

**EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS DE USO DE LA  
CAL HIDRATADA GRUESA EN CEMENTOS ARGOS PLANTA CARTAGENA**

**JOHN JAIRO CONRADO BARRANCO  
MIGUEL HERRERA AGUIRRE  
MICHEL MATOS PANIZA**

**Monografía para optar al título de Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA D.T.C.H.**

**2009**

**EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS DE USO DE LA  
CAL HIDRATADA GRUESA EN CEMENTOS ARGOS PLANTA CARTAGENA**

**JOHN JAIRO CONRADO BARRANCO  
MIGUEL HERRERA AGUIRRE  
MICHEL MATOS PANIZA**

**Monografía para optar al título de Ingeniero Industrial**

**Asesor  
ROBERTO GOMEZ  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA D.T.C.H.**

**2009**

Cartagena de Indias, 17 de Abril de 2009.

Señores

CONSEJO DE EVALUACION DE PROYECTOS DE GRADO

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Industrial.

Universidad tecnológica de Bolívar

Ciudad

Ref.: Revisión de Especialización Gerencia de Proyectos 2008.

Por medio de la presente nos permitimos poner a consideración la monografía titulada: **“Evaluación Técnico – Económica De Alternativas De Uso De La Cal Hidratada Gruesa En Cementos Argos Planta Cartagena”**, realizada a fin de optar por el título de Especialista en Gerencia de Proyectos.

Cordialmente,

---

John Jairo Conrado Barranco

---

Miguel Ángel Herrera Aguirre

---

Michel Matos Paniza

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

Cartagena de Indias, D.T.C; Abril 17 de 2.009

## AUTORIZACION

Cartagena de Indias, D.T.C.H., 17 de Abril de 2009.

Yo \_\_\_\_\_, identificado con numero de cedula \_\_\_\_\_, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo de online de la Biblioteca.

---

John Jairo Conrado Barranco

## AUTORIZACION

Cartagena de Indias, D.T.C.H., 17 de Abril de 2009.

Yo \_\_\_\_\_, identificado con numero de cedula \_\_\_\_\_, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo de online de la Biblioteca.

---

Miguel Ángel Herrera Aguirre

## AUTORIZACION

Cartagena de Indias, D.T.C.H., 17 de Abril de 2009.

Yo \_\_\_\_\_, identificado con numero de cedula \_\_\_\_\_, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo de online de la Biblioteca.

---

Michel Matos Paniza

## DEDICATORIA

A mis papás y a mis hermanos,  
por su apoyo en el transcurso de mi carrera  
a Hary Andrea quien  
es mi inspiración para superarme  
y buscar brindarle un  
futuro mejor.

John Jairo Conrado Barranco

A mi familia, quienes con su apoyo  
y formación me inspiraron en la  
formulación de objetivos y un  
proyecto de vida al que  
actualmente dirijo mis esfuerzos.

Miguel Ángel Herrera Aguirre

A mis papas y hermanos  
por brindarme la educación y orientación,  
a mi familia pequeña por ser mi  
motivación y a mi negra linda  
por su constante apoyo.

Michel Matos Paniza



## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sinceros agradecimientos por sus aportes al desarrollo de este trabajo a la empresa **ARGOS S.A**, a Marcial Hormiga, Director de Planta de Cal, Ana Milena Sánchez, Profesional de Producción Planta de Cal y Juan Mora, Profesional de Mantenimiento Planta de Cal.

# TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	
OBJETIVOS .....	17
Objetivo general .....	18
Objetivos específicos.....	18
1. Generalidades de la empresa ARGOS S.A. ....	19
Reseña histórica .....	19
1.1. Quien es cementos ARGOS S.A. ....	20
1.2. Estructura de la empresa .....	22
1.3. Operaciones .....	22
1.4. Planeación estratégica .....	23
1.5. Portafolio de productos.....	26
1.6. Ambiente de mercadotecnia.....	33
2. Descripción del proceso.....	46
2.1. Extracción de materia prima.....	47
2.2. Proceso de trituración y lavado de calcáreos .....	47
2.3. Proceso de calcinación.....	49
2.4. Proceso hidratación .....	52
2.5. Proceso de empaque.....	54
3. Descripción del problema.....	55

4. Reproceso de cal .....	57
4.1. Factibilidad técnica.....	58
4.2. Factibilidad ambiental.....	60
4.3. Evaluación financiera.....	61
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES .....	75
BIBLIOGRAFIA.....	76
ANEXOS.....	78

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Organigrama de la Estructura de la empresa ARGOS S.A.	22
Figura 1.2 Diferentes sacos de cemento producidos por la empresa ARGOS S.A	27
Figura 1.3 Máquina mezcladora de concreto para vaciado.	29
Figura 1.4 Utilización de morteros de concreto para la realización de trabajos de mampostería estructural y armada de estructuras	30
Figura 1.5 Balanceo de ecuaciones químicas para la obtención de cal a través de procesos de calcinación, hidratación y carbonatación	31
Figura 1.6 Representación de un saco de 10 Kg de cal fina hidratada obtenido en una de las plantas de producción de la empresa ARGOS S.A	33
Figura 1.7 Ambiente de mercadotecnia	33
Figura 1.8 Destinos de comercialización de cal desde la planta productora en Cartagena de Indias	35
Figura 2.1 Diagrama de producción de Cal Hidratada.	46
Figura 2.2 Diagrama de extracción de materia prima para producción de Cal Hidratada.	47
Figura 2.3 Diagrama Trituración y lavado de calcáreos para producción de Cal Hidratada.	49

Figura 2.4 Proceso de calcinación para producción de Cal Hidratada.	51
Figura 2.5 Proceso de hidratación para producción de Cal Hidratada.	53
Figura 2.6 Proceso de empaque para producción de Cal Hidratada.	55
Figura 4.1 En la grafica se muestran las toneladas requeridas comparadas con las toneladas despachadas, resultando la demanda potencial insatisfecha.	63
Figura 4.2 Flujo de caja para propuesta de VAICO.	70
Figura 4.3 Flujo de caja para propuesta de VAICO	71

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Consumos Per cápita de los países con mayor producción de cal, en el año 2008.	38
Tabla 1.2 Competencia entre empresas productoras de cal hidratada a nivel nacional.	38
Tabla 1.3 Competencia entre empresas productoras de cal hidratada a nivel internacional.	39
Tabla 1.4 Principales clientes a nivel nacional e internacional compradores de cal hidratada.	39
Tabla 4.1 Volumen requerido mensual de mercados para el año 2008.	61
Tabla 4.2 Volúmenes producidos para cada mercado para el año 2008.	61
Tabla 4. 3 Comparaciones entre material despachado y requerido mensual para el año 2008.	63
Tabla 4.I Ranking y cupos de mercado.	64
Tabla 4.5 Costos incurridos propuesta VAICO año 1.	66
Tabla 4.6 Costos incurridos propuesta VAICO años 2 a 5.	67
Tabla 4.7 Costos incurridos propuesta ASTECNIA año 1.	68
Tabla 4.8 Costos incurridos propuesta ASTECNIA años 2 a 5.	69
Tabla 4.9 Ingresos por venta de cal reprocesada.	70

## LISTA DE ANEXOS

Propuesta ASTECNIA	80
Propuesta VAICO	81
Glosario de términos	83

## INTRODUCCIÓN

A las puertas de la firma de un tratado de libre comercio, es crucial para las empresas hacerse más efectivas, puesto que se enfrentarían en el mercado local con competencia internacional sin la armadura del proteccionismo brindado por las restricciones de entrada y nacionalización de productos y servicios proveniente del exterior.

Analizar el macro y microambiente a fin de identificar amenazas y oportunidades en miras a tomar acciones conforme a las mismas, se convierte entonces en una cuestión de supervivencia. En el desarrollo de esta monografía lo que se busca es precisamente eso, no el sentido más amplio, sino, identificando y atacando una oportunidad de mejora contrastando siempre las propuestas con el ambiente mercadológico de la empresa.

La investigación inicia describiendo lo que se podría considerar las generalidades de la empresa Argos S.A. Planta Cartagena, en la que se identifica y se busca suprimir un stock creciente y de difícil rotación de Cal hidratada gruesa, subproducto obtenido en la fabricación de cal hidratada fina.

A fin de brindar herramientas de comprensión juicio e interpretación del problema se realiza una descripción minuciosa de las diferentes etapas del proceso de producción, apoyada en representaciones mediante el uso de diferentes diagramas.

Como alternativa de eliminación de este stock, se tiene en cuenta y se profundiza en un reproceso de la cal hidratada gruesa. Una vez identificada la factibilidad técnica, económica y ambiental se verifica la existencia de clientes potenciales para este producto, debido a que de no contar con una demanda potencial



insatisfecha, los esfuerzos e inversiones destinadas al reproceso solo llevarían a dejar de tener un stock de cal hidratada gruesa para tener uno de cal hidratada fina, este último con un mayor costo de producción.

Finalmente, se realizan propuestas y recomendaciones a la empresa referente al tratamiento que se debe dar por parte de la misma al stock actual de cal hidratada gruesa y a la que se generara como subproducto en las producciones futuras de cal hidratada fina.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

Proponer una alternativa que permita la rotación del inventario de cal hidratada gruesa actualmente almacenada e implícita en la producción futura en Cementos Argos S.A. Planta Cartagena, por medio de una evaluación desde los puntos de vista técnico, financiero y ambiental la posibilidad de reprocesarla generando valor a la misma y disminuyendo el impacto ambiental actual.

## Objetivos específicos

- Conocer la planeación estratégica así como el macro y microambiente de Cementos Argos S.A. Planta Cartagena, clasificándolo como información útil en la alineación de las propuestas que se llevarán a cabo con los objetivos de la empresa.
- Describir en forma detallada el proceso de fabricación de cal hidratada, valiéndonos de diferentes diagramas, con el fin de facilitar la comprensión y análisis del mismo.
- Determinar la existencia o no de una demanda potencial insatisfecha y la posibilidad de Cementos Argos S.A. de atender la misma aumentando su capacidad instalada en cuanto a producción de cal hidratada fina.
- Evaluar desde los ámbitos técnico, financiero y ambiental la alternativa de reprocesar la cal hidratada gruesa en miras de obtener cal hidratada fina.

## 1. Generalidades de la empresa ARGOS S.A.

### Reseña histórica<sup>1</sup>

Argos nace en Medellín (Colombia) el 27 de febrero de 1934 con la fundación de la Compañía por parte de Claudina Arango Jaramillo, Rafael y Jorge Arango Carrasquilla, Carlos Sevillano Gómez, Leopoldo Arango Ceballos y Carlos Ochoa Vélez.

En octubre de 1936 la fábrica inició producción. Desde ese año obtuvo utilidades, lo cual le permitió decretar su primer dividendo en 1938. Con posteridad a esa fecha el dividendo nunca ha sido suspendido.

Después de su asociación con Cementos del Nare, Argos inició una fructífera labor de creación de empresas en diversas regiones del occidente de Colombia. Surgieron así: Cementos del Valle en 1938, Cementos del Caribe en 1944, Cementos El Cairo en 1946, Cementos de Caldas en 1955, Tolcemento en 1972, Colclinker en 1974 y Cementos Rio claro en 1982; finalmente en la década de los 90 adquiere participación accionaria en Cementos Paz del Río.

En 1998 adquiere la Corporación de Cemento Andino en Venezuela y posteriormente estableció alianzas para hacer inversiones en Cementos Colón en República Dominicana, Cimenterie Nationale d'Haiti en Haití y Corporación Incem en Panamá.

---

<sup>1</sup> ARGOS S.A. (2006) Historia, [http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04\\_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y\\_QjzKLN4i3MPMASYGyxqb6kWhCjgiRIH1vfVP\\_NxU\\_QD9gtzQiHJHR0UAcrHMnA!!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfQ0k!](http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLN4i3MPMASYGyxqb6kWhCjgiRIH1vfVP_NxU_QD9gtzQiHJHR0UAcrHMnA!!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfQ0k!). [Consulta: 6 Noviembre, 2008].

En 2005, fusiona todas sus compañías productoras de cementos en Colombia, adquiere las compañías concreteras Southern Star Concrete y Concrete Express en Estados Unidos.

En 2006 adquiere la concretera Ready Mixed Concrete Company en Estados Unidos, fusiona sus compañías productoras de concreto en Colombia (Agregcón, Concretos de Occidente y Metroconcreto) y adquiere los activos cementeros y concreteros de Cementos Andino y Concrecem en Colombia.

### **1.1. Quien es cementos ARGOS S.A.<sup>2</sup>**

Argos es líder en la industria cementera colombiana con 51% de participación en el mercado, es el quinto productor de cemento en América Latina con inversiones en Panamá, Venezuela, Haití y República Dominicana, es el sexto productor de concreto en los Estados Unidos y además realiza exportaciones de cemento y clínker a 27 países.

En 2005 Argos tuvo una capitalización de mercado superior a USD \$5 billones e ingresos por más de USD \$940 millones. El origen de estos ingresos por zona geográfica es el 50% de Colombia, el 40% de Estados Unidos y el 10% de Latinoamérica; por negocio, el 55% proviene del cemento y el 45% del concreto.

Para el desarrollo de sus negocios, la Compañía cuenta con una amplia infraestructura logística que le permite la movilización de materias primas y

---

<sup>2</sup> ARGOS S.A. (2006), ¿Quiénes somos?

[http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04\\_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y\\_QjzKLN4i3MPMASYGyxqb6kWhCjgiRIH1vfVP\\_NxU\\_QD9gtzQiHJHR0UAcrHMnA!!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVR S82XzBfQ0k!](http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLN4i3MPMASYGyxqb6kWhCjgiRIH1vfVP_NxU_QD9gtzQiHJHR0UAcrHMnA!!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVR S82XzBfQ0k!). [Consulta: 6 Noviembre, 2008].

producto terminado a costos competitivos. En los Estados Unidos cuenta con cuatro puertos y en Colombia con otros cuatro. Adicionalmente tiene dos facilidades portuarias en Venezuela, una en Panamá, una en República Dominicana y una Haití.

En Colombia, Argos es el mayor transportador de carga terrestre. Dentro del proceso de expansión y aseguramiento de recursos, Argos cuenta con plantas de generación de energía propias para sus procesos productivos que le dan una capacidad instalada de 250 MW, controlando así la disponibilidad y el costo de este insumo. Adicionalmente se han emprendido tres proyectos de construcción de plantas generadoras para alcanzar a finales de 2007 la autosuficiencia energética con una capacidad instalada de 310 MW.

El bienestar de la comunidad y el respeto por el medio ambiente son de suprema importancia para la Compañía. En la actualidad emplea más de 11.000 personas y desarrolla de forma permanente diversos programas para promover el bienestar de los empleados, sus familias y las comunidades de sus zonas de influencia. En este sentido Argos realiza anualmente aportes a la comunidad por más de USD \$3 millones, beneficiando más de 600.000 personas. En el tema ambiental, se han sembrado más de 8.600 hectáreas con vocación de reforestación.

## 1.2. Estructura de la empresa<sup>3</sup>



**Figura 1.1** Organigrama de la Estructura de la empresa ARGOS S.A. (Fuente: Capacitación Proceso Cal – ARGOS – 19 de Febrero 2.009).

## 1.3. Operaciones<sup>4</sup>

Argos cuenta con 14 plantas productoras de cemento en el continente americano. Once de ellas están en Colombia y las restantes están ubicadas en Panamá, República Dominicana y Haití. La distribución geográfica de las plantas en Colombia es ideal en términos logísticos. En la zona norte, con vocación exportadora, están situadas 4 plantas. Para la satisfacción de la demanda interna se cuenta con 7 plantas situadas en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Valle, Boyacá y Santander; áreas en donde se concentra la demanda doméstica. La capacidad de todas las plantas de la Compañía es de 11,6 millones de toneladas anuales. En 2009, esta capacidad se ampliará a 13,3

<sup>3</sup> Manual de calidad ARGOS – Última actualización y revisión Agosto de 2008.

<sup>4</sup> Manual de calidad ARGOS – Última actualización y revisión Agosto de 2008.

millones de toneladas con la puesta en marcha de una nueva planta en Cartagena. Argos es también el único productor de cemento blanco en Colombia.

La mayor capacidad de producción de concreto de Argos está en Estados Unidos donde puede producir 6,4 millones de metros cúbicos anuales. Esta capacidad está respaldada con 130 plantas de producción y 1.330 mezcladoras.

En Colombia tiene una capacidad de producción de 1,4 millones de metros cúbicos anuales, con 40 plantas de producción y 230 mezcladoras para el transporte. Por su parte, en Panamá tiene una capacidad de 0,4 millones de metros cúbicos, 10 plantas y 40 mezcladoras. Así las cosas, Argos puede producir anualmente 8,2 millones de metros cúbicos de concreto en 180 plantas, los cuales distribuye por medio de 1.600 mezcladoras.

Adicionalmente, Argos cuenta con ocho planta de agregados (grava y arena), insumos estratégicos para la producción de concreto, las cuales se encuentran distribuidas en todo el territorio colombiano y suman una capacidad de 810 toneladas por hora.

#### **1.4. Planeación estratégica<sup>5</sup>**

##### **Misión**

Cementos Argos tiene el propósito permanente de elevar la calidad de vida de sus comunidades de influencia contribuyendo a la industria de la construcción con la fabricación de clinker y cemento gris de óptima calidad.

La capacitación del personal es constante, actualizándonos tecnológicamente y cumpliendo con todas las normas técnicas preservando así el medio ambiente.

---

<sup>5</sup> Manual de calidad ARGOS – Última actualización y revisión Agosto de 2008.

Buscamos la satisfacción total de nuestros clientes y el bienestar laboral de empleados y trabajadores fundamentados en la honestidad, lealtad y responsabilidad de los procesos, incidiendo positivamente en los entornos, social, económico y cultural.

## **Visión**

Cementos Argos ocupa una posición en Colombia de liderazgo en la exportación de clinker y cemento, gracias a una gestión empresarial estratégica y un óptimo servicio y satisfacción a nuestros clientes.

Utilizando tecnología de avanzada y cumpliendo estrictamente con las normas de calidad, nos permite obtener un producto con las mejores referencias para los mercados externos.

Generamos óptimos niveles de rentabilidad para nuestros accionistas, excelentes oportunidades de desarrollo y bienestar a nuestro equipo humano, contribuimos en forma decidida y permanente al progreso de nuestra comunidad y del país.

## **Estrategias en que compite la empresa y razones por la cual la empresa eligió esas estrategias**

Argos ha orientado la organización hacia el futuro para garantizar su supervivencia en el largo plazo, haciendo cambios en sus procesos productivos y administrativos, de manera que les permita producir igual o mucho mejor que la competencia, y ofrecer un excelente servicio al cliente o de lo contrario la globalización les condenaría a desaparecer.



Argos ha reaccionado tan rápido como cambian las preferencias de sus clientes y conquista nuevos mercados, para ampliar su perspectiva. Por ello, ha fusionado Cementos del Caribe, Cementos del Valle, Cementos Paz del Río, Cementos Río Claro, Colclinker, Tolcemento, Cementos El Cairo y Cementos del Nare en una sola organización: Cementos Argos, alianza que lo solidifica y adquiere mayor poder de negociación en el mercado, amplía su participación y propone una nueva cultura organizacional enriquecida por el conocimiento de las empresas que lo conformaron. La fusión no ha sido un fin, sino un medio para crecer, ser más competitivos y poder responder de una forma mucho más efectiva a sus clientes.

Ahora bien, entendiendo que las estrategias son aquellas acciones que tienen como fin directo alterar las fuerzas de la compañía en relación con la de sus competidores, Argos ha desarrollado estrategias basadas en la mejora interna de la organización al cambiar su estructura manejada antes por funciones y hoy por procesos adquiriendo responsabilidades completas frente al cliente, al tener controles de seguimiento y retroalimentación.

Entre otras estrategias, Argos ha hecho énfasis en cinco aspectos claves: Orientar la organización al cliente, crecer el consumo del cemento del país, controlar los gastos, incrementar la presencia en el mercado internacional y trabajar en equipo en toda la organización. Se han fijado una serie de procesos enfocados en garantizar la satisfacción de los clientes, y con ello lograr su fidelidad. Se ha trabajado en la definición de los canales de distribución, de los productos y su clasificación; en el diseño de una estructura lógica de precios.

## 1.5. Portafolio de productos<sup>6</sup>

Argos posee un amplio portafolio de productos en el que incluye cementos, concretos, morteros y cales, todos ellos con certificados de calidad y estrictos procesos de producción que aseguran el cumplimiento de la normatividad, la variedad y la innovación son la constante.

### Cemento

El cemento es un conglomerante, es decir, una sustancia que une o da cohesión. Se presenta en forma de polvo y se obtiene de triturar rocas duras (caliza y arcilla) para luego quemarlas a 1500 °C en un horno rotatorio y posteriormente agregar yeso y otras adiciones.

Tiene la peculiaridad de endurecerse con el agua y producir compuestos mecánicamente resistentes. De su adecuado almacenamiento depende su duración antes de usarse, que en todo caso se recomienda no sea mayor a dos meses.

Los principales usos del cemento en la construcción son estructuras (vigas, columnas, losas, fundaciones), pegas y revoques (pañetes o repellos), obras civiles (puentes, carreteras, presas y túneles) y prefabricados (bloques, adoquines, baldosas, tubos y mobiliario).

---

<sup>6</sup>ARGOS S.A. (2006), Productos.

[http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04\\_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y\\_QjzKLN4i3MPMASYGYx\\_qb6kWhCjgiRIH1vfV-](http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLN4i3MPMASYGYx_qb6kWhCjgiRIH1vfV-)

[P\\_NxU\\_QD9gtzQiHJHR0UAcrHMnA!!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfMkU2,](P_NxU_QD9gtzQiHJHR0UAcrHMnA!!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfMkU2)  
[Consulta: 7 Noviembre, 2008].

El color más conocido del cemento es el gris, sin embargo también puede ser de color blanco. Éste se obtiene cuando se utilizan materias primas de mayor pureza y un proceso de producción más estricto.

Existen varias clases de cemento (Figura 1.2). El más común es el cemento Pórtland tipo I o de uso general. Argos lo comercializa bajo las marcas Cairo, Caribe y Valle en color gris y bajo la marca Nare en color blanco.

El Cemento Estructural, que es un cemento catalogado como de resistencias iniciales más altas que el tipo 1. Es comercializado con la marca Argos.

El cemento Pórtland tipo 3 es el usado en prefabricados y, en general, cuando se requiere de una alta resistencia inicial y un rápido endurecimiento. Es distribuido a granel.

El cemento Pórtland tipo 5 es un cemento con altísima resistencia a los sulfatos y por ello es ideal para estructuras que estén en permanente contacto con el agua de mar. Es producido bajo pedido.



**Figura 1.2** Diferentes sacos de cemento producidos por la empresa ARGOS S.A

La figura muestra empaque de los 3 tipos de cemento, de izquierda a derecha, cemento blanco, cemento Pórtland y cemento estructural.

## Concreto

El concreto, también llamado hormigón, es una mezcla de cemento, agua, arena y grava, a los cuales eventualmente se les incorporan aditivos que le dan diferentes propiedades generando distintos tipos de concreto.

En estado fresco es una mezcla semilíquida que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad (Figura 1.3), pero a medida que el cemento reacciona químicamente con el agua, se endurece, se torna rígido y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, hasta convertirse en un material durable y mecánicamente resistente.

Su resistencia y duración dependen de la calidad y limpieza de los materiales usados en su fabricación, de la proporción o relación de los materiales en la mezcla, de la forma de mezclado y del tiempo transcurrido desde su preparación.

Puede adquirir prácticamente cualquier forma, dependiendo del molde o formaleta que se utilice y del refuerzo de acero que se emplee para construir estructuras sólidas y flexibles.

Sus principales usos son las estructuras (columnas, vigas, losas, muros estructurales, fundaciones) y los llenos.

Es muy utilizado por ser económico, porque no lo afecta el sol ni el agua y porque no lo atacan los animales ni las plagas.

Estos son algunos de los concretos que Argos produce y comercializa, todos ellos despachados a granel con preparación sobre pedido:

- Convencional
- Acelerado
- Impermeable
- Liviano

- Para pavimentos
- Plástico
- Relleno fluido
- Retardado



**Figura 1.3** Máquina mezcladora de concreto para vaciado.

### **Mortero**

El mortero es una mezcla de cemento, arena y agua, a los cuales eventualmente se incorpora cal hidratada, yeso hidratado, plastificantes, retenedores de humedad u otro tipo de aditivos. Su composición varía mucho, dependiendo del fabricante, del uso o aspecto final que se requiera.

Se emplea principalmente para la pega de bloques o ladrillos y para el revoque, repello o pañete de muros y paredes (Figura 1.4).

Estos son algunos de los morteros que Argos produce y comercializa en Colombia, todos ellos despachados a granel con preparación sobre pedido:

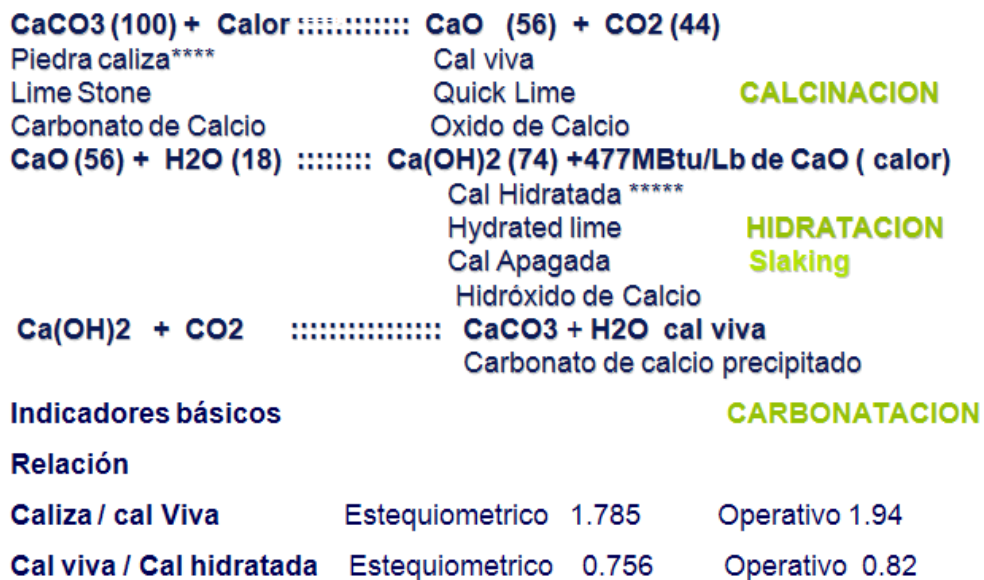
- Convencional
- De larga vida
- De pañete, repelle o revoque
- De pega
- Estructural fluido
- Estructural plástico
- Liviano
- Por relación agua/cemento
- Relleno fluido



**Figura 1.4** Utilización de morteros de concreto para la realización de trabajos de mampostería estructural y armada de estructuras

## Cales

La cal fue la primera transformación química dirigida por el hombre. La vida se desarrolló inicialmente donde las condiciones de sobrevivencia eran menos adversas, las orillas de los mares y las riveras de los ríos presentaban condiciones ideales para sobrevivir, con el descubrimiento del fuego cambiaron las costumbres alimenticias y nuestros antepasados al cocer sus alimentos (moluscos, crustáceos, caracoles) sometieron elementos ricos en carbonatos al calor produciendo la primera calcinación (Figura 1.5).



**Figura 1.5** Balanceo de ecuaciones químicas para la obtención de cal a través de procesos de calcinación, hidratación y carbonatación (Fuente: Capacitación Proceso Cal – ARGOS – 19 de Febrero 2.009).

Existen dos tipos de cales: la cal viva y la cal hidratada. La cal viva es un producto que se obtiene de la calcinación de piedras calizas de alta pureza en hornos especiales a temperaturas cercanas a los 1200° C.

Es un material muy cáustico que tiene una gran afinidad con el agua, a cuyo contacto se transforma en cal hidratada, cal apagada o cal en polvo. Esto se logra

por medio de un proceso de desintegración rápida de las piedras que se diluyen en el agua con una gran liberación de calor. Su uso es muy antiguo y extendido.

#### Características de la cal viva (CaO)

- Cristaliza en sistema cúbico de cara centrada
- Densidad: 3350 Kg/m<sup>3</sup>
- Densidad aparente: 1 a 1.2 Kg/m<sup>3</sup>
- Masa atómica: 56.1 gr/mol
- Higroscópica/refractaria

El uso más conocido de la cal hidratada es cuando se deslíe en agua constituyendo la lechada de cal, que tradicionalmente se ha utilizado para blanquear las paredes de las casas gracias a su marcado color blanco y a que resulta impermeable al agua.

Entre sus destinaciones también se destacan la elaboración de mortero empleado en la construcción de edificios y multitud de procesos industriales.

#### Características de la Cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>)

- Densidad: 2210 kg/m<sup>3</sup>
- Densidad aparente: 0.6 a 0.8 kg/m<sup>3</sup>
- Solubilidad en agua: 0.185 gr/cm<sup>3</sup>
- Deshidratación a: 560° C
- Pulverulenta

Argos comercializa la cal viva y la cal hidratada con la marca Nare (Figura 1.6).





**Figura 1.6** Representación de un saco de 10 Kg de cal fina hidratada obtenido en una de las plantas de producción de la empresa ARGOS S.A (Fuente: Capacitación Proceso Cal – ARGOS – 19 de Febrero 2.009).

### 1.6. Ambiente de mercadotecnia



**Figura 1.7** Ambiente de mercadotecnia (Fuente: Método ARGOS – 19 de Febrero 2.009).

Con un claro sentido de ORIENTACIÓN AL MERCADO y RESPONSABILIDAD SOCIAL, Argos desarrolla las actividades de producción, comercialización, distribución de cementos, concretos, agregados, prefabricados, cales, reforestación, explotación de carbón y servicios de operación logística, asumiendo como compromiso:

La Satisfacción del Cliente, mediante entrega de productos y servicios que cumplen estándares nacionales e internacionales.

La protección y bienestar ocupacional de las personas proporcionando un ambiente de trabajo seguro y saludable, previniendo los accidentes y lesiones a la salud que se originen durante el trabajo, minimizando las causas de los riesgos inherentes a las actividades.

El desarrollo sostenible, en lo relacionado con la evaluación de los posibles impactos ambientales de los proyectos, obras o actividades, para implementar medidas que prevengan, mitiguen, corrijan o compensen la contaminación.

La Gestión Social trabajando con las comunidades de influencia del negocio a través de proyectos de infraestructura educativa, comunitaria y vivienda que permitan un mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y genere lazos de buena vecindad.

El permanente cumplimiento de la normatividad aplicable a sus actividades y el código del Buen Gobierno.

La protección de la infraestructura y la cadena logística mediante la implementación de actividades dirigidas a la prevención de eventos contrarios a la ley y a las normas de seguridad.

El mejoramiento continuo de nuestros procesos y la sana competitividad, con un constante desarrollo de nuestro talento humano, agregando valor en nuestro actuar y rentabilidad a los accionistas.

## Macroambiente

### Mercados destino

Argos tiene como objetivo el crecimiento tanto a nivel nacional como internacional, hoy sus principales clientes se encuentran en Latinoamérica y el Caribe por lo que es importante una ubicación de la planta de producción de cal que le permita acceder fácilmente a rutas de transporte nacional e internacional (Figura 1.8).



**Figura 1.8** Destinos de comercialización de cal desde la plata productora en Cartagena de Indias (Fuente: [http://www.eurosur.org/medio\\_ambiente/bif41.htm](http://www.eurosur.org/medio_ambiente/bif41.htm)).

Las características actuales de la población latinoamericana han sido determinadas, entre otros, por tres fenómenos básicos: crecimiento poblacional acelerado hasta muy recientemente, concentración espacial y fuerte urbanización asociada a migración rural-urbana acentuada que sólo pareciera reducirse --y en algunos casos sufrir un proceso inverso en los años más recientes.

El fenómeno de crecimiento se sintetiza en pocas cifras: desde la segunda guerra mundial hasta mediados de la década pasada, la población latinoamericana se ha triplicado y al mismo tiempo ha pasado a representar un porcentaje mayor de la población mundial, señal inequívoca de que la expansión poblacional de la región fue más acentuada que el promedio mundial, lo que la llevó de representar 6.6% del total mundial en 1950 a 8.4% en 1995<sup>7</sup>.

### **Condiciones económicas<sup>8</sup>**

La economía de América Latina es básicamente primaria. La economía de Brasil es la más grande de la región y la décima a nivel mundial, por lo que el país está incluido en la teoría del BRIC (se emplea la sigla BRIC para referirse conjuntamente a Brasil, Rusia, India Y China que tienen en común una enorme población, territorio y gigante cantidad de recursos naturales), la cual afirma que para el año 2050, será una de las 5 economías más grandes del mundo. La segunda economía regional es la de México, que es a su vez decimotercera a nivel mundial. Considerando el PIB (nominal) per cápita, todos los países de latinoamericanos están entre los puestos 52 (Chile) y 152 (Haití) dentro de los 180 países en los que se mide este parámetro. Con respecto a los valores, los países

---

<sup>7</sup> Eurosur, Medio Ambiente. [http://www.eurosur.org/medio\\_ambiente/bif41.htm](http://www.eurosur.org/medio_ambiente/bif41.htm). [Consulta: 6 Octubre, 2008].

<sup>8</sup> Galeano, Eduardo. *Online!: Las venas abiertas de America latina*. [http://www.mexicodiplomatico.org/noticias/venas\\_abiertas\\_america\\_latina\\_galeano.pdf](http://www.mexicodiplomatico.org/noticias/venas_abiertas_america_latina_galeano.pdf).

se encuentran entre los 10000 y los 900 por habitante (El PIB a valores nominales en dólares internacionales) o entre 18662 y 3217 por habitante (a valores de paridad de poder adquisitivo), y según este valor, todos los países están entre el puesto 9 (Brasil) y 134 (Haití), según datos publicados en 2008. En lo referente al Índice de desarrollo humano todos los países de la región están entre los puestos 40 (Chile) y 148 (Haití), según los datos del mismo año.

Se intenta la integración económica a nivel continental a través de la Aladi (Asociación Latinoamericana de Integración) y el SELA. Sin embargo existen varios bloques subregionales. Así, México forma parte del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) con los Estados Unidos y Canadá. Por su parte Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y República Dominicana tienen vigente un tratado de libre comercio con los Estados Unidos (DR-CAFTA), y otros tratados con Canadá, México a través de CARICOM. También Cuba, Bolivia, Venezuela, Nicaragua y Honduras tienen su propio bloque, llamado en este caso la Alternativa Bolivariana para América Latina y el Caribe. En América del Sur existe un bloque predominante, el Mercosur, integrado por Uruguay, Brasil, Paraguay, Argentina y Venezuela, con Chile, Bolivia, Perú y Colombia como miembros asociados. También en el sur del continente, Perú, Colombia, Bolivia y Ecuador conforman la Comunidad Andina de Naciones de la que los países vecinos son miembros asociados. Fuera del ámbito continental, Chile, México y Perú forman parte del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC).

### **Consumo de cal Per Cápita**

El consumo de cal a nivel mundial es de 127 millones de toneladas al año, siendo los principales consumidores China con 24 millones y USA con 20 millones, en cuanto a consumo per cápita sobresalen Estados Unidos y Chile quienes tienen un porcentaje por encima del consumo mundial de 247 y 242%.

País	Millones (Tons)	N° Habitantes	Consumo Per cápita	Diferencia consumo mundial	Diferencia % consumo mundial
Brasil	6,5	180	36,1	16,6	85%
Colombia Argos	0,7	42	16,7		
Colombia Total	1,3	42	31	11,5	59%
Chile	1	15	66,7	47,2	242%
USA	20	296	67,6	48,1	247%
México	5,7	106	53,8	34,3	176%
China	24	1200	20	0,5	3%
Mundial	127	6500	19,5		

**Tabla 1.1** Consumos Per cápita de los países con mayor producción de cal, en el año 2008. Fuente: Cardena, R; Parra, N. Estudio Sobre el Comportamiento de la Demanda del Cemento. Proyecto de grado MBA Execute Universidad de los Andes. Enero de 2009.

## Competencia

ARGOS S.A, es líder actualmente en el mercado colombiano en cemento, contando con una importante participación del mercado de cal viva e hidratada pese a la competencia de medianas y grandes empresas dedicadas a la producción de este producto tanto nacional como internacionalmente.

COMPETENCIA NACIONAL CAL HIDRATADA			
ARGOS	PORCENT.	OTRAS	PORCENT.
PLANTA DE CAL CARTAGENA	70%	CEMENTOS TEQUENDAMA S.A	10%
		CALES DEL ORIENTE	5%
		PROMICAL	3%
		CAL ALBORS	9%
		OTRAS	3%

**Tabla 1.2** Competencia entre empresas productoras de cal hidratada a nivel nacional. Fuente: Pérez Hincapié, Erika María. Monografía de investigación de la demanda de cemento, cales y yesos en Colombia. Universidad de los Andes. Noviembre de 2008.

COMPETENCIA INTERNACIONAL CAL HIDRATADA			
ARGOS	PORCENT.	OTRAS	PORCENT.
PLANTA DE CAL CARTAGENA	25%	HOLCIM (U.S.A)	12%
		CEMEX S.A (MEXICO)	15%
		CAL HONDUREÑA	44%
		MULTICALES GUATEMALA	2%
		OTRAS	2%

**Tabla 1.3** Competencia entre empresas productoras de cal hidratada a nivel internacional. Fuente: Pérez Hincapié, Erika María. Monografía de investigación de la demanda de cemento, cales y yesos en Colombia. Universidad de los Andes. Noviembre de 2008.

## Clientes

Es importante conocer los principales clientes de cal hidratada tanto de carácter local como nacional e internacional. Conociendo la competencia y conociendo los clientes se pueden establecer planes estratégicos que busquen un mayor rendimiento corporativo manteniendo puestos de vanguardia a nivel de empresas del sector y cumpliendo con las exigencias cambiantes del mercado.

CLIENTES CAL HIDRATADA			
NACIONALES	PROMEDIO VOL DE PEDIDOS MENSUAL (TON)	INTERNACIONALES	PROMEDIO VOL DE PEDIDOS MENSUAL (TON)
MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANO	600	MONOMERO COLOMBO VENEZOLANO	450
FERRETERIAS LOCALES	200	BAUXILUM	450
FERRETERIAS ZONA NORTE	400	GUYSUCO	250
OTROS	100	ROSEVEL	100
		PANAMA	80
		JAMAICA	70
		TRINIDAD	100
		OTROS	

**Tabla 1.4** Principales clientes a nivel nacional e internacional compradores de cal hidratada. Fuente: Registro de órdenes de compra, vicepresidencia comercial

## **Factores políticos y legales**

La legislación colombiana promueve por medio de estrategias la exportación de bienes y servicios, dos de los principales incentivos son el Plan Vallejo y la creación de Zonas francas.

- **Plan Vallejo**

Uno de los aspectos que más tienen en cuenta las empresas, a la hora de planear sus actividades, es el dinero que deben pagar a los gobiernos de los países por realizar esas actividades. Este dinero se denomina impuestos. Un ejemplo de impuesto es el dinero que deben pagar las empresas por el derecho a traer, desde otros países (importar), maquinas y diferentes tipos de bienes que ellas necesitan para poder elaborar sus propios productos.

En el año 1959, el gobierno colombiano de ese entonces creó una estrategia que pretendía estimular a las empresas colombianas para elaborar productos y servicios que luego se enviaran y vendieran en el exterior; es decir, se exportaran. Esa estrategia se denominó el “Plan Vallejo”.

El Plan Vallejo consiste en permitir que las empresas colombianas que hacen productos para exportar no tengan que pagar la totalidad de los impuestos o sólo deban pagar parte de éstos al gobierno, por traer las cosas que necesiten desde otros países; es decir, por importarlas. Inclusive, aquellas empresas que no exporten algún producto, sino que su actividad sea prestar algún servicio que colabore con la elaboración o envío de productos para exportar, y que también necesiten artículos provenientes de otros países para poder prestar su servicio, se pueden beneficiar del Plan Vallejo.



- **Zona Franca**

En el mundo, los gobiernos, dependiendo de su política económica, diseñan estrategias que les permitan cumplir con sus objetivos. En el caso de aquellos países en los cuales la política económica busca promover el comercio exterior, la creación de zonas francas se constituye como una de esas estrategias que les permite desarrollar su economía a nivel internacional.

La zona franca es un área, un territorio o una región específica, delimitada dentro del territorio de un país, en la cual existen unas condiciones especiales que promueven y buscan el desarrollo del comercio exterior y de la industrialización.

Las herramientas que se utilizan como facilitadoras y promotoras del comercio y la industrialización en las zonas francas se basan principalmente en la creación de beneficios y exenciones en el pago de impuestos, pues las empresas que se funcionan en una zona franca no tienen que pagar algunos impuestos, o pagan solamente una parte de ellos.

## **Microambiente**

### **Proveedores**

#### **Obtención de materias primas**

Las materias primas para la producción de cal se obtienen de las canteras propias del grupo cementero.

- **Canteras**

En las canteras el tipo de explotación es a cielo abierto con reservas probadas de 248 Millones de toneladas para 45 años de explotación<sup>9</sup>. En la actualidad usamos Bulldozer con “ripper” y cargadores. El Bulldozer remueve el material de los diferentes frentes apilándolos donde un cargador los recoge y carga a los CARRY - ALL, para transportarlo a la trituradora en Cantera o a volquetas hacia la trituradora en la planta. Los materiales explotados son Caliza coralina y Limos.

- **Trituradora Santana**

Se encuentra ubicada aproximadamente a 7 Km. de la planta de Cementos Argos en Cartagena, en donde se encuentra ubicada la planta de producción de cal y allí se realiza tanto la trituración primaria como secundaria del material, con una trituradora primaria y dos trituradoras secundarias.

En la trituradora Santana se reduce el tamaño de la caliza extraída de los diferentes frentes de explotación de la cantera, para ello se llevan a cabo operaciones de precibado, trituración primaria, trituración secundaria, zarandeo del material proveniente de las etapas de trituración y desempolvado. Posteriormente es transportado a la planta donde el fino es usado en el proceso de Clinkerización y los gruesos para la planta de cal y Agrecon.

---

<sup>9</sup> Pinto, Bernardino. Estudio geomorfológico y plan minero Argos S.A. Febrero 2007.

- **Trituradora Planta**

Ubicada en la planta de Cementos Argos en Cartagena, consta de una trituradora de martillos la cual descarga sobre una banda transportadora que va hacia el salón de materias primas.

En caso de emergencia en Santana se puede utilizar para la trituración de caliza. Normalmente se trituran aquí las otras materias primas utilizadas en el proceso (escoria, yeso, caliche).

## **Energía**

Argos genera la energía eléctrica que requiere para el funcionamiento de la planta por medio de una turbogeneradora de su propiedad ubicada dentro de las instalaciones de la planta de producción.

Para el proceso de calcinación se obtiene energía calórica del carbón, este combustible es obtenido de yacimientos propios (Calenturita y Bijao).

En el mismo proceso productivo es utilizado gas propano como un porcentaje del combustible requerido, este se obtiene a través de la firma Promigas S.A.

## **Materiales de empaque y embalaje**

El principal proveedor de materiales de empaque y embalaje es Cartones de Colombia, este proporciona los big bags (1; 1,5; 1,4 y 0,9 Ton), las bolsas de cartón para el empaque de la presentación de 10 Kg de Cal.

## **Clientes**

Argos operar en tres diferentes tipos de mercados:

- Mercados industriales: Organizaciones que compran bienes para su proceso de producción, con el propósito de lograr objetivos y obtener utilidades; ejemplos de estos son las industrias de construcción, químicas, metalúrgicas, papel, entre otras.
- Mercados de distribuidores: Organizaciones que compran bienes y con el propósito de revenderlos después y ganar utilidades, este es el caso de las ferreterías y mayoristas.
- Mercados internacionales: Compradores en otros países, en su mayoría industrias metalúrgicas y alimenticias.

## **Oportunidades y amenazas**

La producción de cal hidratada fina genera una cal gruesa de difícil rotación la cual se acumula en las instalaciones de la planta a una rata de 560 Ton/mes, convirtiéndose en un recurso explotado y no utilizado.

Puede ser considerado entonces este caso una explotación irracional de un recurso natural, pero además se debe tener en cuenta que este material acumulado, por su combustibilidad representa un peligro latente para la empresa y sus alrededores ya que al entrar en contacto con el agua genera una reacción exotérmica (Reacción con liberación de calor). La cal al contacto con el agua reacciona alcanzando una temperatura de 90° C, durante este proceso y posteriormente la cal se vuelve cáustica y puede provocar quemaduras químicas muy graves.

## **Competencia o ventaja diferencial**

Para Argos S.A. planta Cartagena representa una ventaja ser dueño de los yacimientos de caliza en donde es extraída la piedra que se utiliza para la producción de la cal, esto le brinda flexibilidad a la hora de fijar precios ya que pese a ser unidades de negocio independientes existe una relación de simbiosis muy alta.

Argos, como grupo posee una red logística altamente desarrollada que permite una distribución oportuna y eficiente de sus productos.

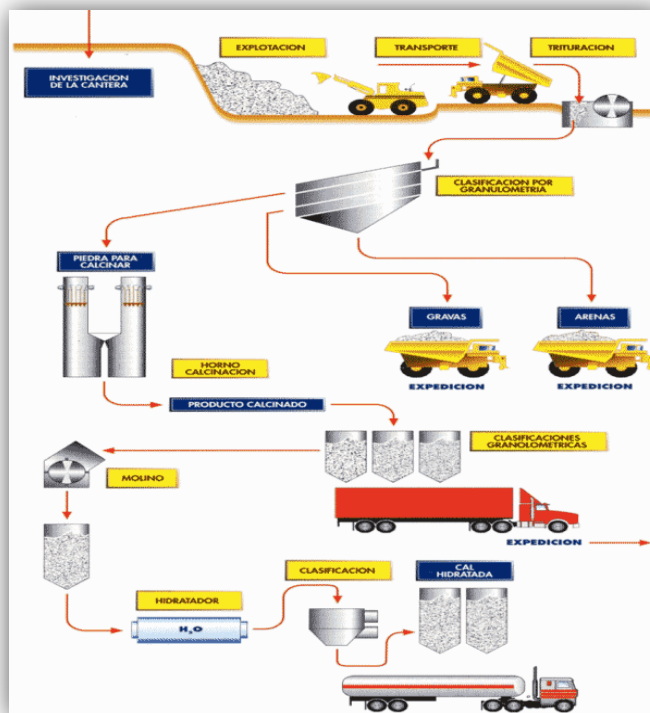
Otras fortalezas que posee la empresa son las siguientes:

- Materias primas aptas para la producción de cal (alto calcio, respuesta al lavado, buena resistencia mecánica).
- Canteras estudiadas y cerca a las fuentes de producción: La cantera Santana, la cual se encuentra a 7Km de la Planta de Argos en Cartagena hace parte del predio que la empresa tiene en el corregimiento de Membrillal, esta cumple con las especificaciones para ser cantera de caliza y es de la misma que se obtiene la piedra que se utiliza en el proceso de producción de cal, cabe anotar que esta cantera está ubicada en inmediaciones de Turbaco y Turbana, geográficamente hablando zona rica en accidentes rocosos.
- Disponibilidad de combustible (carbón), Argos posee en las zonas de Cesar y el Magdalena medio canteras de carbón mineral para la explotación lo cual hace posible el autoabastecimiento de combustible sólido.
- Sinergia con las plantas cementeras, a nivel nacional el grupo ARGOS a realizado una absorción estratégica de plantas como Rioclaro, Nare, Caribe, Sabanagrande entre otras, fortaleciendo el cubrimiento nacional del mercado.
- Poder de negociación y compromiso de grandes volúmenes, Grupo Argos.

- Soporte de equipo humano en ventas y aprovechamiento de la infraestructura de distribución.
- Cercanía a los centros de consumo y distribución, está ubicada en una ciudad con puertos internacionales lo que le da una fortaleza en cuanto a distribución, por otra parte en Cartagena se ha incrementado el consumo debido a megaproyectos como Transcaribe, doble calzada, Bicentenario, Puerta de las Américas entre otras.

## 2. Descripción del proceso

A continuación un grafico que muestra de forma completa el proceso de fabricacion de cal hidratada y posteriormente el mismo de forma segmentada y detallando en cada uno de los subprocesos que lo componen.



**Figura 2.1** Diagrama de producción de Cal Hidratada.

## 2.1. Extracción de materia prima

El proceso de producción de la cal comienza desde la selección de la materia prima requerida, "PIEDRA CALIZA", carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) de elevada pureza, que proviene de la explotación de yacimientos propios (cantera Santana) ubicados a sólo 7 Km de Cementos Argos S.A Planta Cartagena.

Explotada la piedra caliza, esta es pasada por una trituradora de conos, donde es reducida de tamaño para su fácil transportación.



**Figura 2.2** Diagrama de extracción de materia prima para producción de Cal Hidratada.

## 2.2. Proceso de trituración y lavado de calcáreos

**Objeto:** Retirar de la caliza extraída en cantera los materiales contaminantes (Sílice y alúmina) para la producción de Agregados de concreto y cal viva

**Productos:** Este proceso busca obtener los siguientes productos:

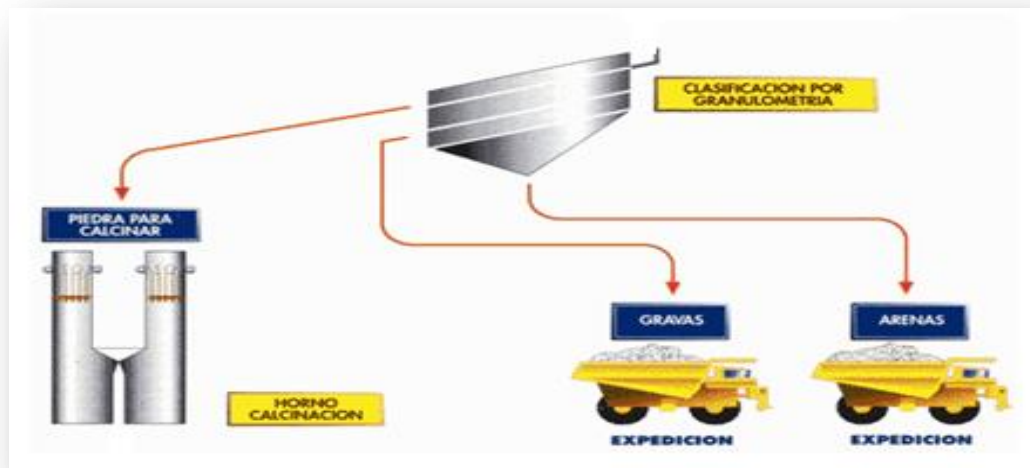
- Agregado 1" X 5/8" que se usa para producción de cal viva y concreto
- Agregado 5/8" X 3/16" que se usa para producción de concretos
- Arena lavada para la producción de morteros
- El residuo del lavado es incorporado al proceso de producción de cemento

### **Equipos Principales:**

- Sistema de bandas alimentadoras
- Tornillo lavador de gravas
- Zaranda clasificadora
- Trituradora de cono
- Planta de tratamiento de agua
- Tornillo lavador de arena

**Descripción:** El material obtenido de la explotación de las canteras es alimentado por un cargador frontal a una tolva y dosificado al sistema por alimentadores vibratorios, este material es pasado a un lavador de espirales donde por arrastre y contacto se retira las arcillas y se aflojan los contaminantes adheridos a la caliza para luego proceder a su clasificación granulométrica donde se termina de lavar en la zaranda vibratoria, los tamaños mayores son pasados por una trituradora y reincorporados al sistema nuevamente, a efectos de lograr calidad, uniformidad de tamaño y una curva granulométrica "cerrada" en respuesta a requerimientos cualitativos de su posterior proceso de calcinación. La caliza proveniente de la cantera de Tolú viejo no requiere de esta operación debido a que viene homogenizada y lavada.





**Figura 2.3** Diagrama Trituración y lavado de calcáreos para producción de Cal Hidratada.

#### **Características del Proceso:**

- Capacidad de lavado 120 (TPH) tonelada por hora.
- Consumo de agua 0.020 m<sup>3</sup> por tonelada lavada.
- Consumo de energía 6.0 Kw/hora.

### **2.3. Proceso de calcinación**

**Objeto:** Descarbonatación de la caliza para producir oxido de calcio

**Productos:** Materia prima caliza (carbonato de calcio), producto terminado cal viva (Oxido de calcio)

En el proceso industrial de Caliza del Mar Caribe se manejan dos tipos de caliza que se diferencian con base en los contenidos de impurezas (cal viva santana y cal viva tolú)

**Equipos Principales:**

- Sistema de alimentación caliza
- 02 Hornos horizontales marca Krupp
- Sistema de colector de polvos de calcinación
- Quemador dual Gas /carbón
- Enfriadores de cal viva
- Sistema colector de polvos de cal viva
- 02 Silos de almacenamiento de cal viva con capacidad de 3.000 toneladas
- Trituradora de martillos
- Clasificadora rotativa

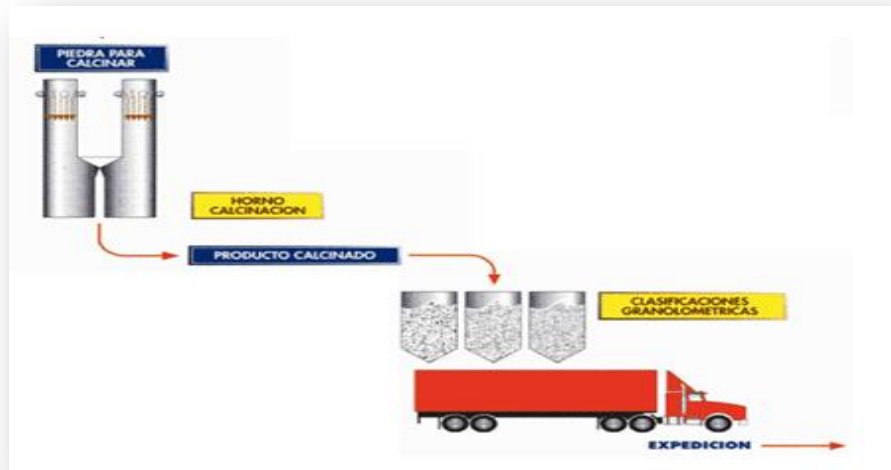
**Descripción:** La caliza es sometido a un aumento temperatura entre 1100 y 1200 °C, con este incremento de temperatura se produce el rompimiento de los enlaces cristalinos de la caliza.

La reacción básica de este proceso es la siguiente:



La caliza previamente lavada y clasificada es introducida a un horno donde por calentamiento se desprende la molécula de carbono. El carbono, los gases calientes y el polvo del proceso son retirados del Horno y se llevan a una torre enfriadora para luego pasarlos por un colector de talegas donde se retiene el material particulado.

La cal viva sale por la boca del horno a los enfriadores donde se enfría y se recupera el calor, luego se llevan a los silos de cal viva donde se almacenan para continuar con el proceso de trituración, clasificación y/o ensacado o hidratado.



**Figura 2.4** Proceso de calcinación para producción de Cal Hidratada.

#### **Características del Proceso:**

- Capacidad de calcinación: 240 TPD ( toneladas por día)/ cada horno
- Enfriador de 400 toneladas por día
- Consumo energético 6.85MMBTU /TON de cal viva
- Consumo eléctrico 39.0 KWH/Ton de cal viva
- Combustibles Gas natural y/o Carbón
- Trituradora para cal de 20 Ton por hora
- Clasificadora de 22 ton por hora

## 2.4. Proceso hidratación

**Objeto:** Producción de hidróxido de calcio (cal hidratada) a partir de óxido de calcio (cal viva) mediante un proceso de humectación.

**Productos:** Hidróxido de calcio que se obtiene a partir de agregar agua a la cal viva

La calidad de la cal hidratada obtenida depende de le tipo de cal viva que se utiliza en el proceso de hidratación (Cal viva Tolú – Cal viva Santana).

La utilización de uno u otro tipo de cal viva depende del uso que el cliente le dará al producto final.

### Equipos principales:

- Hidratador multi etapas
- Separador dinámico
- Sistema de transporte por tornillos sin fin ( roscas)
- Silos de cal hidratada con capacidad para 1.000 toneladas

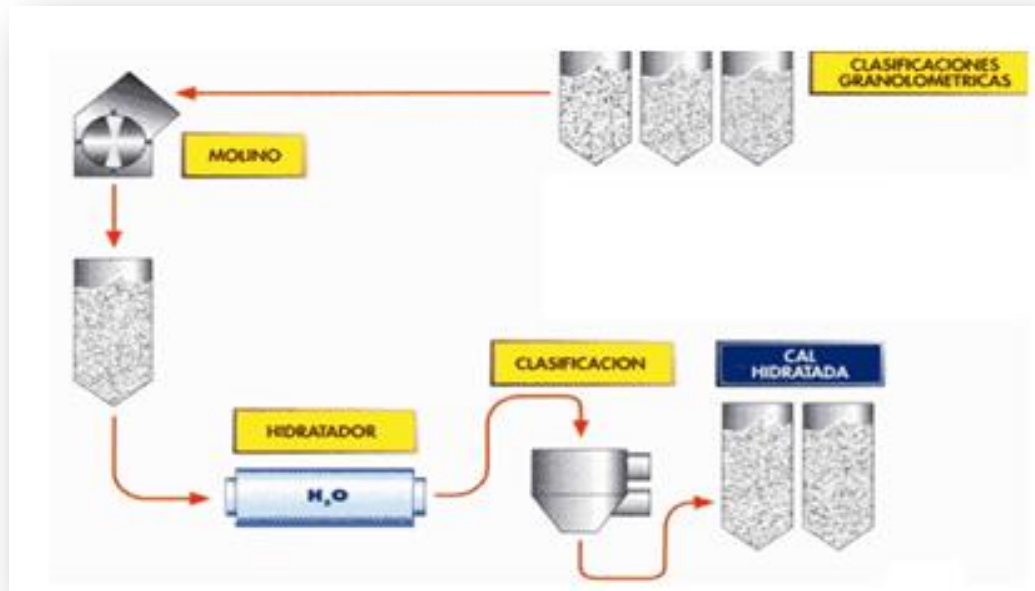
**Descripción:** La cal viva molida es mezclada con agua produciendo una reacción exotérmica debido al reacomodamiento del los radicales en la molécula de cal viva.

Reacción básica de este proceso es la siguiente:



Esta reacción se produce en un mezclador que garantiza el contacto entre el agua y la cal, se aprovecha el calor producido por la reacción y la disminución del tamaño de la partícula de hidróxido debido a la formación del nuevo cristal para

homogenizar el producto y garantizar un apagado (hidratación) de toda la cal viva, el producto resultante es pasado por un separador dinámico donde se clasifica la cal hidratada fina y la cal hidratada gruesa.



**Figura 2.5** Proceso de hidratación para producción de Cal Hidratada.

#### **Características del Proceso:**

- Hidratadora de 12TPH (Toneladas por hora)
- Separador dinámico de 20 TPH
- Temperatura de hidratación 100°C
- Tamaño de separación 15% retenido en malla 200 (75 micras)

## 2.5. Proceso de empaque

**Objeto:** Embalaje del producto terminado.

### **Productos:**

- **Cal viva:** Se empaqueta la cal viva en Big/bag (súper sacos) de 1.7 ,1.5, 1.0 y 0.5 Toneladas y en sacos de polipropileno de 50Kgs.
- **Cal hidratada:** Se empaqueta en sacos de papel con presentación en 10, 25, 40 Kg, bajo se pedido se despacha en big-bag de 500 y 800 Kg.

### **Equipo principal:**

- Ensacadora St Regis de 1000 sacos hora
- Ensacadora de Big/bag de 20 ton hora
- 03 Basculas electrónicas

### **Descripción del proceso:**

**Cal viva:** Dependiendo del pedido se determina la cal viva a ensacar (Santana o Tolú) el tipo de saco y el peso.

**Cal hidratada:** Dependiendo del pedido se determina la cal hidratada a ensacar (Santana o Tolú) el tipo de saco y el peso.

En este proceso las empacadoras son operadas y controladas por el mismo operador (empacador) en turno.



**Figura 2.6** Proceso de empaque para producción de Cal Hidratada.

### 3. Descripción del problema

El proceso de cal hidratada produce a una rata de 3500 ton/mes, de las cuáles 700 ton corresponden a cal hidratada gruesa, esto se debe a que durante el proceso de hidratación existe una etapa en donde la cal hidratada es sometida a una clasificación granulométrica por medio de un separador dinámico, la cual separa la cal hidratada fina (80 %) de la cal hidratada gruesa (20 %). A diciembre de 2008 en planta de cal, se calcula que aproximadamente existen en Stock acumuladas desde mediados de 2005 unas 9000 toneladas de cal hidratada gruesa ocupando un espacio de 1 849 554 m<sup>3</sup>.

En diciembre de 2004 ocurrió un accidente, se desfonda el silo de cal hidratada gruesa por motivo del alto nivel que presentaba, se toman ciertas prevenciones parciales donde se decide que antes de iniciar el proceso de hidratación, el silo de cal hidratada gruesa debe de contar con un nivel no mayor a 15 m de utilización.

Por tal motivo el proceso de hidratación tiene dependencia con el nivel del silo de cal hidratada gruesa.

Hasta a mediados del 2005 la cal hidratada gruesa tenía una salida comercial, era consumida por la industria camaronera para la esterilización de los suelos de las piscinas, con una rotación menor a 80 ton/mes. Por motivo de costos y calidad del producto para sus procesos, los clientes deciden cambiar la cal hidratada gruesa a cal hidratada fina. Esto acarreo que este subproducto saliera de la parametrización de productos con potencial venta y pasara a ser parte de material de desperdicio inventariado solo para su cuantía.

El 20 % de la producción mensual de cal hidratada es cal gruesa; Conociendo el pronóstico de producción que posee la organización podríamos afirmar que al finalizar el año 2009 se tendrían 6720 toneladas adicionales y el espacio ocupado por la cal gruesa hidratada sería aproximadamente de 1 381 000 m<sup>3</sup>, esto sumado a las 9000 ton que se encuentran en Stock, dando como resultando 15720 toneladas acumuladas.

Partiendo de la evidencia, que el proceso de obtención de cal hidratada fina genera como subproducto Cal hidratada gruesa, y que es empacado en Big Bag de 1 Ton; es palpable que el crecimiento continuo del Stock de la misma que se viene generando desde hace 4 años atrás, generara que este subproducto se esté incrementando hasta copar el espacio vacío que existe en planta de cal, y de ser así, repercutirá generando aumento en los costos de almacenamiento, aumento de las horas hombres, costo de movilidad (maquinaria pesada), empaque del producto y mayor desperdicio de materia prima.



Impacto negativo en Argos S.A:

- Crecimiento permanente de inventario de cal hidratada gruesa de difícil rotación, lo que significa la creación de un activo cuyo costo de producción contrastado con su valor comercial es exageradamente alto.
- Aumento en los costos de producción, lo que impacta de forma negativa en la eficiencia de la empresa y sus utilidades.
- La baja eficiencia del proceso de producción repercute en una mayor explotación de los recursos naturales (Caliza, energía) requeridos para la obtención de cal hidratada fina.
- Costos de almacenamiento
- Costos de movilidad (Montacargas de 3 Ton de capacidad).
- Costos de empaque.
- Costos mano de obra.
- Impacto ambiental negativo por uso ineficiente de recursos naturales.

#### **4. Reproceso de cal**

Se procederá a evaluar la posibilidad de reprocesar la cal gruesa a fin de disminuir su granulometría para poder considerarla fina según las Norma ASTM para la cal hidratada, el máximo porcentaje será retenido por el tamiz No. 200.

De acuerdo con tecnología relacionada al tipo de industria investigada (cementera, minera y de explotación) se ha encontrado una posible alternativa para el reproceso de cal, hacemos alusión a la inclusión de un molino o una maquina pulverizadora, la cual solo sería una extensión de la infraestructura de la planta

(planta de cal). Cabe anotar que en otras plantas de Suramérica como son Planta Nare y planta Nuevo México ya se ha puesto en práctica el incluir un pulverizador para mejorar su eficiencia y los resultados han sido exitosos.

Se procederá a evaluar propuestas de diferentes proveedores de máquinas afines a la necesidad de Argos, desde los ámbitos técnico, ambiental y económico. Las propuestas a evaluar son las recibidas de los siguientes 2 proveedores (Anexo I):

- Vanguardia y estrategia comercial S.A. de C.V. (VAICO) Molinos & Mezcladoras. VAICO es una empresa mexicana con más de 15 años de experiencia en el mercado en el desarrollo de mezcladores de paletas, de listones, tipo V; molinos pulverizadores, de cuchillas, de martillo y coloidales, puede considerarse un socio estratégico para las industrias cementeras y de cal debido a sus trabajos en fábricas como Nare y Nuevo México y Cartagena.
- ASTECNIA S.A. ha estado en el mercado de la maquinaria pesada por más de 25 años, proporciona maquinaria y servicios de ingeniería y tecnología a los industriales, constructores proporcionando soluciones integrales de ingeniería así como equipos individuales según la necesidad. ASTECNIA diseña y fabrica equipos de trituración y suministra. Los equipos de pulverización ASTECNIA permiten llevar materiales como yeso, cemento, cal, carbón o bentonita a tamaños de pulverización.

#### **4.1. Factibilidad técnica**

Consiste en determinar si se cuenta con la tecnología capaz de lograr disminuir la granulometría de la cal según requerimiento descrito anteriormente y si se cuenta con personal capacitado para utilizarla.

- **Propuesta VAICO**

**Construcción:** Cuerpo y tapa en fundición de hierro gris. La tapa cierra herméticamente por medio de perilla. Tolva de carga en acero al carbón con compuerta ajustable para regular flujo del producto.

**Sistema de molienda:** Turbina de 6 aspas en fundición de hierro gris con insertos dentados intercambiables de doble vida.

**Capacidad:** Tiene un rendimiento de 4000 a 6000 Kg/h, reduciendo la granulometría para pasar en un 80 % la malla 200.

**Montaje:** Sobre base en placa de acero al carbón con boca de respiración y manga filtro para captar finos y desalojar aire. Tolva de descarga en lámina de acero al carbón con salida directa del producto. Patas en tubular de acero al carbón con anclas. Base para motor con rieles para tensión del mismo.

**Motor:** 150 HP 4800 RPM 220/440 TCCV con transmisión por medio de bandas y poleas.

- **Propuesta ASTECNIA**

**Construcción:** Acero al carbono con pines recambiables en acero cementado. Duración aproximada de los pines: 6000 toneladas.

**Capacidad:** Puede reducir 2000 Kg por hora de cal apagada con granulometría pasando en un 50 % la malla de ¼" a un producto pasando en un 80 % la malla 200.

**Motores:** Eléctrico trifásico de 7.5 HP, 440 Voltios, 3600 RPM para jaula pequeña. Motor eléctrico trifásico de 10 HP, 440 Voltios, 3600 para jaula

grande. Con flange de entrada para alimentación y flange de salida para descarga inferior.

Los pulverizadores propuestos por VAICO y ASTECNIA son máquinas de fácil uso ya que la actividad a realizar no es compleja puesto que tienen ciclos de accionamiento semiautomáticos, de allí que podemos afirmar que el personal actual solo requiere una mínima capacitación por parte del fabricante para la adecuada operación de los mismos. Ver anexo propuesta VAICO y ASTECNIA.

#### **4.2. Factibilidad ambiental**

En este aspecto es necesario tener en cuenta que el hecho de reprocesar la cal hidratada gruesa que se encuentra en stock y la que se espera se genere en ocurrencia durante la producción de cal fina por si mismo está generando un impacto ambiental positivo puesto que está reduciendo el desperdicio de recursos naturales, para producir 2800 ton de Cal fina actualmente es necesario hidratar 3500 ton de cal, puesto que solo el 80 % de esta cumple con la granulometría requerida para ser considerada cal fina, es decir la eficiencia del proceso es del 80 %.

Posterior a la implementación de un molino o pulverizador capaz de disminuir el tamaño de las partículas de cal del 20 % de la producción considerada cal gruesa, este también con una eficiencia del 80 % aumentaría la eficiencia del proceso en un 16 %, pasando esta de un 80 % a un 96 % y aumentando la capacidad de producción mensual de cal fina en este mismo porcentaje.

### 4.3. Evaluación financiera

#### Demanda potencial insatisfecha

El volumen mensual promedio requerido por mercado para el año 2008 se muestra a continuación:

Año Requerido	2008											
Suma de Ton Requeridas	Mes											
Mercado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Centro America	542	500	570	590	508	596	557	592	504	548	590	505
Colombia	1842	1907	1961	1764	1961	1830	1839	1781	1842	1744	1840	1868
Panama	970	979	927	960	969	982	936	934	999	916	959	921
Sur America	602	634	613	602	615	635	628	602	606	606	613	616
<b>Total general</b>	<b>3956</b>	<b>4020</b>	<b>4071</b>	<b>3916</b>	<b>4053</b>	<b>4043</b>	<b>3960</b>	<b>3909</b>	<b>3951</b>	<b>3814</b>	<b>4002</b>	<b>3910</b>

**Tabla 4.1** Volumen requerido mensual de mercados para el año 2008. Fuente: Registro de órdenes de compra, vicepresidencia comercial.

Año Requerido	2008											
Suma de Ton despachadas	Mes											
Mercado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Centro America	396	363	366	370	371	380	395	392	350	379	366	374
Colombia	1325,6	1320	1297	1322	1274	1277	1282	1277	1280	1298	1312	1282
Panama	648,45	679	650	663	660	644	677	644	645	693	691	682
Sur America	434,61	429	476	468	485	469	473	419	427	457	450	440
<b>Total general</b>	<b>2804,7</b>	<b>2791</b>	<b>2790</b>	<b>2823</b>	<b>2791</b>	<b>2770</b>	<b>2827</b>	<b>2732</b>	<b>2703</b>	<b>2827</b>	<b>2820</b>	<b>2778</b>

**Tabla 4.2** Volúmenes producidos para cada mercado para el año 2008.

La siguiente tabla muestra de forma consolidada la diferencia entre la cantidad de material requerido y la cantidad de material despachado por mes durante el año 2008.

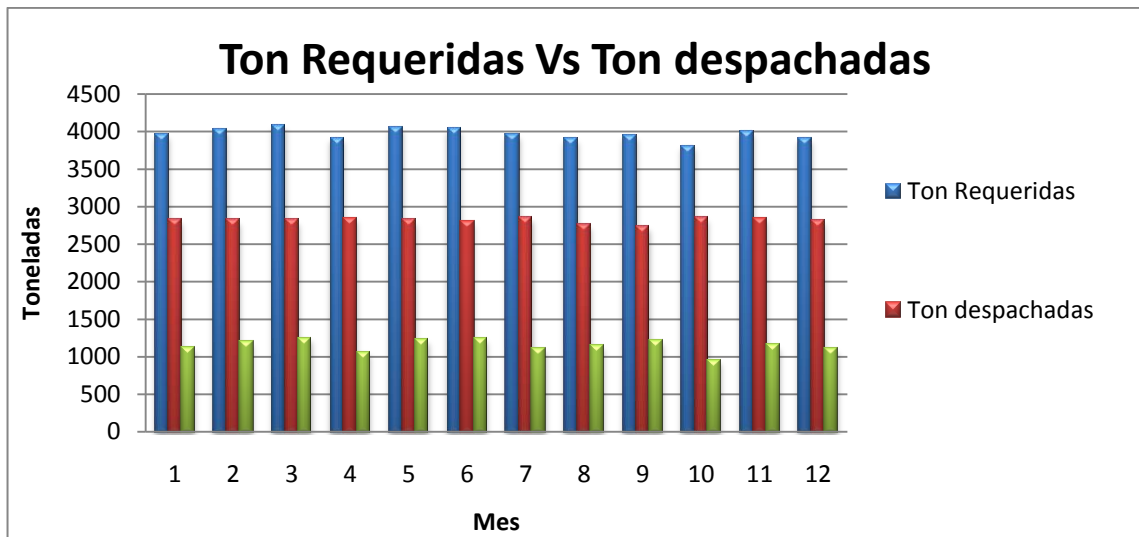
Año Requerido	2008											
Mes Requerido	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ton Requeridas	3956	4020	4071	3916	4053	4043	3960	3909	3951	3814	4002	3910
Ton despachadas	2833	2819	2818	2852	2819	2798	2856	2760	2730	2856	2848	2806
Demanda potencial Insatisfecha	1123	1201	1253	1064	1234	1245	1104	1149	1221	958	1154	1104

**Tabla 4. 3** Comparaciones entre material despachado y requerido mensual para el año 2008.

El cuadro anterior muestra como para el año 2008 el volumen requerido fue ajustado a la capacidad; se puede observar que las remisiones mensuales no suman 2800 ton.

Para el año 2008 se tuvo en promedio 3967 ton mensuales que los clientes requirieron a la empresa y que por la capacidad instalada de la misma no fue posible atender en su totalidad, dejando de vender en promedio 1150 ton mes.

A continuación se muestra una grafica en donde se observan las cantidades requeridas, las despachadas y la diferencia entre las mismas (Demanda potencial insatisfecha).



**Figura 4.1** En la grafica se muestran las toneladas requeridas comparadas con las toneladas despachadas, resultando la demanda potencial insatisfecha.

Es evidente que la capacidad instalada de la planta no le permite cubrir la totalidad de producto que le es requerido mediante órdenes de compra, por lo tanto, debe con base en una política de cupos por mercados dividir esta capacidad y realizar ajustes al volumen a producir para cada mercado con la finalidad de retroalimentar a los clientes y no comprometerse con un volumen mayor a la capacidad o desabastecer a algunos.

La planta de cal posee una capacidad instalada de 2800 ton mensuales de cal fina. La demanda del mercado excede esta capacidad por lo que la empresa con base en sus objetivos estratégicos y la rentabilidad que generan los diferentes mercados ha determinado un ranking de cupos por mercados. El ranking es el siguiente:

Ranking	Pais	Cupo (Ton)
1	Colombia	1300
2	Panama	600
3	Centro America	360
4	Sur America	440
<b>Total</b>		<b>2700</b>

**Tabla 4.4** Ranking y cupos de mercado.

Por política de Argos solo se consideran disponibles para el mercado 2700 toneladas.

Se sabe que se cuenta con 1150 ton mensuales de demanda potencial insatisfecha, esto supone al año 13800 ton; la empresa cuenta con un stock de 9000 ton de cal gruesa y se pronostica que por mes se estarían generando 700 ton implícitas a la producción de cal fina, lo que al año serian 8400 ton, se evaluará el costo de reprocesar estas toneladas de cal gruesa y las posibles utilidades que se obtendrían de la comercialización de las mismas como cal fina.

Se procederá a evaluar las 2 alternativas de pulverizador que tenemos. Debido a que se evaluaran en el mismo periodo de tiempo y bajo las mismas condiciones económicas no tendremos en cuenta la inflación.

Se cuenta con la siguiente información proporcionada por la empresa en estudio.

- Costo Cal Reprocesada (Fina) Ton: \$ 480.000,00
- Costo Cal Gruesa Ton: \$ 230.000,00
- Diferencia Costo Cal Ton: \$ 250.000,00
- Costo Energía Eléctrica Kw/h: \$ 120,00



- Costo maquinas amarillas (Hora) \$ 25.000,00
- Ton a reprocesar año 1: 15720
- Ton a reprocesar años 2 a 5: 8400
- Costo almacenamiento m<sup>2</sup> \$ 20.000
- Periodo de evaluación 5 años

A continuación aparecen los detalles de los costos para cada una de las alternativas. Cabe anotar que para el primer año los costos se calculan teniendo en cuenta que se reprocesara no solo material que se obtiene de la producción en ocurrencia sino también del stock actual generado durante los años anteriores.

- **Propuesta VAICO**

**Detalle de costos para el primer año**

Esto se refiere a los costos que se deben causar desde la puesta en operación del pulverizador propuesto por VAICO. Para el cálculo de los costos de operación se tienen en cuenta el OutPut esperado del pulverizador en consideración y el costo de los diferentes insumos, mantenimiento, mano de obra y energía eléctrica.

ITEM	VAICO	FUENTE
Inversion Inicial	\$ 64.740.000,00	Costo de la maquina y su montaje
Capacidad Ton/hora		5 Definida por el proveedor
Costos año 1	VAICO	FUENTE
Consumo Energia Electrica Kw/h	35181,36	Determinada con base en especificaciones y horas de produccion requeridas
Horas requeridas de produccion	3144	Calculada con base en el Output y las toneladas requeridas para procesar.
Costo Energia Electrica	\$ 4.221.763,20	Calculada con base en el costo del Kw/h y el output.
Costo Mano de Obra	\$ 8.515.000,00	Calculada con base en el costo de una hora/hombre y las horas requeridas.
Costo mantenimiento año	\$ 2.589.600,00	Determinado con base las horas de produccion.
Costo maquinas amarillas	\$ 78.600.000,00	Determinado con base las horas de produccion y el costo de maquinas amarillas.
<b>Total costos año 1</b>	<b>\$ 93.926.363,20</b>	

**Tabla 4.5** Costos incurridos propuesta VAICO año 1.

### Detalle de costos para los años 2 a 5

Los costos incurridos en el periodo transcurrido entre los años 2 y 5 difieren a los incurridos en el primer año debido a que en el primer año se estima el procesamiento de un volumen mayor al resto de años debido a que se prevé la

recuperación del material que se encuentra en inventario aparte del material generado en ocurrencia.

Costos años 2 a 5	VAICO	FUENTE
Consumo Energia Electrica Kw/h	18799,2	Determinada con base en especificaciones y horas de produccion requeridas
Horas requeridas de produccion	1680	Calculada con base en el Output y las toneladas requeridas para procesar.
Costo Energia Electrica	\$ 2.255.904,00	Calculada con base en el costo del Kw/h y el output.
Costo Mano de Obra	\$ 4.550.000,00	Calculada con base en el costo de una hora/hombre y las horas requeridas.
Costo mantenimiento año	\$ 2.265.900,00	Determinado con base las horas de produccion.
Costo maquinas amarillas	\$ 42.000.000,00	Determinado con base las horas de produccion y el costo de maquinas amarillas.
<b>Total costos años 2 a 5</b>	<b>\$ 51.071.804,00</b>	

**Tabla 4.6** Costos incurridos propuesta VAICO años 2 a 5.

- **Propuesta ASTECNIA**

### Detalle de costos para el primer año

Para el cálculo de los costos de operación se tienen en cuenta el OutPut esperado del pulverizador en consideración y el costo de los diferentes insumos, mantenimiento, mano de obra y energía eléctrica.

ITEM	ASTECNIA	FUENTE
Inversion Inicial	\$ 57.751.760,00	Costo de la maquina y su montaje
Capacidad Ton/hora		2 Definida por el proveedor
Costos año 1	ASTECNIA	FUENTE
Consumo Energia Electrica Kw/h	102612,3	Determinada con base en especificaciones y horas de produccion requeridas
Horas requeridas de produccion	7860	Calculada con base en el Output y las toneladas requeridas para procesar.
Costo Energia Electrica	\$ 12.313.476,00	Calculada con base en el costo del Kw/h y el output.
Costo Mano de Obra	\$ 21.287.500,00	Calculada con base en el costo de una hora/hombre y las horas requeridas.
Costo mantenimiento año	\$ 2.310.070,40	Determinado con base las horas de produccion.
Costo maquinas amarillas	\$ 196.500.000,00	Determinado con base las horas de produccion y el costo de maquinas amarillas.
<b>Total costos año 1</b>	<b>\$ 232.411.046,40</b>	

**Tabla 4.7** Costos incurridos propuesta ASTECNIA año 1.

## Detalle de costos para los años 2 a 5

En el primer año se debe procesar no solo el material que se genere en ocurrencia, sino, el material que se encuentra actualmente almacenado en la planta, generado en producciones anteriores de cal fina a diferencia de los años siguientes en que solo será necesario procesar el material generado en ocurrencia.

Costos años 2 a 5	ASTECNIA	FUENTE
Consumo Energia Electrica Kw/h	54831	Determinada con base en especificaciones y horas de produccion requeridas
Horas requeridas de produccion	4200	Calculada con base en el Output y las toneladas requeridas para procesar.
Costo Energia Electrica	\$ 6.579.720,00	Calculada con base en el costo del Kw/h y el output.
Costo Mano de Obra	\$ 11.375.000,00	Calculada con base en el costo de una hora/hombre y las horas requeridas.
Costo mantenimiento año	\$ 2.021.311,60	Determinado con base las horas de produccion.
Costo maquinas amarillas	\$ 105.000.000,00	Determinado con base las horas de produccion y el costo de maquinas amarillas.
<b>Total costos años 2 a 5</b>	<b>\$ 124.976.031,60</b>	

**Tabla 4.8** Costos incurridos propuesta ASTECNIA años 2 a 5.

Se han calculado los costos de implementación, puesta en marcha y operación para las diferentes alternativas durante un periodo de 5 años. A continuación se calcularán los ingresos para el mismo periodo de tiempo.

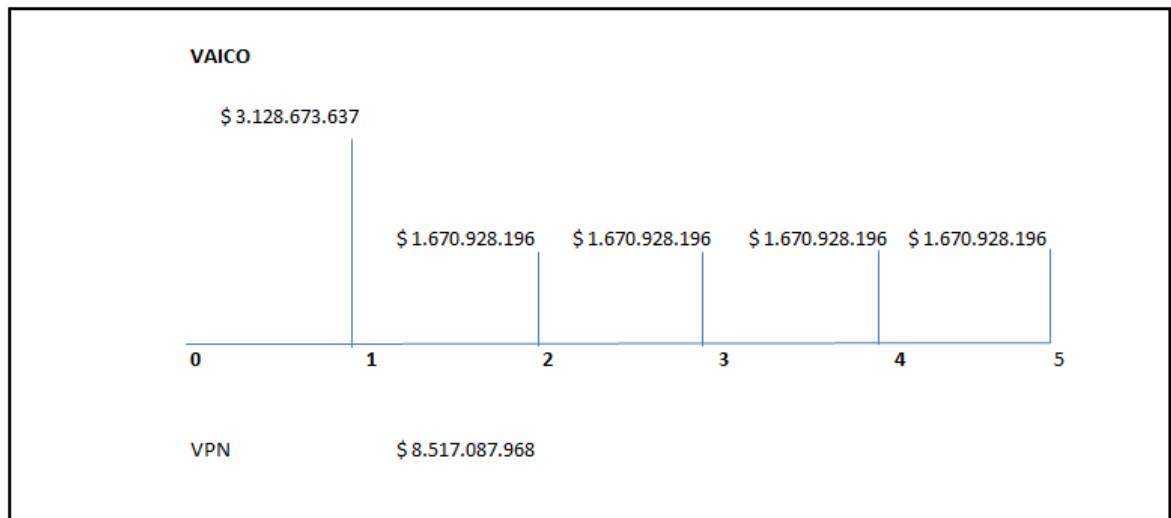
La rentabilidad de reprocesar la cal gruesa se obtiene de la diferencia entre el precio de venta de la cal hidratada gruesa y la cal hidratada fina, el precio de la tonelada de esta al ser reprocesada pasa de ser \$ 230 000 a ser \$ 480 000.

Independientemente de la alternativa de pulverizador que se escoja los ingresos serán los mismos, puesto que es el resultado de reprocesar la misma cantidad de cal.

	Ton a reprocesar	Ingresos
<b>Año 1</b>	15720	\$ 3.144.000.000,00
<b>Años 2 a 5</b>	8400	\$ 1.680.000.000,00

**Tabla 4.9** Ingresos por venta de cal reprocesada.

A continuación los flujos de caja para cada una de las alternativas, estos se calcularán con una inflación del 5,50%<sup>10</sup>.

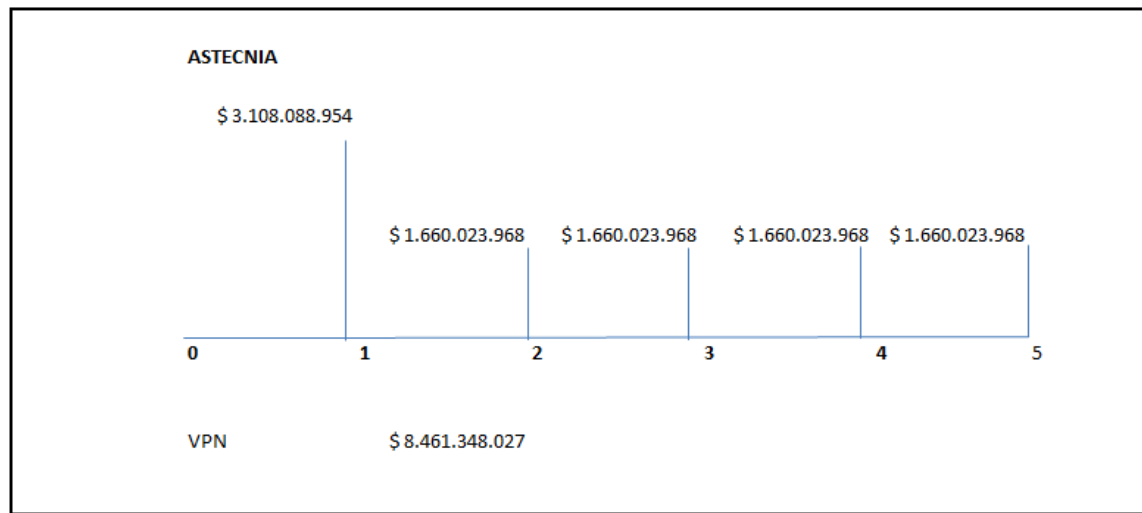


**Figura 4.2** Flujo de caja para propuesta de VAICO.

<sup>10</sup> Promedio de 53 últimas semanas. Banco de la República.

Se puede observar que el flujo de caja es positivo en todos los periodos de evaluación y el VPN es de \$ 8 517 087 968 para la propuesta recibida de Vaico.

Para la propuesta recibida de Astecnia tampoco existe algún periodo con flujo de caja negativo, el VPN se calcula en \$ 8 461 348 027.



**Figura 4.3** Flujo de caja para propuesta de VAICO.

El análisis anterior brinda la información del valor presente neto (VPN) de los costos involucrados en la implementación de cada una de las alternativas consideradas para evaluar financieramente la alternativa de reprocesar cal hidratada gruesa para bajar su granulometría y comercializarla como cal fina.

El VPN (Valor presente neto) sirve como criterio para determinar el costo actual de diferentes proyectos y compararlos; desde el punto de vista financiero se debe escoger el proyecto con mayor VPN, para este caso la propuesta de VAICO.

## CONCLUSIONES

CEMENTOS ARGOS S.A. es una empresa comprometida con el mejoramiento continuo como lineamiento enfocado a la optimización de sus procesos con miras a generar valor para clientes, colaboradores y accionistas. Basados en esa filosofía tiene como directriz la búsqueda de un crecimiento permanente, el cual por estrategia esta en estos momentos enfocado al aumento de participación en el mercado internacional.

Una de las unidades de negocio contenidas en la planta de Cartagena y que fue objeto de nuestro estudio es la denominada planta de cal.

En pro de hacer sus procesos mas eficientes constantemente se están evaluando y revisando los mismos y fue precisamente en el desarrollo de este ciclo de mejoramiento en el que se evidencio la baja rotación del material denominado cal gruesa, este se obtiene como subproducto inherente a la producción de cal fina, convirtiéndose en un activo indeseable para la compañía ya que no genera valor y por el contrario la lleva a incurrir en costos de almacenamiento y movimiento.

Adicional a los costos generados descritos en el párrafo anterior, se puede afirmar se está frente a un uso inadecuado de los recursos naturales puesto que solo aprovechamos el 80 % del material explotado, lograr aumentar este porcentaje impactaría directamente en la rentabilidad de la empresa aparte de ser una acción acorde a las políticas ambientales que tanto auge tienen en este momento.

Previo a buscar la forma de aumentar el aprovechamiento y por ende la capacidad de producción de cal, fue necesario validar la existencia de un mercado potencial



insatisfecho a fin de asegurar que este adicional va a rotar. Se determino el tamaño de la demanda potencial insatisfecha en 1150 ton mensuales.

A partir del conocimiento del tamaño de un mercado potencial insatisfecho y sabiendo que el proceso nos esta generando mensual 700 ton de cal gruesa que potencialmente podríamos reprocesar mediante el uso de un pulverizador y convertir en un 80 % en cal fina, es decir 560 ton de cal fina adicionales. Estaríamos entonces enfocados en atender el 48 % de la demanda potencial insatisfecha.

Se evaluaron propuestas de dos proveedores, VAICO y ASTECNIA, los cuales ofrecen alternativas de pulverizadores capaces de cumplir con los requerimientos de proceso necesarios para satisfacer los requisitos de calidad (Granulometría) exigidos por el mercado.

La evaluación se realizo bajo los enfoques ambiental, técnico y financiero, se determina que desde el punto de vista ambiental el impacto es positivo al hacer la comparación entre el consumo de energía del pulverizador y el aprovechamiento de la caliza extraída.

Técnicamente los proveedores garantizan el funcionamiento adecuado de sus ofertas y contamos con la experiencia de otras plantas de sur América en las que ya se ha puesto en práctica el incluir un pulverizador para mejorar su eficiencia y los resultados han sido exitosos.

Desde el punto de vista financiero empezamos por afirmar que la diferencia en el precio de venta de una tonelada de cal fina y una de cal gruesa es de \$250 000, por ende es rentable siempre y cuando el costo de reproceso sea menor a esta cifra. Se realiza un análisis financiero utilizando el VPN como criterio para elegir entre las alternativas consideradas y encontramos que para la alternativa ofrecida

por VAICO el VPN es de \$ 8 517 087 968 mientras que para la ofrecida por ASTECNIA es de \$ 8 461 348 027, con base en esto se sugiere la implementación de la alternativa ofrecida por VAICO.

Se puede concluir que pese a la recesión económica mundial la venta de cal no sufrirá impactos significativos ya que los compradores de dicho producto demuestran pedidos uniformes o con poca variación, enmarcando un comportamiento de consumo independiente, clientes como Monómeros S.A. y Bauxilios Jamaquinos, renglones alimenticios y siderúrgicos respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- La eficiencia del reproceso de cal gruesa es del 80 % lo cual significa que aun seguiríamos con un 20 % del actual inventario generado en ocurrencia de cal gruesa, 140 ton, se sugiere realizar investigación acerca de los diferentes usos que se le da a la cal en miras de evaluar la posibilidad de remplazar la cal fina por gruesa en alguno o algunos de estos y generar un mercado consumidor de la misma para evitar su acumulación por baja rotación.
- Como alternativa principal de rotación del inventario actual y el que se generará en ocurrencia recomendamos implementar la propuesta de pulverizador recibida de VAICO, sustentando nuestra recomendación en que desde el punto de vista económico resulta menos costoso que la propuesta recibida de ASTECNIA, esto teniendo en cuenta que ambas opciones cumplen a cabalidad con los requisitos técnicos necesarios para lograr el objetivo obtener cal fina hidratada por medio del reproceso de cal gruesa hidratada. Otra razón para sugerir la alternativa de VAICO es que es más amigable con el medio ambiente, afirmación realizada con base en el consumo energético y el OutPut que detallan los proveedores en las respectivas fichas técnicas.
- Se recomienda analizar de forma periódica los desperdicios de los procesos a fin de identificar e investigar la posibilidad de disminuir los mismos o proponer un uso que permita un mejor aprovechamiento de estos, está demostrado que ser ineficiente en el uso de los recursos aumenta los costos de producción y el impacto de la utilización de los recursos naturales.

## BIBLIOGRAFIA

- Introducción al Estudio del Trabajo. Editorial Limusa Noriega Editores, cuarta edición.
- Normas Técnicas Internacionales de la *American Society for Testing and Materials* (ASTM) (2007).
- Serrano Javier, 2007. Matemática Financiera y Evaluación de Proyectos, editorial Alfaomega.
- ARGOS S.A. (2006) Historia,  
[http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04\\_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y\\_QjzKLN4i3MPMASYGYxqb6kWhCjgiRIH1vfVP\\_NxU\\_QD9gtzQiHJH R0UAcrHMnA!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfQ0k!](http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLN4i3MPMASYGYxqb6kWhCjgiRIH1vfVP_NxU_QD9gtzQiHJH R0UAcrHMnA!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfQ0k!). [Consulta: 6 Noviembre, 2008].
- ARGOS S.A. (2006), ¿Quiénes somos?  
[http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04\\_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y\\_QjzKLN4i3MPMASYGYxqb6kWhCjgiRIH1vfVP\\_NxU\\_QD9gtzQiHJH R0UAcrHMnA!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfQ0k!](http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLN4i3MPMASYGYxqb6kWhCjgiRIH1vfVP_NxU_QD9gtzQiHJH R0UAcrHMnA!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfQ0k!). [Consulta: 6 Noviembre, 2008].
- Manual de calidad ARGOS – Última actualización y revisión Agosto de 2008.
- ARGOS S.A. (2006), Productos.  
[http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04\\_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y\\_QjzKLN4i3MPMASYGYxqb6kWhCjgiRIH1vfV-](http://www.argos.com.co/wps/portal!/ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLN4i3MPMASYGYxqb6kWhCjgiRIH1vfV-)

P\_NxU\_QD9gtzQiHJHR0UAcrHMnA!!/delta/base64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzBfMkU2, [Consulta: 7 Noviembre, 2008].

- Eurosur, Medio Ambiente.  
[http://www.eurosur.org/medio\\_ambiente/bif41.htm](http://www.eurosur.org/medio_ambiente/bif41.htm). [Consulta: 6 Octubre, 2008].
- Galeano, Eduardo. *Online!: Las venas abiertas de America latina*.  
[http://www.mexicodiplomatico.org/noticias/venas\\_abiertas\\_america\\_latina\\_galeano.pdf](http://www.mexicodiplomatico.org/noticias/venas_abiertas_america_latina_galeano.pdf).
- Argos S.A. VP ventas. Políticas de atención al mercado.
- Argos S.A. VP ventas Ingreso y confirmación de pedidos.
- Pérez Hincapié, Erika María. Monografía de investigación de la demanda de cemento, cales y yesos en Colombia. Universidad de los Andes. Noviembre de 2008.
- Pinto, Bernardino. Estudio geomorfológico y plan minero Argos S.A. Febrero 2007.

## **ANEXOS**

**ANEXO I**

**COTIZACIONES**



VANGUARDIA Y ESTRATEGIA COMERCIAL S.A. DE C.V.

EDUARDO VILLADA No. 50 COL. GRANJAS VALLE DE GUADALUPE

ECATEPEC, ESTADO DE MEXICO

TEL/FAX (55) 58 30 42 44 y 58 30 10 93 LADA SIN COSTO: 01 800 7143 149  
[ventas@molinosvmezcladoras.com](mailto:ventas@molinosvmezcladoras.com) [molinos\\_mezcladoras@vahoo.com.mx](mailto:molinos_mezcladoras@vahoo.com.mx)

Diciembre, 2008

**CEMENTOS ARGOS**

At'n: Marcial Hormiga – Director Planta de Cal.

Cartagena, Colombia

Teléfono: [+57] (95) 6689200

[Mhormiga@argos.com.co](mailto:Mhormiga@argos.com.co)

**COTIZACIÓN: MPV800H/023/DIC-07**

**MOLINO PULVERIZADOR MARCA VAYCO MODELO 400 EN HIERRO GRIS**

<b>CONSTRUCCIÓN:</b>	Cuerpo y tapa en fundición de hierro gris. La tapa cierra herméticamente por medio de perilla. Tolva de carga en acero al carbón con compuerta ajustable para regular flujo del producto.
<b>SISTEMA DE MOLIENDA:</b>	Turbina de 6 aspas en fundición de hierro gris con insertos dentados intercambiables de doble vida.
<b>FORRO DE MOLIENDA:</b>	Coraza dentada en acero al carbón, en media luna intercambiable.
<b>RENDIMIENTO Kg/Hr:</b>	4000 A 6000
<b>CHUMACERA:</b>	En fundición de hierro gris independiente al cuerpo del molino, ésta aloja la flecha, guardapolvos, baleros y grasa antifriccionante.
<b>MONTAJE:</b>	Sobre base en placa de acero al carbón con boca de respiración y manga filtro para captar finos y desalojar aire. Tolva de descarga en lámina de acero al carbón con salida directa del producto. Patas en tubular de acero al carbón con anclas. Base para motor con rieles para tensión del mismo.
<b>MOTOR:</b>	15 HP 4800 RPM 220/440 TCCV con transmisión por medio de bandas y poleas
<b>PRECIO:</b>	\$24,900.00 dólares, FOB México, D.F. (Enviamos a todo Centro y Sudamérica, gastos de envío no incluidos en esta cotización)



**CONDICIONES DE PAGO:** 50% anticipo y 50% contra entrega  
**TIEMPO DE ENTREGA:** Tres a cuatro semanas una vez recibido su anticipo  
**GARANTIA:** 1 año sin incluir partes eléctricas, refacciones, ni mal uso del equipo.

**Nota: Esta cotización tiene vigencia de 15 días**

**A T E N T A M E N T E**

**ING. GUSTAVO VEGA**

**TEL: 55 58304244 y 58301093**

**NEXTEL: 10887741**

---

**SOLUCIONES INTEGRALES EN GRANULOMETRÍA, HOMOGENEIZACIÓN Y MEZCLA**



Bogotá D. C., Mayo 22 de 2007

Señores

ARGOS CARTAGENA

Attn. Ing. Marcial Hormiga

[mhormiga@argos.com.co](mailto:mhormiga@argos.com.co)

Tel 075-6689200-6685559

Cartagena

Cot.349.2007

Apreciados señores:

De acuerdo a su amable solicitud, tenemos el agrado de ofertarles el suministro del siguiente EQUIPO:

1- *MOLINO PULVERIZADOR DE PINES (CAGE MILL). Con capacidad para reducir 2000 Kg por hora de cal apagada con granulometría pasando en un 50% la malla de 1/4" a un producto pasando en un 80% la malla 200.*

*Construcción en acero al carbono con pines recambiables en acero cementado.*

*Motor eléctrico trifásico de 7,5 HP, 440 Voltios, 3600 RPM para jaula pequeña.*

*Motor eléctrico trifásico de 10 HP, 440 Voltios, 3600 para jaula grande. Con flange de entrada para alimentación y flange de salida para descarga inferior.*

*Duración aproximada de los pines: 6000 toneladas. (Precio del juego de pines \$4.800.000).*

<i>PRECIO</i>	<i>\$49.786.000</i>
<i>IVA</i>	<i>16%</i>
<i>PLAZO DE ENTREGA</i>	<i>90 Días</i>
<i>ENTREGA</i>	<i>Almacén Planta Colclinker</i>
<i>FORMA DE PAGO</i>	<i>30% Anticipo</i>

*70% A 30 días de la entrega*

*GARANTIA*

*24 Meses*

*VALIDEZ DE LA OFERTA*

*60 Días*

*Atentamente,*

*ASTECNIA S. A.,*

---

*Patricia Ojeda M.*

*Gerente Comercia*

---

*Firma y Sello del Cliente*

*Aceptación de la Propuesta*

**Fábrica, Servicio y Ventas:** Carrera 73 No. 57 R - 54 Sur Conmutador: (91)2135616 Fax:  
(91)2152390 A.A.19784

Bogotá D.C., Colombia, S.A.

## GLOSARIO

**Cal:** Se obtiene de la piedra caliza o de la arcilla. Cuando sale del horno se le denomina cal viva. La cal viva al hacer contacto con el agua se convierte en cal hidratada.

**Calcinación:** Proceso por el que se obtiene cal al calentar piedra caliza a una temperatura elevada.

**Cal Hidratada:** Polvo cristalino que se obtiene al mezclar cal viva con agua, empleada en morteros, enlucidos, etc. También llamada cal apagada o lechada de cal.

**Cal hidratada fina:** es la mezcla de la cal viva molida con el agua produciendo una reacción exotérmica debido al acomodamiento de los radicales.

**Cal hidratada gruesa:** es la cal viva hidratada que no cumple con la calidad exigida para la venta comercial debido a que su granulometría es mayor a la de la cal hidratada fina.

**Cal viva:** se obtiene por calcinación de la piedra caliza a unas temperaturas.

**Cantera:** es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos.

**Cemento Portland:** es la mezcla fabricada con piedra caliza y arcilla. Es de color ligeramente grisáceo. Se usa para la obtención de mortero y hormigón.

**Consumo per cápita:** Se determina consumo per cápita al resultado del cálculo que divise el PBI por los habitantes de un país.

**Demanda potencial:** Por demanda potencial o insatisfecha debe entenderse la cantidad de bienes o servicios que es probable que el mercado consuma en años futuros.

**Granulometría:** es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

**Hidratación:** proceso en el cual la cal viva se le es agregado agua para su reacción química.

**Hormigón:** Es una mezcla de cemento, arena, triturado, agua y algunas veces un aditivo para cambiar su propiedad.

**Mortero:** Mezcla de cemento, arena y agua. La arena proporciona a la mezcla volumen y el cemento mantiene unidas las partículas. Se consiguen morteros de distintas durezas dependiendo de las proporciones de arena, cemento o añadiendo cal.

**Plan Vallejo:** es la formulación de la política económica colombiana que permite el ingreso de materias primas, insumos y bienes de capital, libres de derechos aduaneros, a cambio de exportaciones equivalentes.

**Piedra Caliza:** roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), generalmente calcita.

**Pulverizador:** Máquina capaz de disminuir la granulometría de una partícula.

**Silos:** recipientes totalmente estancos en material galvanizado para almacenar la producción de cal viva, cal hidratada fina y cal hidratada gruesa.

**Tolva:** es un dispositivo destinado a depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados.