



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
ESCUELA SUPERIOR DE CD. SAHAGÚN



**Cuerpo Académico –
Estudios y Optimización de Sistemas**
LGAC-Modelado, Simulación y Optimización de
Sistemas

La Arena Residual de Fundición y su Revalorización para la Industria de Construcción

INFORME TÉCNICO

Beneficiarios del proyecto:

OROPEZA CORTES RAMSÉS
SÁNCHEZ PUERTO ERICK ABISAÍ
AVILES REYES RICARDO

Responsables del proyecto

M. en C. Isaías Simón Marmolejo
M. en C. Rafael Granillo Macías
M. en C. Isidro Jesús González Hernández

Carrera: Ingeniería Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

Escuela Superior de Cd. Sahagún, mayo de 2012

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Características de las arenas residuales.....	3
1.2 Reciclaje de arenas residuales.....	3
OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	4
1. Objetivo General.....	4
2. Objetivos Específicos.....	4
HIPÓTESIS.....	5
DESARROLLO.....	6
Planteamiento del Problema.....	6
Justificación.....	8
Proceso de Fundición.....	8
Caracterización de la Arena Residual.....	10
1. Protocolo de muestreo.....	10
2. Procedimiento para evaluación de conformidad.....	11
3. Resultados de laboratorio.....	11
RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS.....	15
RESULTADOS ESPERADOS.....	15
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	16
CONCLUSIONES.....	17
ANEXOS.....	19

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos industriales (arenas de fundición) se ha incrementado en los últimos años en una relación directa a los niveles de riqueza y de avance de la tecnología de producción. A esta situación han colaborado varios factores entre los que fundamentalmente se pueden destacar el aumento del consumo, la obsolescencia, la mayor productividad y la facilidad y bajo costo de los vertederos en países subdesarrollados. En esta situación existen dos caminos posibles y simultáneos: la reducción en la generación y la mitigación mediante el fomento de la *reutilización o del reciclaje*. Los materiales industriales no especiales, tales como las arenas de moldeo son productos valiables de procesos industriales, que pueden ser ampliamente utilizados en la industria de la construcción [1, 2].

1.1 Características de las arenas residuales

La composición de las arenas residuales es variable dependiendo de las diversas etapas del proceso, de los materiales utilizados y de las tecnologías utilizadas en el proceso de fundición.

De todas formas, los aspectos más importantes en la calidad de estas arenas son los restos de metales pesados provenientes del material de fundición (cobre, plomo, níquel) y los aglomerados químicos utilizados en buena parte de las arenas de moldeo (fenol formaldehído).

Si estos contaminantes están en concentraciones muy altas, se pueden producir efectos negativos tanto en la salud de las personas como en los ecosistemas.

1.2 Reciclaje de arenas residuales

Existen dos formas de revalorizar las arenas residuales de fundición no peligrosas: *reutilización y reciclaje*.

Mientras la primera corresponde a la etapa de recuperación, la segunda consiste en *darle un uso distinto a las arenas residuales*.

Son múltiples los usos que se le puede dar la arena residual de fundición no peligrosa, incluyendo la fabricación de cemento y asfalto, la cobertura de rellenos sanitarios y agricultura [3,4], ver la tabla siguiente.

Tabla 1. Utilización de la arena residual de fundición en México y otros países, con base en: Claro et. al. 2006 "Uso de Arenas de Moldeo Residuales como Adiciones en la Industria de la Construcción".

Uso	Estados Unidos	Alemania	Australia	Canadá	México (propuesta)	España (pruebs)
Cemento	✓	✓			✓	✓
Hormigón	✓					✓
Ladillos	✓				✓	
Material de relleno	✓	✓	✓		✓	
Base	✓	✓			✓	
Asfalto	✓	✓		✓	✓	✓
Relleno sanitario		✓				
Agricultura			✓			
Compost	✓					

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1. Objetivo General

Establecer los criterios que permitan reutilizar la arena residual fundición de la empresa ASF-K "DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.", como materia prima para utilizarla como agregado en la industria de la construcción o como material para la agricultura (composta).

2. Objetivos Específicos

- Revisar si en la literatura existe alguna normatividad internacional o nacional que respalde los estudios y describan los residuos Industriales no peligrosos.
- Revisar si en México existen permisos de las autoridades ambientales para utilizar la arena residual como materia prima para otros productos.
- Caracterizar a la arena residual.
- Estudiar la factibilidad de reutilizar la arena residual en la producción de materia asfáltica, material para la construcción, material para la agricultura, de relleno sanitario o composta.

- Definir la tecnología y/o procesos de tratamiento de la arena residual adecuados para lograr su inertización a fin de inactivar o minimizar su potencial naturaleza química para su posterior utilización.
- Establecer las etapas del proceso para la reutilización de la arena de fundición.
- Someter al producto final obtenido a base de la arena residual a diversos análisis con la finalidad de determinar su factibilidad técnica para ser empleado.

HIPÓTESIS

Probar que la arena residual puede ser empleada en la producción de tabiques.

METODOLOGÍA

1. Investigación documental (EPA de Estados Unidos “arenas residuales de fundición”, secretaría de comunicaciones y transporte, Secretaria de Ecología del estado de Hidalgo, Leyes Mexicanas desprendidas del testimonio No. 42596., Ecología y de Control de Contaminación Ambiental, etc.)
2. Generación de arenas residuales en la fundición.
 - Describir cual es el proceso de fundición que emplea la empresa
 - Hacer diagramas de flujo
 - Determinar cuáles son los tipos de residuos sólidos que genera el proceso de fundición y en que porcentajes. (ejemplos: arena, escoria, polvo, etc.)
 - Describir el problema ambiental que representa la arena residual.
3. Características de la arena residual
 - Describir cual es la composición de la arena residual por microscopía óptica (OM), electrónica de barrido (SEM), análisis químicos semicuantitativos por dispersión de energía de rayos X (EDS)
 - Identificar en cantidades proporcionales los componentes de la arena residual, tales como; los metales pesados (cobre, plomo, níquel, etc.) y los aglomerantes químicos (fenol, formaldehidos, etc.)

4. Reciclaje de la arena residual

- Definir si la arena residual es o no “*arena de fundición no peligrosa*” ¿la arena residual están en condiciones tales que puedan producir efectos negativos tanto en la salud de las personas como en el ecosistema de la región?
- Determinar la forma en que podrían revalorizarse (reutilización o reciclaje) la arena residual de fundición, si es que no es peligrosa.
- Describir cómo es que se recupera y reutiliza actualmente la arena residual.
- Buscar alternativas que le den un uso distinto a la arena residual (fabricación de cemento, cobertura de rellenos sanitarios, la agricultura, composta, etc.)

5. Pruebas piloto a nuevos prototipos de productos elaborados a partir del reciclaje de la arena residual.

- Elaboración de productos alternativos
- Caracterización de productos terminados por medio de las pruebas: OM, SEM, Lixiviación y medidas de dilatación lineal permanente, porosidad, peso específico y microdureza Vickers.
- Determinación final del nuevo producto a procesar a partir del reciclado de arena sílica.

6. Etapas del proceso para la reutilización de la arena de fundición

- Recepción de la arena residual y almacenamiento
- Separación primaria
- Separación de impurezas metálicas (electroimán)
- Harneo
- Chancado o triturado
- Incorporación al nuevo producto a procesar.

DESARROLLO

Planteamiento del Problema

ASF-K DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. es una empresa la cual pertenece al corporativo Amsterd Rail, y está ubicada en el Corredor Industrial s/n, Ciudad Sahagún, Municipio de Tepeapulco, estado de Hidalgo, es una empresa dedicada la fabricación de piezas de acero para vagones de carga ferroviarias (Yugo, Muela, Acoplador, Bastidor, Travesero y Draft Sill), a través de los procesos de fundición,

moldeo y acabado, además es abastecida con chatarra como materia prima en la fundición. Los objetivos de la empresa son asegurar el cumplimiento de los requerimientos especificados, asegurar la prevención temprana, detección y disposición de los productos no conformes y facilitar la mejora continua de productos, procesos y sistemas.

Para la fabricación de los moldes y corazones se aplica un sistema autofraguante con resina, catalizadores, amina y pintura, cuyo objetivo es conseguir la aglutinación apropiada y suficiente de las arenas para lograr un molde de características adecuadas. Los aglutinantes constan de dos componentes: la resina fenólica alcalina que se añade entre 1,3 y 1,6 % del peso de arena y la triacetina, empleada como catalizador, añadida entre un 20 y 25% del peso de resina.

En el proceso se generan residuos en la etapa de fundición, moldeo de acero, desmolde de piezas y acabado de piezas, los cuales podrían ser peligrosos por las características de toxicidad y corrosividad de la resina y el catalizador. Datos de la empresa describen que, diariamente se adicionan 20 toneladas de arena nueva y la empresa opera con alrededor de 3500 toneladas de arena reciclada, es decir el 99.94% de la arena usada se recicla al mismo proceso y el 0.06 % se desecha. Estos desechos (arena sílica quemada) corresponden a la porción de la arena que estuvo expuesta a tensiones y efectos térmicos en un promedio de siete ciclos de reutilización, por lo cual presentan granos fracturados y aglutinantes quemados, escoria, escombros (virutas y chatarra) y polvos retenidos en filtros de mangas, en fundiciones no ferrosas además se pueden generar residuos peligrosos y contaminados con plomo, cobre, níquel y zinc, con frecuencia en elevadas concentraciones totales y extraíbles, provenientes principalmente de la escoria. Los residuos (arena sílica quemada) son dispuestos a la empresa EXPROMAT, S.A. DE C.V., la cual se obliga a transportar y entregar los residuos industriales no peligrosos a la cementera Cruz Azul ubicada en Palmar del Bravo, estado de Puebla quien a su vez se encarga de su confinamientos con la debida autorización por parte de las Autoridades correspondientes. La cantidad de residuos sólidos no peligrosos (arena sílica quemada) asciende a un total de 600 toneladas mensuales, esto es, 30 tolvas mensuales, cada una con una capacidad de 20 toneladas.

Entonces, dentro del sector de fundiciones, los mayores problemas ambientales son las emisiones atmosféricas y los residuos sólidos.

Justificación

La justificación de esta investigación reside en la posibilidad de la reutilización de estos desechos de arena silica, en lugar de **disponerlos al medio ambiente (rellenos sanitarios) o pagar fuertes cantidades de dinero por el transporte a confinamiento en la empresa cementera Cruz Azul**, ya que la factura por el transporte de la arena silica quemada cobrada por la empresa EXPROMAT, S.A. DE C.V., es aproximadamente de un total de \$45,000.00 mensuales o bien se cobra \$1,500.00 por tolva movida.

Impacto ambiental, Reducción de la contaminación atmosférica de la región y evitar la contaminación de los mantos acuíferos.

Impacto Científico, Valorizar y dar una utilizad distinta a la arena silica desechada por la empresa ASF-K DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.

Impacto Económico, Lograr un producto sustentable que apoye a la economía de las familias de la región y el Estado, además de establecer las bases para el diseño de un proyecto productivo que pueda ser financiado y puesto en marcha para dar trabajo a ciudadanos de la región.

Impacto Tecnológico, Determinar la tecnología necesaria para crear un sistema productivo que logre productos innovadores y de buena calidad.

Proceso de Fundición

En la figura 1, se puede observar el proceso general de fundición de la empresa ASF-K DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V., el cual describe desde el almacén de chatarra y arena nueva hasta la obtención de piezas terminadas y la clasificación entre la recolección de arena reciclada y la arena residual. Dentro del proceso de fundición podemos observar los siguientes pasos básicos para la elaboración de piezas de acero para vagones de carga ferroviarias:

- a) Patio de chatarra
- b) Clasificación por tipo (ligera, placa y chicharrón)
 - Inspección (propiedades metalográficas y radiación)
- c) Fusión, colocación de ollas con chatarra en hornos de arco eléctrico
 - Inyección de oxígeno, agregado de alecciones como carbón, aluminio, manganeso y ferrosilicio, etc.

- d) Almacén de arena de fundición nueva
- e) Fabricación de moldes y corazones
- f) Aviciado, el acero es vaciado en ollas precalentadas para después verterlo en moldes de arena
- g) Enfriamiento, el hierro fundido es enfriado y solidificado
- h) Desmolde de piezas
- i) Acabado de piezas
- j) Entrega de piezas
- k) Recuperación de arena

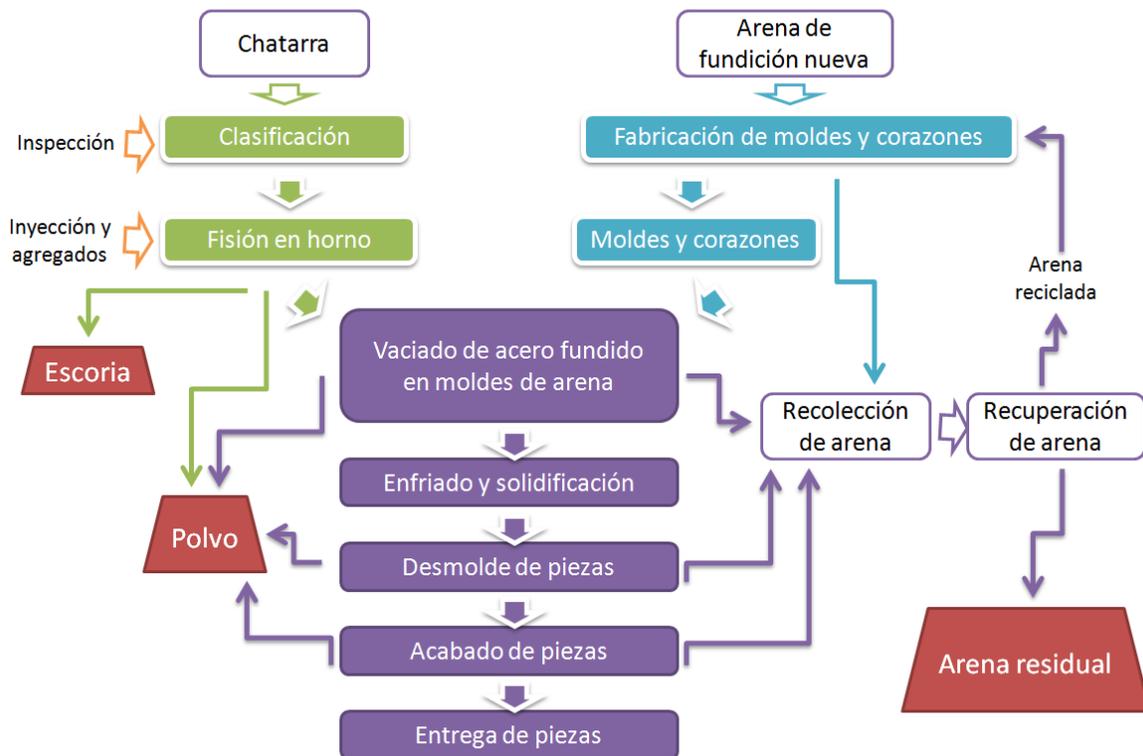


Figura 1. Diagrama de flujo de la arena de fundición, con base en: Claro et. al. 2006 “Uso de Arenas de Moldeo Residuales como Adiciones en la Industria de la Construcción”.

En el proceso anterior podemos ver que los principales residuos son: arena, polvo, escoria, de los cuales evidentemente se puede decir que la arena residual es la que se genera diariamente con un mayor volumen (aproximadamente 600 toneladas mensuales).

Caracterización de la Arena Residual

Para poder caracterizar la arena residual y definir si por sus componentes es peligrosa o no, y para determinar si es posible utilizarla como agregado a un nuevo producto para la construcción se realizaron las siguientes actividades por parte del laboratorio certificado **LAQUMISA**:

1. Protocolo de muestreo

Se realizaron visitas previas al lugar del muestreo, así como el llenado del cuestionario (formato FOMRI-001), para conocer las características físicas de la arena residual y también las condiciones en que se encuentra esta. De la misma forma el plan de muestreo fue determinado a partir de la cantidad total a muestrear y el equipo utilizado para muestreo sólido.

La muestra se tomó considerando las siguientes condiciones: En el área de almacenamiento temporal (sitio al aire libre, ver anexos) de arena sílica residual, se tienen montículos de residuo de aproximadamente 15 toneladas, de los cuales se procedió a tomar 20 muestras variadas sobre la superficie de los montículos y a 50 cm. de profundidad con una cucharilla de acero inoxidable, el total de las muestras fueron depositadas en una bandeja de plástico donde se homogeneizaron perfectamente, posteriormente el material recolectado se redujo por cuarteo hasta tener aproximadamente 5 kg., mismos que fueron empleados para llenar 3 recipientes de vidrio con capacidad de 1 L., estos recipientes fueron sellados e identificados como volátiles, generales y pruebas preliminares.

Cada una de las muestras se identificó con la siguiente información:

- Sólido arenoso de color gris oscuro
- Nombre, número o clave de la muestra
- Fecha y hora de muestreo
- Parámetro(s) a determinar

El equipo utilizado para el muestreo corresponde al control de equipo de campo "FO-CEC-RS-002"

2. Procedimiento para evaluación de conformidad

Lo aquí descrito ilustra las pruebas realizadas de conformidad con los procedimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 en el criterio 6.4.1, en intención de establecer las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos que establece la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

3. Resultados de laboratorio

Los resultados de las pruebas efectuadas y de la información recabada al residuo identificado como: LQR-09218/11-2 "Arena silica quemada" se resume a continuación:

Tabla 2. Resultados de lapso de análisis: Del 07 al 22 de septiembre de 2011.

Parámetro	Numeral (NORMA-052-SEMARNAT-2005)	Resultados	Unidad	L.M.P	L.P.C.	Dictamen
CORRISIVIDAD						
pH en Líquidos	7.2.1	N.A.1	pH	2>pH<12.5	N.A	Cumple
pH en Sólidos	7.2.2	9.38	pH	2>pH<12.5	N.A.	Cumple
Velocidad de corrosión	7.2.3	N.A.1	Mm/año	<6.35	N.A.	Cumple
REACTIVIDAD						
Reaccionan con el aire	7.3.1	No se inflama	N.A.	No se inflama	N.A.	Cumple
Reacción con agua	7.3.2	No reacciona	N.A.	No reacciona	N.A.	Cumple
Reacción con aire	7.3.3	No reacciona	N.A.	No reacciona	N.A.	Cumple
Cianuro reactivos	7.4.3	< 95.99	Mg HCN/kg	250	95.99	Cumple
Sulfuros reactivos	7.4.3	< 43.64	Mg H ₂ S /kg	500	43.64	Cumple
TOXICIDAD AL AMBIENTE	7.5	Ver tabla 4				
INFLAMABILIDAD						
Alcohol	7.6.1	< 24	%	< 24	N.A.	Cumple
Punto de inflamación	7.6.1	N.A.1	°C	Liq.>60.5	0.5	Cumple
	7.6.3	No cambia	N.A.	No cambia	N.A.	Cumple
	7.6.3	N.A.1	%	>13 %	1%	Cumple
	7.6.4	N.A.1	N.A.	Negativo	N.A.	Cumple
L.M.P.= limite máximo permisible que establece la NOM-052-SEMARNAT-2005 N.A. = No aplica N.A. ¹ = No aplica por tratarse de un sólido N.D. = No detectado L.P.C. = Límite práctico de Cuantificación						

Tabla 3. Resultados de metales

Parámetro	Método de prueba	Unidad	Resultado	L.M.P.	L.P.C.	Dictamen
Arsénico	EPA7062	mg/L	< 0.0020	5.00	0.0020	Cumple
Bario	EPA7000B	mg/L	< 2.0000	100.00	2.0000	Cumple
Cadmio	EPA7000B	mg/L	< 0.2000	1.00	0.2000	Cumple
Cromo	EPA7000B	mg/L	< 0.2000	5.00	0.2000	Cumple
Mercurio	EPA7470A	mg/L	< 0.0025	0.20	0.0025	Cumple
Plata	EPA7000B	mg/L	< 0.2000	5.00	0.2000	Cumple
Plomo	EPA7000B	mg/L	< 1.0000	5.00	1.0000	Cumple
Selenio	EPA7742	mg/L	< 0.0020	1.00	0.0020	Cumple

L.M.P. = Límite máximo permisible que establece la NOM-052-SEMARNAT T-2005
 < = Menor al limite N.A. = No aplica L.P.C. = Limite Practico de Cuantificación

Tabla 4. Toxicidad al ambiente LQR-09218/11-2

Parámetro	Método de prueba	Resultado	Unidad	L.M.P.	L.C.	Dictamen
TOXICIDAD						
Benceno	EPA 8260 B	< 0.0080	mg/L	0.50	0.0080	Cumple
Clorobenceno	EPA 8260 B	< 0.0123	mg/L	100.00	0.0123	Cumple
Cloroformo	EPA 8260 B	< 0.0108	mg/L	6.00	0.0108	Cumple
Cloruro de vinilo	EPA 8260 B	< 0.0084	mg/L	0.20	0.0084	Cumple
1,4-Diclorobenceno	EPA 8270 D	< 0.0045	mg/L	7.50	0.0045	Cumple
1,2-Dicloroetano	EPA 8260 B	< 0.0068	mg/L	0.50	0.0068	Cumple
1,1-Dicloroetileno	EPA 8260 B	< 0.0084	mg/L	0.70	0.0084	Cumple
Hexaclorobenceno	EPA 8270 D	< 0.0060	mg/L	0.13	0.0060	Cumple
Hexaclorobutadieno	EPA 8270 D	< 0.0027	mg/L	0.50	0.0027	Cumple
Metil etil cetona	EPA 8260 B	< 0.0052	mg/L	200.00	0.0052	Cumple
Piridina	EPA 8260 B	< 0.0058	mg/L	5.00	0.0058	Cumple
Tetracloroetileno	EPA 8260 B	< 0.0089	mg/L	0.70	0.0089	Cumple
Tetracloruro de carbono	EPA 8260 B	< 0.0054	mg/L	0.50	0.0054	Cumple
Tricloroetileno	EPA 8260 B	< 0.0057	mg/L	0.50	0.0057	Cumple
Ac.2,4-Diclorofenoxiacético	EPA 8151 A	< 0.0011	mg/L	10.00	0.0011	Cumple
Ac.2,4,5-Triclorofenoxipropiónico	EPA 8151 A	< 0.0006	mg/L	1.00	0.0006	Cumple
Clordano	EPA8081 B	< 0.0003	mg/L	0.03	0.0003	Cumple
o-Cresol	EPA 8270 D	< 0.0043	mg/L	200.00	0.0043	Cumple
m,p-Cresol	EPA 8270 D	< 0.0054	mg/L	200.00	0.0054	Cumple
Cresol	EPA 8270 D	< 0.0097	mg/L	200.00	0.0097	Cumple
2,4 Dinitrotolueno	EPA 8270 D	< 0.0051	mg/L	0.13	0.0051	Cumple
Endrin	EPA 8270 D	< 0.0054	mg/L	0.02	0.0045	Cumple
Epóxido de Heptacloro	EPA 8270 D	< 0.0043	mg/L	0.008	0.0043	Cumple
Heptacloro	EPA 8270 D	< 0.0047	mg/L	0.008	0.0047	Cumple
Hexacloroetano	EPA 8270 D	< 0.0029	mg/L	3.00	0.0029	Cumple
Lindano	EPA 8270 D	< 0.0055	mg/L	0.40	0.0055	Cumple
Metoxicloro	EPA 8270 D	< 0.0035	mg/L	10.00	0.0035	Cumple
Nitrobenzeno	EPA 8270 D	< 0.0025	mg/L	2.00	0.0025	Cumple
Pentaclorofenol	EPA 8270 D	< 0.0022	mg/L	100.00	0.0022	Cumple
Toxafeno	EPA 8081 B	< 0.0001	mg/L	0.50	0.0001	Cumple
2,4,5-Triclorofenol	EPA 8270 D	< 0.0024	mg/L	400.00	0.024	Cumple
2,4,6-Triclorofenol	EPA 8270 D	< 0.0020	mg/L	2.00	0.0020	Cumple

NOTAS:
 L.M.P. = Límite máximo permisible que establece la NOM-052-SEMARNAT-2005
 N.A. = No aplica L.C. = Límite de cuantificación
 EPA = Environmental Protection Agency.

Pruebas C.R.I.T

Una vez obtenidas las muestras, se procedió a realizar las pruebas CRIT¹ arena silica residual, con el empleo del equipo siguiente:

- Absorción atómica, marca Perkin Elmer, modelo 3100, serie 139649 y/o Analist 700 serie 700S7100501.
- Cromatógrafo de gases con captura de electrones modelo Clarus 500, serie: 650N4030907, marca Perkin Elmer.
- Cromatógrafo de gases modelo AutosystemXI, serie: 610N2011405, acoplado a espectrómetro de masas, marca Perkin Elmer, modelo Turbomass Gold, serie: 64N2010801.

Tabla 5. Resultados de la prueba C.R.I.T.

Estudios C.R.I.T.			
Corrosividad	Reactividad	Tóxico al ambiente	Inflamabilidad
No es corrosivo	No es reactivo	No es tóxico	No es inflamable

Criterio 6.4.1

De acuerdo a lo que establece la NOM-052-SEMARNA-2005² en el Criterio 6.4.1:

- a) Con respecto a las características de Explosividad ésta debe de estar basada en el conocimiento del origen o composición del residuo, para considerarse que es un producto explosivo.

El Parametro de explosividad No es acreditable por no estar referido a un método específico de ensayo, oficio de “ema” No. GLE506/2004,05,19.

¹ CRIT es el acrónimo de clasificación de las características a identificar en los residuos peligrosos y que significa: corrosivo, reactivo, inflamable y tóxico ambiental. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

² **NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005**, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos

- b) Biológico infeccioso, de acuerdo a lo que establece la norma NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002³ en su punto cuatro “Clasificación de los residuos peligrosos biológicos infeccioso”, si el residuo esta dentro de la clasificación que indica ésta norma se considera residuo peligroso en Biológico Infeccioso.

Tabla 6. Criterio 6.4.1

Criterio 6.4.1	
Explosividad	Biológico Infecciosos
No presenta características de Explosividad	No presenta características de Biológicos Infecciosos

Considerando los resultados de laboratorio del estudio C.R.I.T. y el Criterio 6.4.1:

El residuo No es peligroso

- * Oficio de Acreditación de la rama de Residuos “ema” No. FRA-0145-007/08. I.Q.I. Nayeli Chavarría Chávez, Coordinadora de Cromatografía, Laboratorio LAQMISA, FO-REP-004-00. Vigencia hasta 03-12-2012.

³ **NORMA Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002**, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.

RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS

- Equipo necesarios para realizar las siguientes pruebas a la arena residual (microscopía óptica (OM), electrónica de barrido (SEM), análisis químicos semicuantitativos por dispersión de energía de rayos X (EDS)).
- Equipo necesarios para realizar las siguientes pruebas a los productos propuestos elaborados a partir de la arena residual (OM, SEM, Lixiviación y medidas de dilatación lineal permanente, porosidad, peso específico y microdureza Vickers)
- Tres alumnos de licenciatura, dos dedicados a la recolección de información, obtención de muestras de arena silica residual y redacción del informe técnico, y uno más responsables de realizar las pruebas antes mencionadas a las muestras de arena silica residual.
- Profesores Investigadores, supervisión de la recolección de información y realización de pruebas de la arena silica residual en laboratorio.
- Recurso económico necesario para las distintas pruebas de laboratorio y gastos de transporte para pruebas.

RESULTADOS ESPERADOS

Someter al menos un producto final obtenido a base de la arena residual a diversos análisis con la finalidad de determinar su factibilidad técnica para ser empleado.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 7. Descripción del programa de actividades relacionadas con el presente proyecto de investigación.

ACCIONES	REF. DE META	PROGRAMACIÓN												ENTREGABLES	
		2011	2012					2013							
		Ago-Dic	Ene - Feb	Mar - Arb	May - Jun	Jul - Ago	Sep - Oct	Nov - Dic	Ene - Feb	Mar - Arb	May - Jun	Jul - Ago	Sep - Oct		Nov - Dic
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
1. Investigación documental	UNICA														Lista de integrantes
1.1 Revisión de normas nacionales e internacionales															Minuta de investigación
2. Generación de arenas residuales en la fundición	UNICA														Reporte
2.1 Descripción del proceso de fundición que emplea la empresa															
2.2 Determinación de los tipos de residuos sólidos															
2.3 Descripción del problema ambiental que representa la arena residual.															
3. Características de la arena residual	SECUENCIA														Reporte
3.1 Identificación de cantidades proporcionales de los componentes de la arena residual															
4. Reciclaje de la arena residual	SECUENCIA														
4.1 Definir si la arena residual es o no "arena de fundición no peligrosa".															
4.2 Determinar la forma en que podrían revalorizarse															Presentación de Av.
4.3 Describir cómo es que se recupera y reutiliza actualmente la arena residual.															
4.4 Buscar alternativas que le den un uso distinto a la arena residual															
5. Pruebas piloto a nuevos prototipos de productos elaborados a partir del reciclaje de la arena residual.	SECUENCIA														Reporte
5.1 Elaboración de productos alternativos															
5.2 Caracterización de productos terminados															
5.3 Determinación final del nuevo producto															
6. Etapas del proceso para la reutilización de la arena de fundición	SECUENCIA														Presentación de Av.
6.1. Determinación del proceso de producción															
7. Identificar y definir distintos empleos de la arena residual, regresar al punto 3	SECUENCIA														Reporte

CONCLUSIONES

El medio ambiente es transformado y deteriorado por el hombre en conjunto con los corporativos industriales. La necesidad de concientizar a las personas de que estos acontecimientos traerán consecuencias positivas y negativas es de suma importancia. Una de las responsabilidades industriales es minimizar al máximo los impactos ambientales causados por los distintos desechos que estas expiden día con día, sin embargo, la carencia de conocimiento y falta de investigación de calidad tornan esta situación en un problema latente. Buscando establecer un equilibrio ecológico que beneficie al conjunto de la sociedad, la Escuela Superior de Ciudad Sahagún de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo realiza acciones responsables que permitan establecer los criterios para reutilizar la arena residual de fundición (desechos sólidos) de la empresa ASF-K “DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.”, como materia prima para utilizarla como agregado en la industria de la construcción o como material para la agricultura.

1. La investigación realizada hasta el momento indica que es factible la utilización de arena residual de fundición como materia prima, para la obtención de productos alternativos en la industria de la construcción.
2. El primer producto con el que se desea experimentar es con ladrillos rojos, esto porque investigaciones y proyectos exitosos en México y otros países del mundo han reportado oportunidades de negocio.
3. Las próximas etapas del proyecto implican la definición proporcional de la arena residual en los ladrillos, la caracterización cristalográfica, pruebas de resistencia a la flexión y compresión, además de someter al producto bajo la Norma Básica de la Edificación “NBE-FL-90” Muros Resistentes de Fábrica de Ladrillos.
4. Una vez valorado el producto anterior como exitoso, se iniciara con un plan financiero que sustente la inversión en un nuevo sistema industrial el cual apoye con la economía de la región.
5. Por ultimo, podrían iniciarse nuevas investigaciones para proponer productos alternativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. US EPA, Industrial Material Recycling, Guide for Industrial Waste Management, web page. <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/industd/guide/pdf/intro.pdf>
2. US EPA, Industrial Material Recycling, Guide for Industrial Waste Management, web page. <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/industd/guide/index.htm>
3. E. A. Domínguez, R. Uhlmann, "Ecological bricks made with clays and steel dust pollutants", Appl. Clay. Sci., 1996, Vol 11 pp 237-249.
4. E. Claro, P. Quilin "Uso de Arenas de Moldeo Residuales como Adiciones en la Industria de la Construcción", 2006.
5. M. Seoáñez Calvo, "Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos". 2000, Ediciones Mundi Prensa. España y México. ISBN 84-7114-901-X.
6. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos, México: SEGOB: SEMARNAT, 2006. Versión de la NOM-CRP-001-ECOL/93 y NOM-052-ECOL-1993, con base a los acuerdos de cambio de nomenclatura de las normas oficiales mexicanas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003 y el 29 de noviembre de 1994, respectivamente.
7. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo, México: SEGOB: SEMARNAT, 2003. Versión de la NOM-087-ECOL-SSA1-2002 con base al acuerdo de cambio de nomenclatura de las normas oficiales mexicanas, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 23 de abril de 2003.

ANEXOS

Arena nueva (100% natural)



Arena reciclada (99.94%)



Moldes de arena



Arena desechada (0.06%), imagen 1



Arena desechada, imagen 2 (almacén de montículos a cielo abierto)



Contenedores de la empresa EXPROMAT, S.A. DE C.V.

