina. Este residuo es un subproducto del recubrimiento metálico (Chávez Porras, Cristancho Montenegro, & Ospina Granados, 2009) proveniente del enfriamiento durante la producción de las varillas de acero de construcción.



Por tal razón, este estudio tiene como objeto evaluar las opciones de uso de la calamina como sustituto parcial del cemento y la incidencia que tiene en las propiedades de consistencia normal y gravedad específica para ofrecer la posible implementación de este material no convencional en obras de construcción no solo como beneficio ambiental sino también económico. Para ello, se empleó una muestra testigo y dos adicionales con sustitución parcial del 5% y 10% del cemento, este, de uso general Argos, que ha provenido de la planta de cementos Argos en el municipio de Yumbo, Valle del Cauca. Por otra parte, el material alternativo de estudio ha sido proveído de la empresa nacional Conaldesa S. A en el corregimiento La Dolores del municipio de Palmira, Valle del Cauca.

2. ¿Qué es la calamina?

La calamina es un polvo de acero, producto de la fricción generada (Franco Gutierrez , Fuquen González, & Abril Hernández , 2010) de la abrasión de la capa superficial de las varillas de acero para la laminación de estas, generada al pronto enfriamiento del material en el proceso de temple, en su producción. Según (Tenaris Tubocaribes S.A. , 2011) citado en (Ordoñez Mejía & Villanueva López , 2012), este residuo o escoria que cumple la función de proteger de la corrosión al acero, tiene un pH de 6 y propiedades de impermeabilización. La apariencia de la calamina es cristalina, sólida, en forma escamosa y de color grisáceo azulado, su forma es irregular debido a que depende de su técnica de desprendimiento del material, y su formación en la superficie de las varillas es resultado de un proceso en relación con la oxidación del mismo acero.

En el ámbito productivo, en Colombia se tienen estándares altos de accesibilidad a grandes fuentes de recursos naturales, precisamente por su condición de país extractor de estos. Este panorama, lleva a una situación preocupante en la cuestión de desechos, que claramente es algo evidente en cualquier ámbito productivo y actualmente, es de interés social la reducción de residuos, sobre todo, aquellos que se permitan terminar afectando la disposición a los actuales recursos. Bien es cierto que el desarrollo no puede iniciarse y sostenerse sobre una base de recursos deteriorada, (Ucrós Fajardo, 2009) por esto, las industrias deben trabajar bajo un marco ambiental dónde se supervise el manejo y destino de los residuos generados.

En la empresa Conaldesa S. A se produce cuatro toneladas por mes de calamina que de forma directa termina siendo resultado de los procesos industriales que efectúa la empresa debido al uso de su materia prima: el acero. Por esto, desde sus inicios hasta su actividad actual, se ha considerado en su presupuesto la adecuación disposición. Este hecho obedece a que las varillas de acero, materia prima de uso en la empresa, se encuentra la calamina y su presencia puede generar planos de falla desfavorables para garantizar sus estándares de calidad; es decir, estas varillas sin un proceso de laminación o ralladura, ocasionarán la falta de adherencia del material al concreto en el proceso de elaboración de elementos constructivos, uso para el que se destina directamente la producción de esta empresa, lo que le traduce a esta gastos para su correcto desecho (Reina , 2022). La proveniencia de este material de ralladura ha generado la expectativa de tomarse como posible opción de agregado para diseño de mezclas de mortero y concreto. Su uso como material para la construcción se evaluó con este estudio, en la (Figura 1) es apreciable sus características físicas anteriormente mencionadas.





Figura 1. Muestra del material denominado Calamina

3. Metodología

Para el diseño de mezclas que emplean cemento se exige la verificación de la calidad fisicomecánica de los materiales utilizados con base a las pruebas que se realizan en el estudio. Esto implica el uso de estándares tales como la American Society for Testing Materials (ASTM) y de las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Por sus propiedades, la calamina como material de estudio ha llamado la atención para la evaluación de su comportamiento, por esto se ha sometido a ensayos siguiendo estos estándares. En la Figura 2 se refleja la adaptación del material para someterse a pruebas.

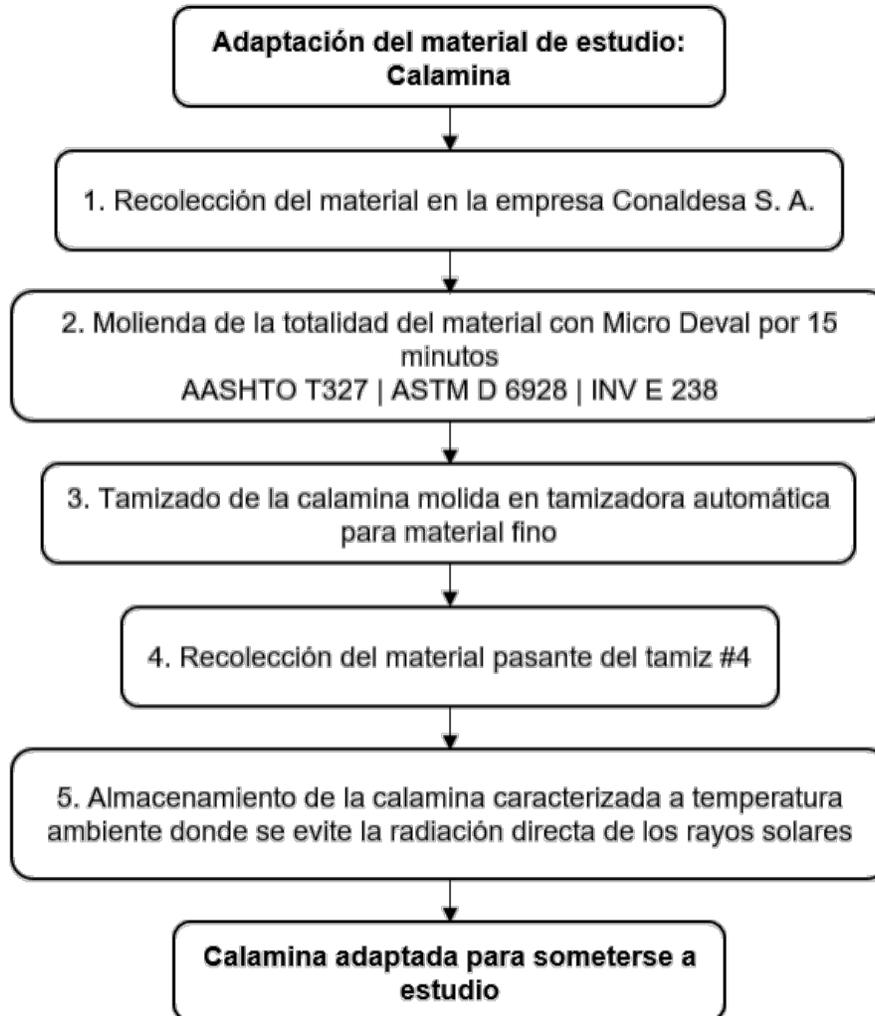


Figura 2. Proceso de adaptación de la calamina

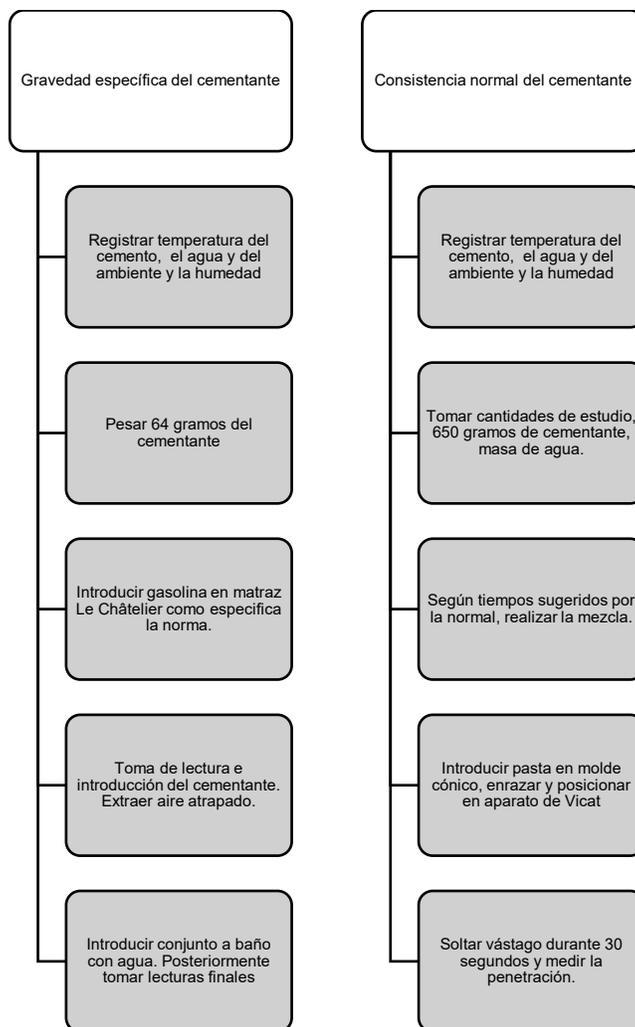


Figura 3. Caracterización física de los materiales de estudio.

Fuente: Tomado y adaptado de (American Society for Testing and Materials, 2017). (American Society for Testing and Material, 2016)

4. Resultados

Las pruebas elaboradas para este estudio arrojan una evidente modificación al comportamiento normal del cemento de uso general, el cual se presenta como muestra testigo a los resultados obtenidos, estos pueden apreciarse a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Densidades obtenidas a partir de la sustitución parcial del cemento con Calamina

	Densidad obtenida			Promedio
	Picnómetro 1	Picnómetro 2	Picnómetro 3	
100% Cemento 0% Calamina	2.9566	2.4694	2.9570	2.7944
95% Cemento 5% Calamina	2.8927	2.9687	2.9460	2.9358
90% cemento 10% Calamina	3.1535	3.0814	3.0730	3.1026



Se aprecia con base al ensayo de Gravedad Específica estipulado en la ASTM C188 - 17, que la sustitución parcial del cemento por el material de estudio, la calamina, genera un incremento de la densidad tomando de referencia este mismo ensayo ante una muestra donde su totalidad es cemento. El comportamiento observado brinda una expectativa al posible comportamiento de esta sustitución ante el diseño de mezclas.

En el ensayo al que respecta la gravedad específica en un 100% de cemento, la temperatura ambiente fue de 27.2 °C con una humedad del 60%. Para los ensayos de 95% cemento a sustitución del 5% de calamina y 90% de cemento a sustitución del 10% de calamina, la temperatura ambiente fue de 29.5 °C con una humedad de 46% y una temperatura ambiente de 22.6 °C con una humedad del 71% respectivamente.

Para la muestra testigo, se utilizó cemento de uso general Argos proveniente de la planta de producción de Yumbo, Valle del Cauca Figura 4. Esto para tomar como base su comportamiento normal ante el modificado por los estudios de sustitución, cabe mencionar que en todos los ensayos se usó el mismo cemento de la muestra testigo.

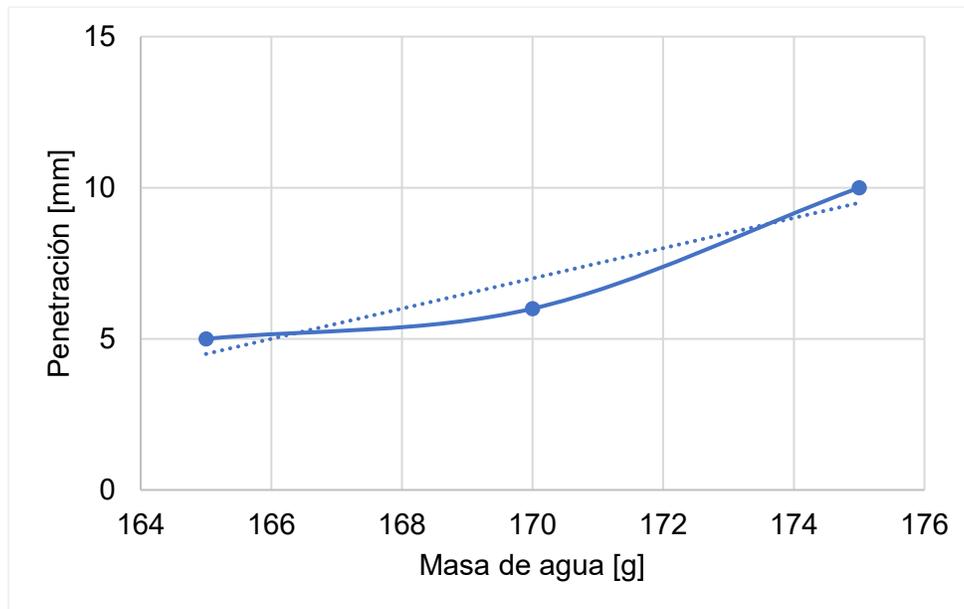


Figura 4. Cantidad de agua añadido al cemento (muestra testigo) versus penetración del vástago del aparato de Vicat

Para el ensayo de consistencia normal presentado en la Figura 4 se presentó una temperatura ambiente de 24.1 °C con una humedad del 69%. Se tuvo en estudio con base a la normativa del ensayo con 165, 170 y 175 gramos de agua, y así arrojar la necesidad para consistencia normal del cemento 175 gramos de agua.

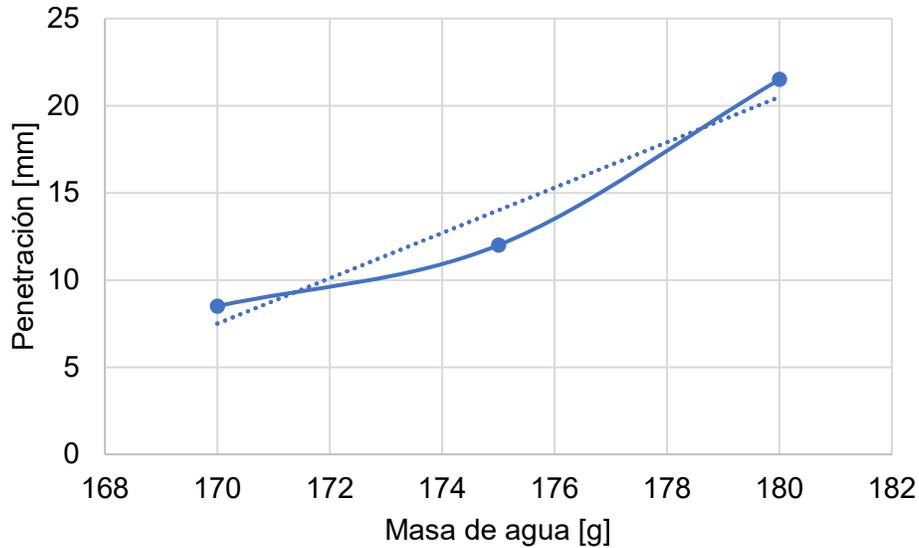


Figura 5. Cantidad de agua añadida al cemento con sustitución del 5% de calamina versus penetración del vástago del aparato de Vicat.

Para el ensayo de consistencia normal presentado en la Figura 5 se presentó una temperatura ambiente de 24.4°C con una humedad del 55%. Ateniéndose también un procedimiento con base a la normativa, se ensayó respecto a 170, 175 y 180 gramos de agua, para brindar una consistencia normal que requiere 172 gramos de agua.

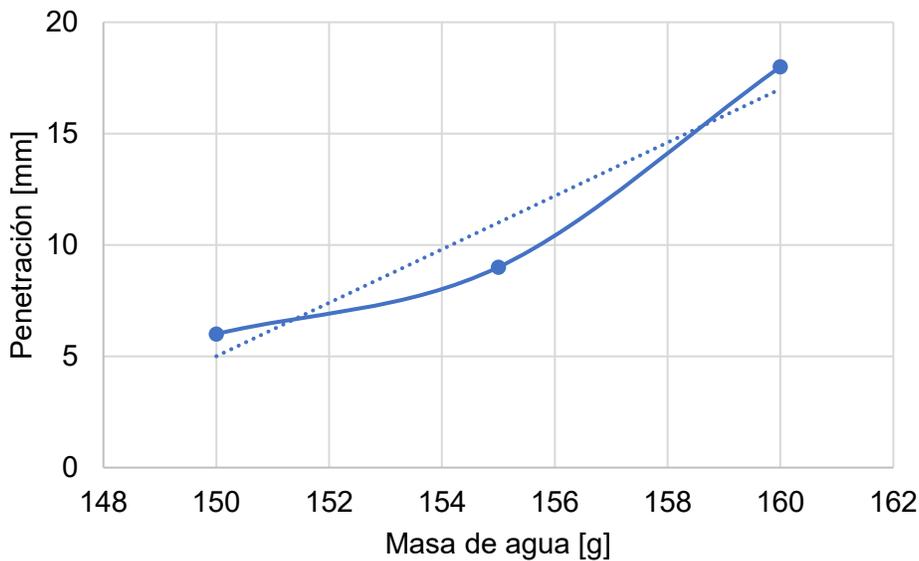


Figura 6. Cantidad de agua añadida al cemento con sustitución del 10% de calamina versus penetración del vástago del aparato de Vicat.

Para el ensayo de consistencia normal presentado en la Figura 6 se presentó una temperatura ambiente de 29.6 °C con una humedad del 46%. Bajo la normativa se llevó a cabo este ensayo



con muestras de 150, 155 y 160 gramos de agua, para arrojar una necesidad de 157 gramos de agua para lograr una consistencia normal.

De lo anterior, se afirma que hay una reducción significativa de la necesidad de masa de agua a la sustitución parcial de la calamina en el cemento, además, esta misma genera un incremento en la densidad. Se observa que el objeto de este estudio, sobre la posibilidad de implementación de calamina en elementos constructivos para la disminución del consumo de agua, posiblemente reducción en el uso de cemento y por ende la explotación de materias primas y así incrementar el aprovechamiento de residuos como la calamina como material alternativo es posible y factible.

5. Conclusiones

El aspecto innovador de este trabajo es la implementación de materiales alternativos para la aplicabilidad en elementos constructivos, con el objeto de disminuir la necesidad de materiales directamente extraídos de los recursos naturales e incrementar la utilización de residuos que pueden ser de descarte en otras áreas de la construcción.

Se afirma que con los resultados obtenidos el material de estudio en el presenta documento, la calamina, resulta ampliamente atractiva como sustituto parcial del cemento para procesos constructivos gracias a la incidencia que tiene ante las propiedades de consistencia normal y gravedad específica del cemento, haciendo una mezcla factible no solo en el ámbito ambiental sino también con relación a los costos de elaboración de elementos constructivos.

6. Agradecimientos

Se reconoce y agradece el apoyo de la Dirección de Programa de Ingeniería Civil, de la Decanatura de Ingeniería y Ciencias, de la Dirección de Departamento de Ingeniería Civil e Industrial y de la Oficina de Investigaciones de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. También el apoyo de la Ing. María Fernanda Serrano Guzmán, líder del semillero Gestión de Obras.

7. Referencias

- Abdul-Wahab, S., Al-Dhamri, H., Ram, G., & Chatterjee, V. (2021). An overview of alternative raw materials used in cement and clinker manufacturing. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(4), 743-760. doi:<https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1822949>
- American Society for Testing and Materials. (2017). Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement (ASTM C188 - 17).
- Chávez Porras, Á., Cristancho Montenegro, D., & Ospina Granados, E. (enero - junio de 2009). Una alternativa limpia para el tratamiento de las aguas residuales galvánicas: revisión bibliográfica. *Revista Ingenierías*, 8(14), 3950. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75012454004>



- Franco Gutierrez, E., Fuquen González, H., & Abril Hernández, D. (junio de 2010). Planificación integrada de producción y distribución para un conglomerado industrial. (U. d. Antioquia, Ed.) Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, 53, 88 - 105. Obtenido de <http://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=43019325008>
- Hewlett, P. (2003). *Lea's Chemistry of Cement and Concrete* (Cuarta ed.). Elsevier Ltd. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-6256-7.X5007-3>
- Ordoñez Mejía, K., & Villanueva López, L. (2012). Elaboración de bloques de mortero tipo estructural mediante secado natural empleando la calamina procedente de Tenaris Tubo Caribes S. A cómo aditivo. Cartagena de Indias: Universidad de San Buenaventura, Facultad de ingeniería, Programa de Ingeniería Química, dirigido por Ingeniero Adalberto Matute. Obtenido de <https://cutt.ly/FJfXbQf>
- Reina, F. (10 de febrero de 2022). Origen e información puntual de la calamina según la empresa Conaldesa S. A. (M. Varela Montoya, Entrevistador) Palmira.
- Tenaris Tubocaribes S.A. (septiembre de 2011). Análisis de laboratorio de la calamina.
- Ucrós Fajardo, J. (2009). Propuesta para la implementación de instrumentos de política ambiental en la planta siderúrgica de Acerías Paz del Río S. A. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Sobre los autores

- **Melanny Varela Montoya**, estudiante de Ingeniería Civil. Integrante del semillero Gestión de Obras Liderado por la Ing. María Fernanda Serrano Guzmán. melanyvarela12@javerianacali.edu.co
- **Santiago Ruiz Leal**, estudiante de Ingeniería Civil. Integrante del semillero Gestión de Obras Liderado por la Ing. María Fernanda Serrano Guzmán. santiagoruizleal07@javerianacali.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

