



15 y 16 de Octubre / Boca del Río

Universidad Veracruzana

Congreso de Investigación de AcademiaJournals.com

VOLUMEN I

Las Ingenierías

(Primera Parte)

Copatrocinado Por



Universidad Veracruzana



Instalaciones de la USBI
Universidad Veracruzana
Boca del Río, Veracruz, México

"Compartiendo el Conocimiento de mi Disciplina al Mundo"

ISSN 1946-5351 (online)
ISSN 1948-2353 (CD-ROM)

Simulación de un Proceso de Captura de CO₂ de Gases Postcombustión Generados en la Planta Termoeléctrica Poza Rica

Eliezer Bartolo Osorio¹, Miguel Angel Morales Cabrera², Israel Hernández Romero³

Resumen— Se presenta la simulación de un proceso de captura de CO₂ de gases postcombustión generados en la planta termoeléctrica Poza Rica, empleando absorción química con soluciones de amina al 30% en agua e incluyendo la regeneración del solvente. Se estudió el efecto de la temperatura, la presión y el número de etapas teóricas en la recuperación total de CO₂. Se encontró que para una recuperación total de CO₂ del 84% es necesaria una torre de absorción de 6 platos teóricos, una relación de flujo (L/G) de 1.8 veces el mínimo, operando a 50 °C y 2.24 atm, debido a que los gases postcombustión emergen a una temperatura de 160 °C en promedio, y de una torre regeneradora que opere a 1 atm y 95 °C.

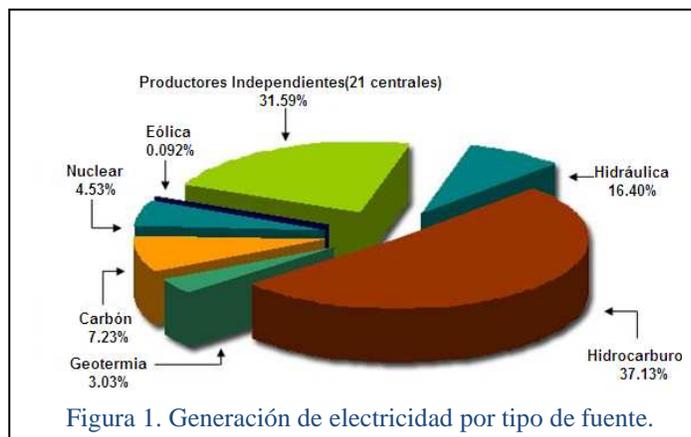
Palabras claves— absorción química, captura de CO₂, regeneración, gases postcombustión.

I. INTRODUCCIÓN

El CO₂ junto con los gases metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos son los principales causantes del calentamiento global de nuestro planeta. Pero, el CO₂ originado fundamentalmente por la quema de carbón, petróleo y gas es responsable del 60% del calentamiento global. En 2000 la cantidad total de emisiones de CO₂ en el mundo fue de alrededor de 6 mil millones de toneladas anuales, de las cuales 1.8 mil millones fueron provistas por plantas de generación de energía eléctrica.

La Comisión Federal de Electricidad de México reportó que el 44.36% de la generación de la energía eléctrica proviene de la utilización de combustibles fósiles (Figura 1).

Por otro lado, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) de las Naciones Unidas ha establecido que las emisiones actuales de gases de invernadero se deben reducir al menos entre un 60-80% para estabilizar el clima mundial, sin embargo, los niveles de CO₂ se han incrementado un 3.5% desde el 2000 al 2007. La comunidad internacional ha adoptado el compromiso de eliminar progresivamente las emisiones de CO₂, y esto implica entre otras medidas el uso de tecnologías de captación de dicho compuesto.



¹ Eliezer Bartolo Osorio es estudiante de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, Región Coatzacoalcos – Minatitlán, México. necaxista_x@hotmail.com

² El Dr. Miguel Angel Morales Cabrera es Docente Académico de Carrera de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana Región Poza Rica - Tuxpan, México. migmorales@uv.mx (autor corresponsal)

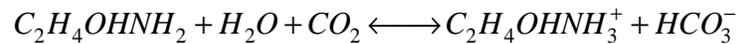
³ El Dr. Israel Hernández Romero es Docente Académico de Carrera de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana Región Poza Rica - Tuxpan, México. ishernandez@uv.mx

CAPTURA CO₂ CON SOLUCIONES DE MONOETANOLAMINA EN AGUA

La monoetanolamina (MEA) es un solvente efectivo y económico que puede ser usado para absorción de CO₂. Los gases de combustión de las plantas de generación de energía eléctrica que emplean combustibles fósiles se hacen pasar a través de una columna en la cual la monoetanolamina absorbe al CO₂ selectivamente. Esta solución rica en CO₂ es entonces bombeada a una torre regeneradora en la que se aplica calor para liberar el CO₂.

La presión alta y la temperatura baja favorecen la absorción, mientras que la presión baja y temperatura alta resultan favorables en la regeneración del solvente. La presión en los sistemas de absorción puede ser atmosférica o pueden ser manipuladas para incrementar la absorción/desorción. La manipulación de la temperatura, especialmente para liberar al CO₂ y regenerar la MEA, elevan entre el 70 – 80% el costo de operación. El área principal para mejorar este proceso radica en la optimización del método existente para minimizar las condiciones de la etapa de regeneración (Douglas y Costas, 2005) o en el empleo de nuevos solventes.

En una planta de absorción química, el gas post-combustión se pone en contacto con la MEA en una torre de absorción empacada (Figura 2). El CO₂ y la MEA reaccionan para formar una amina protonada y un anión bicarbonato en solución:



En la Figura 2 se muestra también como el gas post-combustión se enfría previamente antes de entrar a la cámara de absorción. Después de la absorción, la solución rica en CO₂ se pasa a través de un intercambiador de calor para recuperar calor a través de la corriente caliente procedente del regenerador, ésta entonces se alimenta al regenerador y se aplica más calor para liberar al CO₂ en solución (si la presión se incrementa, esta debe ser disminuida). La solución libre de CO₂ es entonces bombeada de regreso al absorbedor para ser reutilizada.

La reutilización del solvente permite la reducción de costos, esto no tiene relación con el rendimiento del solvente a menos que el solvente se degrade por el calentamiento o que sea parcialmente regenerado. El CO₂ liberado en el regenerador se pasa a una cámara donde se elimina el agua u otros contaminantes y la corriente de gas de CO₂ limpio se colecta para su almacenaje o secuestro.

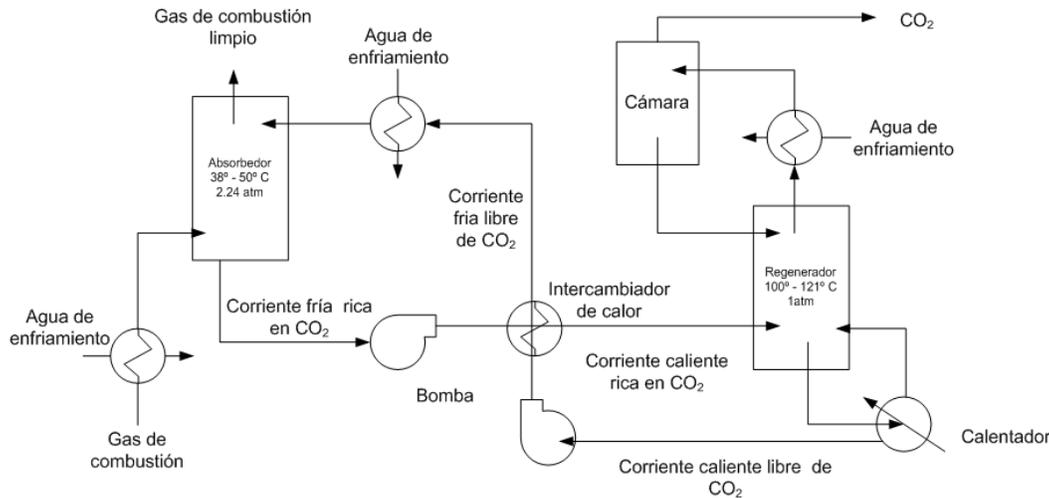


Figura 2. Sistema típico de absorción de química de CO₂ (Douglas y Costas, 2005)

La absorción del CO₂ a bajas temperaturas (35 – 50 °C) y presiones parciales de CO₂ relativamente bajas puede ocurrir si el solvente es altamente selectivo al CO₂, sin embargo, esta atracción causa que la energía de regeneración sea alta. Si el solvente no es muy selectivo al CO₂ la regeneración es simple, pero la absorción de CO₂ será baja.

Los gases ácidos, tales como SO_x también son un problema y es preferible mantener los niveles de estos gases por debajo del 0.001% por que forman sales estables con las aminas utilizadas para la absorción, es decir, reacciona de manera irreversible. Las cenizas y los compuestos NO_x crean el mismo tipo de problema que los SO_x . La presencia de cualquier cantidad de estos componentes causa degradación de solvente.

CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE POZA RICA, VERACRUZ.

La central termoeléctrica de Poza Rica se dedica a la generación de energía eléctrica contando con tres unidades generadoras, cada una con una potencia de 39 MW, para la producción de dicha energía, las cuales emplean combustóleo. Dicha energía es distribuida a los principales centros de consumo a través de una subestación.

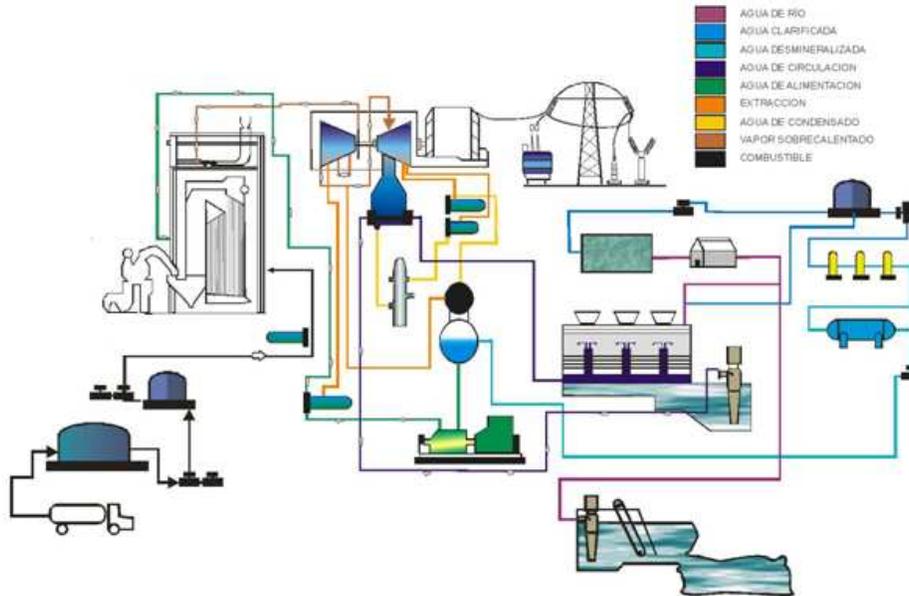


Figura 3. Diagrama de proceso de la central termoeléctrica Poza Rica.

La caracterización de los gases de combustión secos a la salida de las chimeneas es la siguiente:

Tabla 1. Composición de los gases postcombustión en la Central Termoeléctrica Poza Rica (Rocha y Olarte, 2009).

Sustancia	UNIDAD 1 (% mol)	UNIDAD 2 (% mol)	UNIDAD 3 (% mol)
O_2	7.00	7.00	6.30
CO_2	11.00	11.00	11.50
SO_2	0.19	0.21	0.20
N_2	81.81	81.79	82.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00
$T (^{\circ}C)$	149	156	167
$P (atm)$	1	1	1
$Flujo (Ton /h)$	120	140	127

En la Tabla 1 puede apreciarse que la cantidad de CO₂ generada en la planta de energía eléctrica es alta (11%), lo cual indica que si las tres turbinas operan simultáneamente, se generan aproximadamente 40 Ton/h de CO₂, es decir, alrededor de 900 Ton/día. Esto justifica implementar estrategias para la reducción de emisiones de CO₂.

METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se utilizó *ASPEN PLUS Versión 2006*®, que es un software de simulación de procesos. Cabe mencionar que tanto *ASPEN PLUS Versión 2006*® como *ASPEN HYSYS 2006*® son simuladores proveen resultados confiables, pero se decidió utilizar *ASPEN PLUS* porque este último arroja resultados más cercanos a la realidad cuando se manejan electrolitos (Colin F. Alie, 2004). Una vez elegido el software de simulación se procedió a buscar el modelo termodinámico; la literatura marca que el paquete termodinámico que se utiliza en este tipo de proceso de absorción de CO₂ con MEA en agua es el ELECRTL (White, 2002), ya que este contiene las interacciones iónicas del CO₂-Agua y MEA-agua.

Posteriormente se procedió a establecer los componentes presentes en el proceso: dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂), agua (H₂O) y monoetanolamina (MEA). Existen otros componentes en la corriente de gases postcombustión pero se descartaron debido a que están presentes en cantidades pequeñas con respecto a los considerados.

El objetivo del trabajo fue calcular y determinar condiciones de operación de la torre de absorción y de la torre de regeneración, aunque, en el proceso propuesto se requieren otros equipos como intercambiadores de calor, bombas, compresores, mezcladores y separadores de corrientes, sin embargo, éstos no se optimizan y solo se operan de acuerdo a condiciones que se reportan en la literatura.

RESULTADOS

En la Figura 4 se muestran los resultados de la simulación de la torre de absorción en función del número de platos teóricos para diferentes relaciones flujos de solvente en base al flujo mínimo. Es claro notar que después de la sexta etapa la capacidad de absorción de CO₂ en la torre no varía mucho, otro aspecto importante es que para obtener una absorción del 90% de CO₂ contenido en los gases de postcombustión, ésta se obtiene solamente después de utilizar 1.7 veces el flujo mínimo, aunque con esta última condición se requiere un mayor número de platos teóricos.

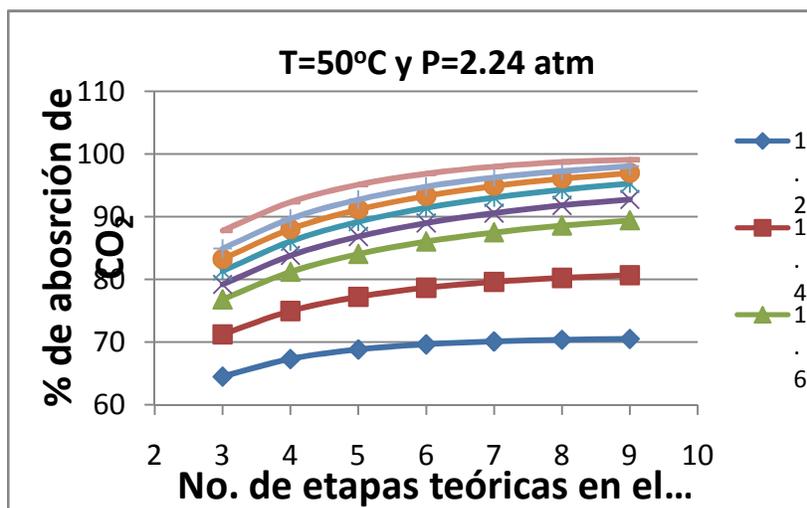


Figura 4. Gráfica de sensibilidad de la torre de absorción

Considerando lo descrito anteriormente, se puede decir que solo tres puntos pueden ser considerados como óptimos para este proceso, con flujos de operación de 1.8, 1.9 y 2 veces el flujo mínimo. La relación de 2.2 veces el flujo mínimo no se considera óptima porque se emplearían cantidades grandes de solvente a largo plazo.

En lo que respecta al desorbedor o torre de regeneración del solvente, las condiciones de operación óptimas son 1 atm y 100 - 120°C de acuerdo a lo reportado por Douglas y Costas (2005). Pero, empleando temperaturas de 100 a

120°C, se detectó que el nivel de vapor de agua que se va en la corriente de salida de CO₂ es grande, por ello se tomó la decisión de trabajar a una temperatura cercana a la del punto de ebullición del agua.

En la Figura 5 puede verse que a una temperatura de 95°C la eficiencia del regenerador es de 90%, y con una eficiencia total en el proceso de captura de CO₂ de 84%. Así, para simular el regenerador se empleó un separador flash y un condensador que opera a 70°C para recuperar el vapor de agua.

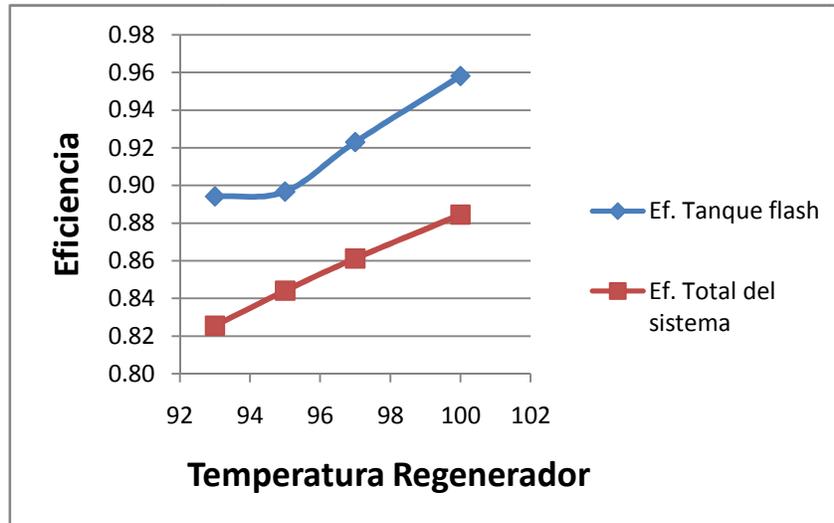


Figura 5. Evaluación de eficiencia en la captura de CO₂ en función de la temperatura de operación del regenerador..

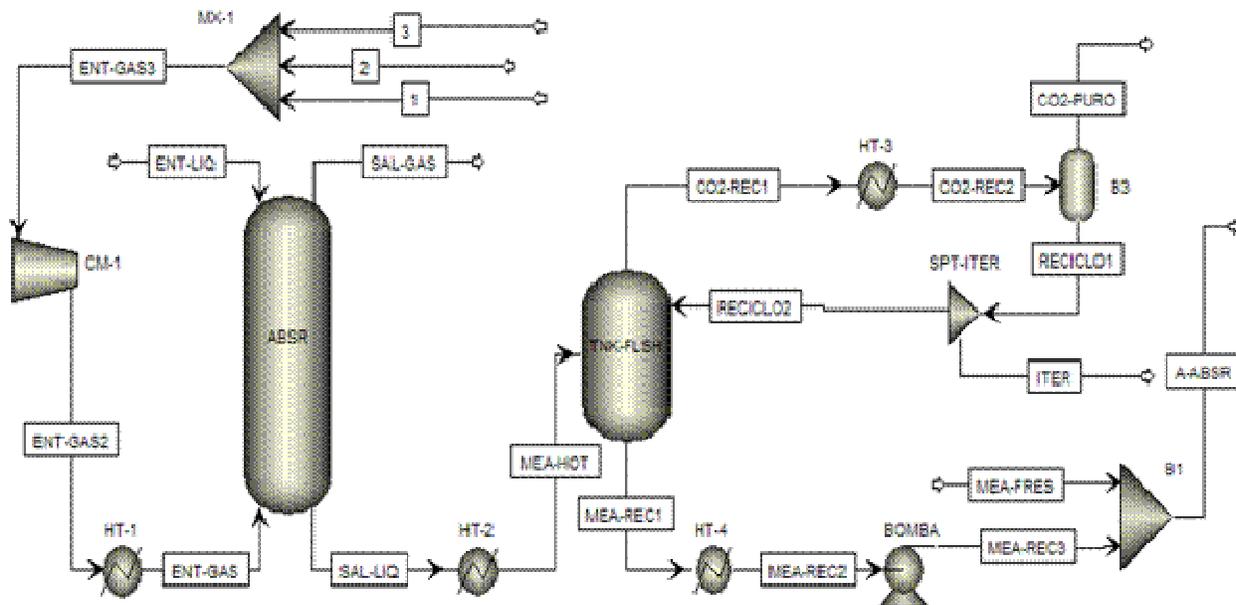


Figura 6. Diagrama esquemático del proceso completo de captura de CO₂.

Una vez establecidas las condiciones óptimas de operación del absorbedor y regenerador, se procedió a integrar y simular todo el proceso (Figura 6). Las corrientes gaseosas provenientes de las chimeneas 1, 2, 3 se mezclan y crean la corriente gaseosa ENT_GAS3, esta corriente viene a 1 atm. Por lo que se hace pasar por un compresor hasta llevar el gas a 2.24 atm., después este gas es enfriado hasta 50°C para entrar por el fondo del absorbedor (ENT_GAS), mientras que por el domo se introduce la solución de MEA con agua al 30% en peso, la salida que esta en el domo y

que lleva los gases libres de CO₂ se llama SAL_GAS, la corriente SAL_LIQ contendrá al CO₂ absorbido, esta corriente se calienta por medio del HT-2 que es un intercambiador de calor y que la llevará hasta los 95°C, posteriormente, esta corriente llega al tanque flash donde es expandida hasta 1 atm, provocando que el CO₂ se libere de la corriente de MEA y agua. Entonces, el CO₂ recuperado se envía a un condensador que trabaja a 70°C haciendo finalmente que el CO₂ recuperado pueda estar listo para su secuestro. Por otro lado, la MEA recuperada es calentada para ser recirculada a la corriente de entrada del absorbedor, antes de eso puede ser mezclada con una solución de MEA y agua para sustituir la cantidad perdida durante el proceso si es que la hay, esto genera la corriente A-ABSR que en el diagrama esquemático (Figura 5) es la misma que la corriente ENT_LIQ.

CONCLUSIONES

Se realizó la simulación de del proceso de absorción de CO₂ y de recuperación de MEA para su reutilización, tomando como caso de estudio los datos reales de los gases postcombustión generados en la planta Termoeléctrica de Poza Rica, Veracruz.

Se encontró que para una recuperación del 90% del CO₂, en la torre de absorción, de los gases provenientes de las chimeneas, las condiciones de operación de la torre deben ser de 2.24 atm y 50°C, la relación (L/G) de operación dependerá del número de etapas de la torre, si esta tiene 6, 5 o 4 etapas, entonces las relaciones de flujo (L/G) de operación serán 1.8, 1.9 y 2.0 veces la relación (L/G) mínima, respectivamente. Mientras que en el regenerador, las condiciones de operación deben ser de 1 atm y 95°C con una obtención del 90% del CO₂ contenido en la alimentación, obteniéndose así una recuperación total de CO₂ del 84 %.

Con la presente investigación se contribuyó en un paso más de un proyecto, el cual tiene como primera meta la selección de la mejor tecnología de captura de CO₂. Posteriormente, se tiene planeado realizar una integración energética de las dos plantas, la de producción de energía eléctrica y la de captura de CO₂, para aminorar los costos de uso de energía, sobre todo en la regeneración, y así demostrar que la inclusión del proceso de captura de CO₂ tendrá un efecto mínimo sobre los de la electricidad, ya que esto es un gran problema a nivel mundial.

REFERENCIAS

Colin F. Alie. "CO₂ Capture with MEA: Integrating the Absorption Process and Steam Cycle of an Existing Coal-Fired Power Plant". A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Master of Applied Science in Chemical Engineering, 2004.

Douglas A. y Costas T. "Separation of CO₂ from Flue Gas: A Review", *Separation Science and Technology*. Vol. 1, No. 40, 321-348, 2005.

Ernest J. Henley y J.D. Seader. "Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química" 5ta. Ed, Editorial Reverté, 2000.

Kerry Frank G. "Industrial gas handbook gas separation and purification", 1ra Ed., Editorial CRC Press, 2007.

Howard H., Meldon J., Hatton A. "Advanced Post-Combustion CO₂ Capture", <http://sequestration.mit.edu/research/index.html>.

Mason, J. W., Dodge B.F.. "Equilibrium absorption of carbon dioxide by solutions of the ethanolamines", *Trans. AIChE*, 1936.

Treybal R. E. "Operaciones de transferencia de masa", 2da. Ed., Editorial Mc. Graw Hill, 1988.

Rocha Lima S. y Olarte Reyes P. "Análisis de tecnologías de captación de CO₂ para su uso en plantas de generación de energía eléctrica" Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, 2009.

White C. W. III. "ASPEN Plus Simulation of CO₂ Recovery Process: final report - Prepared for National Energy Technology Laboratory". http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/ASPEN_Plan_Simulation_of_CO2_Recovery_Process.pdf

Manejo y Reingeniería de los Residuos Sólidos Universitarios

Mtra. Aurora Galicia Badillo¹, Mtro. Ernesto Gallardo Castán², Mtra. Gloria Bocardi Pérez³, Mtra. Xochilt Siordia Vásquez,⁴ Jesús Alberto Rivera Antonio⁵ y José Luis Hernández Castillo⁶.

Resumen— El desarrollo sostenible involucra un equilibrio entre economía, sociedad y medio ambiente. En este contexto y ante la necesidad de un manejo adecuado de los residuos sólidos generados en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, Región Poza Rica-Tuxpan, se crea a finales de 2007 el proyecto MARRSU (Manejo y Reingeniería de los Residuos Sólidos Universitarios), el cual busca la sostenibilidad dentro de la comunidad estudiantil. Se trabaja mediante un comité estructurado por: dos maestros coordinadores; coordinador alumno y representante de cada taller. Las instalaciones están acondicionadas para la clasificación de residuos y con grupos colaborativos de estudiantes y personal de intendencia se realiza la recolección. A la fecha existen los siguientes logros: Concientización en la comunidad universitaria respecto al manejo de residuos; Reingeniería aplicada en los talleres de Aluminio, PET y Materia Orgánica; Vinculación con otras organizaciones generando un beneficio mutuo, entre otros. A su vez, se plantean las siguientes necesidades: Falta de espacios suficientes para el confinamiento de los residuos; recursos económicos para la construcción de la máquina pelletizadora y la compactadora de aluminio. Siendo esta última necesidad, un factor determinante para el desarrollo del proyecto.

Palabras claves—Residuos sólidos, manejo integral, desarrollo sostenible, comunidad estudiantil, reingeniería.

I. INTRODUCCIÓN

Las formas de vida características de nuestro tiempo, dan lugar a la producción y acumulación de basura. Gran cantidad de productos de uso diario, llega a nuestros hogares, escuelas o lugares de trabajo. Existe una gran variedad de estos productos entre los cuales encontramos latas, empaques, envolturas, botellas, objetos de vidrio, entre otros.

El incremento de la población y el consumo exagerado de objetos innecesarios desechados casi siempre en un periodo corto, acarrea la demanda cada vez mayor de bienes de consumo, muchos de los cuales se venden en empaques de plásticos, papel o enlatados.

La generación de RSU a nivel mundial, se estima en 2 billones de toneladas anuales. En la actualidad México ocupa uno de los primeros lugares de América Latina, produciendo 94,800 toneladas diarias y 34 millones de toneladas anuales. Veracruz es el cuarto estado que genera más residuos sólidos en todo el país, sólo superado por el Distrito Federal, Estado de México y Nuevo León. La delegación federal de la Semarnat en Veracruz identifica a este como el primer problema ambiental. Datos de 2006 informan que la generación de RSU per cápita es de 0.900 Kg/hab.día.

¹ La Mtra. Aurora Galicia Badillo es Profesora de Ingeniería Química y Ambiental en la Universidad Veracruzana, Región Poza Rica-Tuxpan, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México augalicia@uv.mx

² El Mtro. Ernesto Gallardo Castán es Profesor de Ingeniería Química y Ambiental en la Universidad Veracruzana, Región Poza Rica-Tuxpan, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México egallardo@uv.mx (autor corresponsal).

³ La Mtra. Gloria Bocardi Pérez es Profesora de Ingeniería Química y Ambiental en la Universidad Veracruzana, Región Poza Rica-Tuxpan, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México gbocardi@uv.mx

⁴ La Mtra. Xochilt Siordia Vásquez es Profesora de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones en la Universidad Veracruzana, Región Poza Rica-Tuxpan, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México xsiordia@uv.mx

⁵ Jesús Alberto Rivera Antonio es alumno del séptimo periodo del programa educativo de Ingeniería Ambiental, Universidad Veracruzana, Región Poza Rica-Tuxpan, Facultad de Ciencias Químicas, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México. bt_rivera@hotmail.com

⁶ José Luis Hernández Castillo es alumno del séptimo periodo del programa educativo de Ingeniería Ambiental, Universidad Veracruzana, Región Poza Rica-Tuxpan, Facultad de Ciencias Químicas, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México. luhe@prodigy.net.mx

Esto conlleva a estimar que cada mes en el estado de Veracruz se producen más de siete millones de metros cúbicos de basura. En este sentido, datos de la Coordinación Estatal de Medio Ambiente, registran que la generación por cada ciudadano veracruzano es de 900 a 1,100 gramos diarios de basura. Estos desechos podrían dejar de ser basura para convertirse en elementos que ingresen a circuitos de reutilización o de reciclaje⁴.

Ante esta problemática, son pocos los proyectos o programas que se llevan a cabo para brindar un manejo integral a los RSU.

Los centros educativos no están exentos de la generación de esta basura, aun conociendo la problemática y sus consecuencias, estos no cuentan con un programa de formación y cultura en el manejo de los RSU.

Un cambio en los hábitos de consumo y de vida, tendrían un impacto potencial en la reducción de los RSU. El manejo integral de los residuos, conlleva a beneficios económicos, sociales y ambientales, impulsando un desarrollo sustentable en la región norte del estado de Veracruz.

Aplicando los modelos de sustentabilidad en una institución educativa como lo es la Universidad Veracruzana, y desarrollando un proyecto que enmarque los

conocimientos, habilidades, actitudes y participación del personal académico, se puede lograr un trabajo que sirva de modelo hacia otras organizaciones.

Por ello, se estableció un proyecto que concientice y prepare a los jóvenes y adultos, a un futuro de bienestar social, desarrollo económico, cultural y de preservación al medio ambiente.



Figura 1. Actual logotipo del proyecto.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Reseña

En base a los problemas ambientales originados por la contaminación de los residuos sólidos urbanos, a fines del año 2007 se crea un proyecto en la Facultad de Ciencias Químicas Región Poza Rica-Tuxpan de la Universidad Veracruzana, el cual incluye la atención a la educación ambiental y para la sustentabilidad³, además, contempla una disminución en la generación de residuos sólidos, debido a que en esta se genera una cantidad considerable, de los cuales aproximadamente un 80% pueden ser reutilizables y reciclables.

Es a partir de ahí cuando se estructura un grupo de trabajo quienes creando el proyecto denominado MIRSE (Manejo Integral de los Residuos Sólidos Escolares), el cual plantea las estrategias y planes de acción para la reducción y manejo de los residuos de la Facultad.

Posteriormente se plantea una nueva dirección del MIRSE en el que se pueda dar lugar a la participación de todo aquel interesado en el proyecto y donde se puedan derivar nuevos proyectos, acreditar experiencias educativas como lo son el servicio social y la experiencia recepcional, la aplicación de conocimientos, el desarrollo de técnicas y procesos que puedan dar solución a la problemática de la basura, cambiando el nombre anterior por el de ARRSE (Acopio y Reingeniería de los Residuos Sólidos Escolares).

En la actualidad y con un programa mejorado, con las instalaciones adecuadas y una concientización en la comunidad estudiantil el proyecto es finalmente designado MARRSU (Manejo y Reingeniería de los Residuos Sólidos Universitarios), (Figura 1).

PROYECTO MARRSU

Objetivos

General:

Implementar un programa de manejo integral y reingeniería de los residuos sólidos producidos en la Facultad de Ciencias Químicas, mediante la aplicación de saberes contemplados en las experiencias educativas como medida en la reducción de la contaminación por basura.

Específicos:

Concientizar y formar una nueva cultura de manejo de residuos en la comunidad universitaria, mediante la implementación del proyecto MARRSU.

Clasificar los residuos generados en las diferentes áreas de la entidad académica, en papel, cartón, PET, aluminio, pilas y materia orgánica.

Recolectar los materiales reciclables reutilizables, para reducir el volumen de la basura generada.

Motivar a la comunidad académica en la aplicación de técnicas, desarrollo de procesos y proyectos que minimicen el impacto de los residuos sólidos universitarios sobre el medio ambiente, a través de actividades de difusión.

Generar ingresos económicos para lograr expandir el proyecto hacia otras facultades, mediante la realización de eventos culturales y sociales.

Desarrollo del proyecto

Inicialmente se organiza un comité integrado por estudiantes de los distintos programas educativos y maestro coordinador de la Facultad de Ciencias Químicas, estableciendo pautas, problemáticas y acciones que se pueden emprender dentro de la Facultad, la cual cuenta con 725 alumnos, 45 académicos, administrativos y personal de intendencia.

Planteada la problemática de los residuos de la facultad, el comité decide organizar un cuerpo de trabajo dividido en un coordinador profesor general, un coordinador alumno, un grupo administrativo y cinco talleres de trabajo que llevan el nombre de los principales residuos producidos, representado en la Figura 2.

Establecidos los talleres, se dio inicio a la concientización y formación de una nueva cultura al personal académico, administrativo y de intendencia, dando a conocer la problemática de los residuos sólidos, los objetivos del proyecto, su alcance, los beneficios que se obtienen si se cuenta

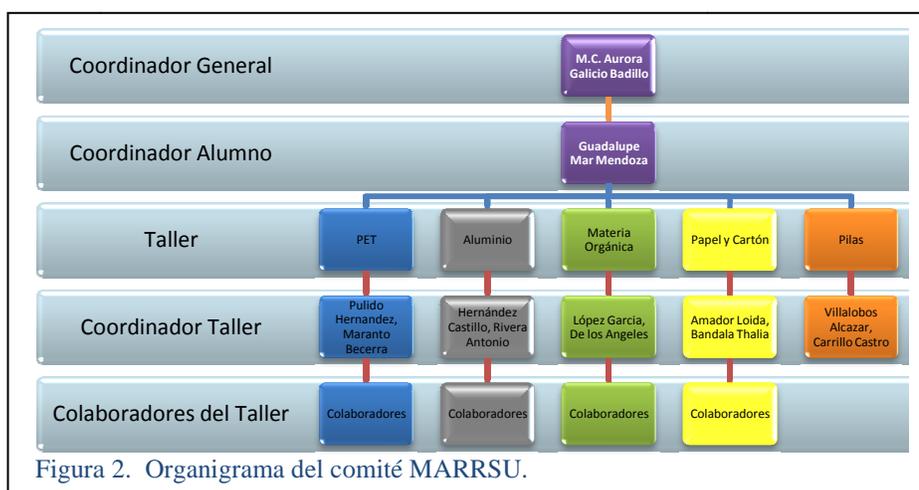


Figura 2. Organigrama del comité MARRSU.

con la participación de todos y finalmente los métodos por los cuales se pretende lograr el objetivo general.

Posteriormente, se convocó a los alumnos de las carreras de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Química a formar grupos colaborativos en los distintos talleres. Cabe destacar que cada semestre se realiza una campaña de información de los talleres y se invita a las nuevas generaciones a ser parte de proyecto MARRSU.

Una vez capacitada y concientizada la comunidad universitaria, el comité del MARRSU procedió a obtener apoyo económico, recursos materiales y áreas de trabajo de distintos comercios, empresas, organizaciones y se realizó un dialogo con el gobierno de la ciudad de Poza Rica, expresando las metas del proyecto, los beneficios para ambas partes, tratando de propiciar los vínculos que impulsen a un modelo de desarrollo sustentable.

Hecho lo anterior, se procedió a determinar los puntos estratégicos en las instalaciones de la facultad, colocando los contenedores etiquetados con una leyenda, donde se indica los tipos de residuos que deben depositarse, así como la forma en que se debe hacerlo.

Una vez instalados estos, da inicio la recolección de residuos, formulación de proyectos, concientización y proyección a otras facultades. Actualmente el programa MARRSU se está ampliando a la facultad de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones.

Resultados

Al comienzo del proyecto MARRSU no se contaba con los suficientes recursos financieros y materiales para dar inicio al proyecto, por lo que el tema principal fue buscar una fuente de ingresos que permitieran comprar y adquirir los materiales con los que se deseaba trabajar. Para lograr dicha labor se optó por organizar una muestra gastronómica en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Químicas, en donde se solicitó el permiso del Director J.S. Oseguera., además se solicito el apoyo de los profesores y alumnos de la Facultad a quienes se les pidió una donación de platillos, cooperación monetaria o la colaboración con la compra de boletos para tener acceso a la muestra gastronómica, dicha actividad tuvo una excelente aceptación por parte de la comunidad universitaria.

Otro evento realizado fue una matiné en las salas del cine “Henry, Cinemas Hidalgo de Poza Rica”, en donde se colocaron módulos de información exponiendo la problemática de la basura y la presentación del proyecto MARRSU.

Acondicionamiento de las instalaciones.

Con las ganancias obtenidas se compraron contenedores de plástico de tamaño grande para pasillos y botes pequeños para las aulas, los cuales se muestran en la figura 3. El gobierno del municipio de Poza Rica donó contenedores especiales de gran volumen, los cuales fueron utilizados como depósito final del material recolectado y colocados en un área especial donde se construirán los talleres. Cabe destacar que por falta de presupuesto estos no han sido construidos, siendo este un factor limitante para la continuación del proyecto.



Figura 3. Contenedores pequeños a la izquierda y medianos a la derecha, ubicados dentro de las aulas y en los pasillos, respectivamente.

Formación de una nueva cultura.

A dos años de haber iniciado el proyecto, el comité ha elaborado una campaña de concientización y formación de una nueva cultura en la comunidad universitaria, reuniendo e informando primeramente a los profesores, la parte administrativa e intendentes, seguidamente a los alumnos de los Programas Educativos de Ingeniería Química e Ingeniería Ambiental (Ingeniería Petrolera se está incorporando al proyecto) sobre la problemática de la generación de basura, las medidas y soluciones que se pueden tomar, los beneficios y la rentabilidad ambiental. En estas campañas se han integrado en la participación y coordinación del proyecto alumnos, profesores y personal administrativo a quienes se les designa como colaboradores de los diversos talleres.

El proyecto ha establecido las siguientes alternativas después de haber acopiado los residuos:

Taller de PET: Se diseñó y está en construcción una máquina pelletizadora.

Taller de Papel y Cartón: Donación a los centros de elaboración de textos gratuitos del gobierno.

Taller de Materia Orgánica: Tratamiento de la materia orgánica mediante lombricomposteo, además se pretende la obtención de gas metano que propicie la generación de nuevas fuentes alternativas de energía.

Taller de Aluminio: La compactación del aluminio con una prensa hidráulica impulsada con gas metano donde se trabaja en colaboración con el cuerpo académico de Alternativas de Generación de Energía Eléctrica y Sustentabilidad, además de realizar artesanías.

Taller de Pilas: El taller ha planteando una coordinación entre diversos establecimientos de la ciudad de Poza Rica, donde se coloquen contenedores especiales para la recolección de pilas, colaborando con el ayuntamiento en la confinación de estas.

Durante el avance del proyecto se estableció una red de trabajo con el cuerpo académico de Estudios en Docencia, Innovación, Evaluación y Aprendizaje” de la Facultad de Pedagogía de la misma región, a quienes se les impartió un taller de Residuos Sólidos, donde el objetivo fue implementar un mecanismo de transmisión de la información sobre la problemática de los residuos a la población de Poza Rica.

El proyecto MARRSU ha colaborado en dos ocasiones con los eventos del Día Mundial del Medio Ambiente, siendo el segundo elaborado en la plaza Comercial “Gran Patio” donde se expusieron carteles alusivos a la problemática de la basura, se dio plática a más de 200 niños, además de regalarles dulces en bolsas ecológicas, un diploma de partición firmado por el director de la facultad y trípticos a los padres de familia.

COMENTARIOS FINALES

Conclusiones.

Si cada familia separara la materia orgánica de la basura, se conseguiría una reducción de aproximadamente el 53% de los residuos sólidos que son destinados a los vertederos y rellenos sanitarios.

Con las campañas de concientización y formación de una nueva cultura se obtuvo una respuesta positiva por parte de la comunidad universitaria, puesto que accedieron a la colaboración y participación en la disminución del impacto ambiental de los residuos universitarios.

El establecimiento de redes de trabajo con los cuerpos académicos antes mencionados, ha sido de vital importancia. Además de vincularnos con el gobierno de Poza Rica, empresas como “Gran Patio” y “Cinemas Henry”, escuelas de nivel primaria, secundaria y preparatoria, y se están formando vínculos con otras empresas de la región.

Este proyecto propició el convivio y la relación entre las distintas partes que conforman la comunidad universitaria, favoreciendo un ambiente de cultura.

Se trabajó un proyecto de Tesis denominado “Evaluación de los métodos de lombricomposteo y enzimas para la obtención de metano a partir de materia orgánica generada en la Facultad de Ciencias Químicas de la región Poza Rica - Tuxpan”.

Se ha fomentado la creatividad, haciendo uso de habilidades y actitudes en la creación de proyectos y trabajos de tesis, además de aceptar la participación de otros programas educativos de la región, ofreciéndoles espacios donde puedan aplicar sus ideas, conocimientos y técnicas, dando como resultado modelos de desarrollo y soluciones en la generación, manejo y tratamiento a los residuos sólidos. A la fecha no se cuenta con las instalaciones de confinamiento del material acopiado por los talleres, lo que pone en riesgo la continuación del programa dado que no se tiene un área protegida para los proyectos que cada taller propone.

Propuestas.

El proyecto contempla la proyección, expansión y adaptación a las diversas facultades de la región Poza Rica-Tuxpan, teniendo como centro de coordinación la Facultad de Ciencias Químicas.

Promoción del MARRSU como modelo de desarrollo basado en la sustentabilidad, el cual puede ser aplicado a mayor escala en la ciudad de Poza Rica, Veracruz.

Con la generación de ingresos económicos impulsar al proyecto y mejorar las instalaciones de diversas facultades de la región.

Para concientizar a los estudiantes de nuevo ingreso, se plantea impartir una plática sobre el programa MARRSU como requisito de ingreso a la Facultad.

La integración y coordinación con diversas dependencias gubernamentales y no gubernamentales, con redes académicas de la Universidad y otras instituciones teniendo como meta principal la sustentabilidad.

REFERENCIAS

¹A.Salvato, L. Nemerow “Environmental Engineering” 5th ed. John & Sons, Inc. 2003 U.S.

²P. Reynolds, S. Jeris “Handbook of Chemical and Environmental Engineering Calculations” John Wiley & Sons, Inc. 2002 U.S.

³Plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior, al 2020. México

⁴Plan Institucional para el Desarrollo Sustentable de la Universidad Veracruzana 2005-2014.

⁵R. Pfafflin, N. Ziegler “Encyclopedia of Environmental Science and Engineering” 5th ed. Taylor & Francis Group. 2006 U.S.

⁶Rodríguez Luna, Vázquez Karnstedt “Plan Institucional Hacia una Universidad Sustentable” México.

⁷Taller Nacional sobre Indicadores de Desarrollo Sustentable en las Universidades. Universidad de Guadalajara, 29 de noviembre de 2001

⁸Zaror Z. Claudio “Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos” Universidad de Concepción. Chile

Aplicación de Minería de Datos con Weka y servicios Web para el análisis de datos de pacientes con cáncer cérvico-uterino.

Ing.S.C. García De Jesús Cynthia¹, M en C. Ma. Antonieta Abud Figueroa² y Dr. Jesús González Bernal³

Resumen: En el área de Patología del Hospital Regional de Río Blanco se presenta la necesidad de realizar el análisis estadístico de datos de pacientes con cáncer cervicouterino para poder identificar los factores más importantes que inciden en las pacientes con este problema, poder tomar decisiones correctas en cuanto a los diagnósticos de cada una de ellas y obtener información relevante que sea la base para nuevos diagnósticos, es por ello que se propone el desarrollo de una aplicación utilizando Minería de Datos, Servicios Web y fórmulas estadísticas para correlaciones entre estudios realizados en el hospital como son: citología, colposcopia y biopsias.

Palabras claves—Minería de Datos, Servicios Web, Descubrimiento de conocimiento en bases de datos (KDD), Cáncer cervicouterino.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los hospitales buscan manipular la información de forma segura utilizando tecnologías de información, ya que estos cuentan con grandes cantidades de datos y es por ello que surge la necesidad de mecanismos para analizar dicha inmensidad de datos y obtener información relevante.

El análisis de los datos es una tarea que consiste en buscar o encontrar variaciones o directrices de comportamiento en los datos, de tal manera que dicha información resulte de utilidad para la toma de decisiones; a dichas variaciones o directrices se les conoce como patrón y representa el conocimiento obtenido [5].

Actualmente las bases de datos pueden ser analítica, operacional, jerárquica, de red entre otras [9], por consiguiente es complicado el análisis de datos, de allí el nacimiento de la Minería de Datos que agrupa técnicas y herramientas aplicables a ciertos procesos no triviales de extraer y presentar conocimiento implícito, previamente desconocido, pero de gran utilidad y sensiblemente perceptible, a partir de grandes cantidades de datos, para predecir de forma automatizada sus tendencias, comportamientos y descubrir de forma computarizada modelos previamente desconocidos para los involucrados que requieran de la minería de datos [4]. Dentro del área de la medicina la minería de datos ha sido una herramienta muy útil para conocer información relevante en cuanto a la toma de decisiones que los médicos y los directores de un hospital puedan tomar, tal es el caso del desarrollo de este proyecto en el

¹ Ing. García De Jesús Cynthia es estudiante de posgrado del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz. cyngaje@gmail.com

² M. en C. Ma. Antonieta Abud Figueroa es Profesora en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz aabud@prodigy.net.mx

³ El Dr. Jesús González Bernal Académico del INAOE, Puebla. jagonzalez@ccc.inaoep.mx

cual se enfocara a la obtención relevante de información del área de patología específicamente de cáncer cervicouterino esto con el fin de poder comparar la importancia de esta enfermedad con otros hospitales de la región y conocer a mas detalle información de gran importancia para las mujeres ya que estas son las que están propensas a dicha enfermedad.

DESARROLLO

Conceptos Básicos.

Servicios Web Son aplicaciones modulares autodescriptionales que se pueden publicar, ubicar e invocar desde cualquier lugar de la Web o red local. No es necesario que el proveedor y el usuario del servicio Web tengan en cuenta el sistema operativo, el entorno del lenguaje, o el modelo de componentes utilizados en la creación y acceso al servicio Web, ya que se basan en estándares omnipresentes de Internet, como XML, HTTP y SMTP [7].

Minería de Datos. La minería de datos (en inglés, *data mining*) se define como la extracción no trivial de información implícita, previamente desconocida y potencialmente útil, a partir de datos [2].

Técnicas de Minería de Datos. Son los algoritmos que se aplican sobre un conjunto de datos, en los cuales se pueden encontrar una serie de patrones y tendencias específicas, esto es pueden encontrarse muchas formas posibles de conexión en la información que se esté trabajando para obtener ciertos resultados. Existen diversos algoritmos enfocados a diferentes tareas de la minería de datos, Algunas de estas tareas son: clasificación, regresión, asociación y segmentación [4].

Proceso para Minería de Datos. KDD (Descubrimiento de conocimiento de una base de datos) es un proceso iterativo e interactivo que combina la experiencia en un problema con una variedad de técnicas de análisis de datos tradicionales y tecnologías avanzadas de aprendizaje automático (aprendizaje automático por procedimientos computacionales) [3]. El proceso KDD consta de 6 fases: Selección de Datos, Pre-procesamiento, Transformación, Minería de Datos, Interpretación/ Evaluación y Aplicación del Conocimiento. KDD sigue un proceso iterativo e interactivo, por tal motivo las fases de su proceso pueden ser interrumpidas en cualquier momento para empezar en cualquier paso de los anteriores, acciones que puede desarrollar varias veces para así lograr un descubrimiento de conocimiento de alta calidad y éxito. La figura 1.1 muestra el proceso KDD [6].

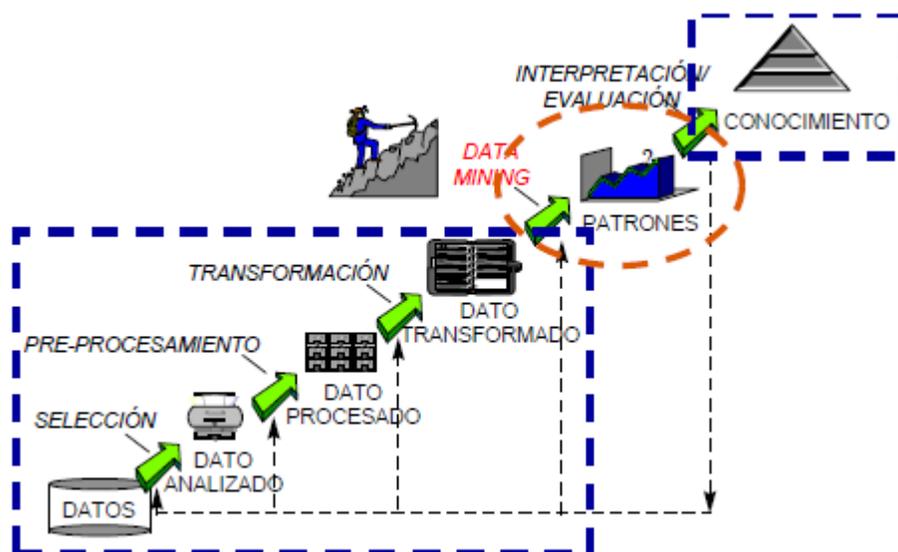


Figura 1.1 Proceso de metodología KDD

Software Weka. Es un software de libre distribución, es un conjunto de librerías java que provee la implementación de algoritmos de aprendizaje para poder aplicarlos de forma fácil en una base de datos. Esta herramienta incluye una gran variedad de algoritmos que se permiten obtener información relevante a la base de datos que se esté usando. Los algoritmos para el procesado de datos con los que cuenta Weka son: clasificación, Clúster, Asociación, Regresión, Visualización y Selección [5]. La figura 1.3 muestra la interfaz grafica de Weka (versión 3.4).



Figura 1.2 Interfaz de Weka 3.4

NetBeans es un entorno que está desarrollado en Java, lo que hace posible su uso en Windows, GNU/Linux, Mac OS X y Solaris y, virtualmente, sobre cualquier otro sistema operativo para el que exista un JRE (*Java Runtime Environment*). Es un producto basado en código libre y con licencia GPLv2, esto quiere decir que a diferencia de la GPL tiene nuevas cláusulas para poder hacer uso libre de esta herramienta.

La nueva versión 6.5 incorpora herramientas para la construcción de todos los componentes Java EE, incluidas páginas web, los *servlets*, servicios web, y Enterprise Java Beans (EJB). En la parte de los Servicios Web funciona con Sun Java System Application Server (GlassFish v1/v2/v3), Apache Tomcat, IBM WebSphere, JBoss, BEA Weblogic, y Sailfin. Soporta J2EE 1.4 y Java EE 5, incluido el JAX-WS 2.1, JAX-RS (JSR-311), JAX-RPC (JSR-101) los niveles de servicio web. La figura 1.3 muestra la interfaz de Netbeans con la configuración de Weka en la cual se desarrollaron una serie de pasos de configuración para lograr dicha fusión [8].

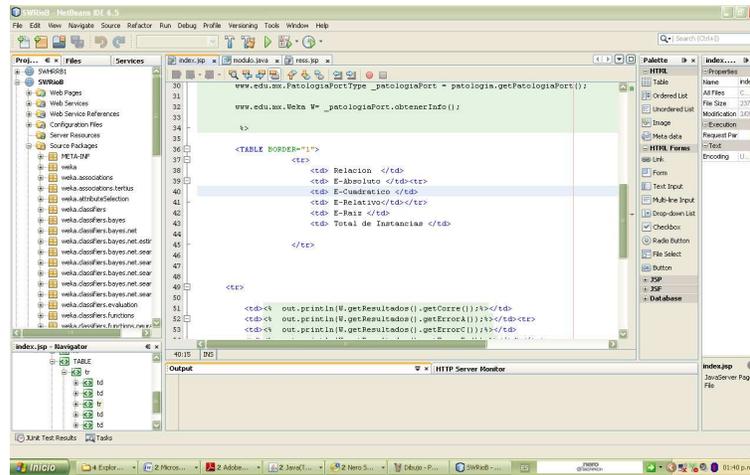


Figura 1.3 Interfaz Netbeans – configuración con Weka

Los servicios a desarrollar para este proyecto son: Sw para el proceso de minería de datos de pacientes por grupos o clases de Edad, proceso de minería de datos de pacientes por tipo de lesiones, para la relación entre el grupo o clases de edad y el tipo de lesión, para la relación de la situación Ginecobstétrica en el diagnóstico citológico, consultas de diagnósticos positivos y negativos de citología, colposcopia y biopsias y por último la correlación entre Biopsia-Citología-Colposcopia. Los algoritmos utilizados para el desarrollo de este proyecto son: dentro del grupo de clasificación el algoritmo J48 y el algoritmo M5P, dentro del grupo de clúster SimpleKMeans. estos algoritmos serán utilizados dentro del entorno NetBeans y configurando Weka para obtener dicha información mediante un servicio Web, ya que Weka no obtiene correlaciones como tal, la obtención del servicio web de correlación entre Biopsia-Citología-Colposcopia se realizará mediante funciones y estadística implementadas dentro de un servicio Web en el lenguaje PHP. La figura 1.5 muestra la fórmula de correlación para obtener el coeficiente de Pearson, el cual determina el grado de correlación existente entre las variables elegidas.

<p>Coefficiente De Correlación De Pearson</p>	$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}}$
--	---

Figura 1.5 Coeficiente de correlación de Pearson [1].

A continuación se mostrará el resultado y la interpretación del Servicio web para el proceso de minería de datos de la relación entre el grupo o clases de edad y el tipo de lesión. En dicho servicio se utilizará el algoritmo J48, este algoritmo utiliza variables de tipo nominal esto es de tipo cadena. La figura 1.6 muestra la interfaz principal que se da al usuario en ella se elige el rango de edad del cual se quiere tener información de los diagnósticos dentro de ese rango, así como el total de pacientes en ese diagnostico.

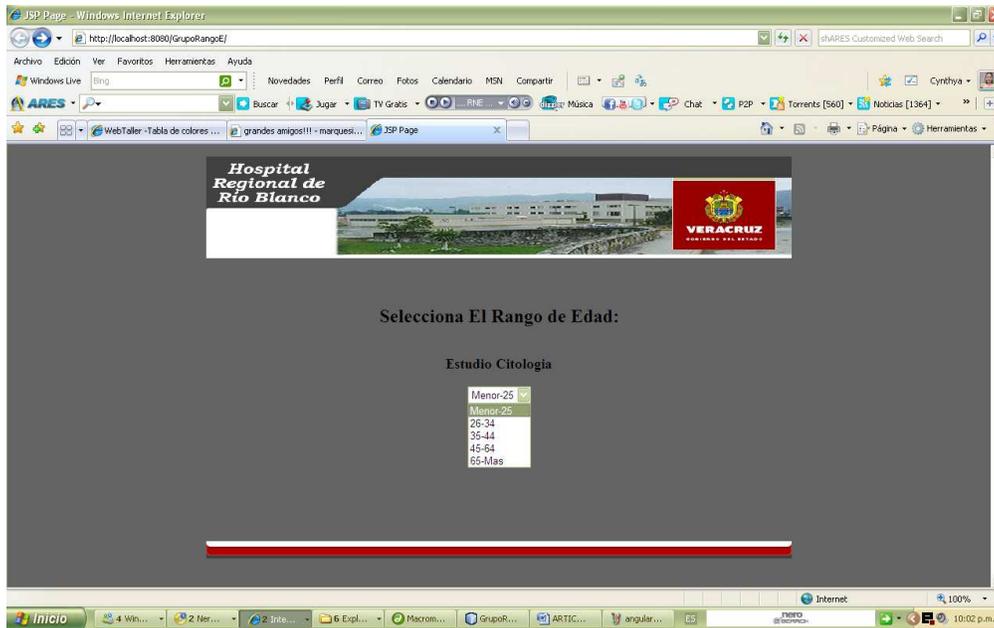


Figura 1.6 SW para el rango de edad y tipo de lesión.

Ahora bien, haciendo uso de esta interfaz para el SW de proceso de minería de datos de rango y tipo de lesión, el usuario elegirá el tipo de rango y en otra pantalla como se ve en la figura 1.7 se mostrara el resultado de este algoritmo que serán los diagnósticos existentes y el número total de pacientes en ellos.

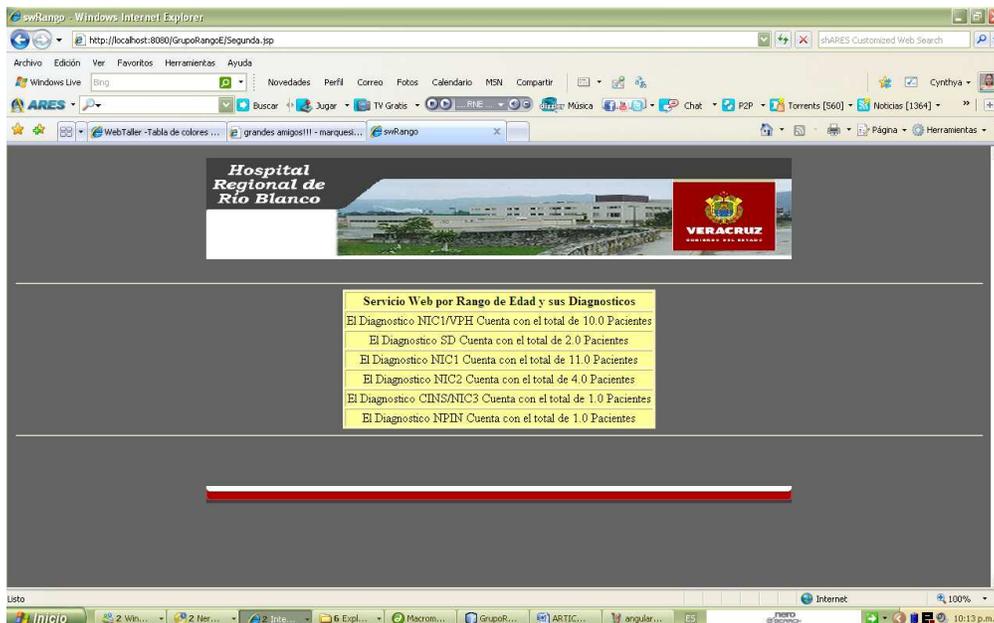


Figura 1.7 Resultado del SW para el proceso de minería de datos de la relación entre el grupo o clases de edad y el tipo de lesión.

Otro punto es que se desarrollara su gráfica pertinente a cada proceso de minería de datos según elija el usuario. La figura 1.8 muestra un ejemplo de la gráfica que mostrará los tipos de lesiones y el número total de las pacientes con dicha lesión, dicha tabla y gráfica se pretende desarrollar desde el servicio web.

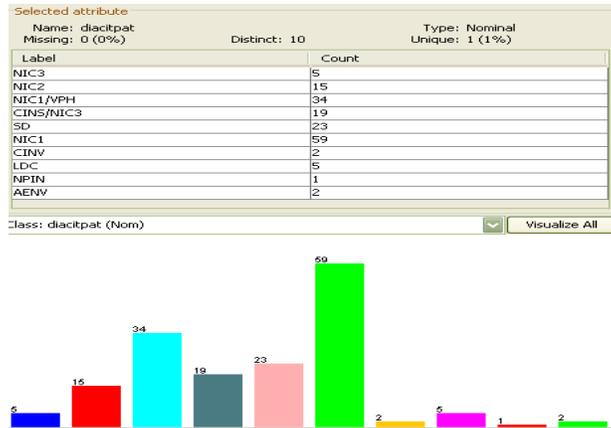


Figura 1.7 Gráfica y Resultados desde Interfaz Weka.

COMENTARIOS FINALES

Conclusiones

La minería de datos hoy en día es una de las herramientas con la cual se pueden obtener el análisis riguroso sobre datos de una BD mientras más grande sea esta mayor información relevante se obtendrá de ella. En este trabajo se presentó la forma de combinar minería de datos con una arquitectura basada en servicios Web, en la cual también se involucran diferentes herramientas de trabajo como son el entorno de NetBeans, lenguaje Java y formulas estadísticas para el desarrollo de dicho proyecto. Esto con la necesidad de obtener estadísticas en el área de la medicina y tener el conocimiento adecuado de las decisiones a tomar en cuanto se refiere a diagnósticos del área de patología.

Recomendaciones

Una recomendación en cuanto el proyecto es seguir recaudando información de las pacientes de años recientes y poder trabajando en la obtención de mejores estadísticas para poder así tener una certeza al 100% al diagnosticar a las pacientes con cáncer cervicouterino.

REFERENCIAS

- [1] Andrés Sandoval H. "Análisis de Regresión y correlación" consultada en internet el día 08 de septiembre del 2009. Dirección de internet: <http://www.slideshare.net/hepatopatas/analisis-de-regresion-y-correlacion>.
- [2] Daedalus- Data Decisions and language, S.A. Minería de datos. Consultada en internet el día 25 de noviembre del 2008 Dirección de Internet: <http://www.daedalus.es/mineria-de-datos/>
- [3] Elena Gervilla García, Rafael Jiménez López, Juan José Montaña Moreno, Albert Sesé Abad, Berta Cajal Blasco, Alfonso Palmer Pol. "La metodología del Data Mining .Una aplicación al consumo de alcohol en adolescentes", Consultada en internet el día 08 de septiembre del 2009. Dirección de internet: <http://www.adicciones.es/files/65-80%20palmer.pdf>
- [4] Erika Vilches González e Iván A. Escobar Broitman "Minería de Datos" Consultada en internet el día 25 de noviembre del 2008. Dirección de internet: http://www.erikavilches.com/km/mineria_datos.pdf
- [5] Ian H. Witten and Eibe Frank. Data Mining, Practical Machine Learning Tools and Techniques. Morgan Kaufmann Publishers. Second Edition, 2005.
- [6] Luis Carlos Molina Félix. "Data Mining: Torturando los datos hasta que confiesen". Consultada en internet del día 13 de marzo del 2009. Dirección de internet: <http://www.lsi.upc.es/~lcmolina/SC/html/paper/chih-dm.pdf>
- [7] Patrick Cauldwell, Rajesh Chawla, Vivek Chopra, Gary Damshchen, Chris dix, Tony Hong, Francis Norton, Uche Ogbuji, Glenn Olander, Mark A. Richman, Zoran Zaev. "Servicios Web, XML" Editorial Anaya Multimedia, 2001.797p. ISBN 84-415-1363-5
- [8] NetBeans Community "NetBeans 6.5: un entorno polifacético" Extraído de: <http://www.pcactual.com/actualidad/noticia/2009/05/18/NetBeans-65-un-entorno-polifacetico>
- [9] Temas selectos de computación. Consultada en internet el día 4 de diciembre del 2008. Dirección de internet: http://mx.geocities.com/vic_omar/bd.htm

Diseño y construcción de un tribómetro Arena Seca/Disco vulcanizado

Dr. Andrés López Velázquez¹, Dr. Lázaro Pino Rivero², Ing. Efraín Soto Romero³

Resumen— Se contempla el diseño, construcción y operación de un tribómetro arena seca/disco vulcanizado, de acuerdo con la norma ASTM G65, que permita la evaluación experimental del desgaste abrasivo de los materiales de aplicación en ingeniería bajo diferentes condiciones de carga, velocidad y tiempo. Para la operación del tribómetro se prepararon probetas de aluminio. Se diseñó un experimento del tipo factorial completo a dos niveles, contemplando como variables independientes: la carga variando de 500 gr a 2000 gr y para la velocidad de rotación de 200 rpm a 400 rpm y como variable dependiente el desgaste volumétrico. Como elemento abrasivo se usó arena sílica AFS 50/70. Se corrieron los ensayos y se realizó el análisis estadístico-matemático para validar los resultados obtenidos

Palabras claves—Tribología, Tribómetro, ensayos tribológicos, desgaste abrasivo, arena sílica.

I. INTRODUCCIÓN

La palabra Tribología es, a decir verdad un término nuevo, ya que es usado desde hace menos de medio siglo. Etimológicamente hablando la palabra proviene del griego tribos (frotamiento) y logos (ciencia). La Real Academia de la Lengua Española la define como la “Técnica que estudia el rozamiento entre los cuerpos sólidos, con el fin de producir mejor deslizamiento y menor desgaste de ellos”. [1]

Dentro de los objetivos técnico – económicos de la Tribología se establecen tres principales:

- Ahorro de energía
- Ahorro de materias primas y materiales
- Explotación óptima de los sistemas tribológicos

Con la creación de este tribómetro será posible desarrollar investigaciones experimentales en Tribología, con lo cual se generará nuevo conocimiento que permitirá la explicación sobre el comportamiento de los materiales ante los fenómenos de la fricción y el desgaste abrasivo. El desgaste abrasivo ocurre cuando partículas duras suspendidas en un fluido o proyecciones de una superficie ruedan o deslizan bajo presión contra otra superficie, dando como resultado el desprendimiento de partículas del material más blando [2]. Otra característica importante del desgaste abrasivo es el calor generado por la fricción entre los dos materiales.

DESCRIPCION DEL TRIBOMETRO ARENA SECA/DISCO VULCANIZZADO

La configuración del tribómetro es de acuerdo al esquema que se muestra en la Figura 1. Básicamente consta de una (1) Tolva la cual va a contener la arena sílica AFS 50/70, la cual se va a hacer fluir a través de una boquilla (2), esta boquilla se encuentra calibrada para controlar la velocidad del flujo de la arena en 300 a 400 g/min. También consta de un motor de 1 HP, al cual se le acopla un disco metálico vulcanizado con acrilonitrilo butadieno estireno o ABS (3), el cual será presionado contra una probeta metálica (5) de configuración rectangular de 1 plg. de alto,

¹ Andrés López Velázquez es Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Xalapa de la Universidad Veracruzana. andlopez@uv.mx (autor corresponsal)

² Lázaro Pino Rivero es Profesor de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba lazaropr@uclv.edu.

³ Efraín Soto Romero Egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Xalapa de la Universidad Veracruzana perseo_z@yahoo.com

0.75 plg. de ancho y un espesor de 0.25 plg. mediante un brazo de palanca, al que se le colocan diferentes pesos y contra pesos para equilibrarlo(4).

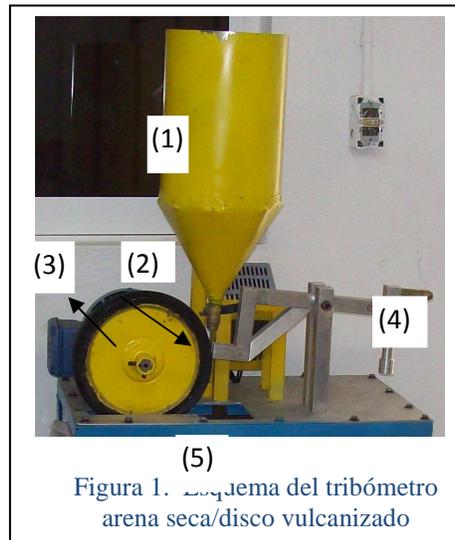


Figura 1. Esquema del tribómetro arena seca/disco vulcanizado

PROCEDIMIENTO

Procedimiento estándar para realizar experimentos con el Tribómetro Arena seca/Disco Vulcanizado.

- 1.- Se deben preparar las probetas del material a analizar, puliéndolas con lija del número 240 a 400 granos/plg²(muy fina) y limpiándolas perfectamente. Se debe registrar el peso inicial de las probetas mediante el uso de una balanza analítica con una sensibilidad de 0.1mg. La probeta puede ser de cualquier material que se desee evaluar su comportamiento al desgaste abrasivo.
- 2.- Una vez que las probetas se han preparado, se montan con mucho cuidado en el porta - probetas y se sujetan. Tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Colocación de probetas

- 3.- Se coloca el brazo con probeta y sin pesos muertos a nivel, es decir, horizontalmente. Esto se hace con el fin de no agregar peso adicional a la prueba y que no existan desviaciones durante la experimentación. Esto se logra mediante la calibración del contrapeso.
- 4.- Se desmonta el porta-pesas y se le agrega el peso deseado. Cada pesa tiene una masa de 0.5 kg. Por lo tanto, si se colocan todas las pesas se obtiene el peso total de 2 kg.

5.- Debe asegurarse que la llave de paso de la boquilla se encuentre en posición de cerrado (perpendicular respecto a la boquilla). Es entonces cuando se agregan aproximadamente 6 kilogramos de arena sílica (previamente pesados), a la tolva.

6.- Se hace uso del equipo de seguridad pertinente antes de iniciar la prueba, es decir se colocan lentes o goggles de seguridad.

7.- Se mueve hacia atrás el brazo porta - pesas y porta – probetas, en una posición inclinada para evitar que cuando se encienda el motor exista una vibración muy fuerte que afecte la integridad de la probeta.

8.- Se enciende el variador y se coloca en la frecuencia requerida, esto se hace presionando los botones del panel que indican una flecha superior y flecha inferior. Una vez hecho esto se presiona el botón start y el motor comenzará a funcionar.



9.- Se abre el flujo de arena por la boquilla de la tolva hasta lograr un flujo constante.

10.- Se acerca lentamente la probeta hasta que entre en contacto con el vulcanizado y se observe que un flujo de arena caiga directamente en el punto de contacto probeta – vulcanizado.



11.- Justo en el momento de contacto se hace el conteo del tiempo por medio de un cronómetro, ya sea análogo o digital, para registrar el tiempo de prueba de 15 minutos.

12.- Una vez transcurrido el tiempo de prueba se para el equipo, se retira cuidadosamente la probeta y se limpia. Se apagan los interruptores y cuchillas.

13.- Se pesan las probetas nuevamente en la balanza analítica para registrar su peso final después de realizada la prueba y se hace la comparación de medidas para determinar el volumen perdido.



Para la realización de los experimentos se diseñó un experimento del tipo factorial completo a dos niveles teniendo 2 variables independientes a 2 niveles cada una: Velocidad (200 rpm y 400 rpm) y Carga (500 g y 2000 g), lo cual nos proporcionó la matriz de experimentos de la Tabla 1. Además se consideraron dos replicas por cada ensayo para garantizar el proceso estadístico por lo que se obtuvieron en total 12 corridas experimentales. Para el diseño de la matriz de experimentos se recurrió al software Statgraphics Centurion XV.II.14, el cual es un programa para el desarrollo de experimentos, gestionar y analizar valores estadísticos.

Tabla 1. Matriz de experimentos

prueba buena.sfx			
	BLOQUE	Carga (gr)	Velocidad de giro (RPM)
1	1	2000	200
2	1	2000	400
3	1	500	400
4	1	500	200
5	2	2000	200
6	2	2000	400
7	2	500	400
8	2	500	200
9	3	2000	200
10	3	2000	400
11	3	500	400
12	3	500	200

RESULTADOS

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos realizados en este tribómetro de acuerdo con el orden establecido en la matriz de experimentos indicada en la tabla 1. Se consideró una corrección al respecto del desgaste gravimétrico empleando la densidad del material analizado, con esto se obtuvo el desgaste volumétrico, el cual nos permite comparar la resistencia al desgaste abrasivo entre materiales.

Tabla 2. Resultados del desgaste abrasivo

Corrida	Carga (kg)	Velocidad (rpm)	Pérdida de Material (mm ³)
1	2000	200	129.4471 x 10 ⁻⁶
2	2000	400	127.501 x 10 ⁻⁶
3	500	400	60.415 x 10 ⁻⁶
4	500	200	20.348 x 10 ⁻⁶
5	2000	200	132.5229 x 10 ⁻⁶

6	2000	400	136.471 x 10 ⁻⁶
7	500	400	56.968 x 10 ⁻⁶
8	500	200	20.308 x 10 ⁻⁶
9	2000	200	129.6694 x 10 ⁻⁶
10	2000	400	126.723 x 10 ⁻⁶
11	500	400	63.491 x 10 ⁻⁶
12	500	200	19.483 x 10 ⁻⁶

En la Figura 6 se ilustra la comparación de los desgastes abrasivos de cada uno de los ensayos y sus respectivas réplicas. Quedando demostrado que en una condición de alta velocidad y carga, el material analizado responde de una manera desfavorable. En contraposición el material se comporta de una manera más estable con cargas y velocidades relativamente bajas.

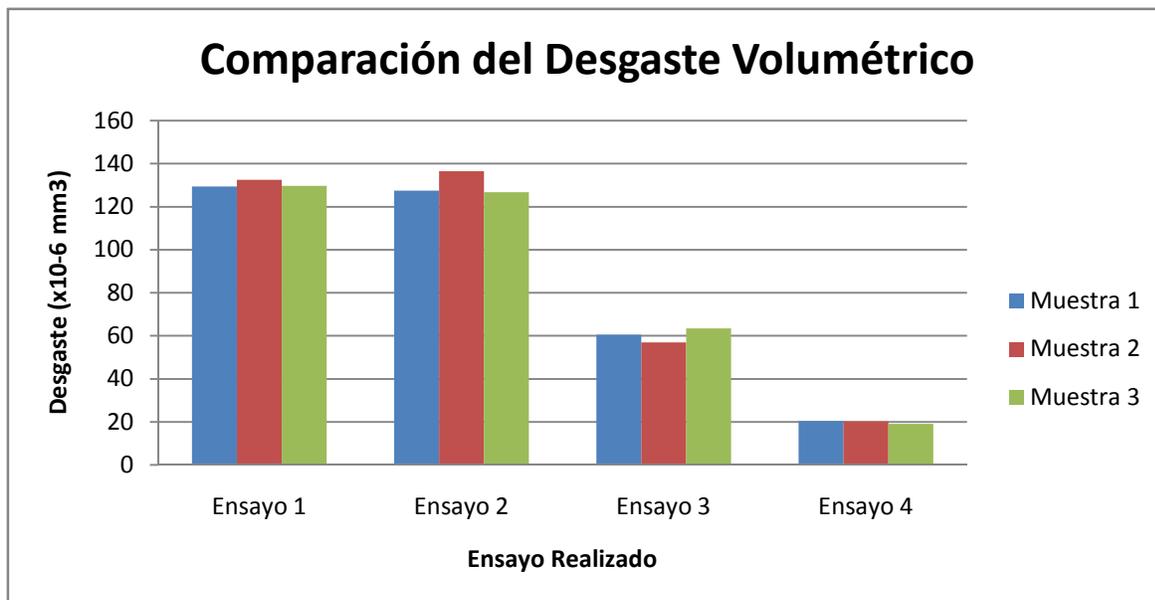


Figura 6. Gráfica de comparación del material perdido.

Al realizar el análisis estadístico de los resultados mediante el software Statgraphics Centurion XV.II.14 se obtuvo la siguiente ecuación de correlación:

$$\text{Pérdida de material} = -70.9384 + 0.1009 \cdot \text{Carga} + 0.269791 \cdot \text{Velocidad de giro} - 0.000135682 \cdot \text{Carga} \cdot \text{Velocidad de giro}$$

Su correspondiente coeficiente de correlación R^2 fue de 99.7175%, lo cual indica que tanto la carga como la velocidad, así como la interacción entre ellas son parámetros significativos para un intervalo de confianza del 95%.

En la Figura 7 se muestra la superficie de respuesta para el comportamiento del desgaste volumétrico en mm^3 en dependencia de la carga y la velocidad.

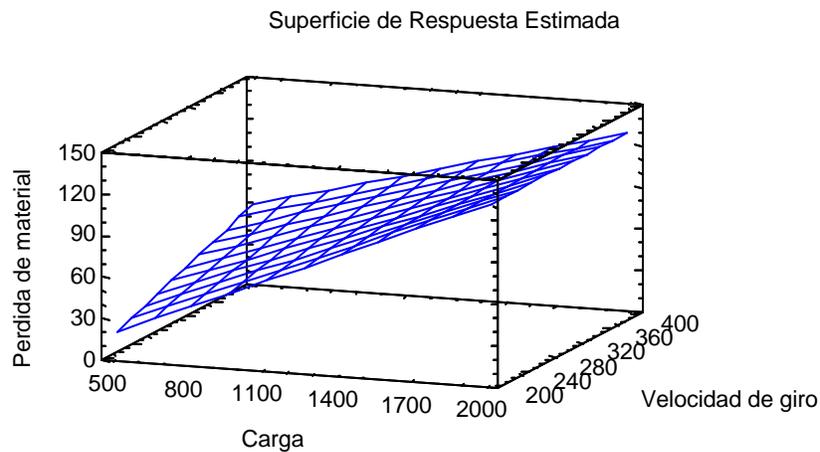


Figura 7. Gráfica de comportamiento del desgaste

REFERENCIAS

- 1.- Real Academia de la Lengua Española www.rae.es – Diccionario de definiciones Técnicas.
- 2- Dimas E. Portillo L.; “Curso: Análisis de fallas mecánicas”; Editorial Universidad Tecnológica de Panamá. Panamá 2009.

El **Dr. Andrés López Velázquez** es Ingeniero Industrial Mecánico por el Instituto Tecnológico de Veracruz, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica también por el Instituto Tecnológico de Veracruz y Dr. En Ciencias Técnicas en Ingeniería Mecánica por la Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Calara, Cuba. Actualmente es profesor investigador de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Xalapa de la Universidad Veracruzana.

El **Dr. Lázaro Pino Rivero** es Ingeniero químico y Dr. En Ciencias Técnicas en Ingeniería por la Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Calara, Cuba. El doctor Lázaro tiene una vasta experiencia en fundiciones ferrosas y en materiales compuestos con polvos de aluminio. Actualmente es profesor investigador de la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Calara, Cuba.

El **Ing. Efraín Soto Romero** es egresado de la Facultad de ingeniería Mecánica Eléctrica, ha participado en distintos concursos de diseño de prototipos en los años 2006,2008 y 2009. Participó como ponente en el 1er Foro de Divulgación Científica y Tecnológica de la FIME 2009.