

# **Análisis del ciclo de vida para la producción de pisos laminados de la Empresa Canteras Jaramillo**

**Daniel Napoleón Gómez Balbuena<sup>1</sup>, Rebeca Guadalupe Ortiz Mena<sup>2</sup>**

<sup>1 y 2</sup>Alumno de posgrado.

<sup>1 y 2</sup>Instituto Tecnológico Superior de Huichapan.

[dngomez@iteshu.edu.mx](mailto:dngomez@iteshu.edu.mx)

[rgortiz@iteshu.edu.mx](mailto:rgortiz@iteshu.edu.mx)

## **RESUMEN.**

La industria de la cantera, en la región de Huichapan Hidalgo México, ha generado como residuos: "segmentos" de piedra, y "lodos", tras los procesos de corte y laminado de la materia prima; el manejo inadecuado y la mala disposición de estos residuos, ha provocado en la actualidad contaminación paisajística. A modo de disponer de estos residuos, se busca la transformación de los mismos mediante un proceso productivo que debe desarrollarse, afinarse y plantearse como una alternativa productiva, eficiente y altamente rentable. Para ello se plantea el análisis del ciclo de vida del proceso de transformación de la cantera, en la empresa Canteras Jaramillo. Con el cual se identificarán los insumos principales y la cuantificación de los residuos de la cantera, así como una alternativa viable a este desperdicio con base a estudios previos realizados por los autores del presente artículo.

**Palabras Claves:** Cantera, Gestión, Residuos.

## **1 INTRODUCCIÓN.**

En Hidalgo México, la acción minera es una de las actividades económicas de mayor tradición, esta actividad se ha beneficiado con la evolución tecnológica, sin embargo, también ha generado un impacto ambiental significativo y en constante aumento debido a la acumulación paulatina de residuos generados en los procesos de extracción y fabricación de sus productos. En este ámbito la industria de la cantera (*Ignimbrita riolítica*), en la región de Huichapan Hidalgo México, dedicada principalmente a la extracción, acabado y comercialización de piedra de cantera, ha generado como residuos: "segmentos" de piedra, derivados de la extracción, corte y labrado del material, y "lodos", tras los procesos de corte y laminado de la materia prima; el manejo inadecuado y la mala disposición de estos residuos, ha creado problemas de tipo ambiental dentro y fuera de las

empresas, provocando en la actualidad contaminación paisajística y acumulación de residuos en ríos y presas de la región. Por este motivo, las empresas, ante las nuevas disposiciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), desean dar disposición a sus polvos con bases tecnológico-científicas, que les permitan emprender acciones para tal efecto.

A modo de disponer de estos residuos, se busca la transformación de los mismos mediante un proceso productivo que debe desarrollarse, afinarse y plantearse como una alternativa productiva, eficiente y altamente rentable en términos monetarios. Un primer paso que se plantea en el presente artículo, es el estudio de los insumos del proceso de transformación de la piedra de cantera a través del análisis del ciclo de vida del piso laminado, para la determinación de oportunidades en la gestión ambiental de los residuos generados, esto derivado del proceso de transformación de la piedra cantera, en la empresa Canteras Jaramillo, de esta forma, se identificarán los insumos principales y la cuantificación de los residuos de la cantera, así como una alternativa viable a este desperdicio en base a estudios previos realizados por los autores del presente artículo,

## **2 FUNDAMENTOS**

**Cantera.** Bajo la denominación de piedra natural, se incluyen aquellos productos de naturaleza pétreo utilizados tradicionalmente por el hombre en la industria de la construcción. Cabe mencionar que el término *cantera* es empleado también para designar al lugar de donde se extrae piedra para construcción.

La forma en cómo se extrae la piedra cantera depende del lugar, del tipo de material en cuanto a su dureza, de los recursos con los que cuenta el pedrero para la extracción así como de la enseñanza que le ha sido transmitida por sus antepasados.

Las canteras son bastante similares a las minas a cielo abierto, y el equipo empleado es el mismo. La diferencia es que los materiales extraídos suelen ser minerales industriales y materiales de construcción. En general, casi todo el material que se obtiene de la cantera se transforma en algún producto, por lo que hay bastante menos material de desecho. (1)

### **Residuos del proceso de transformación de la cantera**

En México, la acción minera es una de las actividades económicas de mayor tradición, la cual se ha desarrollado por casi cinco siglos. Es importante mencionar que esta actividad se ha beneficiado con la evolución tecnológica. Sin embargo, esta actividad también conlleva un problema de actualidad, la acumulación de residuos (jales y terreros) que se ha producido durante este período. (2) El manejo inadecuado y la disposición de estos residuos, ha generado problemas de tipo ambiental en todo el mundo. Entre los cuales se

pueden mencionar la falla en estructuras de retención (diques) de los depósitos de los jales (presas y/o embalses), ocasionando por su naturaleza (tamaño de partícula, plasticidad y contenido de agua) avalanchas que se desplazan a las partes más bajas de valles y algunas veces se depositan en los cauces de los ríos (3)

La dispersión eólica asociada al tamaño de partícula, siendo el mineral muy fino fácilmente transportado por el viento, siempre y cuando el depósito no alcance una cierta consolidación o el jal sea removido de su depósito original y la contaminación visual que se aprecia en las zonas que en la actualidad han sido urbanizadas, dando un aspecto deprimente debido a la ausencia de medidas de restauración de estos depósitos. (4)

### **Clasificación de los polvos de piedra cantera como residuos.**

A partir de la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos de la construcción son considerados como residuos de **manejo especial**; textualmente su definición es:

*"Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos."* (5)

### **Gestión ambiental de residuos de piedra cantera**

La minería de la piedra natural genera un volumen de residuos considerable, no solamente de material estéril o no aprovechable de la cantera, sino de los lodos de corte, procedentes de los procesos de transformación. Hoy en día, falta, quizás, una voluntad decidida, por parte de todas las partes implicadas, para desarrollar planes de reciclado integrales, que aporten soluciones globales a este problema. Desde el punto de vista técnico, el reciclado de estos residuos es perfectamente viable teniendo sus principales aplicaciones en la industria de los áridos para la construcción, sin olvidar la industria cerámica, y la de los productos prefabricados de cemento como los terrazos, tejas de hormigón, etc. Es por ello, que desde hace tiempo en la sociedad se ha creado conciencia en todo lo que concierne a la conservación del medio ambiente, por lo que se han multiplicado de forma considerable las investigaciones sobre el desarrollo de nuevas tecnologías y energías alternas enfocadas a producir menor cantidad de residuos, así como a encontrar soluciones que permitan su reciclado.

En cualquier caso, los efectos a corto plazo de la actividad minera tienden a ser destructivos e irreversibles, y por tanto, es deseable minimizarlos en lo posible. Se deben generar acciones para recuperar las áreas afectadas, ya sea porque afectan al paisaje, o porque

afecten al medio, por ejemplo, contaminación de suelos, aguas, etc. y los parámetros que lo definen en un momento dado: cobertera edáfica, vegetación, fauna, etc. (6)

### **Estrategia para la evaluación de los aspectos ambientales.**

#### **Análisis del ciclo de vida (ACV/LCA)**

Implica la evaluación de algunos aspectos - a menudo los aspectos ambientales - de la elaboración de un producto a través de todas las etapas de su ciclo de vida. A veces también llamado "análisis de ciclo de vida", "enfoque de ciclo de vida", "la cuna a la tumba análisis" o "Ecobalance", que representa una familia rápidamente emergente de herramientas y técnicas diseñadas para ayudar en la gestión del medio ambiente y, a largo plazo, en el desarrollo sostenible.

Algunas personas encuentran LCA útil como un marco conceptual, otros como un conjunto de herramientas prácticas: ambos puntos de vista son correctos, dependiendo del contexto. Incluso los científicos e ingenieros pueden encontrar "el concepto de ciclo de vida", como un gran estímulo para la creatividad y la capacidad de ver las dimensiones más amplias de un problema. (7)

#### **Ciclo de vida de un producto**

En pocas palabras, el ciclo de vida de un producto abarca todas las actividades que van a hacer, transporte, utilización y eliminación de ese producto. El ciclo de vida típico consiste en una serie de etapas que van desde la extracción de materias primas, a través del diseño y la formulación, elaboración, fabricación, envasado, distribución, uso, reutilización, reciclado y, en última instancia, la eliminación de residuos. (7)

#### **Etapas del ACV:**

1. Objetivo y definición del alcance.
2. Un inventario del ciclo de vida detallada (LCI: análisis, con recopilación de datos tanto sobre la energía y el uso de recursos y sobre las emisiones al medio ambiente,
3. Una evaluación de los impactos potenciales: asociada a las formas identificadas de uso de recursos y emisiones ambientales.
4. La interpretación de los resultados de las fases anteriores del estudio en relación con los objetivos del estudio. (7)

#### **Energía y recursos**

Pueden necesitar ser incluidos en un estudio de ACV muchas formas diferentes de recursos, renovables o no renovables, mineral, agua, tierra, plantas o animales. Así, por ejemplo, la energía puede incluir energía de proceso, el calor o la electricidad producida a partir de

fuentes de energía tales como los combustibles fósiles (por ejemplo, carbón, petróleo, gas natural), energía nuclear, o una serie de fuentes renovables, entre ellas los biocombustibles (por ejemplo, madera, paja, residuos), y la solar, la eólica o la energía hidráulica. Todas estas fuentes de energía tienen diferentes características ambientales, trayendo con los diferentes beneficios - y problemas muy diferentes.

El ACV es una herramienta de ayuda para la decisión. Si se utiliza de la manera correcta, puede ayudar a garantizar que opciones de una empresa son ecológicamente racionales, ya sea en el diseño, fabricación o utilización de un producto o sistema. En el aspecto financiero, la experiencia demuestra que las empresas que utilizan LCA pueden descubrir mejoras importantes de productos, nuevos enfoques para la optimización de procesos e incluso, en algunos casos, nuevas formas de satisfacer la misma necesidad - pero con un nuevo producto o un servicio. Es posible que no quiere oír hablar de nuevas formas de hacer lo que hace su negocio, pero puede ser menos dolorosa que, si sus competidores se enteran primero. (7)

### **Aplicaciones del LCA**

- Uso industrial interno en el desarrollo y la mejora de productos
- La planificación estratégica interna y apoyo a las decisiones de política en la industria,
- Uso industrial externo con fines de comercialización, y
- La formulación de políticas gubernamentales en las áreas de ecoetiquetado, la compra verde y oportunidades de gestión de residuos. (7)

## **3 PROCEDIMIENTO**

### **3.1 Establecimiento de los objetivos y alcance del análisis del ciclo de vida.**

Como objetivo del LCA para el proceso de Extracción y laminación en la empresa Canteras Jaramillo se determinó el siguiente objetivo para el presente estudio:

**Estudio de los insumos del proceso de transformación de la piedra de cantera a través del análisis del ciclo de vida del piso laminado, para la determinación de oportunidades en la gestión ambiental de los residuos generados en el proceso.**

El marco que delimita el alcance del LCA es la empresa Canteras Jaramillo en sus operaciones de extracción y laminado, de las cuales se elaboró el diagrama de flujo del proceso (Ver fig. 1) y se analizaron los desperdicios generados en cada etapa. El mismo diagrama de proceso se le entregó al empresario como parte de la documentación de su proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS para piso Laminado/ Canteras Jaramillo						
Numero de parte		prototipo	pre-lanzamiento	produccion		
XXXX						
Nombre del producto		Linea de produccion	Fecha de origen	11-may-15		
Piso Laminado 30 x 30 cm		L1, L2 y L3	Fecha de revision	01-jun-15		
Contacto clave/tel.		Core team				
Miguel Angel Jaramillo. Tel XXXX		Rebeca Guadalupe Ortiz M., Napoleón Gómez B.				
Simbologia						
Operación	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacén		
Evento		#	No estacion	Descripcion		
1	Extracción. Selección	Selección de peña para extracción				
2	Extracción. Barrenado PM. Pistola Neumática 01	Barrenado con pistola neumática a 90, 180, 270 y 360 cm				
3	Extracción. Fragmentado	Colocación de Cemento expansivo y detonación				
4	Extracción Grua 01	Transporte con grua y cable de acero a área de Almacén 01				
5	Extracción. Almacén 01	Inspección y Almacenamiento				
6		Transporte en camión de 20 Ton. hacia línea de laminado				
7	Laminado PM. Transportador 01	Descarga de camión hacia Transportador de Block				
8	Laminado. PM. Cortadora 01	Primer Corte de Block				
9	Laminado. PM. Calibradora 01	Corte a 2 Cm				
10	Laminado. PM. Pulidora 01	Pulido				
11	Laminado. PM. Escuadradora	Escuadrado a 30 x 30 cm				
12	Laminado. Inspección	Inspección y Almacenaje				
13	Laminado. Empaquetado	Empaquetado				

Fig. 1 Diagrama de flujo del Proceso

**3.2. Análisis del Inventario y recolección de datos.** Una vez que se asentaron las operaciones en el diagrama de flujo del proceso, se recabo la información pertinente para identificar los Materiales de entrada y salida así como el flujo de energía de los inventarios asociados con el proceso de laminación de la empresa Canteras Jaramillo. Lo anterior como parte de la segunda etapa del análisis del ciclo de vida.

Los datos que se muestran a continuación fueron tomados directamente de la empresa, en el caso del consumo de energía eléctrica, el empresario proporciono un recibo de luz donde se muestran los consumos desde Mayo de 2014 hasta Julio 2015. Para el consumo de agua y demás insumos, se tomó como base las cantidades necesarias para procesar **45 m<sup>3</sup>** de piedra con los que se obtienen **900 m<sup>2</sup>** de piso laminado y que corresponde a la

producción estándar semanal, dado que el empresario ya tiene establecidos contratos de compra por dicha cantidad.

- Consumo Energía Eléctrica Tabla 1
- Consumo de Agua. Ya establecido. Su consumo promedio es de **16 m<sup>3</sup>** por semana.
- Consumo de Insumos principales. No se incluyen insumos con vida útil mayor a 2 años como baleros, flechas y demás elementos mecánicos cuya reposición está contemplada dentro de las actividades de mantenimiento de la empresa. Las cantidades se ajustaron para que la frecuencia mínima sea de un mes. La Tabla 2 muestra la recopilación de los datos para generar el Inventario de Insumos principales para el LCA.

**Tabla 1 Consumo Energía eléctrica**

Mes	Año	Consumo Kwhora
Mayo	2014	13424
Junio	2014	9531
Julio	2014	10369
Agosto	2014	10222
Septiembre	2014	12080
Octubre	2014	10010
Noviembre	2014	2653
Diciembre	2014	11956
Enero	2015	10981
Febrero	2015	17204
Marzo	2015	10206
Abril	2015	12481
Mayo	2015	778
Junio	2015	9150
Julio	2015	8896
<b>Consumo Promedio</b>		<b>9996</b>

**Tabla 2 Insumos principales LCA**

<b>Inventario de Insumos Principales</b>					
<b>PROCESO</b>	<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Frecuencia</b>
Extracción	Complementos	Cemento Expansivo FRAC-AG	80	kilos	Mes
	Grua International Mod. S2	Diesel	415	Its	Mes
		Aceite SAE 50	10	Its	Mes
		Filtro Aceite	1	Pza	Semestre
		Filtro aire	1	Pza	Trimestre
		Cable Acero 7/8	60	Metros	1.5 Años
	Compresor Ingersoll Rand Mod. 90	Diesel	415	Its	Mes
		Aceite SAE 50	10	Its	Mes
		Filtro Aceite	1	Pza	Semestre
		Filtro aire	1	Pza	Trimestre
Laminado	CORTE BLOQUE	Insertos de Diamante para Disco de Corte	240	Pza	Mes
	PULIDO	Insertos de Diamante para Disco de Pulidora	12	Pza	Mes
	Complementos	Varilla Soldadura Plata	720	Pza	Mes
		Grasa para Balero	20	Kilos	Mes

- Cuantificación de los Residuos. El siguiente punto a desarrollar es la cuantificación de los residuos de piedra y lodos generados en los procesos de Extracción y laminado y que se muestran en la Tabla 3. Con el objetivo de ilustrar al lector la gravedad del

problema ambiental abordado en el presente artículo, la figura 2 muestra parte del espacio destinado por una de las empresas más industrializadas de la región de Huichapan, Hidalgo, México a los residuos del proceso de laminación. La cantidad de desperdicio es proporcional al de la empresa Canteras Jaramillo en base a su producción.

Tabla 3 Cuantificación de Residuos

<b>Cuantificación de los residuos de los procesos de Extracción y laminado. Cantera Jaramillo</b>					
<b>PROCESO</b>	<b>Producción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Desperdicio %</b>	<b>Desperdicio Semanal m<sup>3</sup></b>	<b>Desperdicio Anual</b>
Extracción	45	m <sup>3</sup>	30	13.5	702
Laminado	900	m <sup>2</sup>	5	45	2340



Fig. 2 Desperdicio del proceso de laminación

### **3.3 Aprovechamiento de los desperdicios de los procesos de Extracción y Laminación de la piedra de Cantera.**

Con base en los estudios realizados por Ortíz, 2012 respecto a la disposición de los residuos del trabajo de la Ignimbrita riolítica, en donde los resultados obtenidos de las pruebas granulométricas y por difracción de rayos X, demuestran que el contenido en peso de las muestras corresponden a un 75.96 % de Dióxido de Silicio, se realizó una revisión bibliográfica acerca de las aplicaciones de tal componente y se halló como una opción factible la transformación del residuo en vidrio. Para sustentar lo anterior se tiene que "El aporte de sílice a la composición vítrea siempre se ha realizado por la adición de arenas de cuarzo en su formulación, aunque no queda excluido el aporte de este formador de red con la adición de minerales más complejos. El uso de cuarcitas y de areniscas también es posible. Pero en cualquier caso, la arena es la materia prima básica para la obtención de la mayor parte de los vidrios." (8)

A partir de este enfoque, el aprovechamiento del desperdicio de cantera derivado de su proceso de extracción, mediante el diseño de un proceso de producción para su transformación en Vidrio, será considerado como el problema central de una futura investigación.

El desperdicio actualmente no tiene ninguna aplicación significativa en la región, por lo cual al implementar el proceso mencionado, se beneficiará el entorno ecológico, al eliminarlo de los terrenos de las empresas y del lecho del río. Se beneficiarán también las empresas canteras al aprovechar los residuos como materia prima de un producto que es altamente comercial.

Surgen entonces para la futura investigación las siguientes hipótesis:

- El desperdicio de la extracción de la cantera, proporciona materia prima adecuada para la elaboración de Vidrio
- Tiene factibilidad tecnológica y comercial el diseño de un proceso productivo de Vidrio a base de desperdicio de cantera
- La pulverización del desperdicio de cantera, proporciona material que es adecuado y de fácil manejo para la producción de Vidrio

## 4 CONCLUSION

El aprovechamiento de los desperdicios de los procesos de Extracción y Laminación de la piedra de Cantera para la generación de vidrio contempla entonces los siguientes niveles de apalancamiento:

### 1. Cambio de Paradigmas:

La tendencia actual respecto al uso del desperdicio de la cantera, es utilizarlo para piezas de ornato a partir de los mismos trozos que se generan por lo que implica agregar un proceso de selección mismo que es costoso e ineficiente. La tendencia de reciclaje con fines nuevamente ornamentales cambia por un abasto para la industria de vidrio.

### 2. Bucles de Retroalimentación Positivo

A mayor explotación de la cantera para fines ornamentales, mayor desperdicio y por lo tanto mayor cantidad de materia prima disponible para elaborar un producto secundario.

### 3. Bucles de Retroalimentación Negativo

Mediante la disposición a nivel industrial de los desperdicios de la cantera se tendrá este tipo de retroalimentación dado que conforme aumente la demanda por desperdicio para su transformación en materia prima para la industria del vidrio, se disminuirá en igual manera los efectos por la contaminación ambiental generados por la extracción de la cantera.

## REFERENCIAS

- [1] **Solis, A.** *Explotación de Cantera de piedra caliza*. México, D.F. : Mc Graw Hill, 1995.
- [2] **Moreno, R.** *Caracterización mineralógica y química de desechos mineros (jales) aplicada a la recuperación de valores económicos en Zimapán y Pachuca Edo. de Hidalgo*. México : Instituto Politécnico Nacional, 1998.
- [3] **Kelly, E G y Spottiswod, D J.** *Introducción al procesamiento de minerales*. México : Limusa, 1990.
- [4] **Caldwell, J A y Welsh, J D.** *Tallings disposal in rugged, high precipitation environments*. s.l. : Arbor Science, 1982.
- [5] **Cámara de Diputados del H. consejo de la unión.** *Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos*. México : Diario Oficial de la federación de México, 2003.

[6]. **López Gonzalez-Mesones, Fernando.** *La Piedra Natural: El recorrido de los minerales.* Madrid : Consejería de economía e innovación tecnológica, 2007.

[7] **Allan Astrup , Jensen, Leif , Hoffman y Birgitte T. , Møller.** *Life Cycle Assessment. guide to approaches, experiences.* Dinamarca : European Environment agency, 1997.

[8] *Materias primas para la industria del vidrio.* **Rincón, Jesus Ma.** Alicante España : CSIC, 2005, Vol. 2.