

# Reporte Final de Estadía

Oscar González Moya

NOMBRE DEL REPORTE DE ESTADÍA

Instalación de una línea de producción de  
RDF a partir de residuos sólidos urbanos  
clasificados.



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Reporte para obtener título de  
Ingeniería En Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa

Geocycle México S.A DE C.V

Nombre del proyecto  
Instalación de una línea de producción de RDF a partir de residuos  
sólidos urbanos clasificados.

Presenta  
Oscar González Moya



## Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial  
Ing. Erick Corzo Blas

Nombre del Asesor Académico  
Ing. Rene Aurelio González Sánchez

Jefe de Carrera  
Ing. Gonzalo Malagón González

Nombre del Alumno  
Oscar González Moya

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MIS PADRES:**

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que su compañía y la llegada de sus cafés era para mí como agua en el desierto; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que más me aman, y a las que yo sé que más amo en mi vida, gracias a Dios por permitirme amar a mis padres, gracias a mis padres por permitirme conocer de Dios y de su infinito amor.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

### **MI INSTITUCION:**

Podemos decir que en gran parte, esto mismo sucede en la universidad, pero a diferencia que durante el cumplimiento de esta y durante su duración, ésta y sus integrantes, fueron los responsables y actores principales en el hecho de que tu empezaras a desarrollar actitudes y comportamientos maduros, comportamientos acordes a situaciones que muy probablemente la vida te presentaría más adelante, pero que durante esta etapa, podrás vivir, aprender... y lo más importante, disfrutar de cada momento.

La universidad puede parecer un largo y tal vez aburrido proceso camino por el cual debes pasar, pero no lo contemples así, tu realidad es simplemente la consecuencia de tu interpretación y de lo que tú quieras ver, aprende a ver las cosas buenas de todo, a disfrutar y aprovechar al máximo cada oportunidad y momento que la vida te presenta.

## **RESUMEN**

El siguiente trabajo consiste en instalar una línea de producción en el relleno sanitario localizado en el kilómetro 44+500 Carretera Federal Córdoba - Boca del Rio, Palma Sola Municipio de Cuitláhuac, Ver, cuentan con 5 hectáreas de terreno, donde se tienen aproximadamente 280,000 ton almacenadas de RSU, la recepción en promedio por día es de 400 ton de materiales sólidos urbanos clasificados, para su reducción y homogenización para ser integrados a otro proceso productivo como es el coprocesamiento y a empresas autorizadas para su disposición.

La infraestructura con la que cuenta es un almacén de recepción sólidos de 1,750 m<sup>2</sup>, un sistema de separación de RSU que consta de un alimentador de placas, bandas transportadoras, trommel de orgánicos, trommel de inorgánicos y bandas de segregación manual

## Contenido

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>5</b>
1.1 Estado del Arte .....	8
1.2 Planteamiento del Problema.....	6
1.3 Objetivos .....	6
1.4 Definición de variables .....	6
1.5 Hipótesis.....	7
1.6 Justificación del Proyecto .....	7
1.7 Limitaciones y Alcances.....	7
• 1974: Planta de Saint Lawrence, Canada (Holcim) realiza pruebas de eficiencia de destrucción de desechos con cloro.....	1
• 1978: Ciments Francais (Desvres) realiza experimentos similares al igual que Stora-Vika (Suecia).....	1
• 1979: Lafarge Group inicia actividades de coprocesamiento en Ohio, USA. ....	1
© 2007 Holcim/Switzerland, 23 mayo 2007]20.....	1
Otros hechos históricos .....	1
• 1995: se reporta que 24 plantas cementeras co-procesaron aprox. 1,000,000 Toneladas de residuos en USA (Moore, 1995).....	1
• 1997: más de 400,000 toneladas de llantas y 600,000 toneladas de desechos líquidos se co-procesaron en la Unión Europea.....	1
• 1990: en Japón más de 500,000 de toneladas de 26 tipos de residuos se co-procesaron en 3 plantas cementeras.....	2
• 1995: el gobierno de Noruega decide promover a la planta de Brevik como el “incinerador” nacional de desechos industriales luego de los excelentes resultados en la destrucción de PCBs .....	2
<b>PRINCIPALES VENTAJAS</b> .....	<b>2</b>
• No se generan residuos secundarios (el componente orgánico se quema y el mineral se incorpora en el Clinker) .....	2
• Altísimas temperaturas de combustión (estables) con relación a otras alternativas .....	2

(e. Incineración, etc.) .....	2
• Los gases de la combustión de residuos se descomponen por la larga permanencia dentro del horno y por las altas temperaturas .....	2
• Proceso es sumamente controlado por lo que es posible controlar las emisiones y mantenerlas dentro de los límites permitidos, inclusive mejora las emisiones del horno de cemento .....	2
• Permite la valorización de residuos.....	2
.....	3
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>4</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>5</b>
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>5</b>
<i>4.1 Resultados .....</i>	<i>11</i>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>12</b>

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Estado del Arte

Históricamente el tratamiento de los residuos sólidos urbanos más habitual entre los países que hoy componen la Unión Europea ha sido el depósito en vertederos.

En los últimos años la mayoría de los países han disminuido el uso de esta disposición final de los residuos por diversos problemas ambientales que se pueden generar, como la contaminación por lixiviados; los nuevos usos que tenga el terreno tras el cese del vertedero serán limitados, etc.

Los tratamientos ecológicos como el reciclaje y el compost ya han adquirido una gran importancia entre la sociedad Europea, aunque el reciclaje ha recorrido más camino logrando un 28% en el año 2013. Los residuos llevados a plantas de compostaje se situaron en un 15% en ese mismo año. Ambos sistemas valoran los residuos y los reutilizan y el impacto en el medio ambiente es mínimo. El compost se suele usar en agricultura y jardinería como enmienda para el suelo, aunque también se usa en paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos. La Unión Europea ha bajado de media un 7% la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por persona con respecto al año 2008 y con una producción de 481 kg por persona en el año 2013.

La media europea de almacenamiento de residuos en vertederos es del 31%, el reciclado de los residuos sólidos alcanza un 28% siendo el segundo tratamiento más utilizado, la valorización mediante la incineración es del 26%, y por último un 15% para los residuos fueron convertidos en compost durante 2013. Pero aún hay mucho por hacer.

A continuación se detalla la tendencia europea en cuanto a tratamiento de residuos sólidos medidos desde 1995 hasta el año 2013, según un informe de Eurostat. 7 países de los que conforman la Unión Europea han aumentado la cantidad de basura generada entre 2012 y 2013 en torno al 1%: Estonia, Grecia, Croacia, Letonia, Eslovenia, Suecia y Reino Unido. Situándose por encima de la media de la UE de los 28: Dinamarca, Alemania, Irlanda, Grecia, Francia, Italia, Chipre, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Austria, Finlandia y Reino Unido.

En **Grecia** al final del 2012 se contabilizó que el 82% de los residuos generados fueron depositados en un vertedero y tan sólo se recicló el 16%. No se trató ningún kg de basura mediante incineración en ese año. La tendencia en Grecia es positiva en cuanto a tratamientos ecológicos; El porcentaje de residuos que ha sido reutilizado mediante el reciclaje ha aumentado a lo largo de los años pero no lo suficiente, ya que el vertido sigue



siendo el tratamiento mayoritario. La tendencia en 2013 es muy similar, habiendo aumentado la generación de residuos a 506 kg por persona.

**Lituania** ha estado almacenando en vertederos el 100% de sus residuos hasta que en el año 2004 empezaron a cambiar ligeramente esta trayectoria hacia el reciclaje, que ha logrado que en el 2013 un 21% del residuo producido se reciclara y un 15% se incinerara o se enviara a plantas de compostaje. Para el resto de los desechos su disposición final sigue siendo el vertedero.

**Alemania** ha aumentado los kilogramos de basura generada y ya se encuentra entre los cuatro países que más residuos producen por persona al año con 617 kg anuales por persona, sin embargo su destino final es completamente diferente a los anteriores, apostando por los tratamientos ecológicos y dejando a 0 la cantidad depositada en vertederos. La cantidad de residuo convertido mediante el proceso de compostaje se ha mantenido constante en torno al 18% desde 1995, el reciclaje ha alcanzado el 47% en 2012 – la tasa de reciclaje más alta de los Estados miembros- frente al 26% que se recicló en 1995 y el almacenaje en vertederos ha sido eliminado totalmente, pero el método de incineración sigue aumentando llegando al 35% en el año 2012. La cultura alemana demuestra estar un paso por delante en Europa en cuanto a tratamiento ecológico de residuos sólidos urbanos.

**La República Checa** ha aumentado la cantidad de residuos reciclados hasta el 21% en 2013, sin embargo ha conseguido descender el porcentaje de residuos que se destinaban al vertedero de un 100% en 1995 hasta un 56% en 2013. Los residuos que han sido tratados mediante incineración han contribuido a esta reducción, ya que suponen otro 20% del total de 2013. La basura restante se ha convertido en compost. A pesar de haber aumentado la cantidad de residuos generados con respecto al año 2008, tan sólo produjo 307 kg de basura en 2013 por persona, muy por debajo de la media europea.

**Francia** no sólo ha disminuido los desechos que cada persona vierte en la basura en un 1,29%, si no que con el tiempo ha ido eliminando la tradición del vertedero como disposición final de los residuos y ha potenciado otros tratamientos. Aún así sigue destinando el 28% de los residuos en vertederos. En el año 2013 la incineración, que también ha perdido importancia a lo largo de los años, llegó al 34%. El reciclaje sigue aumentando entre la sociedad francesa alcanzando un 21% de residuo que se recicla y un pequeño, aunque mejorado 17% para los desechos orgánicos que se derivan al proceso de compostaje durante el año 2013.

El 82% de los residuos sólidos generados en **Eslovaquia** terminaban almacenados en un vertedero en 1995 y el resto los trataban mediante el método de incineración, un cambio en la mentalidad a partir del año siguiente ha conseguido descender este dato a un 77% para el vertido y en un 12% la incineración en 2013. Estos porcentajes han descendido gracias al inicio del reciclaje y la conversión a compost de los residuos, aunque les queda

mucho camino por recorrer. Además, una empresa financiada por la UE ha desarrollado un método a través del cual reprocesar los residuos de la industria de la automoción y convertirlos en una nueva materia prima.

**Polonia** ha apostado siempre por la acumulación de basura en vertederos como único tratamiento, aunque es de los países que menos residuos generan al año por persona, tan sólo 297 kg por persona en 2013. A día de hoy ha conseguido bajar ligeramente el porcentaje hasta el 63%, debido a la apuesta por el reciclaje y el compost a partes iguales que han ofrecido una alternativa al vertido de residuos.

En **Italia** la disposición final del 90% de los residuos era el vertedero y han reducido ese porcentaje a lo largo de los años hasta conseguir disminuirlo al 38%. En 2013 lograron llevar al vertedero sólo 187 kg por persona. El aumento de los residuos que han sido reciclados (26%), de los orgánicos que se han llevado a plantas de compostaje (15%) o aquellos que han sido incinerados para su valorización energética (21%) durante el 2013, han contribuido en este cambio de trayectoria en Italia.

**Finlandia** siempre ha tenido como opción mayoritaria para el tratamiento de los residuos el almacén en vertederos con un 66% en el inicio de estas mediciones en 1995, pero decidió comenzar a utilizar el método de incineración de residuos que ha sido el tratamiento que más ha crecido en este país hasta lograr un 42% en 2013 y reducir a tan solo el 25% la basura destinada al vertedero. El reciclaje ha perdido fuerza actualmente con un 19% respecto al 26% en 1995 y el tratamiento de compostaje ha logrado conseguir que el 13% de los residuos se reutilicen como compost.

**Bélgica** ha reducido su vertido en un 100% desde 1995 que destinaban un 44% al almacenamiento en vertederos. La incineración se ha mantenido como una de las opciones principales siempre y se ha destinado gran parte de la basura generada -193 kg de basura por persona- a estas plantas de quema de residuos. Han apostado fuertemente por el reciclaje que es el tratamiento que mayor crecimiento ha logrado, llegando al 34% en 2013, seguido de los residuos convertidos en compost que ha crecido hasta el 21%.

**Luxemburgo** es el tercer país que más kilos de basura generó en el año 2012, a pesar de haber descendido un 5,02% con respecto a 2008, con 662 kg anuales por persona. El tratamiento más usado ha sido, y sigue siendo, la valorización energética de los residuos sólidos urbanos mediante la incineración. Al tener un volumen tan grande de basura anual, los porcentajes en cuanto a disposición final de residuos está bastante distribuido siendo un 35% que van a la incineradora, 28% que es reciclado, y un 17% destinado al vertedero y 20% a plantas de compostaje.

En **Rumanía** la situación es alarmante ya que la disposición final del 97% -tasa más elevada de vertidos de todos los miembros de la UE- de los residuos sólidos urbanos, más de 250 kg anuales por persona, son almacenados en vertederos desde 1995. Para el 3% restante

emplean el reciclado como forma de gestión. El único aspecto positivo es que la cantidad de basura generada va en descenso año a año, siendo el país con menor volumen.

En **Croacia** las mediciones de la cantidad de residuos generados comenzaron en el 2006 y el 100% de ellos iban a los vertederos. En los últimos años han fomentado el reciclaje (14%) y el compostaje (2%) que han logrado descender en 65 kilos del total que se destinan a los vertederos.

**Austria** es una gran productora de basura con 578 kilogramos anuales por persona en 2013 pero ha reducido esta cifra en un 7,85% con respecto al año 2008. El vertido siempre ha sido el tratamiento mayoritario, pero en el año 2004 la incineración aumentó un 17% por lo que descendió el vertido en ese mismo porcentaje. La incineración siguió creciendo y hoy supone un 37% mientras que el vertido ha quedado reducido a tan sólo un 4%. Los métodos ecológicos, como el reciclaje y el compost han incrementado sus cifras desde el inicio de las mediciones y en 2013 supusieron un 24% y un 35% respectivamente, por encima de la media europea.

Los **Países Bajos** han conseguido reducir sus kilos de residuos generados hasta llegar a los 526 en 2013. El método más usado es la valorización energética de los residuos mediante la incineración que supuso en el año 2013 el 49%, el resto se divide entre los tratamientos ecológicos. El vertido en los Países Bajos no ha sido nunca la primera opción y en 1995, cuando comenzaron las mediciones, alcanza su máximo con un 31% y desde entonces no ha dejado de descender hasta el insignificante 1% que se almacenó en vertederos durante 2013.

**Chipre** fue el segundo país que más residuos generó por persona y año en 2012 con un total de 663 kg, sólo por detrás de Dinamarca. Ha logrado una reducción del 8,93%, ya que en 2008 la cifra ascendió hasta los 728 kg. En 2013 ha vuelto a descender hasta los 624 kg. Además del volumen de basura generada, el 100% de la misma tenía como destino final el vertedero al inicio de las mediciones. Tendencia que se ha reducido hasta el 79%, dejando paso al reciclado (12%) y al compostaje (9%).

**Dinamarca** se situó como el país que más residuos urbanos genera por persona y año en 2012 con 668 kg a pesar de haber disminuido un 9,85% los desechos con respecto al año 2008. Y en 2013 ha revalidado título con 747 kg. La incineración es el tratamiento generalizado desde 1995 con un porcentaje entre el 56 y el 52%, de hecho es el país europeo que mayor cantidad de residuos lleva a la planta de incineración. La deposición de residuos en vertederos es la última opción con un descenso de un 15% desde 1995 quedándose en un 2% en 2013. Los métodos de compost y reciclaje han ido a la par prácticamente, aunque con pequeñas oscilaciones a lo largo de los años, ahora el reciclaje ha cogido más fuerza consiguiendo un 28% y un 17% para el compost en 2013.

En **Suecia** la importancia del vertido era significativa pero ha ido disminuyendo hasta conseguir en 2013 almacenar en vertederos tan sólo el 1% de los residuos generados. Sin embargo, el tratamiento de incineración ha sido muy utilizado para un intervalo del 38-52% -de las tasas más altas- de la basura, seguido está el reciclaje con un 36% en 2013. Y un 16% de los desechos orgánicos fueron a plantas de compostaje en ese mismo año. Hungría generó 378 kg de basura durante el año 2013 por persona. Ha apostado fuerte por el reciclaje desde el año 2004 y ha aumentado un 21% hasta el año 2013. El uso de incineradoras se ha mantenido constante en torno al 9% y el compost tuvo una presencia mínima con un 5% en 2013. El tratamiento mayoritario fue el almacén en vertederos con un 65% en 2013, aunque ha descendido un 25% desde 1995.

Un total de un 6% de los residuos generados no se trataban con ningún método en **Portugal** en 1995. La basura destinada a los vertidos alcanzó su máximo en 1999 suponiendo un 89% del total de los residuos, al año siguiente compensaron ese aumento de vertido con la aparición de la incineración que supuso un 21% de residuos (porcentaje que se ha mantenido a lo largo de los años) y que ha mantenido al vertido en torno al 55%. Además los residuos destinados a plantas de compostaje fueron un 13% en 2013.

En **Malta** el compostaje tuvo un papel importante con un 23% durante 1995 (lo restante se almacenaba en vertederos) y lo ha seguido teniendo aunque con pequeñas oscilaciones hasta el año 2008 dónde empezaron a fomentar el método de reciclaje y comenzó a descender la cantidad de basura convertida en compost. El vertido ha seguido aumentando hasta el 88% en 2013, consiguiendo generar 570 kg de basura por persona.

**Letonia** fue el segundo país con menos generación de basura por persona en 2012, con 301 kg, muy por debajo de la media europea de 492 kg. Y además es de los países que mas ha reducido la cantidad de desechos generados con un 12,75% con respecto al año 2008. Sin embargo la mayoría de sus residuos van a parar a los vertederos, tan sólo un 11% fue reciclado y un 6% se llevó a plantas de compostaje en 2013.

**Reino Unido** llevaba al vertedero el 84% de sus residuos sólidos urbanos en 1995 y en 2013 consiguieron reducir este dato hasta un 35%, fomentando otros métodos como el reciclaje, el compost y la incineración con un aumento del 28%, 16% y un 21% respectivamente hasta 2013. Se sitúa como el sexto país de la Unión europea que ha logrado reducir más el volumen de basura generada con un 12,75%.

En **España** cada ciudadano genera 102 kilos menos de basura al año que en 2008 -desde el inicio de la crisis económica-. Los españoles han pasado de 551 a 449 kilos en 2013 (298 menos que el primer país, Dinamarca). Sin embargo, nos encontramos a la zaga en el tratamiento de residuos mediante reciclaje y compostaje con un total de un 30% entre ambos métodos, muy por debajo de la media europea del 42%, debido a que la crisis ha frenado la tendencia creciente de los tratamientos ecológicos y provocó un repunte del uso de vertederos. En 2013 el 60% de los residuos fueron almacenados en vertederos. En

2014 se reciclaron más de un millón de toneladas de residuos (73%), evitando así la emisión de 1,2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

**Irlanda** llegó a generar 792 kg de basura por persona en 2006, sin embargo bajó hasta los 586 en 2013. Desde 1995 el depósito en vertederos ha sido fundamental para los irlandeses con un 92% (el resto se reciclaba). Sin embargo esta cifra ha disminuido hasta el 42% gracias, fundamentalmente, al repunte del reciclaje que llegó hasta el 34% en 2013. Los residuos convertidos en compost en 2013 fueron el 6%.

**Bulgaria** ha dejado de generar un 23,21% de basura en 2012 de la que generó en el 2008. Al comienzo de las mediciones, el 100% de estos residuos eran almacenados en vertederos pero a partir del año 1998 empezó a utilizarse el método de reciclaje como tratamiento de residuos que supuso un 20%. Este porcentaje de reciclado se ha mantenido hasta hoy, reduciendo el vertido hasta el 70%. El aumento del reciclaje, un 25% en 2013, ha supuesto una mejora en el tratamiento de los residuos, acercándose así al resto de países europeos. Se sitúa como el país que más ha reducido sus residuos desde 2005.

**Estonia** es el país que menos residuos generó en 2012, según las estadísticas de residuos sólidos urbanos de Eurostat, tan sólo 279 kg por persona. El 100% de los residuos generados se destina a vertederos desde 1995 hasta el año 2000 que comenzaron a fomentar el reciclaje (2% en ese año). El reciclaje ha vivido grandes picos, el más alto en 2004 con un 27% bajó en 2006 hasta el 15%, volvió a aumentar hasta el 23% en 2007 y cayó hasta el 12% en 2010, en 2012 ha remontado hasta el 34%. En el 2013 este porcentaje ha bajado hasta el 14%. En 2013 el vertido sólo supuso un 16%, por lo que deja de ser el tratamiento mayoritario. La incineración se empezó a utilizar a partir del año 2012 consiguiendo un 15% ese mismo año y aumentando hasta el 64% en 2013.

**Eslovenia** se coloca como el país que más ha reducido su generación de basura en la Unión Europea con un 33,21% con respecto al año 2008 hasta los 414 kg en 2013. Sin embargo su introducción a los tratamiento ecológicos ha sido un proceso lento. En 1995 el vertido supuso un 97% de los residuos y en 2013 lograron descender hasta el 38% de los residuos destinados al vertedero. El reciclaje ha conseguido un 55%, y el compost y la incineración suman un 8% entre ambos.

Cada año se producen casi 2.000 millones de toneladas de residuos en los Estados miembros, incluidos los residuos especialmente peligrosos. El almacenamiento de este volumen de residuos en vertederos no es una solución sostenible y su destrucción no resulta satisfactoria debido a los desechos y contaminantes que se producen como derivados. La mejor solución sigue consistiendo en prevenir la generación de residuos y en reintroducirlos en el ciclo de producción mediante el reciclado de sus componentes cuando existan soluciones sostenibles desde los puntos de vista ecológico y económico.

Si se gestionaran correctamente los residuos supondría un a+-horro para los países

comunitarios de 72.000 millones de euros, la creación de más de 400.000 puestos de trabajo y un aumento del negocio anual del sector de 42.000 millones de euros según datos de la Comisión europea (CE) que recoge un informe de la asociación ecologista Amigos de la Tierra.

Las plantas de producción de RDF de las que se tiene constancia que se encuentran en funcionamiento y que pretenden comercializar su producto en España son: planta de Geocycle en Albox (Almería), Sanea en Constantí (Tarragona), RSU de Cervera del Maestre (Castellón), Castillejo en Yepes (Toledo), RSU de Onda (Castellón), Las Lomas (Madrid), Crevillente (Alicante), Armulaza (Bilbao), Zona Franca (Barcelona), Ecoparque de El Aceituno (Toledo), Cañada Hermosa (Murcia), Ecoparque Els hostalets de Pierola (Barcelona), Alginet (Valencia), Ecoparque de Can Mata (Barcelona), Recicladors Vicente Mallén (Castellón), Complejo Medioambiental de SOGAMA, en Cerceda (La Coruña), Castellbisbal (Barcelona), SAICA-PROMSA (Barcelona), Trans Sabater S.L. en Ribarroja del Turia (Valencia), Marcell Navarro i Fills en Llagostera (Gerona), Recivalongo en el norte de Portugal.

Existen varios estudios que indican cuál es el potencial de producción de RDF en España, el primero de ellos es el realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), el segundo es el realizado por el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR) que lo estima en 6,3 millones de t/a, y el tercero, con un cálculo más simple, lo cifra en 7 millones de t/a. Además, el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR) cifra el potencial de consumo de RDF en España en 5 millones de t/a.

La Industria de Separación y Reciclaje Mareco S.A de C.V. pertenece al grupo Ecofénix, propiedad del empresario Francisco Marlasca García de origen Español, dedicada a la operación y servicios para el tratamiento y disposición final de RSU, tiene operaciones en México, Puebla, Querétaro y Veracruz.

El relleno sanitario inicio sus operaciones en el año 2000 y el Municipio de Cuitláhuac en el año 2014 otorga una concesión a Mareco por 25 años para manejar los residuos sólidos urbanos de la región; cuentan con 5 hectáreas de terreno, donde se tienen aproximadamente 280,000 ton almacenadas de RSU, donde la recepción en promedio por día es de 400 ton.

La empresa realizo la construcción de sus instalaciones en el relleno en el año 2014 e inicio operaciones en el año 2016, la infraestructura con la que cuenta es un almacén de recepción sólidos de 1,750 m<sup>2</sup>, un sistema de separación de RSU que consta de un

alimentador de placas, bandas transportadoras, trommel de orgánicos, trommel de inorgánicos y bandas de segregación manual.

Actualmente Mareco tiene convenios de recepción de RSU de 11 Municipios los cuales se nombran a continuación: H. Ayuntamiento Constitucional Fortín, Córdoba, Huatusco, Amatlán de los Reyes, Atoyac, Coscomatepec, Carrillo Puerto, Chocaman, Cuitláhuac, Orizaba, Omealca, Coetzala y Naranja. Así mismo, recibe sólidos industriales de empresas del sector privado: Ingenio el Potrero, Alcoholera, Agroindustria de Córdoba.

## 1.2 Planteamiento del Problema

Falta de combustibles alternativos a base de RSU, para ser sustituidos por combustibles convencionales como gas y Pet coke en los hornos cementeros de la planta Holcim y así tener un beneficio ambiental y económico.

## 1.3 Objetivos

### General

- Instalar un sistema de trituración para material de RDF en el relleno sanitario de Mareco en Cuitláhuac para procesar los residuos y convertirlos en combustible alternativo para obtener un mayor beneficio térmico.

### Específicos

- Valorizar los residuos sólidos urbanos en combustible alternativo.
- Disminuir el uso de combustibles fósiles mediante el uso de combustibles derivados de residuos "RDF" del relleno sanitario de Cuitláhuac.
- Instalar un sistema de trituración de RDF
- Coprocesar residuos conforme a los estándares y normatividades vigentes
- Clasificar los residuos conforme a sus propiedades físico-químicas
- Realizar el montaje conforme a los tiempos de ejecución del proyecto

## 1.4 Definición de variables

- Reconocimiento del área de trabajo.
- Investigar acerca de Las principales normas legales aplicables a los RDF en la UE y en España son las aplicables a los residuos, ya que estos combustibles se siguen considerando residuos hasta su eliminación.
- Instalación de una línea de producción de RDF sólidos de basura municipal.
- Realizar la planificación de los trabajos civiles, mecánicos y eléctricos para la optimización de tiempos de ejecución

- Realizar todas las actividades y trabajos de manera segura para evitar cero lesiones a las personas.
- Llevar a cabo todos los procedimientos constructivos establecidos.
- Tener el control de la clasificación y transporte de los materiales en el sistema.

### 1.5 Hipótesis

Planta Orizaba tiene un proyecto para modernizar el sistema de transporte de sólidos al precalentador en ambos hornos, por lo que prevé incrementar la sustitución térmica y quiere aprovechar la infraestructura de Mareco para buscar una alianza que permita valorizar los RSU clasificados de acuerdo a los estándares de LH y así Obtener como mínimo 60 toneladas al día de RDF triturado.

### 1.6 Justificación del Proyecto

Como sustitutos de combustibles fósiles se puede afirmar que los “RDF” son los más homogéneos y económicos combustibles alternativos de calidad especificada y se está tratando de igualar a los combustibles tradicionales en los hornos cementeros como el coque de petróleo.

### 1.7 Limitaciones y Alcances

- El presupuesto de la inversión de la maquinaria es elevado.
  - Normalmente las contingencias durante el trayecto del material en la carretera (cierre de la circulación por los carros cañeros).
  - Tiempo de respuesta a una posible avería de la maquinaria (Europea así como sus refacciones)
- 
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y así dar un segundo uso a los residuos sólidos urbanos.
  - Recuperar la energía que contienen los residuos que ya no se pueden reutilizar.
  - Sustituir combustibles fósiles con el proceso de alta demanda de energía y un ahorro económico importante en el coste de los combustibles tradicionales.



## 1.8 HOLCIM

LafargeHolcim nació de la fusión de Lafarge y Holcim en 2015. Con más de 180 años de experiencia combinada, nuestro Grupo tiene como objetivo marcar el comienzo de una nueva era de tecnologías e innovaciones de vanguardia en la industria de materiales de construcción para abordar los desafíos del siglo XXI.

### HISTORIA DE HOLCIM

**1912:** Holcim nació con la apertura de una primera planta de cemento en Holderbank (Suiza) por Adolf Gysi, a la que se unió dos años más tarde el visionario industrial Ernst Schmidheiny.

**1922-1931:** Cruzando fronteras. La compañía comenzó a invertir en negocios de cemento en otros países europeos y en Egipto, Líbano y Sudáfrica.

**1942:** Creación de la instalación de investigación y pruebas Technische Stelle Holderbank (Technical Center Holderbank).

**1952-1961:** Una década de mayor expansión. En 1960, tras la entrada en el mercado canadiense, se inauguró una gran planta de producción de cemento en Michigan (EE. UU.). Casi al mismo tiempo, Ernst Schmidheiny invirtió en una pequeña planta cerca de São Paulo (Brasil).

**1962-1991:** Un grupo global. Holderbank comenzó una fase de expansión en América Latina. En 1974, Holderbank hizo su primer movimiento en Asia con una participación en Filipinas. Más tarde, Holderbank comenzó a explorar nuevos mercados: España en 1980 y Europa del Este, China, India y el sudeste asiático a principios de la década de 1990.

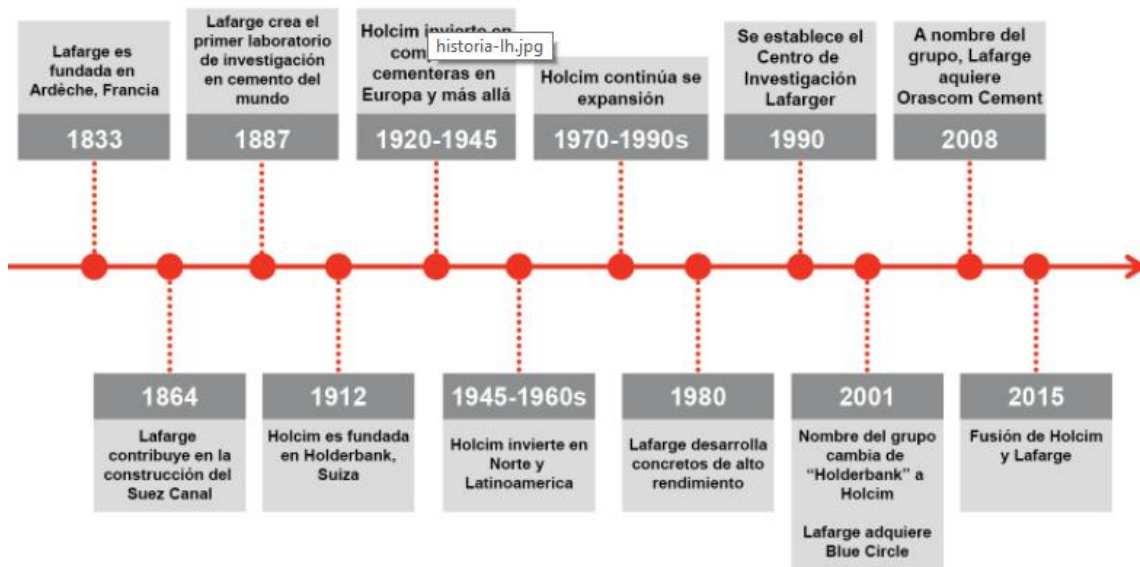
**2001:** El nombre de la compañía fue cambiado a Holcim por una votación en la junta general anual.

**2014:** Holcim y Lafarge anunciaron su proyecto de fusión.

**2015:** Cierre de la fusión, que dio nacimiento a LafargeHolcim, el nuevo líder de la industria de materiales de construcción

## HISTORIA DE LAFARGE

- 1833: Lafarge nació en Le Teil (Ardèche, Francia). Joseph-Auguste Pavin de Lafarge comenzó operaciones regulares de extracción en las canteras de piedra caliza.
- 1864: primer gran proyecto: el canal de Suez. Lafarge ganó el "contrato del siglo" en Egipto y entregó las 200,000 toneladas de cal hidráulica necesaria para construir los muelles del Canal de Suez.
- 1887: el primer laboratorio de investigación del mundo en cemento. Después de su éxito comercial, Lafarge abrió un laboratorio de investigación cerca de Le Teil, Francia. Este laboratorio fue el primero en el mundo en especializarse en cemento.
- 1950s-70s: Expansión internacional en América del Norte y del Sur. A través de construcciones de plantas y adquisiciones de empresas, Lafarge estableció una buena posición en los Estados Unidos, Canadá y Brasil.
- 1980s-90s: globalizando. Lafarge lideró una importante expansión internacional con nuevas operaciones en el África subsahariana y oriental, así como en China, India y Corea del Sur.
- 2008: Adquisición de Orascom Cement. Lafarge adquirió Orascom Cement, el principal grupo cementero de Medio Oriente y la cuenca del Mediterráneo, con posiciones número uno en los principales mercados de Egipto, Argelia, Emiratos Árabes Unidos e Iraq.
- 2014: Holcim y Lafarge anunciaron su proyecto de fusión.
- 2015: Cierre de la fusión, que dio nacimiento a LafargeHolcim, el nuevo líder de la industria de materiales de construcción.



## NUESTROS COMPROMISOS

- Ayudaremos a nuestros clientes a diferenciarse, innovar y ser exitosos
- Ofreceremos a nuestros colaboradores un ambiente de trabajo diverso, incluyente y de respeto, apasionado por crear un entorno de cero daños
- Les entregaremos a nuestros accionistas un valor superior
- Crearemos valor compartido con la sociedad y con las comunidades locales de las que formamos parte

## VISION

Proveer cimientos para el futuro de la sociedad.

## MISION

Queremos ser la compañía líder y de más alto desempeño en la industria de materiales para la construcción

GEOCYCLE MEXICO S.A. DE C.V.

Empresa especializada en el manejo adecuado de los residuos, Proveemos soluciones sustentables para el manejo de residuos para industrias y compañías de servicio, municipios y el sector agrícola. Colaboramos cercanos a ellos, para entender sus requisitos específicos y generamos soluciones a la medida.

Lo hacemos sobre la base de nuestra tradicional e internacional experiencia.

Creemos en un futuro saludable y limpio sin residuos, uno donde la humanidad puede generar mediante la minimización y reutilización de residuos

Organización de servicio de clase mundial

Procuramos una oferta de solución integral a cualquier generador de residuos (sector privado y público)

Parte de una red de gestores de residuos del Grupo Holcim que operan en más de 35 países desde hace más de 30 años

Geocycle dedica sus esfuerzos para avanzar hacia un futuro sin residuos. Al hacerlo, le ofrece el más alto nivel de asesoría y servicio. Nuestro éxito se basa en la capacidad de respuesta a las necesidades de su negocio y las del medio ambiente.

Mientras perseguimos nuestra meta de ayudar a la humanidad a resolver el problema de los residuos, aplicamos estrictos estándares para un correcto manejo de los residuos.

Geocycle es una red de 61 compañías en los cinco continentes, líder mundial en servicios de gestión de residuos. Nacimos a través de actividades pioneras en coprocesamiento de nuestra compañía matriz (LafargeHolcim) durante los años 70's y 80's. Hoy mantenemos una sociedad exclusiva con el Grupo LafargeHolcim, el productor de cemento más grande del mundo. Durante décadas, hemos desarrollado servicios innovadores de gestión de residuos industriales y urbanos para una amplia gama de clientes.

LOS SERVICIOS QUE OFRECEMOS SON:

Análisis y evaluación de los residuos.

Recolección y transporte especializado.

Almacenamiento.

Coprocesamiento de residuos.

Destrucciones fiscales.

Administración de almacenes (inplant).

Recibimos residuos sólidos, líquidos y lodos, tales como: empaques, medicamento caduco, productos fuera de especificación, aceites, agua contaminada, lodos de PTAR, lodos de pintura, tierras impactadas, recortes de perforación, sólidos contaminados, biomasa, entre muchos otros. Por ningún motivo recibimos: Residuos biológico-infecciosos, radiactivos, explosivos, con asbesto.

Geocycle cuenta con instalaciones con la mejor tecnología, personal calificado, laboratorios certificados y una amplia capacidad instalada para dar respuesta a la correcta gestión de los residuos.

El coprocesamiento es nuestra especialidad aplicamos tecnologías probadas y aprovechamos las instalaciones existentes de la industria del cemento para resolver los problemas de los residuos de manera ecológica y responsable, Esto trae beneficios para ti y para el medio ambiente.

## **COPROCESAMIENTO**

“Integración ambientalmente segura de los residuos de una industria o fuente conocida a otro proceso productivo”.

Nos apegamos a los principios de la jerarquía de gestión de residuos de la Directiva del Marco de Residuos de la Unión Europea y la Convención de Basilea, un tratado de las Naciones Unidas que estipula la gestión adecuada de residuos peligrosos. En ellas se describe, en primer lugar, cómo evitar la generación de residuos y cómo disponer de lo que sí se genera de la mejor manera posible.

El coprocesamiento, cuando se combina con una formulación experimentada y prácticas internacionalmente certificadas como las que empleamos en Geocycle, resulta una opción práctica, rentable y ambientalmente mejor que el confinamiento y la incineración.

Estas ventajas son reconocidas internacionalmente y llevaron a la publicación de lineamientos específicos de coprocesamiento conforme a la Convención de Basilea.

## **FORMULACION**

Preparamos los residuos para darles una disposición segura y responsable a través del coprocesamiento. Contamos con las instalaciones, el personal y el conocimiento para

hacerlo, ya sea a través de la trituración, mezcla, homogenización o secado de los materiales de desecho. Nuestros laboratorios cuentan con los equipos para controlar todos los parámetros relevantes, y la capacitación continua que aseguran que nuestros controles de seguridad y calidad cumplen con los estándares más estrictos.

Las materiales son recibidos en los almacenes, posteriormente se muestrean para determinar su análisis químico y físico que se manejan los siguientes productos sólidos, lodos, líquidos y materias primas, los parámetros a determinar principalmente son los siguientes: Poder calorífico, humedad, cloro, azufre. Para las formulaciones de dichos materiales se analiza el poder calorífico, humedad, cloro, azufre y los metales pesados.

El laboratorio cuenta con certificación:

ISO 9001

ISO 14001

OHSAS 18001,

Acreditación ante la Ema.



### Objetivos y metas ambientales

- 1.- Cumplimiento legal 100 %
- 2.- Apariencia visual 90 %

### 3.- Indicadores nivel dos de industria limpia dentro del sistema de gestión 100%

Principales actividades de la empresa, procesos y productos o servicios clave que realiza o proporciona

Es un proveedor líder de servicios de gestión de residuos en todo el mundo. Nacido de las actividades pioneras de nuestro padre Lafarge Holcim en el área de coprocesamiento en los años 1970 y 1980, geocycle es hoy una marca de confianza bajo el paraguas del fabricante de cemento más grande del mundo Lafarge Holcim.

Geocycle México S.A. de C.V es una empresa filial de la Cementera Lafarge Holcim México, compañía que forma parte del Grupo Francés Suizo Holcim, tiene como principal actividad la recepción y preparación de residuos para elaborar combustibles alternos, los cuales se envían a las Plantas Cementeras del Grupo, estos combustibles sustituyen parte del combustible tradicional ya que aportan el poder calorífico necesario en el proceso. A este aprovechamiento se le conoce como Coprocesamiento.

El Coprocesamiento es la integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo

Clientes a quienes servimos:

Alrededor del mundo, damos servicio a 10,000 clientes en 61 países. Atendemos compañías industriales y de servicios, ciudades y firmas de gestión de residuos. Ofrecemos soluciones específicas para distintas industrias y trabajamos con los clientes para garantizar que reciben la solución que necesitan.

Las compañías industriales y de servicios generan distintos tipos de residuos a partir de sus procesos de producción. Al coprocesarlos y darles un nuevo uso, ayudamos a estas compañías a cumplir con sus compromisos sociales y lograr sus metas de crecimiento sustentable.

Sea cual sea la industria – automotriz, productos de consumo, cosméticos, alimentos, petrolera farmacéutica, entre otros – tenemos la capacidad para brindarles soluciones acerca de las maneras más seguras y eficientes para convertir los residuos en una ventaja competitiva.

Todos compartimos la obligación de proteger el medio ambiente. En especial, se espera que las corporaciones y ciudades tomen acciones en este sentido. Al asociarte con un reconocido líder en la gestión de residuos, vives y demuestras tu compromiso.

La tendencia global de adoptar prácticas de negocio sustentables se acelera cada vez más, y mantenerse a la vanguardia tiene sus recompensas.

Conocemos la sustentabilidad porque la vivimos activamente. Todos los días, trabajamos con nuestros clientes para resolver problemas en materia de residuos y así contribuir para mejorar el mundo desde el panorama social, económico y ecológico, al tiempo que contribuimos para el logro de metas ambientales; esto también te ayuda a poner en práctica los valores de tu compañía y, por si fuera poco, a hacer una diferencia global.



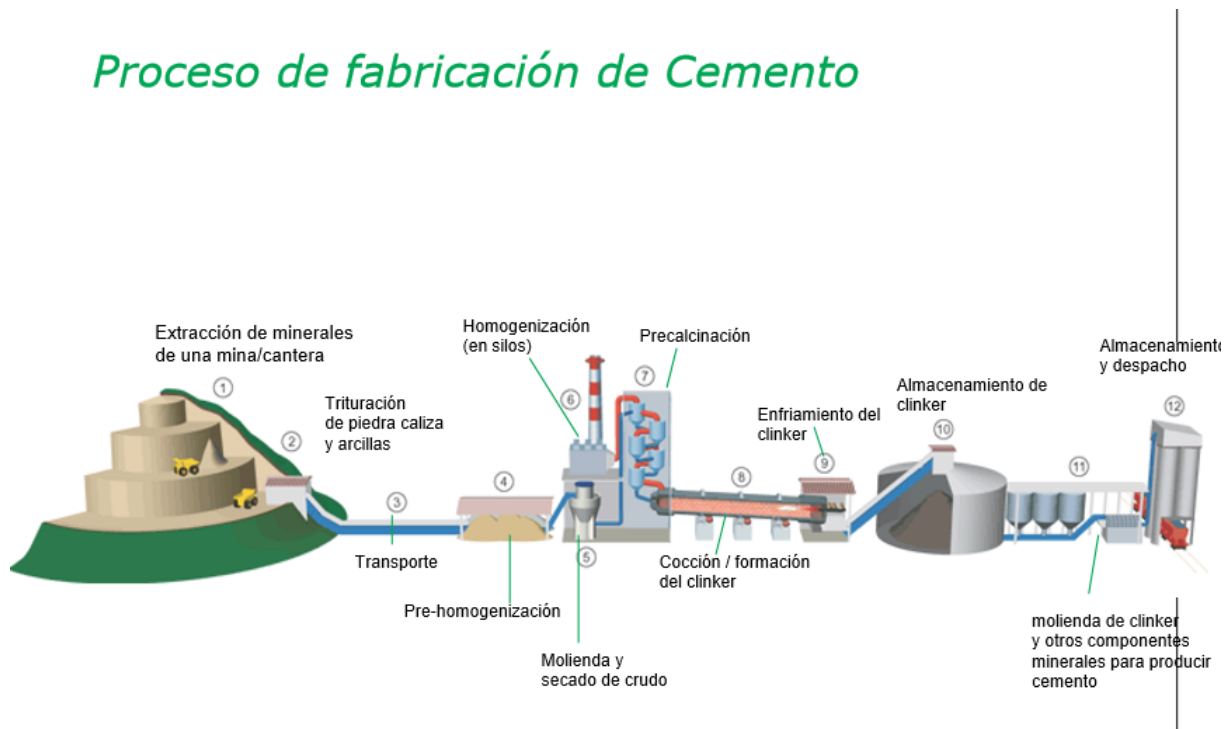
## VISION

Preservar la vida liderando la gestión de residuos

## MISION

Agregar valor a nuestros grupos de relación mediante la excelencia en servicios ambientales y gestión de residuos

## Proceso de fabricación de Cemento



### Primeros pasos del coprocesamiento

- 1974: Planta de Saint Lawrence, Canada (Holcim) realiza pruebas de eficiencia de destrucción de desechos con cloro
- 1978: CimENTS Francais (Desvres) realiza experimentos similares al igual que Stora-Vika (Suecia)
- 1979: Lafarge Group inicia actividades de coprocesamiento en Ohio, USA.

© 2007 Holcim/Switzerland, 23 mayo 2007]20

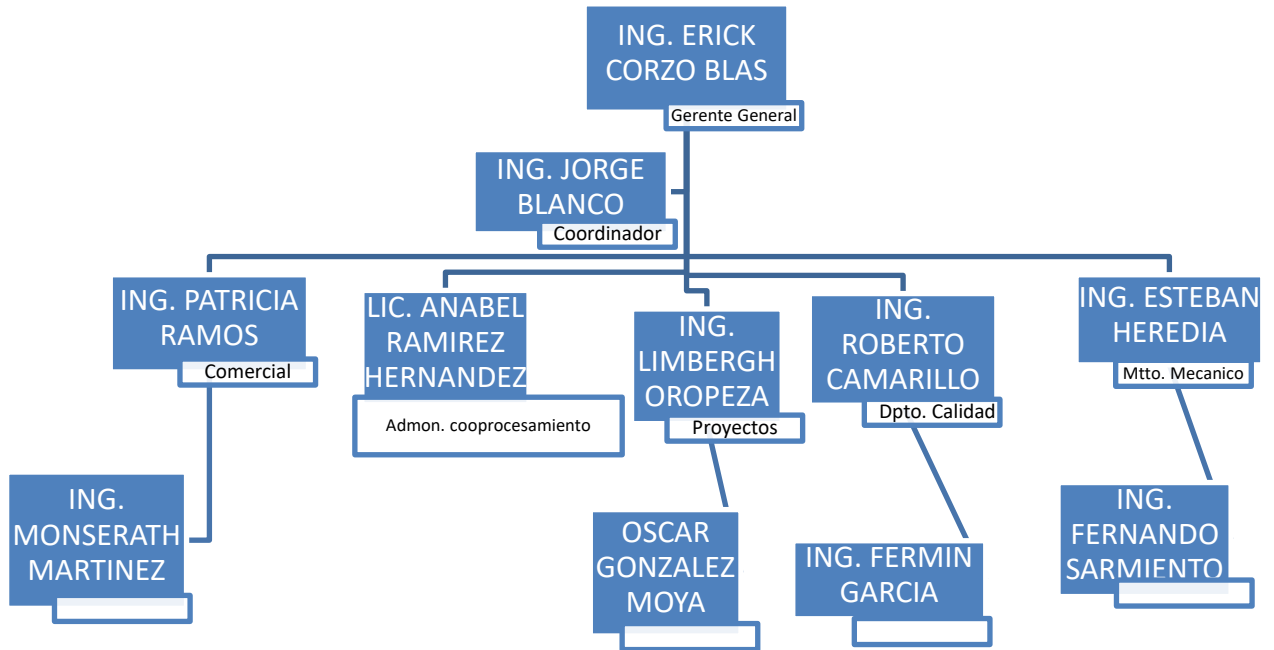
### Otros hechos históricos

- 1995: se reporta que 24 plantas cementeras co-procesaron aprox. 1,000,000 Toneladas de residuos en USA (Moore, 1995)
- 1997: más de 400,000 toneladas de llantas y 600,000 toneladas de desechos líquidos se co-procesaron en la Unión Europea

- 1990: en Japón más de 500,000 toneladas de 26 tipos de residuos se co-procesaron en 3 plantas cementeras
- 1995: el gobierno de Noruega decide promover a la planta de Brevik como el “incinerador” nacional de desechos industriales luego de los excelentes resultados en la destrucción de PCBs

### **PRINCIPALES VENTAJAS**

- No se generan residuos secundarios (el componente orgánico se quema y el mineral se incorpora en el Clinker)
- Altísimas temperaturas de combustión (estables) con relación a otras alternativas (e. Incineración, etc.)
- Los gases de la combustión de residuos se descomponen por la larga permanencia dentro del horno y por las altas temperaturas
- Proceso es sumamente controlado por lo que es posible controlar las emisiones y mantenerlas dentro de los límites permitidos, inclusive mejora las emisiones del horno de cemento
- Permite la valorización de residuos



## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA

1. Curso de inducción.
2. Evaluación sobre seguridad.
3. Reconocimiento del área.
4. Asignación de proyecto.
5. Recolección de información.
6. Investigar acerca de las normas y los combustibles RDF.
7. Reconocimiento del área de trabajo.
8. Instalación de la línea de producción de RDF sólidos de basura municipal.
9. Realizar la planificación de los trabajos civiles, mecánicos y eléctricos.
10. Apoyo y supervisión del montaje.
11. Realizar los trabajos y actividades de manera segura para evitar cero lesiones.
12. Llevar a cabo todos los procedimientos constructivos establecidos.
13. Tener el control de la clasificación y transporte de los materiales.
14. Analizar el rendimiento de operación de la trituradora.
15. Consolidación de reporte final.

## CAPÍTULO 3.

### DESARROLLO DEL PROYECTO

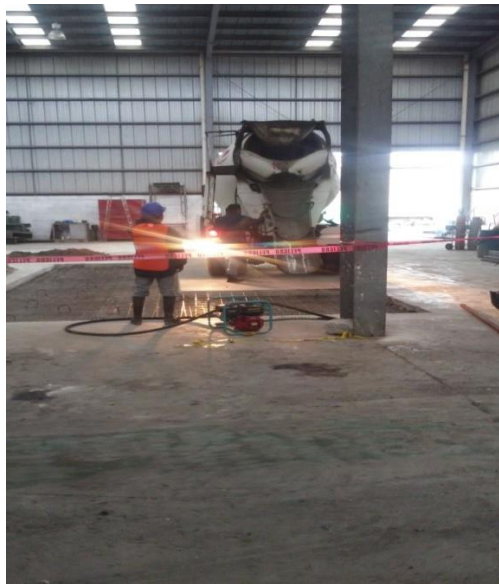
- ACORDONAMIENTO DEL AREA DE TRABAJO.

Se abandero y preparo el área de trabajo para posteriormente rellenar la base demolida con material de concreto a nivel del piso ya terminado.

La actividad la realizaron 7 trabajadores de la compañía de obra civil C.P.M.I.S y el operador de la maquina revolvedora todos ellos con su E.P.P. en buenas condiciones.

Relleno de base demolida de concreto y acabado

Posteriormente se rellenó el lugar de concreto con una revolvedora de la compañía C.Y.T.S.A. con 6 m<sup>3</sup> de concreto FC 300 kg/cm<sup>2</sup>.



- LIMPIEZA DEL ALMACEN DE ESTRUCTURAS Y TOLVAS

Se limpio y remolcaron las tolvas con camion torton y montacargas para despejar el area de trabajo

Tolvas acomodadas afuera del almacén

Se acomodaron las tolvas afuera del almacén con el camión tortón

El almacén tenía que quedar limpio y sin fierros que estaban dentro para poder empezar con los trabajos de montaje de la línea de producción de la maquina trituradora.



- DESMONTAJE DE ESTRUCTURAS CON RETROEXCAVADORA

Se ocupó la máquina retroexcavadora para desmontar las estructuras que se encontraban dentro de la fosa.

Área despejada y acordonamiento de la zona.



## Instalación de una línea de producción de RDF a partir de residuos sólidos urbanos clasificados.

---

- **RELLENO DE FOSA CON RETROEXCAVADORA Y APLANADO**

Posteriormente de desmontar las estructuras de la prensa que se cortaron con soplete de autógena se rellenó la fosa con escombros y con tierra con la máquina retroexcavadora.

En esta actividad solo participaron el operador de la retroexcavadora, el guía que le daba las señales de la operación y 5 trabajadores de la compañía contratista.



8 DE MARZO DEL 2018

- **LIMPIEZA DEL ALMACEN CON MONTACARGAS Y ESCOBAS**

Se escombros el almacén con escobas después de la actividad realizada.

Se removieron las estructuras con el montacargas para despejar el área.





- RECEPCION DE GRUA DE LA EMPRESA GRISA

Grúa de la empresa GRISA de 80 toneladas

Posicionamiento de la grúa en el lugar adecuado para su correcta maniobra.

Pruebas y anclaje de la grúa

El operador realizó el anclaje en el lugar destinado de la grúa y posteriormente inspeccionó la máquina y realizó pruebas de maniobra antes de la ejecución de los equipos.



- \*RECEPCION DE LOS TRAILERS Y CONTENEDORES

Llegada de los 3 tráileres con la maquinaria.

Se recibieron los contenedores con la maquinaria y sus aditamentos adicionales.





- DESCARGA DE LA MAQUINARIA Y LOS EQUIPOS CON GRUA Y MONTACARGAS. Se cortaron los seguros que tenían los contenedores para posteriormente ser levantados con un patín, ser descargados con montacargas y después ser acomodados en el almacén.



9 DE MARZO DEL 2018

- DESCARGA DE LA TRITURADORA CON GRUA.

Maniobra de la grua para posicionarla en el lugar destinado y marcado.

También se destinó con anticipación el lugar en donde estaría la trituradora junto con las bandas transportadoras del material, toda la maniobra se realizó con precaución y el E.P.P. de los trabajadores.



## Instalación de una línea de producción de RDF a partir de residuos sólidos urbanos clasificados.

---

- REVISION DEL MATERIAL DE LA TRITURADORA Y BANDAS PARA SU INSTALACION.

Posteriormente de la descarga de las cajas se verificaron que estuvieran en buen estado y con la hoja de recepcion.



## CAPÍTULO 4

### 4.1 Resultados

#### PRUEBA DE PRODUCCION EN MARECO INSTALACION ACTUAL

Peso	Entrada Ton	# Viaje de Salida Mareco	Producción material clasificado	%	Producción	Rechazo Trommel/Clasificación manual Ton.	% Aprovechable	Viaje de salida	Peso Ticket Ton.
Ton	Lote		Ton	Aprovechable	Ton			Salida	
8	29	1	12	0.414	7.81	9	68%	1	19.81
7									
7									
7									
7	29	1	13	0.448	7.46	8	71%	2	20.46
8									
8									
6									

### Conclusiones

En base a las pruebas realizadas y como se muestra el ejemplo en la tabla se puede observar que en la primera prueba se recibieron 29 toneladas de RSU clasificado, del cual en el primer filtro de las bandas de clasificación obteniendo 12 toneladas, para posteriormente tener la producción del material ya clasificado a triturar de 7.81 toneladas, teniendo como resultado final de material triturado 19.81 toneladas, y así un aprovechamiento de residuos de 68%.

En la segunda prueba realizada igual se recibieron 29 toneladas, del cual en las bandas clasificadoras obteniendo 13 toneladas, posteriormente se trituraron 7.46 toneladas, obteniendo como resultado final 20.46 toneladas de material triturado, y un aprovechamiento de 71%.

## BIBLIOGRAFÍA

EUROPEAN RECOVERED FUEL ORGANISATION. 2013. En <http://erfo.info>.

COMISIÓN EUROPEA. 2006 Prevención y control integrados de la contaminación. Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para la incineración de residuos. Instituto de Estudios Tecnológicos Prospectivos

[geocyclemx@geocycle.com](mailto:geocyclemx@geocycle.com)

<http://www.geocycle.com.mx>