

Tecnología HOY

Volumen 6
Nov. 2002

Facultad de Ingeniería Mecánica en sus 20 años
6^a Semana de la Ingeniería Mecánica



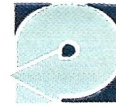
Tercer Curso Internacional de Ingeniería Electrónica

Primer Doctorado en la UTP,
Tecnologías Avanzadas para la Industria

Vol. 6
2002
e. 2

ISSN 1683-6103
Precio B/.2.00

CONVERTIMOS LOS PROBLEMAS DE TORSION EN PRODUCCION EN TODO EL MUNDO

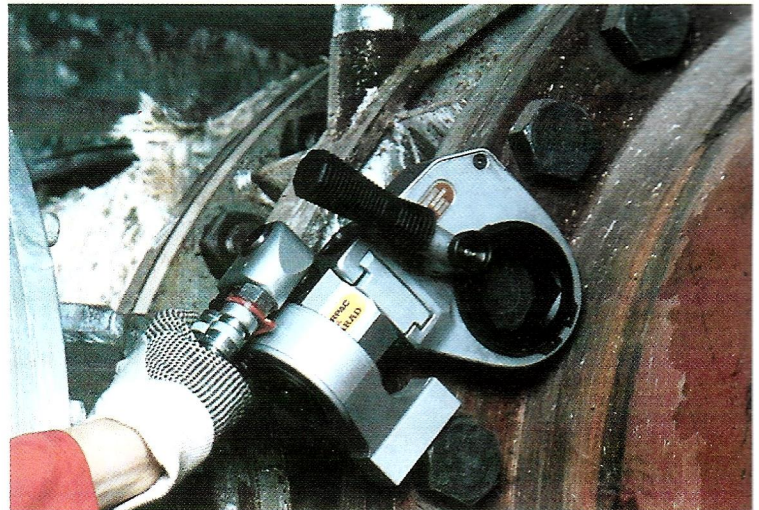


PROTECSA
Proveedora Técnica S. A.

P. O. Box 10356 Tel.: 227-3533
Panamá 4, Panamá Fax: 227-1053



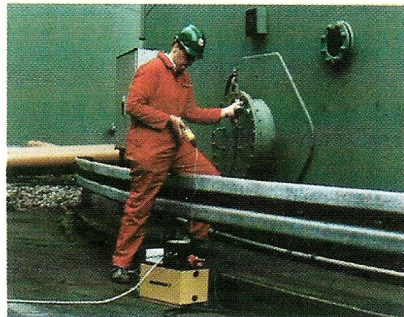
El sistema LT, con palanca de reacción y cubo, es compacto, liviano y fácil de operar.



A diferencia de otras llaves de torsión, el sistema UKS ofrece una variedad de insertos hexagonales intercambiables para cada cabeza de trinquete, evitando tener que comprar un nuevo trinquete con cada inserto hexagonal.



Plataforma petrolífera en alta mar.



El diseño liviano de esta llave LT permite la operación con una sola mano para reducir la fatiga del operador y hacer más rápido el apriete.



El control remoto colgante hace la operación más segura, más conveniente y más económica, ya que un solo operador puede realizar la labor de torsión.

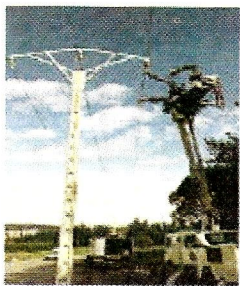


El sistema UKS con cabeza de trinquete RV y cubi cuadrado, provee una torsión precisa para las juntas empernadas de este eje de generador.



Minería

ENERPAC[®]
Tecnología Hidráulica Mundial



7

Tecnología-Hoy

Volumen 6 - Noviembre de 2002

EDITORIAL

Aporte de la Ingeniería Mecánica en el Funcionamiento del Canal de Panamá y sus operaciones Marinas

Tecnologías Avanzadas para la Industria

Estudio de la Calidad del Aire en el Distrito de San Miguelito

Análisis de la Interacción entre una Grieta y un Barreno Aplicando la Interacción entre una Grieta y un Barreno Aplicando la Mecánica de la Fractura y el Método Fotoelástico

Una Alemana en Panamá

6ª Semana de la Ingeniería Mecánica

Tercer Curso Internacional de Ingeniería Mecatrónica

Uso de Cuaterniones para Representar Rotaciones

Análisis Energético de Calderas "Caso Real"

Paradigma de la Educación Universitaria

Compensación de Fricción en el Control en Tiempo Real de un Robot Móvil

Facultad de Ingeniería Mecánica en Sus 20 Años

Tecnología Hoy es una publicación anual de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá.

Es prohibida la reproducción total o parcial del material impreso.

Las opiniones expresadas en los artículos reflejan el punto de vista exclusivo de sus autores.

Edición y Coordinación General
Ing. Deyka I. García B.

Para comentarios y/o sugerencias estamos a tu disposición en el

e-mail: dgarcia@fim.utp.ac.pa

CONTENIDO



11



17



20



3



26

2

3

7

8

11

17

19

20

21

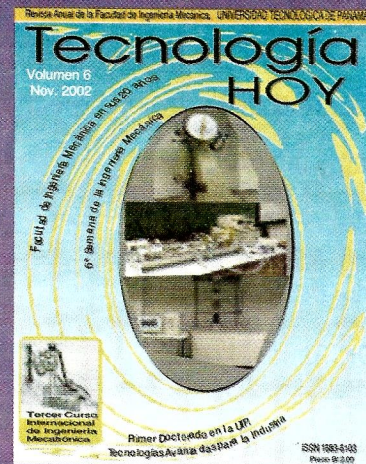
23

25

26

33

PORTADA



El trabajo en equipo así como el esfuerzo y la disciplina, son aspectos indispensables al implementar nuevas tecnologías.

El laboratorio de Pruebas Mecánicas es una herramienta más con la cual la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá continua siendo promotora de actividades relacionadas con la Ciencia y Tecnología moderna.

La revista incluye ciertos aspectos de la vida diaria universitaria, algunos eventos especiales, artículos exclusivos, así como actualidades tecnológicas variadas.

Encuétranos en:
<http://www.fim.utp.ac.pa>

Colaboraron en esta edición:

Ing. Lino Ruiz
Ing. Carlos Plazaola
Dr. Humberto Rodríguez
Ing. Marcelo Coronado

IMPRESIÓN:
IMPRENTA EDICANO, S.A.
PANAMÁ, REP. DE PANAMÁ

AUTORIDADES

Facultad de Ingeniería Mecánica

Ing. Lino Ruiz

Decano

Ing. Plinio Hines

Vice-Decano Académico

Dr. Tomás Bazán

Vice-Decano de Inv. Post. y Ext. a.i.

Ing. Benigno Vargas

Jefe Depto. de Energía

Dr. Rodolfo Barragán

Jefe Depto. de Metal-Mecánica.

Ing. Jaime Contreras

Jefe Depto. Materiales y Metalurgia

Ing. José Ramsay

Jefe Depto. Ing. Mecánica

Ing. Rubén D. Espitia

Jefe Depto. Sist. y Comp. Mecánicos

Ing. Gloria Cedeño

Coord. Carrera de Lic. Ing. Mecánica.

Ing. Orlando Aguilar

Coord. Carrera de Lic. en Tecnología Mec.

Tec. Miguel Dorati

Coord. Carrera de Tec. Mec. Ind.

Ing. Martín Valdés

Coord. Carrera de Tec. Ref. y A/A

Ing. Félix Henríquez

Coord. de Maestría y PostGrado

Dr. Víctor Sánchez

Coord. de la Carrera de Aviación

Dr. Humberto Rodríguez

Coord. de Investigación

Ing. Ilka Banfield

Coord. de Extensión

Lic. Luzmila González

Secretaria Administrativa

Ing. Geomara de Escobar

Secretaria Académica

Editorial

La misión de la Facultad de Ingeniería Mecánica de formar personas emprendedoras y comprometidas con el desarrollo de la comunidad para mejorarla con altos niveles de calidad profesional y éticos en las áreas de la ciencia y la tecnología se traduce perfectamente en la infraestructura y cimientos académicos-intelectuales que en la actualidad se ofrecen.

Los programas académicos actuales se elaboran para hacer que las empresas sean más competitivas, en cuanto a la preparación de profesores, así como la captación de más y mejores alumnos de forma tal que en nuestro país se pueda tener una calidad educativa a la altura de las mejores del mundo.

Cada una de las estrategias y ofertas académicas, así como el fortalecimiento de las dinámicas dentro del proceso enseñanza-aprendizaje se perfeccionan día a día con nuestros laboratorios, biblioteca, conexiones a internet, seminarios, conferencias, giras técnicas y diversos programas y equipos planificados para cumplir con cada uno de los puntos de nuestra misión.

Esto se logra con la autogestión y con el apoyo y afianzamiento de lazos internacionales que recibe la Facultad de Ingeniería Mecánica de instituciones como Agencias de Cooperación Internacional, Empresas y Universidades del extranjero.

Algunos de los programas de preparación que actualmente se podrían resaltar son los patrocinados por el Gobierno del Japón a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Esta Agencia en la actualidad apoya a nuestra Facultad con el Curso Internacional de Ingeniería Mecatrónica.

Otros de los Programas de perfeccionamiento profesional son los ofrecidos por la República de China (Taiwán) a través de su Agencia de Cooperación Internacional (ICDF), la UTP, el INAFORP y AMPYME quienes desarrollan en nuestro país el programa Entrenando Entrenadores en especialidades como Soldadura Especializada para Aluminio como también Aceros Inoxidables y Tratamientos Térmicos para Acero.

Los procesos innovadores de la Facultad de Ingeniería Mecánica se justifican, ya que la actualización así como la globalización traen consigo muchos beneficios, pero también nuevos retos. Toda esta modernización exige perfeccionamiento y aprendizaje continuo de cada uno de sus miembros para el fortalecimiento Científico-Tecnológico de Panamá.

Deyka I. García B.

“Aporte de la Ingeniería Mecánica en el Funcionamiento del Canal de Panamá y sus Operaciones Marinas”

Por: Ing. Jorge L. Quijano
Director de Operaciones Marítimas
Autoridad del Canal de Panamá
MR-SEC@pancanal.net

Quisiera empezar por decir que la Ingeniería Mecánica ha representado para el Canal de Panamá uno de los pilares técnicos más importantes; desde su diseño y mejoras a través de los años, hasta la realización del programa de modernización y los estudios de ampliación en ejecución en estos momentos.

La magnitud de la inversión en sistemas mecánicos a través de la historia del Canal es sólo superada por las obras civiles. Sin embargo, el nivel de tecnología utilizado entonces es muy comparable a la magnitud de los avances de los últimos años en el área electrónica y de comunicaciones.

Tal vez el mejor ejemplo de lo avanzado de los sistemas mecánicos en el Canal sean las locomotoras de remolque. Como es conocido por muchos, las esclusas del Canal de Panamá son las únicas que utilizan este sistema para asistir los buques que por ellas pasan. La locomotora original diseñada por Edward Schilhower, ingeniero electro-mecánico de la Comisión del Canal Istmico, combinó la tecnología de locomotoras ferroviarias con lo que en ese entonces era algo novedoso, la alimentación eléctrica. El prototipo de Schilhower tenía un molinete central acoplado de forma articulada a dos unidades de propulsión y mando. Las unidades finalmente fabricadas por General Electric de chasis integral eran capaces de halar 25,000 libras, tenían una velocidad de remolque máxima de 2 mph y una velocidad de retorno de 5 mph. El ingenioso sistema incluyó las vías férreas con una cremallera que provee el medio para desarrollar la tracción requerida e impedir el descarrilamiento mediante ruedas de seguridad.

Schilhower fue también responsable del diseño de la maquinaria que opera las compuertas de las esclusas, el cuál permite mover las masivas compuertas de 700 toneladas con un motor eléctrico de 40 caballos a través de la ventaja mecánica de una serie de engranajes.

Otro sistema mecánico diseñado y construido específicamente para el Canal lo constituyó el tablero de control de la maquinaria de las esclusas. El sistema, en operación hasta el presente, utiliza una serie de enclaves mecánicos que garantizan la secuencia correcta de operación; por lo que muchos han tenido a bien llamarlo “una computadora mecánica”.

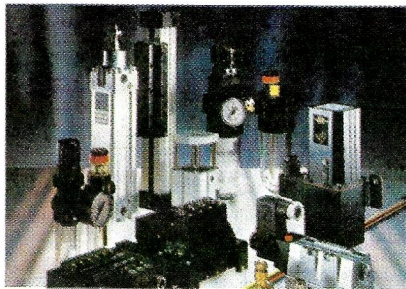
Luego de 42 años de operación del Canal, las locomotoras fueron el primer equipo mayor de las esclusas en ser reemplazado. En 1956, después de realizar estudios para analizar su necesidad y opciones para eliminarlas, se decidió reemplazarlas por unidades más potentes. Las nuevas locomotoras adquiridas a partir de 1962 podían halar casi el triple de sus predecesoras mediante dos unidades de molinete con una capacidad de 35,000 lbs. cada uno, podían remolcar a 3 mph en lugar de 2 y tenían capacidad de viajar ligeras a 9 mph en lugar de 5. La cabina central permitía una mejor visibilidad y control al operador. El mayor avance tecnológico lo constituyó el uso de molinetes hidráulicos en lugar de los mecánicos de sus antecesoras. Las nuevas unidades también incorporaron cajas de engranajes de tracción cerradas para reemplazar el sistema abierto y un sistema de frenos neumáticos en lugar de los mecánicos.



A través de los años son muchas las aplicaciones de ingeniería mecánica utilizadas en mejoras realizadas al Canal. Entre ellas sobresalen las realizadas en las dos últimas décadas, a los equipos sumergidos de las esclusas. En las válvulas de vástago ascendente, que controlan el flujo de agua hacia y desde las cámaras de las esclusas, se destaca el uso de platos deslizantes de acero inoxidable y guías de polietileno de alta densidad molecular. El nuevo sistema reemplaza al mecanismo de rodillos de bronce y guías de acero, los cuales tenían una vida útil promedio de 7 años y eran muy propensos a fallas. Los sistemas plásticos utilizados fueron el resultado de muchos análisis y pruebas. Hasta ahora el nuevo sistema ha demostrado ser muy duradero y confiable; prueba de ello es que tenemos algunas válvulas operando con sistemas convertidos hace más de 20 años. Los plásticos también han reemplazado otros componentes de éstas y otras válvulas en las esclusas.



VENTAS Y ALQUILRES



**PRODUCTOS
Y SOLUCIONES NEUMÁTICAS**

Nuestra empresa...

AIRCO,S.A. está establecida en Panamá durante más de 35 años. Desde su fundación, venimos representando e incorporando marcas reconocidas mundialmente tales como:

- ***GRACO** (equipos para lubricación, pintura, bombas)
- ***CLEMCO** (sandblasting)
- ***QUINCY** (compresores de aire industriales)
- ***NORGREN** (neumática-filtros/reguladores/lubricadores, válvulas solenoide, pistones)
- ***HANKISON** (secadores de aire comprimido)
- ***COLEMAN** (compresores de aire, generadores)
- ***HONDA** (motores, generadores, bombas de agua)
- ***FILL-RITE** (dispensadores y medidores de combustible)
- ***SUMITOMO** (motoreductores y reductores de velocidad industriales)

Nuestro personal...

AIRCO,S.A. cuenta con personal capacitado para ofrecerle productos y soluciones para la Industria, Construcción, Ferretería Decorativa, Equipo Aeronáutico, Alquiler de Equipos y Taller de Servicio con el respaldo y garantía de las marcas que representamos.



COMPRESORES

Avenida A, Urbanización Costa del Este,
Panamá, República de Panamá
Tel.:(507) 271-5337, Fax: 507)271-5214,
e-mail: rzarate@aircopanama.com



**SOLDADURA
MOVIL**

Le ofrece

- Equipos y productos Lincoln Electric
- Equipos de Oxicorte Harris-Lincoln Electric
- Reparación y mantenimiento de todo tipo de máquinas de soldar y equipos de oxicorte
- Accesorios
- Soldadura general y especializada
- Garantía de respaldo Lincoln Electric



Distribuidor

Taller Autorizado

**LINCOLN
ELECTRIC**

SOLDADURA MOVIL

Calle 15, Río Abajo Final. Tel: 221-7577

www.soldaduramovil.com



American Welding Society

La Asociación Americana de Soldadura está en Panamá

Únase a la Selección Internacional de Panamá y trabajemos juntos por el desarrollo de la industria de la soldadura en nuestro país. Nuestro principales objetivos son:

- Desarrollar la ciencia y arte de la soldadura.
- Servir como ente regulador en el desarrollo de códigos, estándares, especificaciones y prácticas recomendables.
- Promover el desarrollo de la profesión y brindar oportunidades de entrenamiento a través de conferencias, seminarios y cursos.
- Promover la transferencia de tecnología a través de publicaciones, reuniones, debates y exhibiciones entre otros.

Para mayor información llame al 222-1813 o visite www.aws.org

**INSCRIBASE
HOY**

En las compuertas de las esclusas estamos utilizando sellos metálicos compuestos de acero inoxidable y acero común, unidos por un proceso conocido en inglés como metal cladding. La unión resulta en una pieza con una cara resistente a la corrosión, sobre una base de acero al carbón que evita la corrosión galvánica que ocasionaría una pieza sólida de acero inoxidable a las fundiciones incrustadas en la pared. La fabricación requiere de la unión a altas presiones de planchas de acero inoxidable con planchas de acero al carbón por un proceso de adhesión por explosión.

Otra de las mejoras realizadas en los procesos de reacondicionamiento lo constituyen el uso de rellenos epóxicos para reemplazar aquéllos a base de aleaciones de plomo y antimonio. Los nuevos materiales se han usado principalmente para rellenar los espacios detrás de los sellos metálicos de las compuertas y las paredes de las esclusas una vez éstos son alineados y ajustados en posición. Para el relleno con el material epóxico se utilizan bombas inyectoras con cámaras con volúmenes calibrados y pistolas de premezclado que garantizan las proporciones correctas y homogeneidad de la resina.

En años más recientes se ha estandarizado el procedimiento de ajuste y alineamiento de componentes de las compuertas con tecnología láser, tales como los sellos metálicos de las compuertas y las cámaras, la esfera pivote y el yugo pivote de las compuertas.

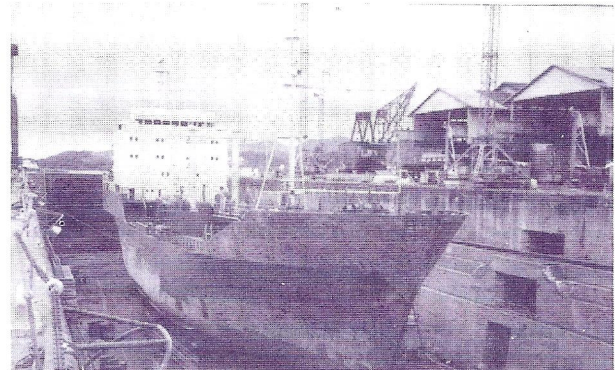
En 1996 el Canal inició un agresivo programa de modernización con el propósito de aumentar la capacidad del Canal a corto plazo hasta un 20%, mejorar la eficiencia, seguridad y flexibilidad de las operaciones, mantener el tiempo promedio en aguas del Canal en 24 horas y reducir los costos de mantenimiento. Este programa incluye la adquisición de nuevas locomotoras y aumento en el tamaño de la flota. La compra de nuevas locomotoras nos presentó la oportunidad para mejorar el diseño e incorporar nueva tecnología.

Entre los estudios realizados se destacan el análisis cinemático que permitió determinar las características de desempeño de las nuevas locomotoras a partir de la capacidad esperada de las esclusas y el análisis de vibraciones que permitió identificar la causa de las vibraciones que experimentaban las locomotoras al viajar a 9 mph. Se encontró que se trataba de un problema de resonancia causado por excitaciones inherentes al diseño de las vías de remolque, las cuales coincidían con la frecuencia natural de la locomotora y su sistema de suspensión. Luego se

realizó un análisis de cuerpo rígido, y se construyó un modelo matemático que permitió el diseño de un novedoso sistema de suspensión asimétrico que resolvió el problema de resonancia. Se mejoraron también los diseños de los molinetes y las cajas de tracción, en las cuales se resolvió definitivamente el problema de fugas de aceite, típicos de las locomotoras de la generación anterior.

Debo enfatizar que el cambio tecnológico más importante en las nuevas locomotoras lo constituye el nuevo sistema de control de tracción, el cual utiliza motores con variadores de frecuencia que le permiten un mejor control, requieren mucho menos mantenimiento y permiten enviar la energía de frenado de vuelta a la red de alimentación eléctrica en lugar de disiparla en frenos mecánicos.

Hasta el momento se han recibido las 26 locomotoras adicionales y se ha dado la orden de proceder con la fabricación de las primeras 20 unidades de reemplazo de la flota existente. Estas locomotoras pueden remolcar a 3 millas por hora con ambos molinetes a su máxima tensión de 35 mil libras cada uno y retornar ligeras a 10 millas por hora.



Otro de los proyectos incluidos en el programa de modernización del Canal es la rehabilitación de las vías de remolque. Debido al aumento de las cargas impuestas sobre las vías, causado por las locomotoras más potentes y pesadas y por el aumento del tamaño de los barcos, las vías se fueron deteriorando al punto que las reparaciones y mejoras aisladas ya no eran suficientes para mantener la integridad del sistema. Hasta ese momento las mejoras más significativas las constituían el reemplazo del riel de 90 lb. del lado de la cámara por un riel de calibre de grúa de 105 lb. y la instalación de semi-durmientes adicionales bajo el mismo.

El proyecto de rehabilitación se inició con el rediseño completo de todas las vías, el cual incluyó el reemplazo y adición de durmientes más fuertes, el reemplazo de los rieles, el uso de una cremallera más fuerte y con tolerancias más ajustadas, la sujeción de ambos con pernos de fijación tipo huck y la

construcción de una base de concreto reforzado. Es importante resaltar que, a pesar de que la renovación de las vías es mayormente un proceso de construcción civil, en el mismo se utilizan equipos, componentes y tolerancias de sistemas mecánicos.

La reconstrucción se realiza en fases y se inicia con la demolición, la cual se hace mayormente entre esclusajes, cortando secciones completas utilizando una máquina de hilo de diamante que es impulsada por un motor hidráulico. Una vez cortadas las secciones, éstas se anclan temporalmente hasta el momento de su reemplazo.

También se utiliza tecnología de hidro-demolición para remover secciones de difícil acceso u otras características especiales. Es importante destacar que ambos procesos evitan deteriorar las estructuras que no son removidas, a diferencia de los martillos neumáticos que causan micro-fisuras en las estructuras adyacentes. Paralelamente, a la demolición, se pre-fabrican las nuevas secciones de vías a utilizar. La última fase es el reemplazo de las secciones, la cual requiere el cierre de la vía. Típicamente se requiere de un cierre de 11 días para rehabilitar unos 300 metros de vía. Durante esta fase, se remueven las secciones pre-cortadas, se instalan las nuevas, se vacía el concreto y se instalan los rieles conductores. En la actualidad el proyecto tiene un avance general de un 50%.

Dentro del programa de modernización, el proyecto en el cual la ingeniería mecánica ha tenido la mayor relevancia es el reemplazo de la maquinaria que mueve las compuertas y válvulas de las esclusas por sistemas hidráulicos. Este proyecto se inició con el diseño y construcción de un prototipo, en el que se reemplazó el sistema de engranajes que accionaban las compuertas por un cilindro hidráulico. El reemplazo masivo en todas las compuertas se justificó principalmente por los problemas causados por el antiguo sistema, tales como las constantes fallas de los componentes, el mantenimiento intensivo y la dificultad para obtener repuestos, cuyos costos aumentaba exponencialmente en los últimos años. Por ejemplo, sólo el costo del engranaje principal de 6 metros de diámetro y su piñón es casi igual al del nuevo sistema hidráulico completo para una compuerta. La instalación de los nuevos sistemas ya se completó en la esclusas de Pedro Miguel y Miraflores, y está en progreso en Gatún logrando un avance total del 90%.

Una vez completada la conversión de las compuertas, se iniciará la conversión de las válvulas de vástago ascendente, de la cual ya se instaló un prototipo. Similar a las compuertas, en

estas válvulas se reemplaza el sistema mecánico de engranajes y tornillos por un cilindro hidráulico. La justificación del proyecto es muy similar a la de las compuertas. En estos momentos, se está licitando el contrato de diseño y fabricación de las primeras 12 válvulas, que se instalarán en las Esclusas de Pedro Miguel.

También, estamos evaluando el posible reemplazo de la maquinaria que opera las 120 válvulas cilíndricas de las esclusas. Quiero mencionar que los nuevos sistemas hidráulicos están muy ligados a los nuevos sistemas de control de la maquinaria de las esclusas, los cuales permitirán realizar operaciones más seguras y eficientes.

El último proyecto incluido en el programa de modernización, que contempla una aplicación significativa de ingeniería mecánica, es el de los nuevos remolcadores. El aspecto más sobresaliente de los mismos es, sin lugar a duda, el sistema de propulsión omi-direccional. Los últimos remolcadores utilizan sistemas de propulsión azimutales, en los cuales el conjunto hélice / tobera gira 360 grados alrededor de un eje vertical, proveyendo la fuerza típica de un sistema de hélice convencional con la capacidad de hacerlo en cualquier dirección; todo esto a un costo razonable. El nuevo sistema supera a los costosos sistemas Voith-Schneider, los cuales proveen excelente maniobrabilidad pero con menor capacidad de remolque por el mismo caballaje. El nuevo sistema de propulsión, aunado a los nuevos motores de cuatro tiempos de 4400 caballos de fuerza, dan a los nuevos remolcadores una capacidad de remolque de 55 toneladas, muy superior al de las 36 toneladas promedio de sus antecesores. Los remolcadores utilizan también sistemas de bombeo de agua, combustible, sistemas hidráulicos, neumáticos y aire acondicionado. En septiembre de este año, se deben recibir los dos últimos remolcadores del programa de modernización, incrementando así la flota a 24 unidades. El programa continuará en los próximos años con el reemplazo de los remolcadores viejos.

Para finalizar, quisiera mencionar el hecho de que la mayoría de estos proyectos, y muchos otros que no he mencionado, han requerido de muchos estudios, análisis y consultas con expertos diseñadores, fabricantes y usuarios alrededor del mundo. Sin embargo, debemos resaltar que en todas las fases, desde su concepción y estudios preliminares hasta su diseño y realización final, las mismas han sido realizadas casi en su totalidad por ingenieros y técnicos panameños, muchos de ellos egresados de la Universidad Tecnológica. Por ende, no queda duda del gran aporte tecnológico de la ingeniería mecánica y de la Universidad Tecnológica en el funcionamiento del Canal y sus operaciones marítimas.

TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LA INDUSTRIA

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencias

Conjunto

Universidad Tecnológica de Panamá y la

Universidad Politécnica de Madrid

Dr. Victor Sanchez

vsanchez@fim.utp.ac.pa

La automatización de procesos y sistemas a través de tecnologías avanzadas actualmente se desarrolla a pasos agigantados, para el adecuado desarrollo de esto, se requiere la aplicación del conocimiento en muchas áreas de la ingeniería tales como eléctrica, mecánica, electrónica, comunicaciones, redes, gestión, y sistemas computacionales. Todo esto conlleva la necesidad de contar con personas especializadas que hagan investigaciones básicas y aplicadas, que puedan a su vez contribuir en el avance del conocimiento y/o transfieran tecnología directamente a la industria para solucionar los problemas que ésta enfrenta.

La Universidad Tecnológica de Panamá ofrecerá a partir del próximo año un programa de Doctorado y Maestría en Ciencias conjunto con la Universidad Politécnica de Madrid, el cual redundará en beneficios para la institución y el desarrollo intelectual y profesional de los países de la región. Este doctorado surge prolijado la Fundación Universitaria Tecnológica en Centroamérica (FUTECA) y a partir del intercambio científico/académico entre profesores de la Universidad Politécnica de Madrid y de la Universidad Tecnológica de Panamá, los cuales han coincidido en iniciativas de Cyted y/o durante sus estudios doctorales en dicha universidad española.

El objetivo general que la Fundación Universitaria Tecnológica en Centroamérica (FUTECA) se plantea es formar, con criterio de alta calidad académica, científica y técnica, en el nivel de postgrado, a estudiantes y profesores en función de las necesidades de desarrollo de cada país y para ello se ha propuesto como uno de sus fines específicos el desarrollar cursos de postgrado, especialización y doctorado en ingeniería, así como otros cursos de especialización y formación continua.

La finalidad de estos estudios doctorales conjuntos en *tecnologías avanzadas para la industria* es la especialización del estudiante en las tecnologías modernas de automatización de las etapas de diseño, producción, mantenimiento y control de calidad de procesos y sistemas industriales.

Objetivos/Beneficios

Algunos de los objetivos planteados con este nuevo programas son:

*Establecer líneas de investigación específicas que puedan contribuir a mejorar las relaciones con la industria local, al ofrecerles servicios de transferencia tecnológica que les permita aumentar su productividad.

*Intensificación de la labor de investigación.

*Perfeccionamiento de docentes e investigadores de la universidad, los cuáles ampliarán sus conocimientos académicos y su capacidad de investigación.

Maestría en Ciencias

Adicionalmente, este programa de doctorado ofrecerá como título intermedio la Maestría en Ciencias la misma área, opción que será más atractiva para la industria local, ya que el egresado de este programa tendrá un amplio conocimiento en las modernas tecnologías de automatización de las industrias en todos los ámbitos, desde la gestión, al diseño y automatización de procesos y podrá realizar sus estudios íntegramente en Panamá. El título otorgado será Maestría en Ciencias en Tecnologías Avanzadas para la Industria cuando se haya completado 20 créditos académicos y 12 créditos de trabajos tutelados (un total de 32 créditos).

También ofreceremos a la industria local, algunos de los cursos del programa en calidad de seminarios especializados, que serán dictados por especialistas de reconocida trayectoria.

Título de Doctorado

El título que se otorgará es Doctorado en Tecnologías Avanzadas para la Industria, al completar los 20 créditos académicos, los 12 créditos de trabajos tutelados y la tesis doctoral 30 créditos (un total de 62 créditos). El egresado además de contar con los conocimientos que aporta la Maestría intermedia, debe ser capaz de desarrollar investigaciones especializadas, impartir docencia e innovar al más alto nivel en el área de automatización.

Descripción de la Carrera

El contenido curricular del mismo se ha desarrollado de forma que sea de interés y utilidad no sólo a nuestro país, sino a otros países del área.

Las áreas de conocimientos que integran el plan de estudios son:

- *Automatización de Procesos
- *Automatización del Diseño
- *Diseño de Procesos Productivos
- *Robótica y Visión Artificial
- *Gestión Tecnológica
- *Diseño de Software para Procesos
- *Diseño de Procesos de Fabricación

La estrategia metodológica del programa está basada en tres etapas:

Una primera etapa de cursos que serán dictados por doctores provenientes de la Universidad Politécnica de Madrid y en algunos casos doctores de la Universidad Tecnológica de Panamá.

La segunda etapa de trabajos tutelados realizados con una duración de un año mínimo y que conlleva la sustentación de una tesina describiendo el trabajo realizado ante un tribunal. Para aquellos estudiantes patrocinados por una empresa se espera que éste trabajo tutelado sea dedicado a resolver problemas de interés para la empresa. El estudiante deberá tener una dedicación al menos de tiempo parcial para realizar su trabajo tutelado.

Los estudiantes de Doctorado, luego de haber sustentado satisfactoriamente el trabajo tutelado,

tendrán que realizar los trabajos de frontera que conducirían a la Tesis doctoral. Este trabajo se deberá realizar a tiempo completo y tendrá un tiempo de duración no menor a 2 años. Este trabajo se realizará en Madrid, y deberá ser sustentado ante un tribunal.

Interesados en Ingresar a este Programa

Es importante señalar que este no es un programa masivo, es decir, que la población objetivo a la que va dirigido es muy especializado y se ofrecerá por uno o dos periodos consecutivos y luego se cerrará hasta que existan nuevamente las condiciones para ofrecerlo. Los cupos serán limitados y el número máximo de estudiantes dependerá de los requisitos de ingresos ya establecidos.

Para mayor información consultar la página web <http://www.futeca.org.pa/doctorado.htm> o escribir al Dr. Víctor Sánchez a vsanchez@ciar.utp.ac.pa.

ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUELITO

Por: Ing. Félix Henríquez y Jerónimo Muñoz
Email: fhenriq@fim.utp.ac.pa

El presente trabajo muestra un estudio de calidad de aire realizado en el distrito de San Miguelito durante los meses de enero y febrero del 2001 realizado mediante Tesis de pregrado y sustentada en Abril del 2002 y evaluada con la norma de calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S), los gases monitoreados fueron el CO, H₂S, LEL(hidrocarburo), se escogieron tres estaciones de monitoreo por tener mayor flujo vehicular según datos suministrados por la Dirección de Tránsito y Transporte Terrestre. Las tres estaciones seleccionadas fueron las siguientes.

Estación N° 1: El cruce de la Vía Ricardo J. Alfaro con la Vía Simón Bolívar. El cruce de San Miguelito.

Estación N° 2: La intersección de la Vía Cincuentenario con la Vía Domingo Díaz.

Estación N° 3: La Vía Simón Bolívar frente a la urbanización de los Andes.

Objetivos de estudio

Este estudio tiene como propósito analizar la calidad de aire en el distrito de San Miguelito para analizar la situación y observar el nivel de contaminación en que se encuentra el distrito.

Objetivos específicos:

- Analizar los índices de contaminantes del aire.
- Realizar un estudio comparativo con los límites de tolerancia instituidos hasta la actualidad en el País.
- Realizar un diagnóstico dirigido hacia la problemática de la calidad de aire en el Distrito de San Miguelito.

La metodología realizada en el estudio consistió en seleccionar tres puntos que le denominamos estaciones, estas estaciones se eligieron mediante datos suministrados por la dirección del Tránsito y Transporte Terrestre basado en el flujo vehicular que transita en el Distrito de San Miguelito .

El equipo utilizado fue un equipo del **Centro de Estudios Energéticos y Ambientales (C.E.E.A.)** de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá, modelo Metrosonic MS de fabricación USA de Alarma Passport de rango 0.1 ppm con cuatro sensores en cada monitor

Los datos recopilados de los equipos se presentan en gráficas que anexamos en este artículo, la gráfica que aparece es la del la **estación N°1**, del puente de San Miguelito por ser la que presentó altísimas concentraciones de los gases monitoreados, de las otras estaciones presentamos solamente los comentarios. según el lugar y fecha. Posteriormente se promedian las concentraciones cada hora, estos promedios se muestran en tablas junto a valores comparativos, Los monitores que se utilizaron fueron los siguientes:

El monitoreo se realizó de lunes a viernes, dos semanas por estación, manteniendo tres turnos diarios en los siguientes horarios:

Mañana: de 7:00 am. a 9 a.m.

Mediodía: de 11:00 a.m. a 1:00 p.m.

Tarde: de 4:00 pm. a 6:00p.m.

Las mediciones se tomaron en intervalos de 10 minutos.

Resultados y Conclusiones

1. Los niveles de contaminación registrados en este estudio muestran que el Distrito de San Miguelito no escapa al problema mundial de contaminación atmosférica.

2. El área de Cruce de San Miguelito presenta evidencias claras de que en el aire de esta zona existe ya la presencia de contaminación producto del monóxido de carbono (CO) de la combustión interna de los motores de diésel y gasolina.

3. En la Vía Cincuentenario, a la altura de la

intersección con Vía Tocumen, y área de los Andes existe contaminación atmosférica por el Monóxido de Carbono (CO)

4. La concentración de monóxido de carbono en cada una de las tres estaciones sobrepasa el estándar primario para 8 horas, establecido por la Organización Mundial de la Salud , el cual fue el Estándar que se utilizó para la evaluación de este Estudio.

6. La alta concentración de monóxido de carbono demuestra que la principal fuente de contaminación proviene de la quema de hidrocarburos.

7. Es necesario dedicar más investigaciones de calidad de aire, para saber la calidad que diariamente respiramos.

8. Se debe empezar a buscar fórmulas correctivas para minimizar esta contaminación. Se debe hacer un llamado a quienes de una u otra forma pueden contribuir para que las leyes de ambiente sean un hecho con el fin de proteger la atmósfera en todo el istmo.

9. El Distrito de San Miguelito posee condiciones propias para que se den los niveles altos de contaminación atmosférica tal como es el ejemplo del Cruce de la Vía Ricardo J. Alfaro con la Vía Simón Bolívar , afectada por la gran cantidad de flujo vehicular que circula.

Bibliografía

KENNETH, Wark. Contaminación del aire origen y control / por Wark Kennet.

Cimera Edición, Mexico, Editorial Limusa, 1994. - 650p.

ROGERS, John A. Estudio de la contaminación ambiental / Por John A. Rogers. Primera Edición, dto. de publicidad de Motores Perkins, S.A. 1978. - 33p

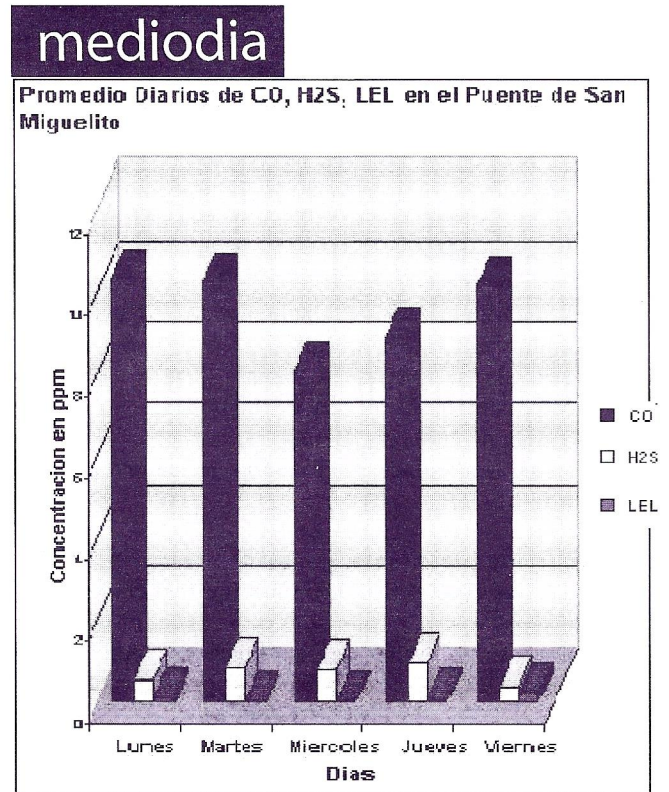
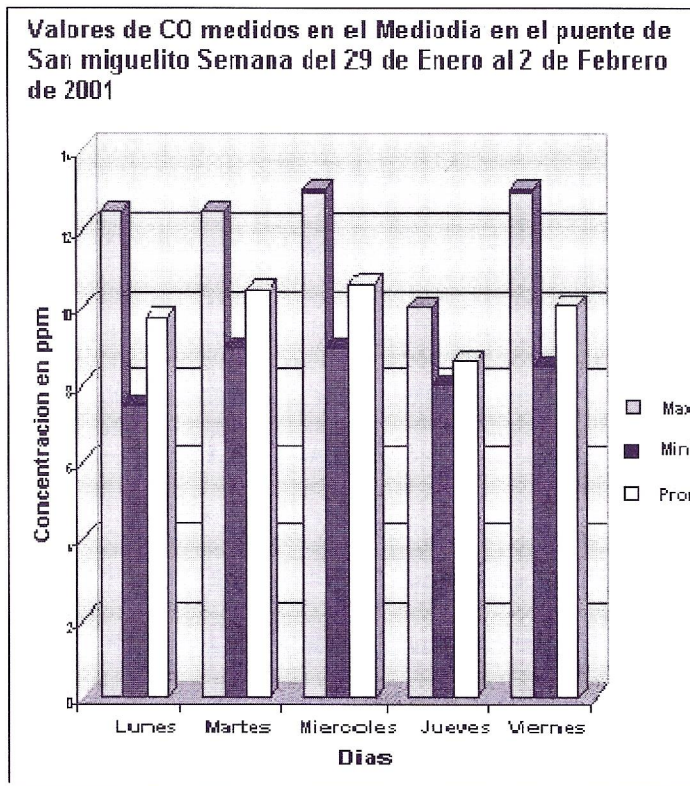
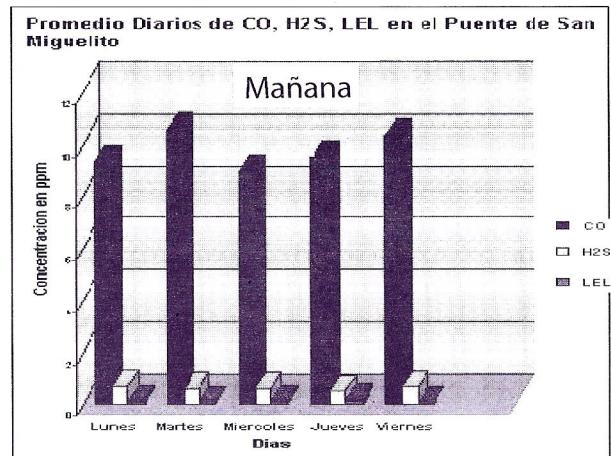
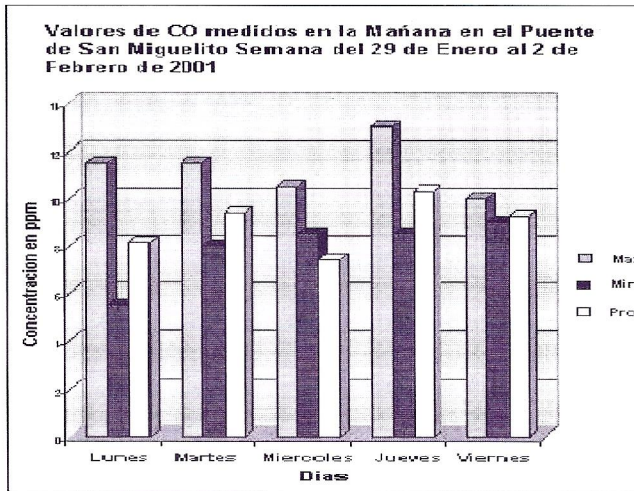
ARIAS-PAZ. Manual del automóvil / por Arias- paz. 44ª Edición, España: Editorial Dossat, 1981.- 836p.

THIESSEN, Dales. Manual de mecánica diésel / por Dales Thiessen. - Segunda Edición, Mexico. Editorial Prentice- Hall. - 221p.

OBERT, Edward. Motores de combustión interna / Edward Obert. 19ª Edición, Mexico. Editorial Continental, 1989.- 774 p.

DOMENECH, Xavier. Química Ambiental / por Xavier Domenech,

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA ESTACION No 1



Análisis de la Interacción entre una Grieta y un Barreno Aplicando la Mecánica de la Fractura y el Método Fotoelástico

Maribel Angélica Mendoza Nuñez*
Gabriel Villa y Rabasa**
Luis H. Hernández Gómez**

*Escuela Superior de Ingeniería Mecánica ESIME-
Culhuacan
Sta. Ana No. 1000 , Col. San francisco Culhuacan,
Delegación Coyoacán, México, D.F.,

mmendozan@ipn.mx

**Sección de Estudios de Posgrado e Investigación
ESIME-IPN
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos"
Av. Politécnico S/N, Col. Lindavista, Edificio 5, 2ⁿ Piso,
México, D.F., C.P. 07738
Tel.5729-6000 ext.54691,.

1. Resumen

Uno de los problemas típicos en elementos estructurales, placas, elementos mecánicos, es la interacción de una grieta con un barreno existente. La manera de investigar la propagación de una grieta es hacerla interactuar con un barreno localizado en una trayectoria de propagación. Este punto es de vital importancia ya que el conocer de manera confiable el campo de esfuerzos producido por la interacción de la grieta y el barreno. Por lo tanto, el campo de esfuerzos es complejo ya que está presente a la vez una singularidad con una concentración. El problema no es fácil de resolver analíticamente, la solución alterna puede ser la numérica o la experimental, por tal razón se está proponiendo en este trabajo la aplicación del Método Fotoelástico, ya que permite tener una visión completa del campo de esfuerzos. Sin embargo es importante validar, la veracidad y exactitud con aplicación de métodos numéricos como el método del Elemento Finito (ANSYS) en base a la mecánica de la fractura y FRAND2D.

2. Desarrollo

2.1 Marco teórico

Métodos para la obtención del Factor de Intensidad de Esfuerzos a partir de franjas isocromáticas.

Los primeros investigadores que mostraron la aplicación de la fotoelasticidad en la mecánica de fractura fueron: Post [1], Wells y Post [2].

La magnitud de $(\sigma_1 - \sigma_2)$ puede obtenerse en todos los puntos de un modelo fotoelástico a partir de la interpretación del patrón de franjas *isocromáticas*. Sin embargo, en los bordes libres del modelo donde no existen aplicadas fuerzas externas, uno de los esfuerzos principales (el perpendicular a la superficie) es nulo de donde podemos obtener el esfuerzo principal tangente al borde del modelo por la simple aplicación de la expresión:

$$(\sigma_1 - \sigma_2) = \frac{Nf}{t} \quad (1)$$

Por medio de las *isocromáticas* es posible cuantificar el valor de la diferencia de esfuerzos principales $(\sigma_1 - \sigma_2)$. Pues bien, conocida esta diferencia y la inclinación θ de los esfuerzos principales, es posible determinar los esfuerzos cortantes τ_{xy} por medio de:

$$\tau_{xy} = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \right) \sin 2\theta \quad (2)$$

en su forma fotoelástica:

$$\tau_{xy} = \left(\frac{Nf}{2t} \right) \sin 2\theta \quad (3)$$

Los esfuerzos cortantes máximos τ_{\max} pueden obtenerse también por medio de:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad (4)$$

la que en su forma fotoelástica se convierte en:

$$\tau_{\max} = \frac{Nf}{2t} \quad (5)$$

En métodos convencionales, al determinar el factor de intensidad de esfuerzos [3,4], los resultados obtenidos dependen del tamaño de la franja isocromática, obtenida del ensayo fotoelástico, y también de los puntos seleccionados sobre dicha franja. Pero el método que aquí se propone trata de superar estas limitaciones. Para este efecto, se traza la franja sobre una hoja de papel, como lo indica la figura (2.12), se seleccionan $2n$ conjuntos de números (r_i, θ_j) y (r_i, θ_{j+1}) , sobre una franja uniéndolos con n arcos de radio i donde $i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$. y $j = 1, 3, 5, 7, \dots, 2n-1$.

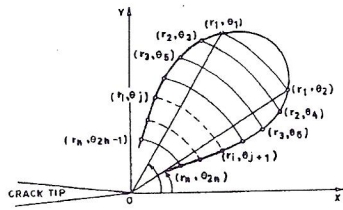


Figura 1 Selección de los puntos sobre una franja isocromática.

El valor del factor de intensidad de esfuerzos K_I se determina utilizando el método de la constante r , en donde el factor de intensidad de esfuerzos se gráfica con respecto a r . La parte lineal de la curva se extrapola al punto $r = 0$, para obtener el valor del factor de intensidad de esfuerzos para una grieta con una geometría dada y la condición de carga aplicada.

La ecuación dada por el método de la constante r es:

$$(2\tau_m)^2 = \frac{1}{2\pi} (K_I \text{sen}\theta + 2K_{II} \text{cos}\theta)^2 + (K_I \text{sen}\theta)^2 \quad (6)$$

Para el Modo I de fractura, la ecuación 2.17, se reduce a la forma siguiente:

$$K_I = \left(\frac{Nf_\sigma}{h} \right) \left(\frac{2\pi}{\text{sen}\theta} \right) \quad (7)$$

Por lo tanto, para los puntos (r_1, θ_1) y (r_2, θ_2) el K_I se obtiene con:

$$K_I = \left(\frac{Nf_\sigma}{2h} \right) 2\pi (\text{csc}\theta_1 + \text{csc}\theta_2) \quad (8)$$

Un procedimiento utilizado para la Obtención del **Factor de Intensidad de Esfuerzos (K_I)**, es el de proyectar sobre una hoja de papel, el patrón de franjas isocromáticas generadas en la punta de la grieta, con el propósito de tener una ampliación del patrón de franjas y así mismo una visualidad más clara de los colores obtenidos de acuerdo a la carga que se le aplicó.

Por lo tanto, se procede a describir los pasos necesarios para la obtención de Factor de Intensidad de Esfuerzos (K_I), como sigue a continuación:

1.- Se proyecta la diapositiva de una placa con una fuerza específica, donde se manifiestan los colores del patrón de franjas isocromáticas obtenidos de la prueba fotoelástica, estos a su vez se están proyectando en la hoja de papel. Así mismo, se traza una línea recta a lo largo de la grieta que pasa por su vértice.

2.- Se traza una perpendicular a la recta antes mencionada, exactamente en la punta de la grieta. Esto se hace debido a que las ecuaciones utilizadas para calcular K_I deben manejar un ángulo de 90° .

3.- Se toma el ancho real de la probeta y el ancho proyectado de la diapositiva, haciendo uso de una regla de tres simple se sustituyen los datos antes mencionados en la ecuación (9), obteniendo los radios en escala real de los colores que representan los esfuerzos.

$$X' = \frac{(X)(P)}{Pp} \quad (9)$$

Donde:

X' = Valor del radio real.

X = Valor del radio proyectado

P = Ancho del espécimen.

Pp = Ancho del espécimen proyectado de la diapositiva.

4.- Utilizando la ecuación (9) de K_I , se requieren dos radios (r_i y r_j), los cuales corresponden a la frontera final e inicial o viceversa de cada franja isocromática de los colores mostrados en la fotografía proyectada. Estos radios son medidos y posteriormente transformados a la escala correspondiente con la ecuación (9).

5.- Con cada color de las franjas isocromáticas se obtiene un valor del orden de franja llamado "N", y su magnitud se obtiene de la tabla 1.

RETRASO "R" (nm)	COLOR CAMPO CLARO	COLOR CAMPO OSCURO	ORDEN DE FRANJA
0	BLANCO	NEGRO	0
350	VIOLETA	AMARILLO	0.60
460	AZUL	NARANJA	0.80
520	AZUL-VERDE	NARANJA-ROJIZO	0.90
575	VERDE-AMARILLO	PURPURA (1 ^{ra} franja de paso)	1.00
620	NARANJA	AZUL	1.08
700	NARANJA-ROJIZO	AZUL-VERDE	1.22
800	PURPURA	VERDE-AMARILLO	1.39
935	AZUL	NARANJA	1.63
1050	-----	ROSA-ROJO	1.82
1150	VERDE-AMARILLO	PURPURA (2 ^{da} franja de paso)	2.00
1350	ROJO	VERDE	2.35
1440	PURPURA	VERDE-AMARILLO	2.50
1520	VERDE	ROJO	2.65
1730	-----	ROJO TRANSICIÓN CON VERDE	3.00
1800	ROJO	VERDE	3.10
2100	-----	ROSA	3.65
2300	-----	ROSA TRANSICIÓN CON VERDE	4.00
2400	ROJO	VERDE	4.15

6.- Con los datos obtenidos al medir los radios de las franjas isocromáticas, se calcula primeramente el esfuerzo cortante máximo τ_{\max} , el cual a lo largo de la línea de propagación de la grieta es cero para los casos simétricos, con la siguiente ecuación.

$$\tau_{\max} = \frac{C}{2t} (N) \quad (10)$$

donde:

C = Coeficiente óptico de esfuerzo (7kPa/franja/m)

t = Espesor de la placa

N = Orden de franja obtenido

7.- Una vez obtenidos los esfuerzos cortantes máximos los valores de los radios respectivos se proceden a calcular el factor de intensidad de esfuerzos para el modo I (K_I) con la ecuación (11).

$$K_I = \sqrt{2\pi r_{\max}} \frac{(2\tau_{\max})_i - (2\tau_{\max})_j}{1 - \left(\frac{r_i}{r_j}\right)^{1/2}} \quad (11)$$

8.- Para todas las permutaciones posibles, de los pares de franjas que se encuentran en la tabla, se obtienen valores de K_I para posteriormente obtener un promedio con todos estos.

9.- Se obtiene la desviación estándar con los valores de K_I encontrados para las diferentes permutaciones.

10.- Al promedio obtenido se le resta y se le suma la desviación estándar generando un intervalo, por medio del cual se eliminan los valores de K_I que se encuentren fuera del mismo, y obtener nuevamente un promedio con los datos que se encuentran dentro de dicho intervalo, y así llegar al *Factor de Intensidad de Esfuerzos* correspondiente a esa fuerza determinada.

2.2 Desarrollo experimental

A. Metodología

2.2.1 Selección del material

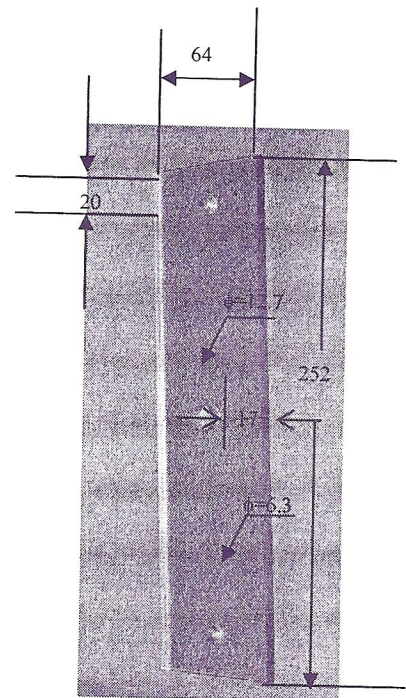
La selección del material apropiado para la prueba fotoelástica es una tarea que el investigador debe realizar, basándose en las características que un buen material fotoelástico debe cumplir, entre las cuales se encuentran: la transparencia, sensibilidad, linealidad, homogeneidad e

isotropía, fluencia, módulo de elasticidad, efecto de envejecimiento, maquinabilidad y costo [5].

El material que se utilizó se denomina PSM-1 es un plástico de Policarbonato Recocido, ideal para la elaboración de modelos Fotoelásticos Bidimensionales [6].

2.2.2 Calibración

En la mayoría de los análisis Fotoelásticos la distribución de esfuerzos en un modelo complejo es tratada como una función de la carga. Para determinar la distribución de esfuerzos en la forma más posible, se requiere de una calibración cuidadosa del valor de franja del material $f\sigma$. Dichos valores se pueden encontrar en la literatura técnica, esto no son razonables exactos ya que los valores de franja de los materiales fotoelásticos varían con el fabricante, temperatura, etc. Por esta razón es siempre necesario calibrar cada hoja de material fotoelástico cada vez que se realiza la prueba [7].



Acot: mm

Fotografía 1 Dimensiones del espécimen de prueba

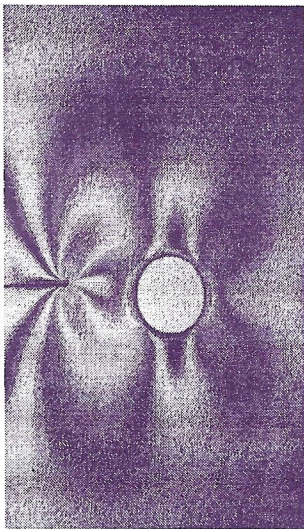
2.2.3 Fabricación de la probeta

Se cortó el modelo de acuerdo a las dimensiones de la fotografía 1, con una sierra, se utilizó los refrigerantes adecuados para esta operación, en este caso se empleó agua debido a que el grado de hidroscofia de este material es muy bajo, para evitar la llamada fotoelasticidad residual que no es otra cosa, sino la

aparición de zonas iluminadas debidas a esfuerzos residuales. Dichas zonas podrían identificarse como regiones de concentración de esfuerzos, lo cual redundaría en errores de apreciación y por lo tanto haría que el experimento fracasara.

2.2.4 Determinación de los valores de orden de franja

Para la determinación de los valores de orden de franja, se tomaron fotografías. La película usada para tomar las franjas isocromáticas, fue de 35mm con (ASA 50), debido a que esta define bien las líneas. En la fotografía 1 se puede apreciar como al inicio de la aplicación de fuerza se ven muy intensos los colores.



Fotografía 2 Distribución de esfuerzos para una placa con una fuerza de 392.8 N

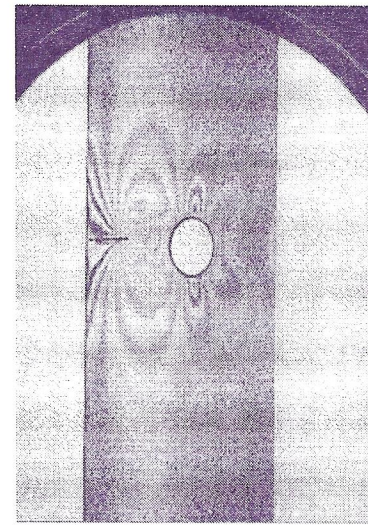
Nótese en la fotografía 3, como cambian los colores, esto significa que hubo una redistribución de los esfuerzos, de tal forma que en algunos puntos donde eran más intensos cambiaron de posición. Esto sucede a medida que la fuerza se va incrementando.

2.2.5 Procedimiento para la obtención de KI experimental

De acuerdo al procedimiento anteriormente descrito, a continuación se resolverá un caso específico de las pruebas realizadas por el Método Fotoelástico.

Para esta solución numérica, se considera una fuerza a tensión de 882.9 N, aplicada en ambos extremos del espécimen. Con esto, se calcula el Factor de Intensidad de Esfuerzos en las diferentes cargas aplicadas, para conocer el comportamiento de las mismas.

No. De Permutaciones	r_i (mm)	r_j (mm)	$(\tau_{max})_i$ MPa	$(\tau_{max})_j$ MPa	K_I MPa (m) ^{1/2}
1	0.040	0.0329	0.330	0.496	1.630
2	0.040	0.0256	0.330	0.595	1.062
3	0.040	0.0186	0.330	0.766	0.9374
4	0.040	0.0159	0.330	1.003	1.150
5	0.0329	0.0256	0.496	0.595	0.675
6	0.0329	0.0186	0.496	0.766	0.745
7	0.0329	0.0159	0.496	1.003	1.051
8	0.0256	0.0186	0.595	0.766	0.792
9	0.0256	0.0159	0.595	1.003	1.220
10	0.0186	0.0159	0.766	1.003	1.995



Fotografía 3 Distribución de esfuerzos para una placa antes de la propagación para un análisis en campo claro con una fuerza de 760.3 N

Carga de 882.9 N
Ancho real = 640 mm
Ancho proyectado = 165 mm

Color	$r_{proyectado}$ (mm)	r_{real} (mm)	N	τ_{max} (mm)
Amarillo	104	40	0.60	0.330
Naranja-Rojizo	85	32	0.90	0.496
Azul	66	25	1.08	0.595
Verde-Amarillo	48	18	1.39	0.766
Rosa-Rojo	41	15	1.82	1.003

Los resultados estadísticos de los valores de K_I son los siguientes:

Promedio de $K_I = 1.125$

Desviación Estándar = 0.298

Promedio + Desviación Estándar = 1.424

Promedio - Desviación Estándar = 0.827

Rango = 0.827 a 1.424 (los valores que se encuentran en este rango están seleccionados)

Por lo tanto K_I es: $0.924 \text{ MPa } \sqrt{\text{m}}$

2.3 Desarrollo numérico

El método del elemento finito es un procedimiento de análisis numérico que se emplea en la solución de una amplia variedad de problemas de ingeniería. En la actualidad se sabe que en muchas situaciones es necesario resolver estos problemas obteniendo soluciones numéricas aproximadas en vez de soluciones exactas, las cuales en algunos casos son difíciles de obtener porque el planteamiento de los modelos matemáticos es extremadamente complicado, tal es el caso de las singularidades del campo de esfuerzos en la punta de la grieta.

B. Metodología ANSYS

A continuación se describe la metodología en diferentes fases.

1.- Identificar la geometría del dominio de estudio, determinándose sus dimensiones y forma.

2.- Se definen las propiedades mecánicas del material, el tipo de análisis y el tipo de elemento a utilizar.

3.- Se desarrolla el modelado del componente estructural con una grieta en uno de sus bordes, definiendo sus características geométricas, así como la generación de la malla que puede dividirse en dos partes:

- Se efectúa la malla en la punta de la grieta con elementos triangulares de 6 nodos "PLANE2", los cuales tienen la característica de tener ubicados los nodos más cercanos a la punta de la grieta a una distancia de $\frac{1}{4}$ de la misma.
- El área fuera de la vecindad de la punta de la grieta se malla con elementos "PLANE82", siendo éste un elemento cuadrilátero de 8 nodos.

4.- Se aplican las condiciones de frontera, las cuales simulan las condiciones de apoyos y de simetría a que está sujeto el componente, así como sus respectivas cargas.

5.- Se inicia el análisis del espécimen, obteniendo el campo de esfuerzos y deformaciones resultantes, para después obtener los parámetros de fractura K_I .

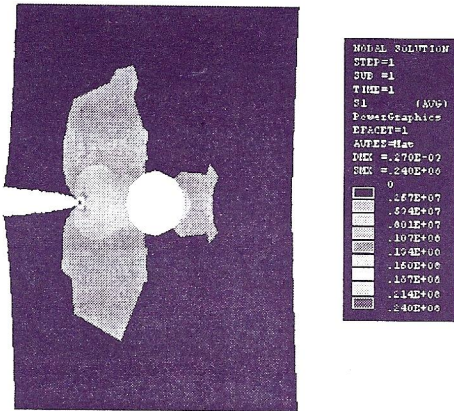


Figura 2 Distribución de esfuerzos con una fuerza de: 882.9 N

De acuerdo a la Metodología descrita anteriormente obtenemos el factor de Intensidad de Esfuerzos, por lo tanto se obtienen que:

$$K_I = 0.942 \text{ MPa } \sqrt{\text{m}}$$

C. Metodología FRANC2D

Se analizaron los casos de estudio con el programa FRANC2D/L. Este programa arrojó resultados similares al análisis por ANSYS. Para esto, FRANC2D, realiza el análisis en dos fases, se genera la geometría de la probeta y se hace una malla en el apartado CASCA. Posteriormente, para la segunda fase se lee el archivo en FRANC2D/L donde se definen las características mecánicas del material y se aplican las condiciones de frontera, se procede a modelar la grieta donde se especifica el nodo de iniciación de la grieta con un cierto incremento. Después se genera la propagación automáticamente con incrementos constantes y se indica el número de etapas que se requieren para una determinada longitud. Se obtuvo un campo de esfuerzos similar a los de ANSYS. En la figura 3, se presenta la distribución de esfuerzos por FRANC2D para una fuerza de 882.9 N .

De acuerdo a la Metodología descrita anteriormente obtenemos el factor de Intensidad de Esfuerzos, por lo tanto se obtienen que:

$$K_I = 0.932 \text{ MPa } \sqrt{\text{m}}$$

Con este software se realizó la simulación de la propagación de la grieta.

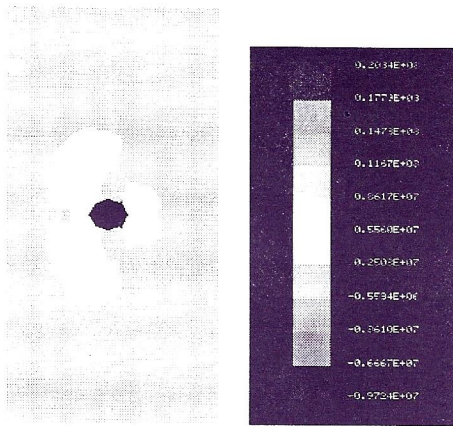


Figura 3 Distribución de esfuerzos con una fuerza de 882.9 N en FRANC2D

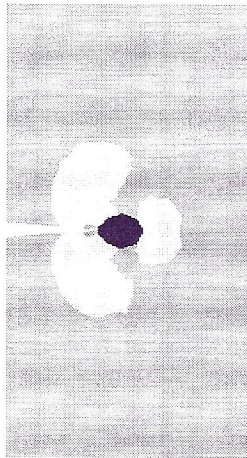


Figura 4 Propagación de la grieta con el software FRANC2D

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los valores obtenidos del Factor de Intensidad de Esfuerzos por los tres métodos.

Tabla 1 Resumen de resultados obtenidos del Factor de Intensidad de Esfuerzos.			
CASO	METODO	CARGA (N)	K_I (MPa \sqrt{m})
CASO DE ESTUDIO GRIETA Y BARRENO COLINEALES	FOTOELASTICIDAD	882.9	0.924
		1275.3	1.268
		2245.5	2.356
	ANSYS	882.9	0.942
		1275.3	1.212
		2245.5	2.297
	FRANC2D	882.9	0.932
		1275.3	1.303
		2245.5	2.461

3. Conclusiones

1.- Los resultados obtenidos por ANSYS y FRANC2D, en el caso de estudio, fueron similares a los obtenidos en el análisis experimental (Fotoelasticidad). Por lo tanto la Metodología utilizada en ambos programas de computo es aceptable para este tipo de estudio.

2.- La diferencias entre los resultados experimentales y numéricos, pueden ser ocasionados, porque en los resultados obtenidos numéricamente se consideran materiales ideales, cosa que en la realidad no es cierto, ya que los materiales pueden tener imperfecciones internas y por lo tanto se observa variaciones en los resultados.

4. Referencias bibliográficas.

- [1] D. Post. *Photoelastic Stress Analysis for an Edge Crack in a Tensile Field*. Proc. SESA, vol. XII, no. 1, pp. 99-116, 1954.
- [2] A. Wells y D. Post. *The Dynamic Stress Distribution Surrounding a Running Crack-A Photoelastic Analysis*. Proc. SESA, vol. XVI, no. 1, pp. 69-92, 1958.
- [3] Smith, D. G. y Smith C. W., *Enginner Fracture Mechanic*, 4, pp.357-366, 1974.
- [4] Narayana, B., *Investigation of Stresses near the tips of arbitrarily oriented cracks in cylindrical shells under axial and torsional loads*, ISTAM Congress, India, 1984.
- [5] Mindlin, R., "A Mathematical Theory of Photoviscoelasticity", J. Phys, Vol. 20, 1949.
- [6] Instructivo e indicaciones del *Policarbonato PSM-I*.
- [7] Dally, J. And Riley, W., "Experimental Stress Analysis", New York, McGraw-Hill, 1991.

Una Alemana en Panamá

por Antje C. Benne
antje.benne@stud.uni-stuttgart.de



Hola, quizás me han visto andando por aquí desde hace un rato. Me llamo Antje Christin Benne (se pronuncia como antier, quitando el 'r'; para el deporte y por ser más corto y más fácil me llaman Chris). Soy estudiante de ingeniería aeroespacial en la universidad de Stuttgart/Alemania.

Vivo en el norte de Alemania, cerca de Hanóver, pero como Stuttgart es la única universidad en Alemania (sin contar la universidad militar en Munich) donde se puede estudiar mi carrera, desde el inicio y no como especialización de ingeniería mecánica, escogí estudiar en el sudoeste de mi país.

Los primeros dos años tuvimos cálculo, física, mecánica y electrotecnia junto con los estudiantes de mecánica. Además estudiamos termodinámica, materiales, diseño de vehículos aéreos y análisis numérico. Pero lo más impresionante de estos dos años son las construcciones/dibujos técnicos, hay uno por cada semestre. Les dan el tema en el primer mes del semestre (el semestre tiene 4-5 meses) y aun cuando muchos estudiantes empiezan al instante, de repente se encuentran con otras cosas que deben considerar y todas de mucha importancia. Entonces, viene la penúltima semana del semestre y todos los estudiantes andan con barba y ojeras; algunos también sin comer y las clases quedan vacías... El último problema es obtener la impresión de los dibujos, porque son de tamaño DIN A 0. Después nos reunimos con los compañeros, para tomar unas cervezas, comiendo algo – normalmente una



Estudiantes alemanes en una excursión en Amsterdam/Holanda

pizza enorme – hasta que todos se caen de las sillas por el sueño. Es la aventura de estos estudios y lo que se aprende es como sobrevivir sucesivas noches sin sueño. Luego el curriculum nos prescribe de hacer practicas de 18 semanas. Eso hice en Inglaterra con Halfords Ltd (una cadena de detallistas de partes y accesorios de carros y bicicletas) y en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) de Monterrey/México en el año 1999. Como me habían dicho que al hablar inglés no iba a necesitar saber

mucho español de antemano. Al llegar a México no sabía más español que 'Buenos Días' y los Mexicanos no sabían más inglés que 'Hello'. Así que tuve que aprender español de la manera difícil. Esas prácticas eran muy teóricas, como son todos los estudios en Alemania. La única parte práctica son ocho semanas de prácticas de metal mecánica que tenemos que realizar antes de empezar nuestros estudios.

Después al regresar a la universidad otra vez las materias consistieron en

1. Método técnico-experimental, Estática, Método de los Elementos Finitos, Dinámica
2. Dinámica de Fluidos
3. Termodinámica
4. Aeromecánica, Tecnología de Control
5. Técnica Aeronáutica
6. Grupo Moto Propulsor
7. Tecnología Espacial
8. Ciencia de Proceso de Datos

Por el cuarto año los estudiantes tienen que escoger dos de esas materias y por cada una de esas dos especialidades tenemos que hacer una tesis de medio año. Me especialicé en Dinámica de Fluidos y Tecnología Espacial.

Mi primera tesis 'Conceptual Design Study of a Mars Aeroplane launched as a secondary Payload on Ariane 5' la hice en el College of Aeronautics en Cranfield/Inglaterra. Esta consistió en la posibilidad de construir un avión lanzado por Ariane V como carga útil secundaria, para hacer investigaciones científicas y tomar fotos en el planeta Marte.

¿Por qué un avión en Marte si ya hay sondas espaciales, exploradores estacionarios y exploradores móviles (robots) para hacer este tipo de investigaciones? Porque las sondas espaciales están muy lejos del planeta y así la resolución de las imágenes captadas no es buena. Por otra parte exploradores estacionarios y móviles experimentan restricciones por el terreno, como barrancos y rocas. Así el avión combina las ventajas de esos dos.

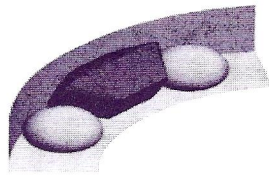
En 1999 NASA quería hacer este experimento por el centenario del primer vuelo motorizado de los hermanos Wright en la tierra en 2003, pero por falta de financiamiento el experimento fue abandonado.

En Ariane V hay un espacio que no esta usado por la carga útil, este se vende más barato para usar por cargas útiles secundarias pequeñas. Ese circulo se llama ASAP 5 (Ariane 5 Structure for Auxiliary Payloads) y se

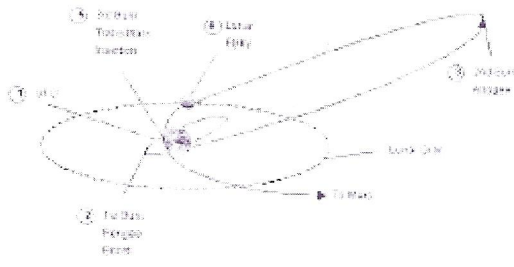


Avión, explorador estacionario y móvil en Marte

divide en cuatro u ocho arcos, dependiendo del tamaño de las cargas útiles secundarias. El diámetro interior del ASAP 5 es 2.5 m y el exterior es 4 m, la altura máxima es 0.8 m. La imagen siguiente representa un cuarto de arco del ASAP 5 con una cápsula de entrada. Las esferas celestes a ambos lados son los tanques del combustible, porque cuando la carga útil secundaria sale del ASAP 5 necesita su propia propulsión. Para ahorrar carburante la astronave (la cápsula mas el medio de propulsión) usa una trayectoria especial, aprovechando la fuerza de gravitación de la luna y de la tierra.

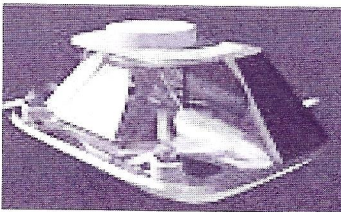


Cuarto de arco de ASAP 5



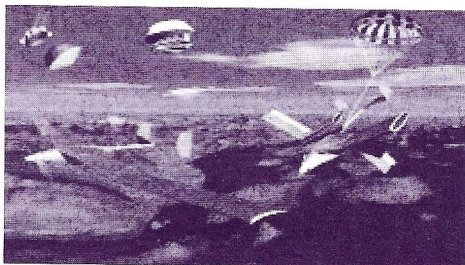
Trajectory para llegar a Marte

Dentro de la cápsula, optimizada para máximo volumen, viene el avión, como se ve en la imagen en la izquierda. Las medidas medias de la cápsula son 0.45 x 0.8 m con una altura media de 0.25 m, postulando se diseña un avión de tamaño muy pequeño; también hay una restricción del peso del avión, el cual debe ser como máximo de 20 kg.



Cápsula con avión adentro

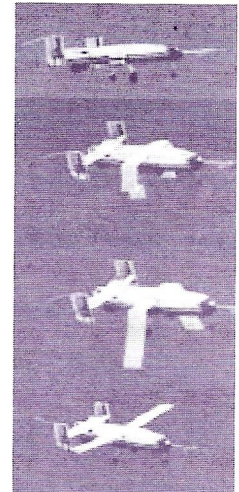
Como a mayor tamaño, mayor capacidad para el avión, se intenta de empaquetar el avión con las alas no desplegadas. En la imagen siguiente se muestra el lanzamiento de la cápsula, como se abre para soltar el avión y el despliegue del mismo, fundándose en las primeras ideas que había.



Lanzamiento de la cápsula, separación y despliegue del avión

Pero como ese diseño se basa en bisagras y fuerzas aerodinámicas al desplegar las alas no me confié mucho. Escogí una aplicación como lo ensaya NASA para ampliar el cross-range y reducir la velocidad del aterrizaje de un avión. Con alas infladas. Hicieron un drop-test con un avión de modelo en el cual las alas se desplegaron en 0.3 s, esa secuencia se puede observar en la siguiente figura..

El avión volaba igualmente si había alas firmes. Otro problema que encontré volando un avión en Marte fue la cuestión de la propulsión. Para la propulsión del cohete se necesita traer combustible y oxidante, lo cual significa más peso. Una hélice trae el problema de velocidad excesiva de la punta, por la baja densidad de la atmósfera de Marte.



Drop-test con alas infladas

El problema que se encuentra usando un propulsor es la composición de la atmósfera que es 95% CO₂, el cual acá se usa en extintores.

Pero conociendo a la reacción fuerte entre el Dióxido de Carbono y el Magnesio se puede resolver este problema y construir un propulsor avión lanzado como carga útil secundaria en Ariane V para el uso en Marte. Así al fin es posible fabricar un para investigaciones científicas en Marte.

Volviendo a la Tierra, nuestro hermoso planeta y siendo que la ciudad de Stuttgart no es mi paradero preferido (ya la conozco) pensé en ir a otro lugar para hacer mi tesis final. Además pensé que podría mejorar el español que hasta ahora había aprendido de poquitín a pocotón, y de paso conocer mejor a América Latina. Así tuve la idea que en Panamá habría más gente que sabe hablar inglés y además me pareció un país más avanzado y busqué sus universidades en la Internet. En la UTP encontré algo de dinámica de fluidos pero ninguna dirección de correo electrónico para estudiantes extranjeros, por eso al fin llamé acá. Me ponen como quince veces de una persona a otra y hasta que al fin conversé con alguien que me orientó. Bueno, para acortar una larga historia corta, pregunté si era posible hacer mi tesis allá, dijeron venga si quiere y así, aquí estoy.

Entonces para mi tesis voy a escribir un programa para calcular el flujo sobre diferentes tipos de cuerpos basándose en el método de elementos de frontera. Ahora estoy familiarizándome con el método y su programación. Como próximo paso voy a determinar si para los cálculos uso el método de cuadratura Gaussiana o una alternativa en variable compleja, lo cual podré contar mas adelante.

6ª Semana de Ingeniería Mecánica Del 17 al 21 de junio de 2002

Por: Ing. Geomara B. de Escobar
gbethanc@fim.utp.ac.pa

La Facultad de Ingeniería Mecánica estuvo celebrando la 6ª Semana de Ingeniería Mecánica (SIM), en la cual se realizaron diversas actividades bajo el lema: "20 AÑOS APORTANDO TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN POR PANAMÁ".



El ciclo de Conferencias se realizó en las instalaciones de la Universidad Tecnológica en el Campus Dr. Víctor Levi Sasso, a cargo de destacados profesionales del gremio de la ingeniería:

- ? **"Materiales Inteligentes y sus aplicaciones"**
Dr. Humberto Rodríguez
- ? **"Inspección de Sistemas Mecánicos de Aire Acondicionado"**
Ing. Leonardo Paredes
- ? **"Aplicaciones de la Ingeniería en la Selección y Diseño de Compuertas para Esclusas POST-PANAMAX"**
Ing. Juan Wong
- ? **"Preparación y Técnicas de Caracterización de Materiales"**
Dr. Eleicer Chin
- ? **"Fabricación de Estructuras de Acero Apernadas"**
Ing. Esteban Lam

El Seminario Taller **"Recubrimiento Industriales y Control de la Corrosión"** de 15 horas, estuvo a cargo del Dr. Silverio Henríquez, profesional del campo de la Ingeniería Química con especialidad en Sistemas de Calidad, Metrología y Seguridad Marítima.

Este año las giras técnicas se realizaron en reconocidas empresas como: **COPA, Cervecería Nacional, Decometal y en la División Industrial – Colón**, en las cuales se mostraron los diferentes procesos de producción; así como también la tecnología e innovación utilizada en Panamá.

Se organizaron los coloquios de **"Inyección Electrónica con Diesel y Gasolina"** por el Lic. Alejandro Palma (ACP) y de **"Fuentes Renovables"** por el Sr. Freddy Stadling de la Swiss Control; donde los presentes pudieron interactuar sobre otros temas específicos.

Durante la semana, la participación estudiantil también se hizo presente en la organización y realización de las **Competencias Tecnomecánicas**, tales como: la 2da. Competencia de Ingenio Estudiantil, para estudiantes de Escuelas Secundarias invitadas, resultando ganadores los estudiantes del Instituto Panamericano (IPA). Las competencias para estudiantes de la Universidad Tecnológica fueron: El Salto de Rana Mecánica; Prueba de Conocimientos en Ciencias Básicas de la Ingeniería, Lanzamiento de Catapulta y el de Soldadura Eléctrica.



Se organizó un panel de clausura con el objetivo de enfatizar los aspectos más importantes de la ingeniería mecánica en Panamá, el cual denominamos: **"Aportes de la Ingeniería Mecánica, Realidades y Prospectivas"**. Actuó como moderador de la noche el Dr. Víctor Sánchez, profesor de la FIM y el panel estuvo integrado por reconocidos profesionales de la rama de la ingeniería mecánica:

Ing. Jorge Quijano por el sector marítimo,
Ing. Bolívar Pérez por el sector ambiental,
Ing. Rafael Watson por el sector de contratistas y asesores de sistemas mecánicos y el
Dr. Tomás Bazán por la Facultad de Ingeniería Mecánica.

La organización y realización del evento estuvo a cargo de un selecto grupo de Administrativos, Profesores y Coordinadores de carreras de la Facultad de Ingeniería Mecánica, en colaboración del equipo estudiantil de la FIM, quienes conformaron el Comité Organizador de la 6ª SIM 2002.

Agradecemos de manera especial a todas las Empresas, Profesionales., Autoridades de la Universidad Tecnológica, Docentes, Administrativos y Estudiantes que hicieron posible la realización de esta actividad.

“Tercer Curso Internacional de Ingeniería Mecatrónica”

Por: Ing. Deyka I. García B.

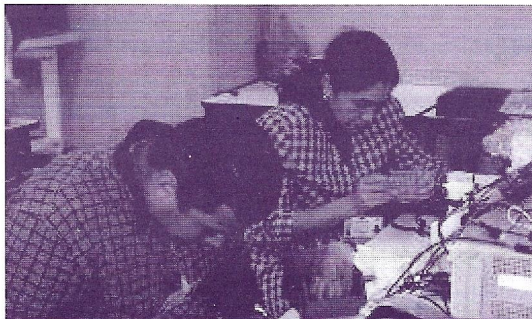
dgarcia@fim.utp.ac.pa

Mediante un convenio de Cooperación Técnica entre los gobiernos de Japón y la República Mexicana, se crea el Centro Nacional de Actualización Docente (CNAD) en la Delegación de Tlahuac, D.F. México. El gobierno de Japón a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), acoge por cinco años el patrocinio del curso Internacional en Ingeniería Mecatrónica para países de América Latina, como apoyo a este convenio de cooperación..

El Curso Internacional de Ingeniería Mecatrónica forma entrenadores con una filosofía de integración, de forma tal que el efecto multiplicador desarrolle cada una de las disciplinas implementadas para la fabricación del “Robot Scara”.

El Primer Curso Internacional, realizado en el año 2000, contó con la representación, por nuestro país, de los ingenieros Ilka Banfield y Eric Sánchez. . El Tercer Curso Internacional se llevó a cabo del 12 de agosto al 4 de octubre del 2002 donde participamos representando a nuestro país. En el mismo se desarrollaron seis (6) módulos ejemplificando cada una de las etapas con el “Robot Scara” de 3 grados de libertad. Este Tercer Curso Internacional fue asesorado y supervisado por el Ingeniero Toshiyuki Mori, experto japonés en sistemas de CAD/CAM, pero coordinado y planificado por los instructores y personal del CNAD.

En uno de los módulos, el de diseño asistido por computadora, se dibujaron los componentes en dos y tres dimensiones para finalizar con los dibujos de ingeniería. El módulo de control numérico, manufactura y ensamble proporciona la fase teórica, así como las operaciones manuales para realizar la programación de la fabricación, en el Centro de Maquinado y Torno CNC, de las diferentes partes del “Robot Scara”. El trabajo en equipos de a dos permite que se confeccionen piezas en serie para siete (7) robots, lo que dio lugar a una colaboración interdisciplinaria, cultural y competitiva realmente edificadora.

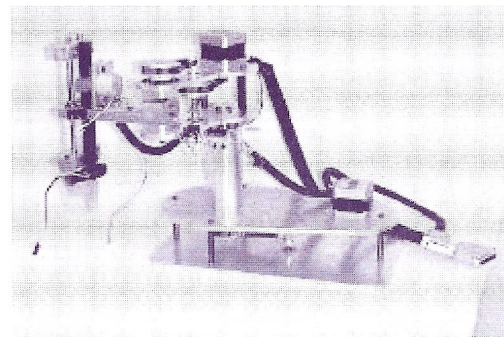


El módulo de Electrónica abarca el estudio teórico de convertidores de potencia, circuitos digitales combinatorios y secuenciales aplicándolos al diseño de diversas tarjetas necesarias para el funcionamiento y control del robot, así como la conexión electrónica de sensores y motores del robot a las tarjetas antes mencionadas.

Es fundamentalmente en el módulo de programación donde se le da vida al robot. Este módulo incluye la teoría de lenguaje “C” y programas básicos de control como cálculos de ingeniería y motores a pasos.

Finalmente el módulo de mecatrónica aplicada presenta un marco conceptual de la robótica como lo son la deducción del modelo matemático, cinemática directa, inversa y la dinámica del movimiento de robots manipuladores de configuración simple.

Los objetivos del curso se cumplen satisfactoriamente, ya que el “Robot Scara” se presenta debidamente terminado y funcionando.



Es de suma importancia que la mecatrónica como rama de la ingeniería, conforme de manera directa las disciplinas de mecánica de precisión, electrónica y programación para aprovechar y difundir los avances tecnológicos disponibles. Por lo anteriormente expuesto, exhortamos a las autoridades a seguir promoviendo este tipo de perfeccionamientos y sobre todo a dar continuidad a los dos años de convenio para el Curso Internacional en Ingeniería Mecatrónica que están por desarrollarse para el 2003 y 2004.

Con este y otros recursos se ha de lograr que la capacitación nos permita adoptar nuevas tecnologías y promover a que los sistemas industriales sean más eficientes y competitivos.

Uso de Cuaterniones para Representar Rotaciones

Por Dr. Anatoli Markelov
anatoli@cwpanama.net

El artículo actual presenta una breve descripción de objetos matemáticos inventados por Hamilton hace casi un siglo y medio y llamados Cuaterniones (en inglés, Quaternions). Por su complejidad, estos objetos no han logrado una propagación amplia en matemáticas aplicadas, pero ya llegó tiempo de usarles en la práctica ingenieril por haber implementado en gran escala computadoras personales. Una visión sobre el uso de Cuaterniones para representar rotaciones en el espacio de tres dimensiones (3D) se propone en el artículo.

Es bien conocido que en el plano, la operación de multiplicación de dos números complejos representa una rotación con escalamiento. Con esto el conjunto de números complejos forma una estructura algebraica llamada campo lo que significa, en particular, que el producto de dos números complejos es una operación conmutativa, además de otras propiedades. Un Cuaternión se define como un objeto de cuatro dimensiones: $q = w + x*i + y*j + z*k$, donde w, x, y, z son números reales (elementos del espacio $\mathbb{R}^4 = \mathbb{R} \times \mathbb{R} \times \mathbb{R} \times \mathbb{R}$), i, j, k son unidades imaginarias definidas por medio de un sistema de igualdades:

$$i*i = -1; \quad j*j = -1; \quad k*k = -1;$$

$$i*j = -j*i = k; \quad j*k = -k*j = i;$$

$$k*i = -i*k = j; \quad i*j*k = -1.$$

La parte real de un Cuaternión, w , se llama parte escalar y se denota frecuentemente por s , la suma de los tres números complejos forma parte vectorial y se denota por v , con esto un Cuaternión suele estar escrito como $q = (s, v)$. Sobre el conjunto de Cuaterniones están definidas todas las operaciones aritméticas que operan sobre los números complejos. Así, si

$$q1 = w1 + x1*i + y1*j + z1*k \quad \text{y}$$

$$q2 = w2 + x2*i + y2*j + z2*k,$$

entonces la suma de $q1$ y $q2$ se define como

$$q = q1 + q2 = (s, v),$$

$$\text{donde } s = w1 + w2,$$

$$v = (x1+x2)*i + (y1+y2)*j + (z1+z2)*k.$$

Análogamente se definen otras operaciones aritméticas. Pero a diferencia respecto a números complejos, la operación de multiplicación para Cuaterniones **no es conmutativa**, es decir, $q1 * q2$ no es lo mismo que $q2 * q1$ (en caso general). Se puede verificar muy fácilmente que

$q1 * q2 = (s1, v1) * (s2, v2) = (s1*s2 - v1*v2, s1*v2 + s2*v1 + v1 \times v2)$,

$$\text{donde la operación } * \text{ para vectores representa el producto escalar, y } \times \text{ representa el producto vectorial.}$$

Si $q = w + x*i + y*j + z*k$,

$$\text{entonces un Cuaternión conjugado con } q \text{ es}$$

$$q' = w - x*i - y*j - z*k,$$

$$\text{es decir, } q' = (s, -v). \text{ La norma (longitud) de un Cuaternión } q \text{ se define como}$$

$|q| = \sqrt{w*w + x*x + y*y + z*z}$,

$$\text{donde } \sqrt{} \text{ es la operación de extracción de raíz cuadrada. Un Cuaternión con la norma igual a la unidad se llama } \mathbf{unitario}.$$

Un Cuaternión **inverso** con respecto al Cuaternión q , se define por la expresión

$inv(q) = q' / (q * q')$. Para un Cuaternión unitario su inverso coincide con su conjugado: $inv(q) = q'$ si $|q| = 1$. Esta propiedad juega un papel muy importante para representar rotaciones en forma más simple.

Sea p un punto en el espacio de 3 dimensiones: $p = p(x, y, z)$. Para poder rotarlo en el espacio alrededor de un eje pasando por el origen del sistema de coordenadas el punto se representa en forma de un Cuaternión: $P = (0, p)$. El eje de rotación se determina por un **Cuaternión unitario** $c = (0, u)$, donde el vector u coincide con la dirección del eje de rotación. La **operación de rotación** en un ángulo α alrededor del eje definido por el Cuaternión unitario $c = (0, u)$ se representa por un **Cuaternión unitario**

$q = (s, v)$, donde

$$s = \cos(\alpha/2) \text{ y } v = u * \sin(\alpha/2), \text{ es decir, } q = (\cos(\alpha/2),$$

$$u * \sin(\alpha/2)). \text{ El resultado de la rotación, un punto } r, \text{ se obtiene en forma de un Cuaternión } R = (0, r) \text{ por medio de la siguiente operación de multiplicación de tres Cuaterniones:}$$

$R = q * P * q'$. (1)

$$\text{Sean dos Cuaterniones unitarios, } q1 \text{ y } q2, \text{ que representan dos rotaciones. Si primero se realiza la}$$

rotación $q1$ y después la rotación $q2$, entonces la posición final de un punto determinado por un Cuaternión \mathbf{P} se obtiene por medio de las siguientes operaciones:

$$q2*(q1*\mathbf{P}*q1')*q2' = (q2*q1)*\mathbf{P}*(q1'*q2') = (q2*q1)*\mathbf{P}*(q2*q1)' = q*\mathbf{P}*q'$$

es decir, la realización de dos rotaciones en serie primero $q1$ y después $q2$ es equivalente a una sola rotación q igual al producto de dos rotaciones $q2*q1$. Este resultado es muy práctico, pues se puede siempre sustituir una serie de rotaciones determinadas por Cuaterniones $q1, q2, \dots, qn$, con una rotación resultante determinada por un solo Cuaternión.

Existen varios métodos de formalizar el proceso de rotación en el espacio 3D por Cuaterniones según la expresión (1). Lo siguiente representa un resultado de programar este procedimiento en el lenguaje de programación VisualC++. En el programa se construye una clase que encapsula el algoritmo de rotación. Los datos de entrada son siguientes:

- ? un punto a rotar,
- ? un vector de cualquier longitud el cual representa el eje de rotación pasado por el origen de coordenadas,
- ? un ángulo de rotación en grados.

Un objeto de la clase CQRot convierte los datos de entrada en Cuaterniones pertinentes, si es necesario, normaliza el Cuaternión de rotación y por medio de la función miembro Rotar () realiza rotación, con esto las coordenadas del punto a rotar se sustituyen por las coordenadas del punto resultante. Se ve claramente que el trabajo con Cuaterniones es ocultado completamente del usuario de este programa: la interfaz de usuario consta solo de entregar al programa valores entendidos bien por el usuario: coordenadas de un punto a rotar, componentes de un vector y un valor de ángulo de rotación y en la salida recibir del programa las coordenadas del punto rotado.

/* Qrot.c */

```
#include "stdio.h"
#include "math.h"
#define PI 3.1415926

class CQRot
{
    double s,v[3];
    void Norm(double* u)
    {
        double
        r=sqrt(u[0]*u[0]+u[1]*u[1]+u[2]*u[2]);
```

```
if(r != 0.0)
{ u[0]/=r; u[1]/=r; u[2]/=r; }
else
{ printf("\nVector=NULL!\n");
getch(); exit(1); }
}
```

```
public:
    void Rotar(double*, double*, double);
};

void CQRot::Rotar(double r[3], double n[3], double fi)
{
    double a,b,rr[3],w=sin(fi/2);
    Norm(n);
    s=cos(fi/2);    v[0]=n[0]*w;    v[1]=n[1]*w;
    v[2]=n[2]*w;
    a=s*s-s-v[0]*v[0]-v[1]*v[1]-v[2]*v[2];
    b=2*(v[0]*r[0]+v[1]*r[1]+v[2]*r[2]);
    rr[0]=a*r[0]+b*v[0]+2*s*(v[1]*r[2]-
v[2]*r[1]);
    rr[1]=a*r[1]+b*v[1]+2*s*(v[2]*r[0]-
v[0]*r[2]);
    rr[2]=a*r[2]+b*v[2]+2*s*(v[0]*r[1]-
v[1]*r[0]);
    r[0]=rr[0]; r[1]=rr[1]; r[2]=rr[2];
}
```

Se puede verificar el programa en el siguiente ejemplo:

```
void main(void)
{
    double T[3]={5.0, 5.0, 0.0}, W[3]={2.0, 0.0,
0.0}, fi=90; // Punto, Vector, Angulo
    fi*=(PI/180);
    CQRot q;
    q.Rotar(T,W,fi);
    printf("\nPunto rotado: %f %f
%f\n",T[0],T[1],T[2]);
}
```

El resultado es: Punto rotado: 5.000000, 0.000000, 5.000000.

Como se puede ver, el programa de rotación del punto en el espacio 3D es extremadamente simple y funciona muy rápido al comparar con procedimientos de rotación basados en el uso de ángulos de Euler, el único método ampliamente usado en la práctica ingenieril hasta hace poco. En base de la clase CQRot se puede desarrollar un conjunto de programas para simular movimientos en el espacio 3D, en particular, para investigaciones en el área de robótica. Los últimos años el uso de Cuaterniones para representar rotaciones en el espacio 3D se aumenta más y más especialmente para visualizar en modo gráfico la dinámica de diferentes sistemas mecánicos.

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE CALDERAS CASO REAL

Por : Ing. Orlando A. Aguilar.

Profesor de la facultad de Ingeniería Mecánica.

oaguilar@fim.utp.ac.pa

1. INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería Mecánica, de la Universidad Tecnológica de Panamá, como parte de sus labores de Extensión, realiza continuamente diversos Estudios y Consultorías de Ingeniería en la República de Panamá, utilizando para estas actividades, equipos de tecnología avanzada y los conocimientos y experiencias de su planta de profesores, recurso humano de amplia experiencia y capacitado nacional e internacionalmente. Entre las labores de consultoría cabe destacar, estudios de calidad de aire, estudios de niveles de ruido, estudios de vibraciones, estudios de dispersión de contaminantes en el aire, diseño de sistemas fotovoltaicos para suministro de energía eléctrica a edificaciones rurales, análisis energético de calderas y demás equipos de combustión industriales, estudios de emisiones de gases de combustión en calderas, turbinas de gas, hornos industriales y plantas de generación eléctrica, diseño de equipos e instalaciones mecánicas, entre otros.

En esta ocasión presentaremos los resultados de una de nuestras experiencias reales en cuanto a Análisis Energético de Plantas de Vapor, realizado en una institución hospitalaria de la localidad. La Dirección de Mantenimiento de dicha institución hospitalaria, solicitó la realización de un estudio energético, así como un estudio de las emisiones de combustión de sus calderas y el correspondiente estudio de dispersión de contaminantes en el aire.

Para la realización del estudio energético, es necesario medir la concentración de algunos gases de la chimenea, como el dióxido de carbono y el oxígeno, medir la temperatura de dichos gases, así como la temperatura del aire de admisión a la combustión, con lo cual, se obtiene la eficiencia de combustión de la caldera. En la actualidad, estas mediciones se hacen de forma electrónica, mediante un equipo electrónico analizador de gases de combustión, el cual además, puede medir la concentración en la chimenea de otros gases, tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, para diversos combustibles de uso típico en nuestra región. Una vez realizado el monitoreo de gases en las chimeneas, es necesario conocer el consumo actual de combustible por unidad de tiempo de operación, el tipo de combustible utilizado, su poder calorífico y su concentración de azufre.

2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

2.1. EQUIPOS PROBADOS

Las pruebas fueron realizadas a dos calderas, cuyas especificaciones se muestran a continuación:

Caldera N° 1:

Marca Kewanee
Capacidad 350 Hp

Tipo de Combustible Bunker C
Contenido de azufre 2.41 %
Uso Principal (6 meses/año)
Consumo de combustible 500 gal/día

Caldera N° 2:

Marca Jonsthor
Capacidad 350 Hp
Tipo de Combustible Bunker C
Contenido de azufre 2.41 %
Uso Principal (6 meses/año)
Consumo de combustible 500 gal/día

2.2. EQUIPOS DE MEDICIÓN

Analizador electrónico de gases de combustión

Marca/Modelo: Kane May / KM-9004

Medición: CO, CO₂, O₂, Temp. de gases de chimenea, Temp. del aire de entrada, Eficiencia bruta, Eficiencia neta.

3. METODOLOGÍA UTILIZADA

El trabajo se realizó en dos etapas; la primera, consistió en la obtención de los datos de campo, para lo cual, se hizo una visita a las instalaciones del hospital; la segunda etapa, consistió en el análisis de los datos obtenidos en campo y confección de informe técnico. En el análisis energético realizado, se tomaron en cuenta las experiencias del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), contenidas en el "Manual de Auditoría Energética"; en el mismo, mediante un análisis gráfico, se muestra el comportamiento esperado de la combustión en una caldera, para diferentes combustibles, con respecto a las concentraciones de oxígeno, dióxido de carbono, temperatura de gases de escape y el porcentaje de exceso de aire utilizado en la combustión.

4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

TABLA N° 1

PARÁMETRO	CALDERA 1	CALDERA 2
O ₂ (%)	9.3	8.3
CO (ppm)	431	418
CO ₂ (%)	8.8	9.5
TEMP. GASES (°K)	483.15	448.15
TEMP. AMB. (°K)	303.15	303.15
EFF. COMB. (Bruta en %)	83.4	85.7

5. ANÁLISIS ENERGÉTICO

La eficiencia de combustión óptima para combustibles pesados, se da con un exceso de aire para la combustión de aproximadamente 15%, lo cual corresponde a concentraciones de O₂ y CO₂ de 3% y 13.5% respectivamente, en la salida de la chimenea. Un exceso de aire superior al indicado, trae como consecuencia mayor pérdida de energía en los gases de escape. La ecuación a utilizar para el cálculo del ahorro energético es:

$$A = C \times H \times (1 - (E_0 / E_m)) \times CE, \text{ donde:}$$

C = Consumo de combustible anual

H = Poder calorífico del combustible

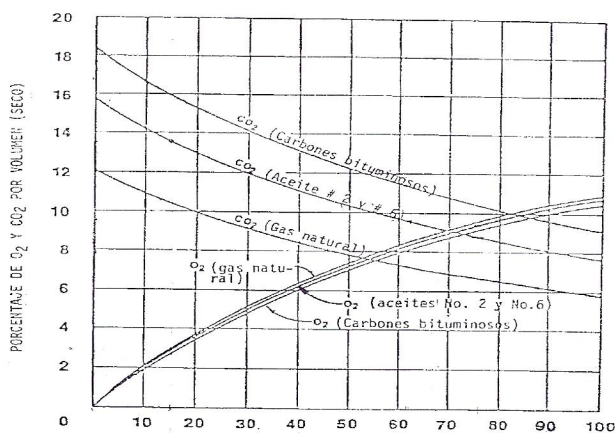
E₀ = Eficiencia actual

E_m = Eficiencia mejorada

CE = Costo de la energía

De la gráfica N° 1, se desprende que para las concentraciones promedio de O₂ y CO₂ muestreadas en las calderas, los porcentajes actuales de exceso de aire en la combustión de las calderas N° 1 y 2 son respectivamente 76% y 62% aproximadamente, lo cual es muy alto, comparado con lo recomendado por el ICAITI, de 15% de exceso de aire para calderas que utilizan bunker como combustible. Si a estas calderas se le hacen los ajustes correspondientes para realizar la combustión con un 15% de exceso de aire (recomendado), las concentraciones de O₂ disminuirían respectivamente de 9.3% y 8.3% (actual), hasta 3% y como consecuencia, la concentración de CO₂, aumentaría de 8.8% y 9.5% (actual), hasta 13.5%; esto conllevaría un aumento en la eficiencia de combustión desde 83.4% y 85.7% (actual), hasta 86% y 88% (mejorada), en las calderas 1 y 2 respectivamente, esto es asumiendo que la temperatura de los gases de escape se mantenga constante, usualmente, la temperatura baja, aumentando más la eficiencia. ver gráfica N° 2. El consumo actual de combustible reportado por cada caldera por 6 meses/año es de 20.8 GJ/h, realizando los ajustes indicados, se obtendría un ahorro de combustible aproximado de 2740 y 2370 Gal/año respectivamente.

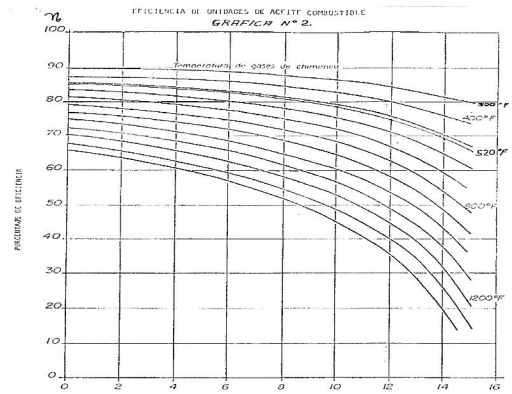
GRÁFICA N° 1.



RELACION ENTRE EL EXCESO DE AIRE.

Relación entre el exceso de aire en la combustión y las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en los gases de la chimenea, para combustibles de composición típica.

Obtenida del "Manual de Auditoría Energética- ICAITI".



PORCENTAJE DE OXÍGENO POR VOLUMEN.
Obtenida del "Manual de Auditoría Energética- ICAITI".

6. CONCLUSIONES

6.1 Las concentraciones de O₂, CO y CO₂ registradas en la chimenea, indican, como se muestra en la tabla N° 2, que el porcentaje de exceso de aire actual utilizado en la combustión de las calderas 1 y 2 es de 76% y 62% respectivamente. El porcentaje recomendable es de 15% para calderas a base de bunker.

6.2 Al disminuir el exceso de aire de las calderas 1 y 2, de 76% y 62% respectivamente, a 15%, se logrará disminuir la concentración de CO, disminuir la concentración de O₂ y aumentar la concentración de CO₂, con lo cual, se obtendrán eficiencias de combustión aproximadamente de 86% y 88% respectivamente. Las eficiencias de combustión actuales son de 83.4% y 85.7% respectivamente. Esto conllevará un ahorro de combustible aproximado de 5000 gal/año.

7. RECOMENDACIONES.

7.1 Ajustar el exceso de aire de la combustión en las calderas entre 15 y 20%.

7.2 Realizar monitoreos de los gases de combustión de las calderas, una vez al año, para asegurar el buen desempeño de las mismas.

7.3 Realizar monitoreos de ruido en las instalaciones y los alrededores de la casa de fuerza, para verificar el cumplimiento con las normas aplicables.

TABLA N° 2

DETALLE	ACTUAL		PROPUESTO	
	CALDERA 1	CALDERA 2	CALDERA 1	CALDERA 2
Exceso de Aire (%)	76	62	15	15
O ₂ (%)	9.3	8.3	3	3
CO ₂ (%)	8.8	9.5	13.5	13.5
Temp. Gases (°C)	210	175	menor	menor
Eficiencia Comb. (%)	83.4	85.7	86	88
Consumo Combustible (Gal/día)	500	500	485	487
Ahorro de Combustible (Gal/año)	---		5000	

PARADIGMA DE LA EDUCACION UNIVERSITARIA

Por: Ilka Banfield.
ibanf@fim.utp.ac.pa

“Las naciones marchan hacia el término de su grandeza con el mismo paso con que camina la educación. Ellas vuelan si ella vuela; retrogradan si retrograda; se precipitan y se hunden en la oscuridad, si se corrompe o absolutamente se abandona”. Simón Bolívar.

La labor educativa en las universidades tiene que garantizar que los profesionales se caractericen, no solo por su elevada competencia profesional, sino también por una vasta cultura y un alto compromiso social, lo que les permita participar activamente en las transformaciones que han de tener lugar en nuestros países. Debemos formar un ciudadano crítico, capaz de enfrentar el impacto de los graves problemas que aquejan a la sociedad contemporánea.

Las realidades son evidentes. No podemos estar más lejos de ésta labor. La mayoría de las investigaciones y evaluaciones realizadas al respecto se basan más en los resultados obtenidos, que en el análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje, existiendo pocas investigaciones que focalicen el comportamiento del profesorado y estudiantado durante las clases, y las que existen se centran en los rasgos y comportamientos del profesorado, la personalidad de los mismos y las adquisiciones motrices del alumnado, poniendo de relieve la existencia de comportamientos que se ajustan a los criterios de eficacia, dejando de lado la observación pedagógica de su comportamiento o estrategias utilizadas.

En base a lo anterior si preguntamos al estudiantado sobre el desempeño de nuestros docentes, lo calificaran de bueno, y peor aún, nosotros, el profesorado lo consideramos así, restando importancia a una mayor profundización de la enseñanza-aprendizaje, tanto en el contexto académico como fuera del mismo.

Dentro de nuestro cuerpo docente, se encuentran excelentes profesionales, buenos investigadores, pero pocos educadores. Estas consideraciones tiene que ver con los intereses – probablemente opuestos, quizá complementarios – del profesor-investigador o de un grupo de profesores-investigadores, y los intereses del conjunto de los seres humanos (vistos a través de determinadas relaciones sociales y de producción, a la que llamaremos sociedad). Los mencionados intereses – explícitos o no – son de la mayor importancia, pues la universidad y la sociedad comparten un amplio conjunto de expectativas asumidas con la educación superior.

En general la Universidad no define sus propias preferencias investigativas, sus temáticas y la problemática social de interés. Carecemos de orientaciones hacia las necesidades de producción de conocimientos y tecnologías, por lo cual los investigadores se ven obligados a hacerlo de un modo individual. Bien podríamos decir que nuestras Universidades no investigan sobre áreas específicas, sino que es su personal académico quien lo hace, como se menciono antes, por iniciativa personal.

El hecho de que existan académicos con el cargo de investigadores y con la responsabilidad de investigar, no significa por sí mismo que la universidad investigue a través de ellos. Ninguna empresa contraría a un personal de investigación para que éste decida a su libre juicio los

problemas y los proyectos de investigación, con total independencia de lo que la empresa requiere que se investigue.

Es la Universidad la que institucionalmente declara su interés por la investigación y su necesidad de reforzar esta actividad, pero, no inician por definir sus intereses específicos. Mientras sólo se declare la necesidad de investigar, sin salir de ese marco de generalidades, pareciese que la insistencia es investigar por investigar, con lo cual resulta poco creíble la profundidad con que se conciben los alcances reales de los procesos de investigación.

Quizá esto se explica por la orientación profesionalizante de nuestras universidades y por su arraigada tendencia a una docencia transmisiva y escolarizada. No hemos logrado fusionar la docencia con la investigación ni tampoco se puede ocultar la preferencia por la primera de esas dos funciones. Es por esto que para nuestros académicos resulta casi un cambio de personalidad el cumplir con la investigación y cumplir con la docencia, considerándolo casi un obstáculo.

Hasta aquí el problema pudiera parecer simple, si no fuera porque dentro de la cultura universitaria aparece la convicción de que los contenidos curriculares están ya dados y de que la responsabilidad del docente no pasa de transmitir esos contenidos, tal cual viene en los libros especializados. Así el docente no interviene de modo alguno sobre los conocimientos que transmite ni, mucho menos crea aspectos nuevos ni promueve sobre ellos aspectos de búsqueda que pudieran al menos enriquecer lo dado.

La docencia debe tener un base investigativa que utilice el aula de clases como laboratorio o escenario de crítica y producción de conocimientos y no estación fiel de una información preestablecida. Con la investigación promovemos el uso de tecnologías de punta como un recurso educativo sin que se convierta en el fin mismo de la educación. Debemos entonces, considerar la investigación como elemento imprescindible en la docencia desde la formación inicial, promoviendo la inclusión en los currículos de los elementos teóricos necesarios y la estrecha vinculación con la práctica, con el objetivo de poder desarrollar en el estudiante la habilidad de identificar los problemas que se presentan en su ámbito profesional y social y hallar soluciones más efectivas.

Se nos revela una necesidad cada vez más urgente de la búsqueda de formas de cooperación entre la investigación científica y las raíces de una pedagogía autóctona que resuma lo mejor de Vygotsky, Chomsky, Mezirow y otros pedagogos y pensadores del área, para dotar al docente universitario de un pensamiento pedagógico coherente, que le permita una asimilación crítica de las teorías educativas foráneas, que deben ser incorporadas en el tronco de nuestras experiencias.

Compensación de Fricción en el Control en Tiempo Real de un Robot Móvil

CENTRO NACIONAL DE ACTUALIZACIÓN DOCENTE EN MECATRÓNICA-CNAD

M. en C. José Felipe Camarena García Departamento de Control

Tel: (52) 58 41 21 65, Fax: (52) 58 41 16 34 México, D.F.

E-mail: fcamaren@cnad.edu.mx

RESUMEN

Este documento trata el estudio de técnicas de control en tiempo real aplicadas a un prototipo de robot móvil con el propósito de realizar el seguimiento de trayectorias preestablecidas en el plano cartesiano. La estructura de control propuesta se basa en un lazo interno a través de un controlador PID y de un lazo externo que describe el comportamiento cinemático del vehículo. El lazo interno realiza el seguimiento de velocidad angular de cada rueda que proporcionan la tracción del robot. El lazo externo consiste de un esquema de linealización de entrada salida por retroalimentación del vector de estado que se encarga de generar los perfiles de velocidad para cada motor.

Palabras Claves: Robot móvil, seguimiento de trayectoria, control por retroalimentación del estado, compensación de fricción.

INTRODUCCIÓN

La automatización y la robótica juegan un papel fundamental en la industria de los países desarrollados, dentro de la robótica surge una subespecialidad enfocada al estudio de los vehículos guiados automáticamente. Los robots móviles son utilizados en un sin número de tareas, principalmente en acciones que resultan ser peligrosas para el hombre, entre las que se pueden mencionar las misiones en otros planetas, en áreas radiactivas, volcánicas y submarinas. Los robots móviles resultan ser ventajosos para la industria, ya que con ellos se pueden optimizar los procesos de producción en el aspecto de la distribución, transporte de insumos y almacenamiento de productos terminados. Un robot móvil se puede definir como un dispositivo electromecánico capaz de desplazarse por sí solo, a través de un espacio de trabajo con diferentes niveles de inteligencia, ésta inteligencia radica en la capacidad del robot para identificar el espacio de trabajo por medio de múltiples sensores, y de esta manera poder modificar su comportamiento. Los robots móviles se clasifican de acuerdo a su tipo de locomoción, en tres categorías; mediante orugas, mediante patas y mediante ruedas. Con la finalidad de simplificar el modelo matemático que describe las propiedades de un robot móvil impulsado por ruedas, con frecuencia se hace

el planteamiento de que las ruedas del robot giran sin resbalar sobre la superficie de apoyo [4,7,8].

El propósito de este trabajo consiste en experimentar con un prototipo de robot móvil técnicas de control en tiempo real que permitan el seguimiento de trayectorias preestablecidas. El esquema de control propuesto está formado por dos lazos de retroalimentación. Un lazo interno compuesto de un controlador Proporcional integral derivativo (PID) que se encarga de realizar un seguimiento de velocidad angular en las ruedas que proporcionan la tracción del vehículo, y un lazo externo asociado al modelo cinemático del vehículo, destinado a generar los perfiles de velocidad para cada motor, que corresponden a las trayectorias de posición deseadas en el plano cartesiano. El lazo externo de control consiste en un esquema de linealización entrada salida por retroalimentación del estado.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. Se inicia con el desarrollo del esquema de control para el modelo cinemático del robot móvil. Después se presenta el esquema de control utilizado para el modelo dinámico de los motores. Posteriormente se presentan los resultados experimentales obtenidos al aplicar el esquema de control propuesto para el robot móvil. Finalmente, se presenta las conclusiones del trabajo.

MODELO MATEMÁTICO

A continuación se describe el modelo cinemático del robot móvil y el modelo dinámico de los motores de corriente directa.

Modelo Cinemático del Robot Móvil

La posición del robot móvil en un plano de referencia (X_0, Y_0) puede ser descrita por sus coordenadas (x, y) y un ángulo θ , tal y como se muestra en la figura 1. Donde V es la velocidad lineal del robot, (x, y) son las variables que define la posición del robot en el plano de referencia (X_0, Y_0) , θ es el ángulo de rotación del robot, ω_D y ω_I son las velocidades de rotación de las ruedas del robot.

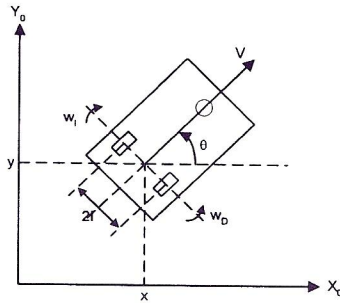


Figura 1. Plano de situación del robot móvil.

A partir de la figura 1, y sus relaciones básicas de velocidad [1], es posible establecer que la posición del robot está descrita por,

$$\begin{aligned} \dot{x} &= V \cos \theta \\ \dot{y} &= V \sin \theta \\ \dot{\theta} &= \omega \end{aligned} \quad (1)$$

De las relaciones anteriores, resulta fácil apreciar que V y ω pueden ser consideradas como las variables de control, aunque en realidad, la velocidad tanto lineal como angular del robot, pueden ser obtenidas mediante la combinación de movimientos de las dos ruedas del robot. La transformación que relaciona a ω_D y ω_I con V y ω , es la siguiente [2],

$$\begin{bmatrix} V \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r & r \\ 2 & 2 \\ r & -r \\ 2l & 2l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_D \\ \omega_I \end{bmatrix} \quad (2)$$

donde r es el radio de las ruedas, y $2l$ es la distancia entre ambas ruedas.

Modelo Dinámico de los Motores

El prototipo empleado para la experimentación del control en tiempo real, utiliza motores de corriente directa (figura 2) de regular eficiencia. A continuación se presenta los aspectos más importantes del modelado e identificación de estos motores, ya que resulta de suma importancia para efectos de la simulación de la ley de control que se quiere implementar.

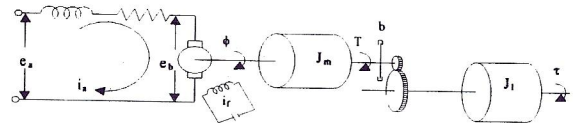


Figura 2. Esquema de un motor de corriente directa.

En la figura 2, se tiene que R_a es la resistencia de la armadura, L_a es la inductancia de la armadura, i_a es la corriente en la armadura, i_f es la corriente del campo, e_a es el voltaje aplicado a la armadura, e_b es la fuerza contra-electromotriz, ϕ es el desplazamiento angular del eje del motor, T es el par desarrollado por el motor, J_m es el momento de inercia equivalente del motor-reductor, b es el coeficiente de fricción viscosa equivalente del motor-reductor, τ es el par en la polea.

Mediante la combinación de la ley de voltaje de Kirchoff, la segunda ley de Newton, y las relación entre la corriente de armadura y el par del motor, se puede obtener el modelo matemático del motor de corriente directa, el cual está dado por,

$$J_m \frac{d^2 \phi}{dt^2} + b \frac{d\phi}{dt} = \left(\frac{e_a - K_b \frac{d\phi}{dt}}{R_a} \right) K \quad (3)$$

A partir de (3), y haciendo los cambios de variable apropiados, es posible obtener la ecuación diferencial que relaciona la velocidad angular del motor, con el voltaje aplicado a la armadura, es decir,

$$\frac{d\omega}{dt} = - \left(\frac{K_b K}{J_m R_a} + \frac{b}{J_m} \right) \omega + \left(\frac{K}{J_m R_a} \right) e_a \quad (4)$$

Definiendo a C_1 y a C_2 como constantes apropiadas, la ecuación (4) puede reescribirse como:

$$\frac{d\omega}{dt} = -C_1 \omega + C_2 e_a \quad (5)$$

Si representamos (4) en el dominio de la frecuencia, es posible obtener la función de transferencia entre la velocidad angular y el voltaje de armadura, es decir,

$$\frac{w(s)}{e_a(s)} = \frac{C_2}{C_1 + s} \quad (6)$$

Definiendo $k = C_2 C_1$ y a $\tau = 1/C_1$ se obtiene una expresión válida para la función de transferencia del motor de corriente directa (figura 3),

$$G(s) = \frac{w(s)}{e_a(s)} = \frac{k}{1+s\tau} \quad (7)$$

cuya expresión nos permite identificar experimentalmente la respuesta del motor, aplicando una entrada conocida.

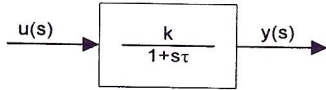
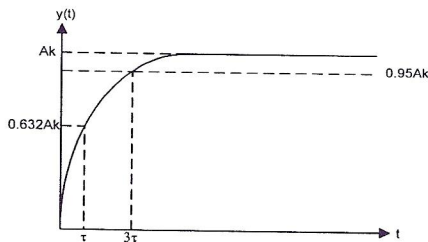


Figura 3. Función de transferencia de primer orden.

Entonces, de la figura 3 se tiene que $u(s) = A/s$ (escalón de magnitud A). Sustituyendo $u(s)$ en (7), y aplicando la transformada inversa de Laplace, se obtiene,

$$y(t) = kA \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (8)$$

Figura 4. Respuesta de un sistema de primer orden con a una entrada escalón.



Con el empleo de la figura 4 que se muestra a continuación y de (8) es posible deducir el valor del coeficiente k conociendo el valor de Ak y de A , y por otro puesto que $y(\tau) = 0.632Ak$, resulta simple deducir el valor del coeficiente τ .

De acuerdo a los resultados experimentales que se obtuvieron, se logró determinar las siguientes funciones de transferencia para cada uno de los motores del robot, así,

$$G_D(s) = \frac{0.475}{1 + 0.240s}, \quad G_I(s) = \frac{0.413}{1 + 0.330s}$$

Ley de Control

El esquema de control que a continuación se desarrolla es la linealización entrada-salida por retroalimentación estática del vector de estados [3]. De (1), consideramos a V y a ω como las variables de control,

$$\begin{aligned} u_1 &= V \\ u_2 &= \omega \end{aligned} \quad (9)$$

el modelo cinemático del robot móvil, se describe como,

$$\begin{aligned} \dot{x} &= u_1 \cos \theta \\ \dot{y} &= u_1 \sin \theta \\ \dot{\theta} &= u_2 \end{aligned} \quad (10)$$

Además, eligiendo a (x, y) como las variables de salida (figura 1), y definiéndolas como,

$$\begin{aligned} x_1 &= x \\ y_1 &= y \end{aligned} \quad (11)$$

Es fácil apreciar que el grado relativo [3] de ambas variables de salida es uno, puesto que,

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \dot{x} = u_1 \cos \theta = v_1 \\ \dot{y}_1 &= \dot{y} = u_1 \sin \theta = v_2 \end{aligned} \quad (12)$$

donde v_1 y v_2 son nuevas entradas cuyo objetivo será la linealización de la entrada-salida del sistema. El análisis que sigue a continuación requiere del empleo de la notación matricial, por lo que (12) se transforma en,

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \end{bmatrix} = A(x) \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

La expresión (13) demuestra claramente la imposibilidad de obtener las entradas originales del sistema u_1 y u_2 , ya que la matriz de desacoplamiento $A(x)$ es singular.

Esta imposibilidad nos motiva a, ya sea aplicar el algoritmo de extensión dinámica [3] para lograr la linealización entrada-salida, o ya sea elegir nuevas variables de salida. Nuestra elección es la segunda, y entonces elegimos un punto central en el extremo frontal del robot móvil, tal y como se muestra en la figura 5.

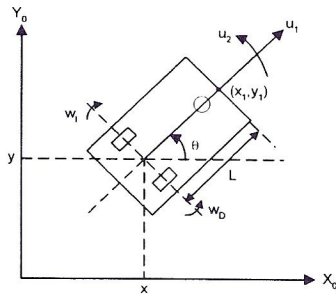


Figura 5. Salidas del sistema.

Entonces las variables de salida están dadas por,

$$\begin{aligned} x_1 &= x + L \cos \theta \\ y_1 &= y + L \sin \theta \end{aligned} \quad (14)$$

Cuyo grado relativo es igual a uno, puesto que,

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \dot{x} - L\dot{\theta} \sin \theta = u_1 \cos \theta - u_2 L \sin \theta = v_1 \\ \dot{y}_1 &= \dot{y} + L\dot{\theta} \sin \theta = u_1 \sin \theta + u_2 L \cos \theta = v_2 \end{aligned} \quad (15)$$

donde nuevamente v_1 y v_2 representan a las nuevas entradas que linealizan la respuesta entrada-salida del sistema. Representado (15) en notación matricial, se tiene que,

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -L \sin \theta \\ \sin \theta & L \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Donde resulta claro que las variables de control pueden ser obtenidas a partir de la siguiente expresión,

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -L \sin \theta \\ \sin \theta & L \cos \theta \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (17)$$

Definiendo las nuevas entradas de control de la forma v_1 y v_2 , los cuales gobiernan a las variables de salida x_1 y y_1 ,

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x}_{1d} - \alpha e_{x1} \\ \dot{y}_{1d} - \beta e_{y1} \end{bmatrix} \quad (18)$$

donde α y β son ganancias mayores que cero, las cuales aseguran el seguimiento asintótico de las salidas cuando $t \rightarrow \infty$ en lazo cerrado, entonces el error de seguimiento estará dado por:

$$\begin{aligned} e_{x1} + \alpha e_{x1} &= 0 \\ e_{y1} + \beta e_{y1} &= 0 \end{aligned} \quad (19)$$

donde

$$\begin{aligned} e_{x1} &= x_1 - x_{1d} \\ e_{y1} &= y_1 - y_{1d} \end{aligned} \quad (20)$$

Finalmente, sustituyendo (18) y (20) en (17), se obtiene la ley de control para el robot móvil, es decir:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\frac{\sin \theta}{L} & \frac{\cos \theta}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_{1d} - \alpha(x_1 - x_{1d}) \\ \dot{y}_{1d} - \beta(y_1 - y_{1d}) \end{bmatrix} \quad (21)$$

El esquema de control propuesto, se muestra en la figura 6.

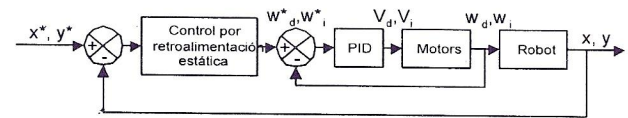


Figura 6. Esquema de control.

Compensación de la Fricción

Con frecuencia se presentan problemas relacionados con los efectos de la fricción debido a los parámetros eléctricos y mecánicos de los motores de corriente directa, como en nuestro caso, por ejemplo, el eje del motor está acoplado directamente a un tornillo sin fin que en conjunto con una corona transmite el movimiento angular a cada rueda del robot. Este tipo de mecanismos presenta fuertes rozamientos y fricciones que repercuten en una zona muerta de operación del motor, es decir, el motor permanece sin cambio alguno para ciertos valores de voltaje aplicado en su devanado. Los efectos de la fricción ocasionan en el sistema errores considerables en el seguimiento de la trayectoria deseada.

De manera experimental se realizó la identificación de la función de transferencia de los motores (7), y se pudo apreciar la existencia del problema de la fricción en el control de los mismos. En la figura 7 se muestra la respuesta del motor izquierdo y derecho ante una entrada con crecimiento exponencial. Claramente se puede observar como los motores empiezan a funcionar solo cuando el voltaje aplicado es mayor que cierto umbral (5.4 volts para el motor derecho y 5.45 volts para el motor izquierdo), esta respuesta indeseable es lo que se conoce como zona muerta. Para compensar este efecto en cada uno de los motores es necesario aplicar un torque de fricción f , dependiente de la velocidad angular w , el cual debe ser considerado en el modelo (7) de la siguiente manera,

$$\tau w + w = k(V - f(w)) \quad (22)$$

El valor de la compensación f puede ser estimado mediante el siguiente modelo, [5,6]

$$f(w) = (f_c + f_v|w|)sign(w) \quad (23)$$

Donde f_c es un parámetro asociado al efecto de la fricción de Coulomb y f_v es un parámetro asociado a los efectos de la fricción viscosa. La fricción de Coulomb es la componente más importante de la fricción, y es independiente de la magnitud de la velocidad del motor. La fricción viscosa es proporcional a la velocidad y, en particular, tiende a cero cuando la velocidad es nula. Bajo el esquema de compensación de la fricción dado por (23) se presenta saturación en el controlador PID debido a los cambios discontinuos de los voltajes de control cuando el robot cambia su dirección bruscamente, tal como lo hace en los extremos de la parábola. Una forma de disminuir esos cambios bruscos en el seguimiento de la trayectoria es proponiendo el modelo de compensación de fricción de Dahl, que básicamente transforma la respuesta discontinua a una señal suave, eliminando de esta manera la saturación de los controles [5,6]. El modelo básico de Dahl para la compensación de la fricción esta dado por,

$$f = \sigma z + f_v w \quad (24)$$

$$\dot{z} = -\frac{\sigma}{f_c} |w| z + w \quad (25)$$

Donde f_c es la fricción de coulomb, f_v es la fricción viscosa, σ es un parámetro apropiado y z es el estado interno de la fricción, el cual no es medible.

Para una entrada de 6 volts, experimentalmente se obtienen los siguientes parámetros para el modelo (24)-(25) que incluye el efecto de la fricción Dahl.

	Motor Derecho	Motor Izquierdo
f_c	$f_{cd} = 5.40$	$f_{ci} = 5.45$
f_v	$f_{vd} = 0.05$	$f_{vi} = 0.06$
σ	$\sigma_d = 1$	$\sigma_i = 1$

Tabla 1. Valores obtenidos experimentalmente para la fricción de Coulomb y viscosa en los motores.

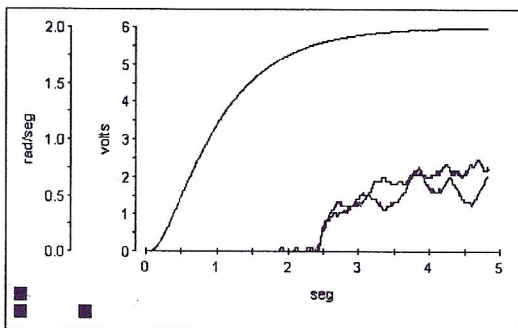


Figura 7. Zona muerta de los motores causada por la fricción.

Simulación

Empleando el software Matlab, y desarrollando los programas de simulación en Simulink, se obtuvieron los siguientes resultados. Se hicieron simulaciones con tres tipos de trayectorias a seguir; parábola, círculo y hélice.

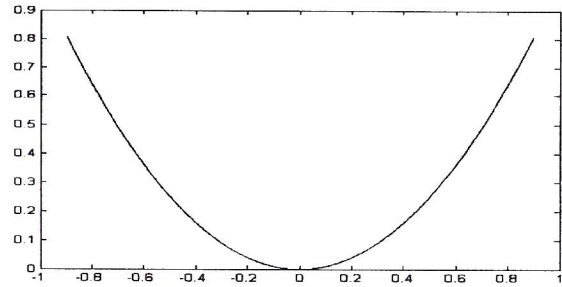


Figura 8. Trayectoria deseada simulada (parábola).

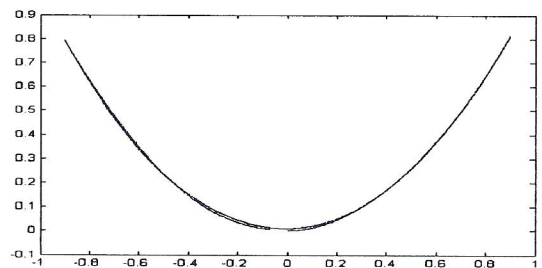


Figura 9. Trayectoria real simulada del robot móvil.

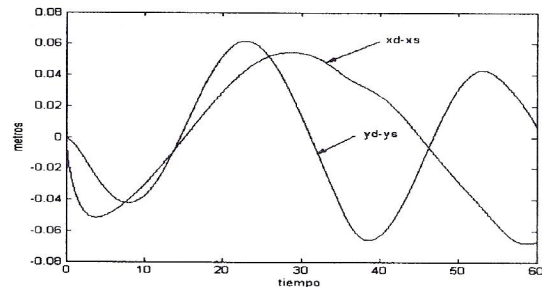


Figura 10. Errores de seguimiento en x , y en y.

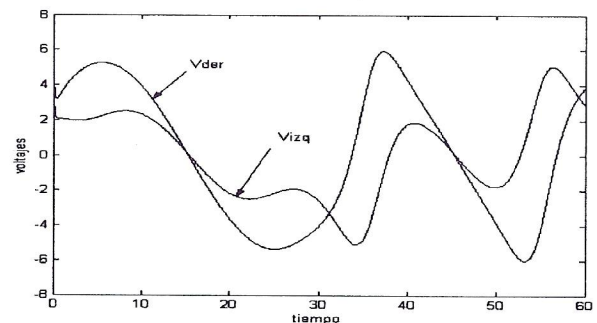


Figura 11. Voltajes de Control.

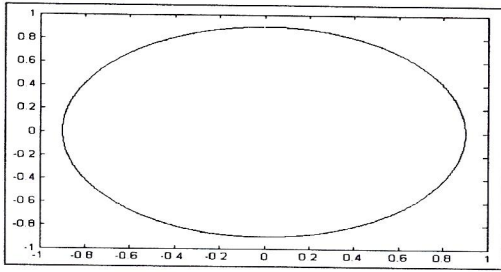


Figura 12. Trayectoria circular.

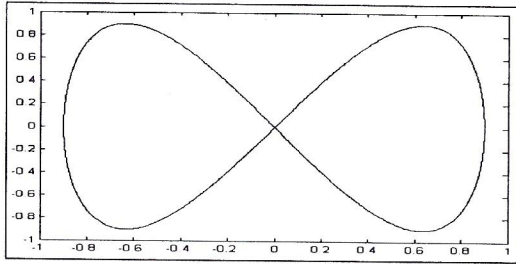


Figura 13. Trayectoria tipo hélice.

RESULTADOS EN TIEMPO REAL

La implementación del esquema de control mostrado en la figura 6, se realizó mediante una tarjeta de adquisición de datos DSP (dSPACE DS1102) en la cual el programa de control propuesto puede ser transferido directamente a través del paquete de simulación Simulink de Matlab.

El objetivo de la experimentación en tiempo real es que el robot móvil siga una trayectoria preestablecida mediante la implantación del esquema de control mostrado en la figura 6. Para esto, se define y parametriza una parábola en un plano (X,Y), la cual representa la trayectoria deseada que el robot móvil tendrá que seguir. Esta parametrización está dada por,

$$x_{1d} = a \sin\left(\frac{2\pi}{P} t\right) \quad (26)$$

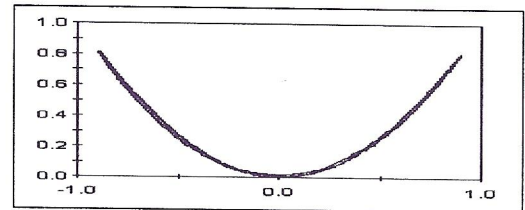
$$y_{1d} = x_{1d}^2$$

Donde $a = 0.8$, es la amplitud de la parábola, y $P = 60$ seg, es el tiempo que le tomará al robot móvil seguir la trayectoria completa. Los parámetros de la ley de retroalimentación estática estuvieron dados por $\alpha = \beta = 1$. Se fijaron las condiciones iniciales $x = -L$, $y = 0$, $\theta = 0$. Los parámetros de sintonización del PID sin considerar la compensación de fricción se muestran en la tabla 2. Se consideró un período de muestreo de 10 ms.

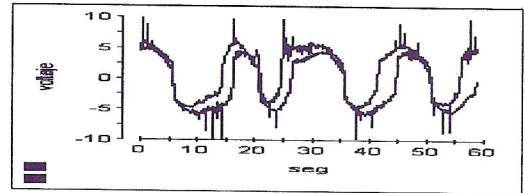
Motor Derecho	Motor Izquierdo
$K_p = 4.2$	$K_p = 4.8$
$K_i = 1.1$	$K_i = 0.75$
$K_d = 0.01$	$K_d = 0.01$

Tabla 2. Valores de sintonización para el PID, obtenidos por el método Ziegler-Nichols.

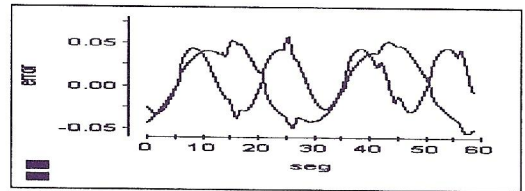
Para la compensación de fricción se consideraron los parámetros dados en la tabla 1. En las gráficas de la figura 14 se muestra en (A) la trayectoria deseada y la real, seguida por el robot móvil en el plano cartesiano. Las figuras 14 (B) y 15 (B), muestran los voltajes de control para el caso sin y con compensación de fricción respectivamente. Con base a los errores obtenidos en x , y en y , (figura 14 (C) y 15 (C)) puede concluirse que los resultados experimentales son satisfactorios ya que se logra el seguimiento deseado, obteniéndose una apreciable mejoría en el caso donde se consideró el esquema de Dahl para la compensación de la fricción, ya que el error se redujo a un valor máximo de 4 mm. Por otra parte, los voltajes de control estuvieron dentro de los valores apropiados sin llegar a la saturación, (caso con compensación de fricción). Por último se puede mencionar que los efectos de la zona muerta de los motores es reducida cuando se compensa la fricción bajo el esquema de Dahl (24)-(25) (ver figura 9(E) para el estado interno z)



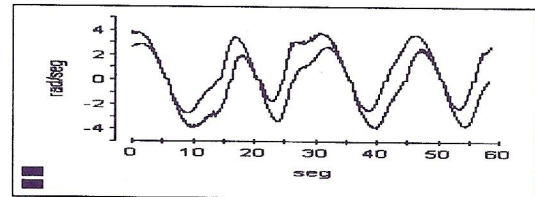
(A) Trayectoria del robot móvil (xd-yd,xs-ys)



(B) Voltajes de Control (Vd,Vi)

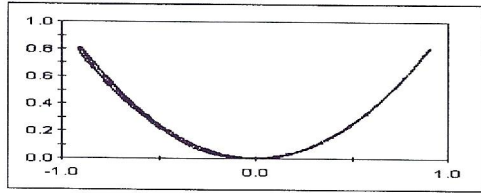


(C) Errores de seguimiento (xd-xs,yd-ys)

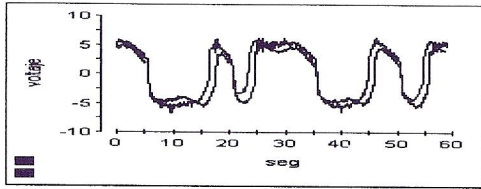


(D) Velocidades angulares W_i y W_d .

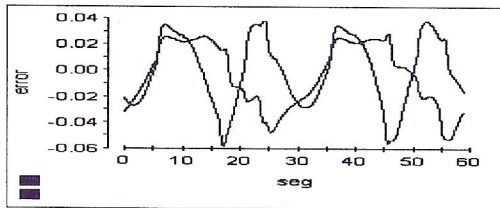
Figura 14. Gráficas obtenidas en tiempo real sin compensación de fricción.



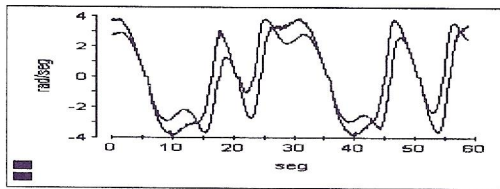
(A) Trayectoria del robot móvil (xd-yd,xs-ys)



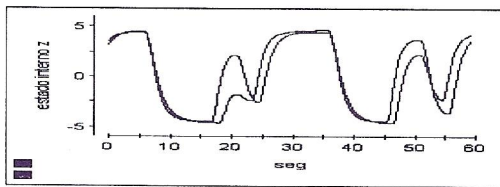
(B) Voltajes de Control (Vd,Vi)



(C) Errores de seguimiento (xd-xs,yd-ys)



(D) Velocidades angulares Wd y Wi



(E) Estados internos de la fricción zd y zi

Figura 15. Gráficas obtenidas en tiempo real con compensación de fricción bajo el esquema de Dahl.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo es la implementación en tiempo real de técnicas de control en el prototipo de un robot móvil. Específicamente se propone un esquema de control por retroalimentación estática del estado, el cual permite llevar a cabo el seguimiento asintótico de trayectorias preestablecidas.

También resulta importante experimentar con el fenómeno de la fricción, con la finalidad de mejorar el desempeño de la ley de control implantada. La desventaja del esquema de control propuesto es que no se tiene control sobre la variable θ .

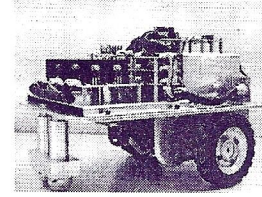


Figura 16. Robot móvil diseñado, construido y usado durante la experimentación del esquema de control propuesto en este artículo

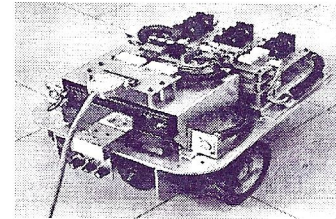


Figura 17. Robot móvil siguiendo la trayectoria descrita por la parábola en el plano X-Y

REFERENCIAS

- [1] C. Canudas de Wit, B. Siciliano, G. Bastin, Theory of Robot Control, Springer-Verlag, London, 1996.
- [2] T. Salgado, Diseño, construcción y control de un robot móvil, Tesis de maestría, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Mecatrónica, CINVESTAV-IPN, 1999.
- [3] A. Isidori, Nonlinear control systems, 3rd edition, Springer-Verlag, 1995.
- [4] E. Aranda, T. Salgado, M. Velasco, Control no lineal discontinuo de un robot móvil, Aceptado para publicarse en la revista Computación y Sistemas.
- [5] C. Canudas de Wit, A New Model for Control of Systems with Friction, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 40, No. 3, 1995, pp. 419-425.
- [6] J. Moreno, R. Kelly, On Velocity Control Using Dahl-based Friction Compensation, Memorias del Congreso Nacional de la AMCA, San Luis Potosí, S.L.P., 2001.
- [7] G. Campion, G. Bastin, B. D'Andrea-Novell, Structural properties and classification of kinematic and dynamic models of wheeled mobile robots, IEEE Transactions on Robotics and Automation, Sacramento, California, 1991.
- [8] J.M. Yang, J.H. Kim, Sliding mode motion control of nonholonomic mobile robots, IEEE Int. Conference on Robotics and Automation, Leuven, Belgium, 1998.



Ven a vivir con nosotros!

*Nos enorgullese felicitar a la
Facultad de Ingeniería Mecánica
en sus 20 años*

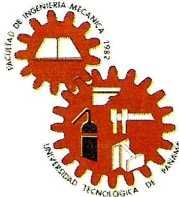


**Inmobiliaria
RESIDENCIAL**

**Tel. Ofic.: 264-5111 • 264-1247 • Fax: 264-5876
Casa Modelo: 220-3127 / 220-5161 / www.residen.com**

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA EN SUS 20 AÑOS

Por Lino Ruiz-Decano
lruiz@fim.utp.ac.pa



Como profesional de la ingeniería y docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá, nos es muy grato poder compartir con la comunidad en general una mirada retrospectiva, de lo que han sido para nuestra Facultad estos Veinte Años de trabajo arduo, permanente y optimista. Siempre confiados de poder ofrecer nuestros mejores esfuerzos por la juventud estudiosa de Panamá.

Y es que la Facultad de Ingeniería Mecánica, ha crecido poniendo siempre una mirada hacia el futuro caracterizándose así, por un espíritu pionero que a través del tiempo le ha permitido abrir nuevos senderos y si es necesario crear nuevos paradigmas.

Como muestra de estas iniciativas pioneras puedo mencionar:

La creación del **1^{er} Robot construido en Panamá**, el cual consistió en un brazo mecánico controlado por un computador Commodore 64 y actuado neumáticamente, a través de una interfase de transistores conmutadores y relés. Esto ocurrió por el año 1984 y fue desarrollado por un grupo de instructores de la FIM, destacándose en este proyecto el Ing. Carlos Plazaola.

La creación de la **1^a Biblioteca Especializada** de la UTP, la cual se creó a partir de una donación gestionada por el entonces Decano de la FIM el Ing. Wilfredo Robinson El Club Rotario de Panamá y la Editorial Mc Graw Hill.

Dicha gestión se dió a finales de 1987, período enmarcado por una gran crisis política en nuestro país.

En 1991 se realizan los **primeros eventos internacionales** de tipo Ferial en el Centro de Convenciones Atlapa, llegando a utilizar las tres Islas de dicho Centro de Convenciones. En estos eventos se ofrecían conferencias con expositores nacionales e internacionales, exposiciones de productos por empresas técnicas y clínicas de actualización tecnológica. El primero de estos eventos fue Expomovil Mecánica '91, le continuó Conferencias y Clínicas Mecánica '92, así hasta el último CCM '94. El precursor de estos eventos fue el Decano Ing. Oscar Montemayor y en su organización participaron los docentes, administrativos y estudiantes de la FIM.

Para esta misma época se inician los los. Entrenamientos y Capacitaciones en AutoCad a nivel nacional, siendo el **1er instructor** el Ing. Román Altamiranda a quien le siguieron los Ingenieros Eric Sánchez, Pacífico Atencio, Jimmy Chang y Juan Carlos Candanedo. Como resultado de esta iniciativa es la FIM la **1ª en incorporar a los planes de estudio de Licenciatura en Ingeniería Mecánica las asignaturas: Dibujo Mecánico Asistido por Computadora** y Computadores en Ingeniería Mecánica, y en la actualidad también se incorporaron a los planes de estudios de técnicos y de licenciados en tecnologías.

Igualmente, se crean dentro de las iniciativas del Dr. Tomás Bazán y el Dr. Víctor Sánchez, el **Centro de Estudios Energéticos y Ambientales, junto con el Centro de Estudios de Automatización y Robótica** en los cuales se han dado diversas iniciativas de investigación que han sido de interés a nivel nacional y a través de las cuales se ha logrado dotar a estos centros de equipos e instrumental de investigación, puestos a disposición de los docentes, para estos efectos.

Del Centro de Estudios Energéticos y Ambientales se da inicio a los **1ºs. Trabajos de investigación** a nivel nacional sobre **energía fotovoltaica**, e igualmente los **1ºs. Trabajos de investigación sobre los niveles de contaminación atmosférica en la ciudad de Panamá**, involucrando a estudiantes en la realización de sus trabajos de graduación.

Se crean las **1ª Tendencias de Ingeniería mecánica**, que a su vez resultaron ser iniciativas pioneras en las áreas de **Ingeniería Naval e Ingeniería Ambiental** a nivel nacional, contribuyendo en el diseño de estas tendencias el Dr. Tomás Bazán, Dr. Víctor Sánchez, el Dr. Humberto Rodríguez, el Ing. Félix Henríquez entre otros. Este plan de estudio fue aprobado por el Consejo Académico en reunión No 5/ 94 del 4 de marzo de 1994, bajo la administración del Ingeniero Oscar Montemayor.

Para el año 1996 se da inicio a la instalación del **1er nodo de INTERNET** de la UTP, lo cual se da por la importante contribución del Dr. Víctor Sánchez y el Ing. Fernando Castillo. Inmediatamente se dieron las **1ªs. capacitaciones en el uso de INTERNET** para los docentes, instructores y administrativos de la FIM.

Para este mismo tiempo, se crea la **1ª hoja web de la UTP** que a la vez también era la **1ª hoja web de la FIM**, la cual es diseñada y administrada por el Ing. Fernando Castillo.

Como iniciativa del Ing. Salvador Rodríguez y con la importante colaboración del Doctor Víctor Sánchez quedan adscritas a la Facultad de Ingeniería Mecánica las cinco carreras que forman parte del programa de Aviación que a través de un convenio internacional, la Universidad Tecnológica de Panamá, el Instituto Tecnológico de Florida (FIT) y COPA AIRLINES han iniciado, siendo la **1ª. vez en nuestro país que se ofrecen carreras de aviación** tales como: Lic. en Administración de Aviación, Lic. en Administración de Aviación con Opción a Vuelo, Técnico en Ingeniería de Mantenimiento de Aeronaves con especialización en Aviónica y Fuselaje, Técnico en Ingeniería de Mantenimiento de Aeronaves con especialización en Motores y Fuselaje y Técnico en Despacho de Vuelo. La importancia de este programa no sólo su cobertura a nivel nacional sino también a nivel de toda la Región de Latinoamérica.

No sólo en lo académico han habido iniciativas pioneras, sino también en lo deportivo, ya que por **1ª. vez a nivel universitario se constituye un equipo de fútbol femenino** (Año 2000) el cual representa no solamente a la FIM; sino que también fue el catalizador para el desarrollo de la selección femenina de la UTP e incluso de la Selección Nacional Femenina de Fútbol que participó en la Copa de Oro en USA. Todo esto con la valiosa ayuda del Profesor Víctor Poveda, Coordinador de Deportes del Departamento de Bienestar Estudiantil de la UTP.

Con este mismo espíritu pionero, en el Consejo de Investigación, Postgrado y Extensión del 6 de noviembre de 2002 se aprueba la apertura en nuestra Universidad, del **"1er. programa de Doctorado en Tecnologías Avanzadas para la Industria"**, junto con el programa de Maestría del mismo nombre. Estos programas se realizan gracias al Convenio Internacional entre la UTP y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y a las gestiones del Dr. Víctor Sánchez quien bajo el respaldo del Señor Rector de la UTP Ing. Héctor Montemayor, pudo concretar por parte de la UTP la cristalización de este programa.

Realmente es gratificante trabajar en la Facultad de Ingeniería Mecánica, ya que este espíritu de trabajo con una visión siempre hacia el futuro, no es lo común en estos tiempos de constantes crisis e incertidumbres, pero es característica de todos los miembros que la conformamos.

Por tal razón, saludamos con cariño y respeto a cada uno de los miembros del personal docente, administrativo, de investigación y educando de la FIM en sus 20 años y los exhortamos a continuar cosechando logros y realizando aportes por el bienestar de nuestro país.

¡Felicidades!

CALENDARIO DE EVENTOS

Diciembre 2002-105

1. Seminario Taller: Control Lógico Programable PLC

Enero 2003

1. Seminario Taller: AutoCAD Básico (Estudiantes de Pregrado)
2. Seminario Taller: Mechanical Desktop
3. Seminario Taller: AutoCAD 3D
4. Seminario Taller: Microsoft Project

Febrero 2003

1. Seminario Taller: Corel Draw
2. Seminario Taller: Programación en Lenguaje C
3. Seminario Taller: Excel
4. Sem. de Capacitación en CNC para Docentes de área de Metal Mecánica INAFORP-UTP
5. Inicio del Programa de Maestría y Doctorado en "Tecnologías Avanzadas para la Industria" ofrecido por la UTP y la UPM

Marzo 2003

1. Seminario Taller: Evaluación de Impacto Ambiental (Introducción y Fundamentos Legales)
2. Capacitación en Procesos Especiales de Soldadura para Centros Regionales/ UTP-INAFORP-ICDF (Taiwan)
3. Capacitación en Procesos de Tratamientos Térmicos para Aceros/UTP-INAFORP-ICDF (Taiwan)

Mayo - Junio- Julio 2003

Segunda Fase del Programa "Train the Trainers" ofrecido por la República de China (Taiwan) en conjunto con AMPYME-UTP-INAFORP en las áreas de:

Soldadura de Secciones Gruesas, Soldadura de Mantenimiento y Tecnologías Manufactureras para Elementos de Maquinaria, dirigido a Docentes de las áreas de Metal Mecánica y a profesionales de la Industria Nacional en estas áreas.

Para mayor información comunicarse con la Ing. ILKA Banfield al tel:236-4734 Ext.3311 o escribir al email: Ibanf@fim.utp.ac.pa

Comentario Final

La revista Tecnología-Hoy nos permite, una vez más, resaltar algunos aspectos interesantes de nuestro devenir universitario, aunado a la oportunidad de publicar algunos temas en el área de investigación, información general y eventos especiales que se han desarrollado en nuestra Facultad durante todo este año.

La labor realizada para esta publicación anual, no es más que una muestra del esfuerzo y capacidad de cada uno de los miembros de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Cada contexto plasmado, es el resultado del trabajo innovador en la búsqueda de soluciones a problemas o necesidades de interés general.

Los autores de cada uno de los artículos, que presenta esta nueva edición, enfocan puntos de vista para cada una de sus áreas de interés, por lo que se destacan aspectos e inquietudes para todo tipo de lectores.

En esta edición se incorporan actividades y temas de interés general que promueven las diferentes labores realizadas en la docencia, en la extensión y por supuesto en la investigación, lo que motiva a los lectores a solicitar nuevos temas.

Esperamos que el volumen 6 sea de su completo agrado y por ello le incitamos a que nos haga llegar sus opiniones y/o comentarios, los cuales recibiremos con mucho gusto.



Ing. Isaac Gómez

SUNTECHK / FEGSA - SISTEMAS Y SERVICIOS DE ALTA TECNOLOGÍA

Tel.: 260-9775;
Fax: 236-2601
Cel: 614-1884; 644-2389
Apart. Postal: 6-2670, zona 6 A El Dorado

TODO EN INGENIERIA ELECTROMECHANICA

Sistemas Eléctricos en general, bajo, mediano y alto voltaje, auditorias energéticas, consultorias, diseños, sistemas de generación, etc.

FELICIDADES A LA FACULTAD DE ING. MECANICA EN SUS 20 EXITOSOS AÑOS DE CONTINUO DESARROLLO



Afíliase y forme parte de la organización profesional y técnica de ingeniería más grande del mundo con más de 360,000 miembros a lo largo y ancho del mundo.

Comuníquese con Román Altamiranda
al Tel. 223 -7445,
e-mail: sec.panama@ieee.org ;
web: <http://www.ieee.org/panama> ;
Apdo. 6 - 795, El Dorado, Panamá.

PRO-CAD

**DESARROLLO Y TRANSCRIPCION
DE PLANOS EN SISTEMA CAD**

**IMPRESION DE PLANOS
EN BLANCO, NEGRO & COLORES**

**DISEÑO, PERSPECTIVAS, ANIMA-
CIONES Y ARTE DIGITAL POR
COMPUTADORAS**

**SCANEEO Y VECTORIZACION DE
PLANOS, PLANOS TOPOGRAFI-
COS Y AVALUOS**

**VIA ESPAÑA, PLAZA FARMERS MARKET
FRENTE A McDONALDS, LOCAL N° 7
TEL: 690-2886 EMAIL JUNUMO76@HOTMAIL.COM**



Servicio las 24 Horas

**Distribuidores y Representantes de Diferentes
Líneas de Productos en las Áreas:**

**Farmacéuticos, Médico-Quirúrgico,
Equipos para Diagnósticos**

HOTELERÍA

**Representantes de Kimberly Clark,
Sylvania, G.E., Phillips, Libbeys,
Martex, Dundee, Sunbeam,
Maxi Wash, Kohler, entre otras.**

Felicita a la Facultad de Ingeniería en sus 20 años

Teléfono: 224-7452

Fax: 224-7322

Estamos a sus Ordenes en:
Calle 15 Parque Lefevre, Edificio Premier Sales
(Detrás del Instituto José Dolores Moscote)

E-mail: www.premierpanama.com
ventas@premierpanama.com



HIBROENG

**MECHANICAL & METALLURGICAL SPECIALTY
NON DESTRUCTIVE TESTING
AND INSPECTION SERVICES**

**WELDING, CORROSION AND PAINT
INSPECTORS CERTIFIED BY
NACE, API, LLOYD'S, ABS, BV
DNV, RINA.**

PLEASE CONTACT

**HINES BROTHERS ENGINEERING GROUP, INC
P.O. BOX 6-7416 EL DORADO
PANAMA REPUBLIC OF PANAMA**

**PHONE (507) 233-1454
(507) 613-1454
FAX (507) 233-1454**