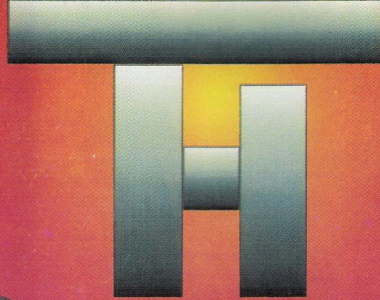
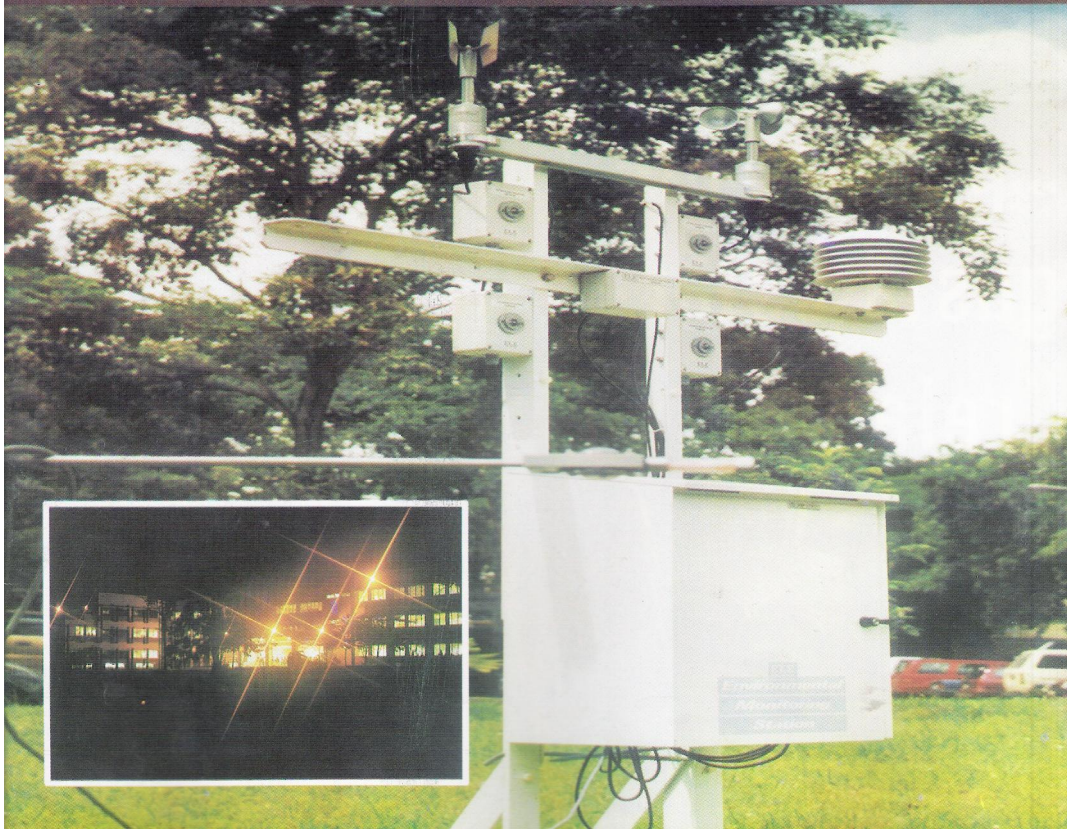


Volumen 2
Noviembre/1998
Precio B/2.00

Tecnología-Hoy



Revista Anual de la Universidad Tecnológica de Panamá / Facultad de Ingeniería Mecánica





Tecnología-Hoy

*Publicación Anual de la
Universidad Tecnológica
de Panamá/Facultad de
Ingeniería Mecánica*

Vice decanato de Inv., Post-Grado y Ext.

Comisión de Diagramación y
Levantado de Texto:
Ing. Deyka García/Coord. General
Ing. Román Altamiranda
Ing. Erick Sánchez
Ing. Jimmy Chang
Ing. Fernando Castillo

Comisión de Edición y Revisión:
Ing. Benigno Vargas
Ing. Alexis Tejedor De León
Dr. Tomás Bazán
Dr. Víctor Sánchez

Comisión de Publicidad
y Mercadeo:
Ing. Emelina Macías
Ing. Benigno Vargas
Ing. Alexis Tejedor De León
Ing. Ilka Banfield
Ing. Deyka García
Inst. Karla Magaña
Inst. Erika Benalcázar

**Para mayor Información
puede encontrarnos en
Internet:**

http://www.fim.utp.ac.pa
E-mail: dgarcia@ciar.utp.ac.pa



Pag. 28 **EVENTOS**

Es prohibida la reproducción total o
parcial del material impreso sin
autorización de los editores.
Las opiniones expresadas en los
artículos reflejan el punto de vista
exclusivo de sus autores.

Impresión: Imprenta Futur Arte, S.A.
Santiago de Veraguas, Panamá.

Contenido

Volumen 2- Noviembre/1998

2 **Editorial**

Automatización Industrial

3 Máquinas Herramientas para el Desarrollo Industrial (CNC)

Ing. Lino Ruiz/U.T.P.

5 Un Método Ingenieril de Identificación en Automatización

Dr. Anatoli Markelov/U.T.P.

Aprovéchalo

7 Aplicaciones de Autocad para el Diseño Mecánico

Ing. Román Altamiranda/U.T.P.

8 MATLAB: La Herramienta

Ing. Fernando Castillo B./U.T.P.

10 Aplicación Práctica del Método Keller: Una Experiencia FIM

Ing. Alexis Tejedor De León./U.T.P.

Investigación Aplicada

12 Resistencia Hidrodinámica en Buques

Ing. Jacinto Garrido/Comisión del Canal

13 Análisis del Efecto de las Condiciones de Frontera en la Respuesta Dinámica de Placas Anisotrópicas.

Ing. Benigno Vargas G. - Ing. Carlos Plazaola/U.T.P.

20 Simulación Numérica de los Procesos Conectores en un Sistema con dos Fluidos de Diferentes Propiedades. Efecto de las Condiciones de Frontera (Reporte Preliminar)

Dr. Angel Bethancourt/Inst. of Comp. Fluid Dyn., Tokyo

Energía y Conservación Ambiental

24 Control de Emisión de Gases

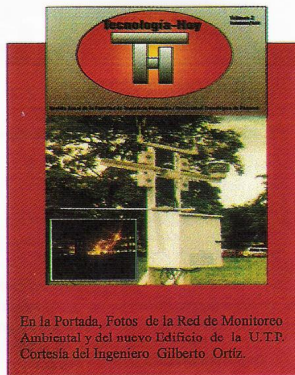
Centro de Servicio de Ricardo Pérez, S.A.

25 Metodología para la Construcción de Estufas Solares

Ing. Gloria Cedeño/U.T.P.

31 Sistema de Aire Acondicionado ¿Cómo funciona en el nuevo Edificio?

Ing. Marcelo Coronado H./U.T.P.



En la Portada, Fotos de la Red de Monitoreo Ambiental y del nuevo Edificio de la U.T.P. Cortesía del Ingeniero Gilberto Ortiz.

Tecnología – Hoy

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Benigno Vargas G./Decano
Lic. Claudio Castillo E./Vice-Decano Académico
Ing. Alexis Tejedor/ Vice- Decano de Investigación
Dr. Tomás Bazán/Jefe Depto. de Energía
Lic. Miguel Chong /Jefe Depto. Metal-Mecánica
Ing. Plinio Hines / Jefe Depto. Materiales y Metalurgia.
Ing. Lino Ruiz / Jefe Depto. Ing. Mecánica
Ing. José Ramsay / Jefe Depto. Sistemas y Componentes Mecánicos
Ing. Gloria Cedeño / Coord. de la Carrera de Licenciatura en Ingeniería Mecánica
Ing. Orlando Aguilar Coord. de la Carrera de Lic. Tecn. Mec. Industrial y enlace con los Centros Regionales
Tec. Miguel Dorati / Coord. de la Carrera de Técnico en Mecánica Industrial
Ing. Jaime Contreras / Coord. de la Carrera de Técnico en Refrigeración y A/Acondicionado
Ing. Felix Henriquez / Coord.de Maestría y PostGrado
Dr. Victor Sánchez/Coord. de Investigación
Ing. Ilka Banfield / Coord. de Extensión
Ing. Geomara de Escobar/Secretaria Académica
Ing. Aydenira Guzmán/Secretaria Adm. a.i.

Editorial

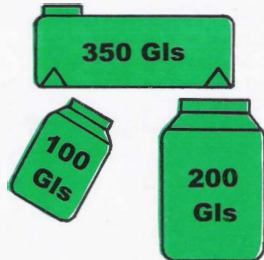
Un punto de vista sobre el cual nadie duda en nuestros tiempos, es el valor que tiene la educación en un mundo donde cada una de las actividades humanas requieren un carácter global. La globalización ya se aplica a la educación, y el profesor como agente transformador esboza el futuro de lo que serán nuestros egresados en el próximo milenio.

Siendo la educación una de las herramientas para crear un futuro mejor, es comprensible la necesidad de generar nuevas ideas, conceptos y realidades para el desarrollo y conformación de personalidades con valores y conocimientos sólidos. Es por ello que la Universidad Tecnológica de Panamá, en su afán de dar respuesta a estas necesidades, colabora y se involucra directamente con las mismas ampliando sus espacios físicos, mejorando las condiciones de enseñanza las cuales reflejan la modernización de las diversas áreas de la tecnología. El nuevo edificio del Campus Víctor Levy Sasso, cuenta con el mejor ambiente de enseñanza-aprendizaje convirtiendo la prosperidad en una realidad de calidad educativa.

Incorporándonos a la actualidad tecnológica en el área ambiental, el Centro de Investigaciones Energéticas y ambientales (CIEA) de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la U.T.P., a puesto en marcha una red de monitoreo de calidad de aire la cual opera 24 horas midiendo los gases tóxicos, la radiación solar, la velocidad horizontal y vertical del viento, dirección del viento, la temperatura atmosférica y la humedad relativa.

La intención del segundo ejemplar de nuestra revista es resaltar y valorar todos estos nuevos recursos y conocimientos que sin lugar a duda brindan apoyo directo a la gestión tecnológica en la que el profesor, el estudiante y el medio siguen siendo los principales protagonistas.

D. García



Tanques de Reserva de agua



Tel.: 261-4305
Fax: 261-4912

AQUA SISTEMAS

- Bombas Verticales
- Bombas Sumergibles
- Bombas para Aguas Negras
- Bombas Centrifugas
- Montajes y Mantenimiento



Vía España Frente a la Clínica San Fernando, Edificio Kamelia Plaza Panamá

Máquinas Herramientas para el desarrollo industrial (CNC)

Ing. Lino RUIZ, Jefe del Departamento de Ingeniería Mecánica, F.I.M., U.T.P.

1. Introducción

Actualmente existe un ambiente de grandes expectativas e incertidumbre. Mucho de esto se da por los rápidos cambios de la tecnología actual, pues estos no permiten asimilarla en forma adecuada de modo que es muy difícil sacar su mejor provecho. También surgen cambios rápidos en el orden económico y político los cuales en sociedades como la nuestra (países en desarrollo) inhiben el surgimiento de soluciones autóctonas o propias para nuestros problemas más fundamentales.

Entre todos estos cambios uno de los de mayor influencia lo será sin duda el desarrollo de las nuevas políticas mundiales de mercados abiertos y globalización. Todo esto habla de una libre competencia y surge la necesidad de adecuar nuestras industrias a fin de que puedan satisfacer el reto de los próximos años. Una opción o alternativa frente a esto es la reconversión de las industrias introduciendo el elemento de la automatización. Sin embargo se debe hacerse en la forma más adecuada de modo que se pueda absorber gradualmente la nueva tecnología en un tiempo adecuado; todo esto sin olvidar los factores de rendimiento de la inversión y capacidad de producción.

Uno de los elementos importantes dentro de este resurgir de la automatización son las máquinas de herramientas de control numérico computarizado, las cuales brindan algunas ventajas adicionales que son de importancia considerar detenidamente, lo cual es el propósito de este escrito.

2. La Automatización como una Alternativa

Como se ha visto, las tendencias de globalización y segmentación internacional de los mercados son cada vez más acentuadas. Y como estrategia para enfrentar este nuevo escenario, la automatización representa una alternativa que es necesario considerar.

Los países de mayor desarrollo, poseen una gran experiencia en cuanto a automatización se refiere y los problemas que ellos enfrentan en la actualidad son de características distintas a los nuestros. Por lo cual es necesario precisar correctamente ambas perspectivas.

2.1 Dificultades en la industria actual

Entre los problemas industriales de estos países desarrollados podemos mencionar:

1. Existe cada vez una mayor exigencia en la precisión.
2. Los diseños son cada vez más complejos.
3. La diversidad de productos hace necesario la tendencia a estructuras de producción más flexibles.
4. Se tiende a incrementar los tiempos de inspección.
5. Los costos de fabricación de moldes son mayores y se hace necesario minimizar errores.
6. El tiempo de entrega de los productos tiende a ser cada vez más reducido.
7. La formación de instructores es cada vez más difícil, pues se hace necesario personal cada vez más experimentado.

2.2 El Ambiente de Trabajo

El entorno del ambiente industrial se encuentra frecuentemente con situaciones tales como:

1. Escasez de mano de obra calificada.
2. Producción masiva de múltiples modelos de un mismo producto.

3. Ambiente de producción y taller poco atractivo.

Estos aspectos son más fáciles de encontrar en sociedades industriales, que en países subdesarrollados.

2.3 Tipos de Automatización

Existen cinco formas de automatizar en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado.

Los tipos de automatización son:

1. Control Automático de Procesos
2. El Procesamiento Electrónico de Datos
3. La Automatización Fija
4. El Control Numérico Computarizado
5. La Automatización Flexible.

El Control Automático de Procesos, se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.

El Proceso Electrónico de Datos frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de computo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadoras.

La Automatización Fija, es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los Controladores Lógicos Programables (PLC).

Un mayor nivel de flexibilidad lo poseen las máquinas de control numérico computarizado. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN).

Entre las MHCN podemos mencionar:

- a. Fresadoras CNC
- b. Tornos CNC
- c. Máquinas de Electroerosionado
- d. Máquinas de Corte por Hilo, etc.

El mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere es el de los Robots industriales que en forma más genérica se les denomina como "Celdas de Manufactura Flexible".

3. Generalidades del CNC

3.1 ¿Qué es el CNC?

CNC se refiere al control numérico de máquinas, generalmente Máquinas de Herramientas. Normalmente este tipo de control se ejerce a través de una computadora y la máquina está diseñada a fin de obedecer las instrucciones de un programa dado.

Esto se ejerce a través del siguiente proceso:

- a. Dibujo del procesamiento
- b. Programación
- c. Interfaces
- d. Máquinas Herramientas CNC.

Las interfaces entre el programador y la MHCN se realizan a través de la equipo apropiado, el cual puede ser una cinta perforada y codificada con la información del programa. Normalmente la MHCN posee una lectora de la cinta.

3.2 Características del CNC

La MHCN posee las siguientes ventajas:

1. Mayor precisión y mejor calidad de productos.
2. Mayor uniformidad en los productos producidos.
3. Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
4. Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
5. Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
6. Fácil control de calidad.
7. Reducción en costos de inventario, traslado y de fabricación en los modelos y abrazaderas.
8. Es posible satisfacer pedidos urgentes.
9. No se requieren operadores con experiencia.
10. Se reduce la fatiga del operador.
11. Mayor seguridad en las labores.
12. Aumento del tiempo de trabajo en corte por maquinaria.
13. Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cual facilita la competencia en el mercado.
14. Fácil administración de la producción e inventario lo cual permite la determinación de objetivos o políticas de la empresa.
15. Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto.

Sin embargo no todo es ventajas y entre las desventajas podemos citar:

1. Alto costo de la maquinaria.
2. Falta de opciones o alternativas en caso de fallas.
3. Es necesario programar en forma correcta la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación para un eficiente funcionamiento.
4. Los costos de mantenimiento aumenta, ya que el sistema de control es más complicado y surge la necesidad de entrenar al personal de servicio y operación.
5. Es necesario mantener un gran volumen de producción a fin de lograr una mayor eficiencia de la capacidad instalada.

3.3 El Factor Humano y las Máquinas CNC.

En esta sección, veremos el tipo de conocimiento y/o habilidades que debe poseer un operador CNC.

1. El operador de CNC deberá tener conocimientos en geometría, álgebra y trigonometría.
2. Deberá conocer sobre la selección y diseño de la Herramienta de Corte.
3. Dominar los métodos de sujeción.
4. Uso de medidores y conocimientos de metrología.
5. Interpretación de Planos.
6. Conocimientos de la estructura de la máquina CNC.
7. Conocimientos del proceso de transformación mecánica.
8. Conocimientos de la programación CNC.
9. Conocimientos del Mantenimiento y operación CNC.
10. Conocimientos generales de programación y computadores personales.

Existen algunos otros aspectos de tipo humano que se derivan de la utilización del control numérico; entre los que podemos mencionar:

- a. Una persona puede operar varias máquinas simultáneamente.
- b. Mejora el ambiente de trabajo.
- c. No se requiere de una gran experiencia.

- d. El programa tiene el control de los parámetros de corte.

Todos estos aspectos pueden representar cambios culturales dentro del ambiente del taller; sin embargo si se es hábil la adaptación será bastante rápida.

4. Uso del CNC.

4.1 ¿Cuándo emplear el C.N.C.?

La decisión sobre el cuándo es necesario utilizar M.H.C.N.?, muchas veces se resuelve en base a un análisis de producción y rentabilidad; sin embargo en nuestros países subdesarrollados, muchas veces existe un factor inercial que impide a los empresarios realizar el salto tecnológico en la medida que estas personas se motiven a acercarse a estas tecnologías surgirán múltiples alternativas financieras y de producción que contribuirán a mejorar el aspecto de rentabilidad de este tipo de inversión. Por otro lado una vez tomado este camino se dará una rápida transferencia tecnológica a nivel de las empresas incrementando el nivel técnico. Fenómenos como éstos no son raros, pues se dan muchas veces en nuestros países al nivel de consumidores. Sobre todo en Panamá.

Somos consumidores de productos de alta tecnología y nos adaptamos rápidamente a los cambios que se dan en productos tales como: equipos de alta fidelidad, automóviles, equipo de comunicación y computadoras. Entonces, ¿Por qué ser escépticos? y pensar que no somos capaces de adaptar nuevas tecnologías productivas a nuestra experiencia empresarial.

Veamos ahora como se decide la alternativa de usar o no CNC en términos de producción:

1. Cuando se tienen altos volúmenes de producción.
2. Cuando la frecuencia de producción de un mismo artículo no es muy alta.
3. Cuando el grado de complejidad de los artículos producidos es alto.
4. Cuando se realizan cambios en un artículo a fin de darle actualidad o brindar una variedad de modelos.
5. Cuando es necesario un alto grado de precisión.

4.2 Máquina Convencional vs. Máquina C.N.C.

Veamos ahora el contraste entre una máquina convencional y una máquina C.N.C.

Máquina Convencional

1. Se opera por una sola persona
2. No es necesario localizar dimensiones.
3. Es necesaria la experiencia.
4. El programa tiene todo el control de los parámetros de corte.
5. Luego que se ejecuta el programa virtualmente se realiza cualquier trabajo.

Máquina CNC

1. Una persona puede operar muchas máquinas.
2. Es necesario localizar por las medidas el dimensionamiento en el plano.
3. No es necesaria la experiencia.
4. El operador tiene el control de profundidad, avance, etc.
5. Existen trabajos que es imposible realizar.

Referencias

- [1] Boon, G. K.; Mercado, A.; *Automatización Flexible en la Industria*; Ed. LIMUSA-Noriega, México, 1990.
- [2] Martino, R.L.; *Sistemas Integrados de Fabricación*; Ed. LIMUSA-Noriega, México, 1990.

Un Método Ingenieril de Identificación en Automatización

Dr. Anatoli MARKELOV, C. de Investigación en Automatización y Robótica, F.I.M., U.T.P.

En la práctica ingenieril se usan diferentes métodos de identificación de los parámetros de plantas de control automático por no existir un método universal para estimar los valores de las características dinámicas de las plantas. Para describir las plantas sin oscilaciones tales como hornos de diferentes tipos, calentadores, termopares, motores DC de tracción en ciertos regímenes de funcionamiento etc. se usa la función de transferencia como el producto de las funciones de transferencia de los elementos aperiódicos, más, si es necesario, un elemento de retardo de transporte:

$$W_0(s) = \frac{k_0 e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)(T_3 s + 1)} \quad (1)$$

o

$$W_0(s) = \frac{k_0 e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1)^m (T_2 s + 1)} \quad (2)$$

donde k_0 es ganancia de la planta de control,
 τ es tiempo de retardo,

$T_i, i = 1, 3$ son constantes de tiempo de los elementos aperiódicos y la cantidad de los cuales no supera 3, $m=2, \dots, 3$.

En caso de plantas oscilatorias tales como RLC circuitos, dispositivos de medición de ciertos tipos, plantas de control con un lazo de realimentación interno para estabilizar sus estados etc. se usa la función de transferencia en forma

$$W_0(s) = \frac{\omega^2 (T_1 s + 1)}{(T_2 s + 1)(s^2 + 2\zeta \omega s + \omega^2)} \quad (3)$$

donde T_1, T_2 son constantes de tiempo,

ζ, ω es alguna semejanza al factor de amortiguamiento y a la frecuencia natural de un sistema de segundo orden.

En la práctica, la determinación de los valores de los parámetros τ, T_i, ω, ζ , se hace a mano usando la gráfica de la respuesta de la planta a la entrada escalón. Hay algunos métodos de realización de este labor pero ellos no permiten obtener una alta precisión del cálculo de los parámetros buscados. El uso de los métodos numéricos clásicos de minimización tampoco permiten resolver al problema porque es imposible adivinar el punto inicial de búsqueda para llegar al mínimo global. Al obtener un mínimo es imposible probar que él mismo es el mínimo global. Es más, las plantas reales dichas no tienen tiempo muerto que significa un retardo de transporte, solo tienen inercia de cierto tipo (técnica, mecánica etc.), por eso el uso de las expresiones (1) y (2) para describir tales plantas no es absolutamente correcto. Esto es admisible en la práctica solamente para los sistemas de control no precisos. Por eso cuando aparece un problema de desarrollar un sistema de control de alta precisión de mencionadas plantas, siempre surge un gran problema de identificación de los parámetros de la planta real lo más preciso posible.

Aquí se propone un método numérico de determinación de los valores de los parámetros de dos funciones de transferencia que permita obtener el mínimo global en el espacio de n dimensiones de los parámetros de la planta sin oscilaciones y en el espacio de 4 dimensiones de los parámetros de la planta oscilatoria.

Para las plantas sin oscilaciones la función de transferencia propuesta cuyos parámetros hay que determinar es

$$W(s) = \frac{k_0}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \dots (T_n s + 1)} \quad (4)$$

donde n puede ser cualquier número entero lo que permita aproximar a la curva de la respuesta de la planta real con una precisión necesaria. La expresión (4) describe una planta sin oscilaciones y retardo de transporte más correcto que (1) o (2), porque la expresión $\exp(-Ts)$ es una aproximación al producto de las funciones de transferencia iguales:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{(Ts/n + 1)^n} = e^{-Ts}$$

Para las plantas oscilatorias la función de transferencia se busca en forma (3). Ambas funciones (3) y (4) cubren la mayoría de los casos de identificación de los parámetros de plantas que se encuentran en la práctica industrial (aquí no tocamos tales plantas complejas especiales como reactores nucleares, naves espaciales etc. Por ejemplo, el reactor nuclear en su más simple descripción matemática teniendo en cuenta solo los neutrones de retardo exige una función de transferencia de séptimo grado).

El método propuesto se basa en el uso de la búsqueda aleatoria (Método Monte Carlo) para minimizar una función de n variables.

$$\min(\lambda |r(t) - r_0(t)| + (1 - \lambda) |\dot{r}(t) - \dot{r}_0(t)|) \quad (5)$$

Eso es la única medida eficaz que pueda facilitar la ubicación del mínimo global en el espacio de muchas variables de una función multimodal. El criterio de optimización en este caso es siguiente:

donde $r_0(t)$ es respuesta de la planta al escalón,

$r(t)$ es respuesta del modelo,

λ es un coeficiente de ponderación,

$r_0(t), r_0'(t)$ son las derivadas con respecto al tiempo de las funciones correspondientes.

El uso del criterio (5) en lugar del más famoso criterio de mínimo de error estándar garantiza la más precisa coincidencia de ambas funciones especialmente en la parte inicial del intervalo de aproximación, y especialmente esta parte inicial tiene más influencia a las propiedades dinámicas de la planta.

El problema de estimación de los parámetros para las expresiones (3) y (4) es mucho más difícil que el problema de minimización de una función de n variables. El último caso representa un problema clásico de minimización en el espacio de n dimensiones. En nuestro caso un conjunto de los parámetros

buscados (T, ω, ζ) determina una ecuación diferencial cuya parte derecha es el escalón unitario. La solución a esta ecuación es una función en el dominio del tiempo que se llama respuesta de la planta. Esta respuesta debe ser estimada según el criterio (5), es decir, comparada con la respuesta real de la planta, entonces en el problema de identificación tenemos que realizar la minimización en un espacio de funciones que es el espacio de soluciones de ecuaciones diferenciales determinadas por conjuntos de parámetros buscados. En caso de las plantas de control con la función de transferencia (3) o (4) es posible obtener soluciones de las ecuaciones diferenciales en forma analítica, entonces para aquellas plantas no es necesario resolver las ecuaciones numéricamente. Pero en el caso general para las plantas más complejas hay que resolver las ecuaciones diferenciales correspondientes numéricamente en cada paso de estimación de los parámetros estimados.

Un ciclo de cálculo incluye los siguientes pasos :

1. Generación de un conjunto de los números aleatorios con la función de distribución lineal. Para plantas sin oscilaciones los márgenes de los valores admisibles están en los límites de $0.01t_{m\acute{a}x}$ hasta $0.5t_{m\acute{a}x}$, donde $t_{m\acute{a}x}$ es tiempo de estacionamiento de la respuesta. Para plantas oscilatorias adicionalmente la estimación de los parámetros iniciales para la búsqueda es:

$$\zeta = \frac{\ln(\Delta_m)}{\sqrt{\pi + \ln^2(\Delta_m)}}$$

$$\omega = \frac{\pi}{t_m \sqrt{1 - \zeta^2}}$$

donde Δ_m es sobrepeaso máximo de la respuesta,

t_m es tiempo de alcance del primer máximo de la respuesta.

2. Cálculo de la respuesta de la planta con los valores de los parámetros obtenidos y su derivada.
3. Estimación según el criterio (5) de la exactitud de la aproximación con la respuesta obtenida.
4. En caso de haber obtenido el valor del criterio menor que fue obtenido anteriormente reemplazar los valores de los parámetros y el valor del criterio. En otro caso olvidar lo obtenido y pasar al primer paso.
5. Después de pasar todas las pruebas usar los valores obtenidos como los iniciales para continuar el proceso de optimización según un método regular de minimización en el espacio de n dimensiones, por ejemplo, usando el método de Seidel de descenso por coordenadas.

Los datos iniciales para realizar la identificación de una planta de control son siguientes:

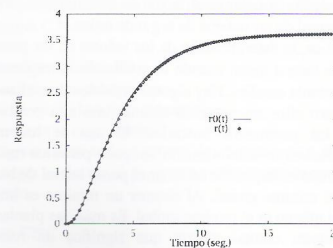
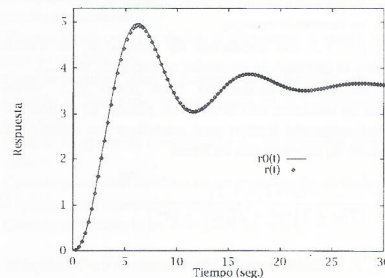
1. Array de magnitudes de la respuesta de la planta a la entrada del escalón unitario.
2. Tiempo de estacionamiento de la respuesta de la planta.
3. Cantidad de los elementos del modelo - el grado de la función de transferencia del modelo (sólo en caso de la planta sin oscilaciones).
4. Cantidad de las pruebas de Monte Carlo.

Los resultados del cálculo son siguientes :

1. Conjunto de los valores de las constantes de tiempo T en caso de una planta sin oscilaciones y los valores de los parámetros T, T_2, ζ, ω en caso de una planta oscilatoria.
2. Ganancia de la planta.
3. Error máximo de la aproximación de la respuesta de la planta con el modelo mejor obtenido durante el experimento de pruebas aleatorias y el proceso de minimización regular.

Durante los experimentos fueron obtenidos los siguientes resultados de identificación según el método propuesto para dos plantas de control : la planta sin oscilaciones : la cantidad de pruebas Monte Carlo - 80,000, la precisión relativa es igual a 1.383%, la planta oscilatoria : la cantidad de pruebas Monte Carlo - 160,000, la precisión relativa es igual a 1.747.

Los resultados presentados en el artículo muestran una alta eficiencia del método propuesto, pues la precisión de estimación de los parámetros por medio de los métodos convencionales no superan 5-10%. El programa para computadoras desarrollado en el Centro de Investigación en Automatización y Robótica para identificar los parámetros de plantas de control puede ser usado en la práctica ingenieril tal como en el proceso educativo en los centros de enseñanza superior para profundizar los conocimientos de los estudiantes en el ramo de control automático.



Referencias

1. Kuo, Benjamin C.; Sistemas automáticos de control; Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México, 1991.
2. Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna; Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1980.

Aplicación del AutoCAD al Diseño Mecánico

Ing. Román ALTAMIRANDA, F.I.M., U.T.P.

Reseña

El uso de programas de diseño asistido por computadora se ha extendido a través de los años a muchas ramas de la ingeniería, incluyendo a la ingeniería mecánica. El proceso de diseño mecánico se agiliza grandemente mediante el uso de estas herramientas de D.A.C. y en especial de herramientas propias del AutoCAD R14. El presente artículo describe el procedimiento que debe seguirse para la preparación de un plano de diseño mecánico con eficiencia automatizando tareas a menudo engorrosas como lo es la creación del cuadro de partes o el cálculo del número de éstas y su costo.

1. El Proceso de Diseño

Diseñar consiste, básicamente, en la formulación de un plan para satisfacer una necesidad. Implica todo un proceso metódico de transformación de ideas en realidad. Se distinguen muchas formas de diseño (mecánico, eléctrico, industrial, etc.), sin embargo todos ellos coinciden en que tienen un propósito concreto que es la obtención de un resultado final que a menudo tiene una realidad física.

El proceso de diseño incluye varias fases: (a) determinación de la necesidad; (b) descripción del problema, que consiste en la definición clara de lo que se ha de remediar incluyendo todas las restricciones y condiciones aplicables; (c) síntesis, que es la fase creativa del proceso de diseño; (d) análisis y optimización, consiste en la revisión y mejoramiento del proyecto de solución; (e) evaluación que es donde se prueba la eficacia del diseño y (f) presentación, que es la transmisión del diseño a la comunidad por medios orales, audiovisuales, escritos u otros.

El diseño mecánico consiste básicamente en idear dispositivos o aparatos de naturaleza mecánica. Un diseño mecánico correcto deberá estar apegado a los estándares establecidos en los códigos y normas nacionales e internacionales vigentes. Cada sistema mecánico debería proveer soporte o transmitir movimiento o masa sin poner en riesgo la vida o propiedades; es decir que debe ser suficiente robusto para operar de manera estable y segura.

Los diseños deberían considerar factores tales como: (a) precisión, es decir que el tamaño de la pieza sea exactamente determinado; (b) accesibilidad, que significa que la instalación debe estar dispuesta de forma tal que las operaciones de mantenimiento sean fáciles de realizar; (c) confiabilidad, es decir que el sistema sea capaz de proveer de soporte o transmitir movimiento de manera continua.

2. Aplicación del Autocad al Diseño Mecánico

El AutoCAD es un auxiliar "inteligente" que acompaña al diseñador durante todo el proceso de transformar sus ideas en una realidad física. La mayor parte de los diseñadores utiliza solamente AutoCAD para la fase final del diseño, la presentación, olvidando o desconociendo que mediante él se puede dar forma al proyecto, detectar errores, analizar, optimizar y por supuesto presentar resultados.

Un diseño mecánico desarrollado con ayuda de AutoCAD involucra los siguientes pasos:

A. Creación o adquisición de símbolos mecánicos apropiados:

Consiste en la creación de la simbología de los diferentes dispositivos mecánicos mediante el uso del concepto de los bloques y los atributos de bloques. Los bloques son dos o varias entidades de

diseño agrupadas con el propósito de facilitar su inserción repetitiva en cualquier parte de un dibujo. Para su creación se utilizan los comandos BLOCK y WBLOCK.

Los bloques pueden ser anidados, es decir que varios bloques pueden agruparse para formar un nuevo bloque. Adicionalmente los bloques pueden llevar consigo atributos. Un atributo de bloque es simplemente información en forma de texto adicionada a los bloques. Esta información puede ser predeterminada, permanente o ser modificada cada vez que se inserte al bloque en un diseño. Los atributos de bloque ofrecen grandes ventajas: (a) facilitan la creación de tablas con campos de datos variables dentro de un diseño; (b) permiten identificar bloques que tienen aspecto exterior similar, pero que en realidad representan objetos distintos; (c) simplifican la creación de listas de partes u objetos incluidos en un diseño. Cada dispositivo que se cree como bloque debe ir acompañado de sus atributos de bloque correspondiente, tal como se muestra en la figura 1.

B. Creación o adquisición de la base: Consiste en dibujar en el espacio de modelar la estructura base donde se desarrollará el diseño mecánico.

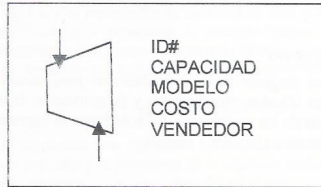


Fig. 1: ejemplo de bloque con atributos.

C. Inserción de símbolos: Se procede a insertar (con el comando INSERT de AutoCAD), los bloques que representan los dispositivos o partes en su posición correspondiente, de acuerdo con la preferencia del diseñador.

D. Inserción del marco y el pie de plano: Se activa el espacio de papel y se dibuja un marco y un pie apropiado a nuestro trabajo. A continuación se abren ventanas de MVIEW para poder apreciar a través de ellas los componentes incluidos.

E. Generación automática del cuadro lista de partes: Con el comando ATTEXT y un archivo de plantilla que indica los atributos que se desea extraer se crea un archivo de atributos. La figura 2 muestra la información que aparece en el archivo de plantilla.

ID#	C003000
CAPACIDAD	C003000
MODELO	C003000
COSTO	C006000
VENDEDOR	C014000

El archivo de plantilla incluye el nombre de las etiquetas de atributo, luego se incluye la letra C indicando que son datos de caracteres, si fuesen numéricos sería N, luego tres dígitos del ancho del campo (número de caracteres) y luego tres dígitos de lugares decimales en el campo si es numérico.

El archivo de atributos es una lista que contiene los atributos extraídos y que serán procesados por el programa de lenguaje C llamado HACERLP que generará un archivo de listado de partes.

Finalmente con la ejecución del programa de AutoLisp SUMLP se procede a crear el cuadro de lista de partes que será automáticamente incluido en el plano que hemos diseñado.

3. Conclusiones

Las ventajas que presenta esta técnica de D.A.C. sobre las técnicas tradicionales se pueden resumir como sigue:

- Homogeneidad en el diseño, en virtud del uso de símbolos normalizados en bloques.
- Pulcritud, al no existir roce del papel con herramientas de diseño se reducen las manchas sobre el papel.
- Rapidez, pues se optimiza la corrección de los diseños previamente realizados.
- Obtención rápida y eficiente de estadísticas del diseño. Es decir que podemos conocer el número de inserciones de un bloque en particular en un diseño.
- Generación automática de cuadros de listas de partes.

Referencias

[1] Leigh, R. W.; AutoCAD, A Concise Guide to Commands and Features; 3ra ed.; Ed. Ventana Press, E.E.U.U. 1993; pp.447.

[2] Shigley, J.E. y Mitchell, L.D.; Diseño en Ingeniería Mecánica; 5ta ed.; Ed. McGraw Hill, México 1997; pp.915.

MATLAB: La Herramienta

Ing. Fernando CASTILLO BALBOA, FIM,UTP

Para trabajar con el entorno MATLAB se requieren de conocimientos básicos de win95/98, programación y algo de creatividad.

¿Qué es MATLAB?

MATLAB es un lenguaje de alto rendimiento para cálculos técnicos. Este integra cálculos, visualización, y programación de un ambiente sencillo, donde los problemas y las soluciones se expresan en una notación matemática familiar y sencilla.

¿Cuáles son los usos que puedo darle a MATLAB?

A decir verdad MATLAB puede utilizarse para casi cualquier caso o problema que necesite de cálculos. Se puede utilizar para desarrollo de algoritmos, modelado, simulación y desarrollo de prototipos, análisis de datos, exploración y visualización, para graficar ensayos científicos e ingenieriles, para desarrollo de aplicaciones las cuales incluyen el desarrollo de interfaces gráficas para el usuario. (GUI's)

MATLAB: Entorno de trabajo

MATLAB provee una serie de instrucciones o herramientas que le facilita la labor al usuario. Provee herramientas que le facilitan la administración de las variables de su área de trabajo y además para la importación y exportación de datos. Además provee de herramientas para el desarrollo, manejo, corrección y enmarcar los archivos M, los cuales con la base de la aplicación MATLAB.

MATLAB viene con una extensa librería. Esta está compuesta de algoritmos computacionales que van desde los comandos sencillos de *sum*, *sine*, *cosine*, hasta funciones de aritmética compleja, y funciones sofisticadas como la inversa de una matriz, los valores característicos,

las funciones de Bessel y las transformadas rápidas de Fourier.

MATLAB: Primeros comandos

Escritura de matrices: MATLAB utiliza extensivamente los arreglos matriciales para sus cálculos. Esto se debe a que este fue desarrollado primordialmente para simplificar los cálculos de álgebra lineal que aparecen en muchas aplicaciones. La multiplicación matricial se denota por '*'. La escritura de una matriz en MATLAB es:

$$m=[1\ 2\ -4; 2\ 1\ -4; 1\ -2\ 3].$$

Una vez definida la matriz, se puede calcular su inversa por medio del comando *inv(m)*; su determinante *det(m)*; sus valores característicos *eig(m)* [utilizados extensivamente para calcular los modos normales de oscilación de un sistema dinámico], y así otros comandos como *diag(m)* que extrae la diagonal principal de la matriz *m*.

Otra forma para cargar en memoria una matriz de dimensiones muy grandes, es utilizando archivos precargados con los datos de la matriz. El comando *load* lee archivos binarios que contiene los elementos de la matriz previamente almacenados en secciones anteriores o lee archivos de formato texto, los cuales contienen los datos numéricos. En estos últimos la información debe organizarse como una tabla de datos de forma rectangular, separado por espacios en blanco o comas; cada línea representa una fila de la matriz y además debe haber la misma cantidad de elementos en cada fila. Como un ejemplo, almacene la matriz siguiente en un archivo llamado *matriz.dat*

7.2	3.3	6.4	9.0
4.0	1.0	2.4	-4.0
9.1	2.2	3.0	1.2
1.4	-1.1	-9.2	7.4

Para cargar la matriz, se emplea el comando
`load matriz.dat`

Este comando crea la variable *matriz* y le asigna los datos. Otra forma es utilizando un *archivo-M*, el cual es un archivo tipo texto que contiene código MATLAB. Como un ejemplo, utilice el programa NOTEPAD que está en las aplicaciones básicas del W95/98. Escriba:

```
m = [ 7.2 3.3 6.4 9.0 4.0 1.1 2.4...
      -4.0 9.1 2.2 3.0 1.2 1.4 -1.1 -9.2 7.4];
```

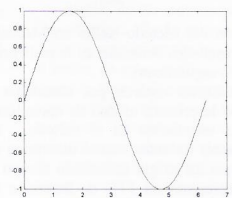
Guárdelo con el nombre *matriz1.m*. En MATLAB al escribir *matriz1* en la línea de comando, lee el archivo *matriz1.m* y crea la variable *m*.

Creando Gráficas

La forma de representar gráficas de MATLAB es bastante sencilla de aprender. El comando *plot* grafica una función predefinida. Veamos un ejemplo:

```
»t=0:pi/10:2*pi;
»f=sin(t);
»plot(f,t)
```

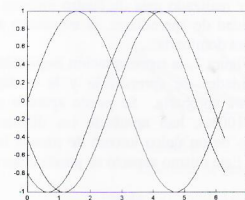
resulta en la grafica siguiente:



Si se quiere agregar más de una función a la figura anterior, se deben definir y posteriormente colocarlas dentro del comando *plot* como sigue:

```
»f2=sin(t-2.22);
»f3=cos(t+2);
»plot(t,f,t,f2,t,f3)
```

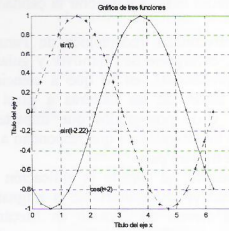
Lo que resultaría en:



Para ponerle el título y las etiquetas de los ejes y además una leyenda para cada función utilizo los comandos:

```
»plot(t,f1,'b:*',t,f2,'m-x',t,f3,'g-+');
»title('Gráfica de tres funciones');
»xlabel('Titulo del eje x');
»ylabel('Titulo del eje y');
»text(1.0,-0.2,'sin(t-2.22)');
»text(1.0,0.7,'sin(t)');
»text(2,-0.8,'cos(t+2)');
»grid on;
```

Para la creación de gráficas separadas dentro de una misma figura, MATLAB provee un comando que subdivide la figura en zonas administradas de forma matricial.



El comando en cuestión es:

```
subplot(n,m,p),fplot(func,lims)
```

Aquí *n* y *m* representan la cantidad de filas y columnas de arreglo matricial, y *p* representa la posición dentro de ese arreglo. El argumento *func* dentro del comando *fplot* es una función representada por medio de una sola variable, por ejemplo:

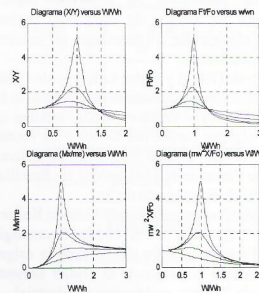
$$ff=2*x^2-2.24*x+2.2$$

El argumento *lims* representa los límites a los cuales la función va a ser evaluada y se representa de la siguiente forma:

$$lims=[y1,yd xi,xd]$$

El comando para representar varias funciones sería:

```
»subplot(2,2,1);xoverly
»subplot(2,2,2);ftf0
»subplot(2,2,3);mxmx
»subplot(2,2,4);mwxft0
```



Continuará.....

Aplicación Práctica del Método Keller: Una Experiencia F.I.M.

Ing. Alexis TEJEDOR DE LEÓN, Vicedecano de Investigación, Posgrado y Extensión, F.I.M., U.T.P.

1. Introducción

La ciencia y la tecnología, son elementos preponderantes para el desarrollo social, económico y político de toda nación; por ello la variable científico debe ser incorporada adecuadamente en los planes de estudio, de forma tal que se logre satisfacer las necesidades básicas y mejorar la calidad de vida del hombre.

Corresponde a la Universidad Tecnológica de Panamá como institución superior, encargarse de promover y guiar el desarrollo académico y profesional, en lo que a ciencia y tecnología se refiere, a través de las carreras a nivel de tecnología, de ingeniería y de post-gradados que imparte, y mediante la realización de investigaciones que respondan a los programas de desarrollo de nuestro país.

En el presente documento, se discute la aplicación del Método Keller como instructivo universitario en la asignatura Mecánica Básica I de la carrera de Técnico en Mecánica Industrial. Posteriormente se realiza un análisis comparativo del rendimiento académico en los estudiantes que siguieron el Método Tradicional de enseñanza-aprendizaje, con aquellos que optaron por el Instructivo Keller.

2. Método Keller de Instrucción Universitaria.

Este es un sistema global para la enseñanza de datos y conceptos basados en la Instrucción de Ritmo Propio o Autotutorial y fue elaborado por Keller en 1988 y sus asociados en la Western Michigan University. El Método se basa principalmente en tres fundamentos: el didáctico, el psicológico y el epistemológico y comprende, por lo menos un examen parcial semanal, la comunicación inmediata de los resultados e incluye sesiones de recuperación. Todo el material del curso se organiza en forma de unidades o módulos y cada estudiante debe dominar el material de cada unidad antes de pasar a la siguiente.

Los estudiantes que reprobaban asisten a sesiones de recuperación y siguen tomando otras versiones paralelas del examen semanal hasta aprobarlo. La concepción didáctica de Keller consagra los principios de aprender según las posibilidades y ritmos de avance de cada cual, reducir al mínimo las clases magistrales y aumentar al máximo la participación de los estudiantes.

Según Donald Rush (1984) y Pedro Lafourcade (1987), el Método de Keller establece características propias que lo tornan exitoso. Lafourcade (1987) y Tejedor (1955), señalan que el método se aplica en algunos cursos del Instituto de Tecnología de Massachusetts, en la Universidad del Estado de Arizona, en los Departamentos de Física de la Universidad de Brasilia y en la Universidad Federal do Rio Grande do Sul.

En nuestro caso particular, se aplicó el Método Keller en el Centro Regional de Veraguas de la Universidad Tecnológica de Panamá, durante el Primer Semestre de 1995 en la asignatura Mecánica Básica I, la cual corresponde al primer semestre de estudio de la carrera de Técnico en Mecánica Industrial. Vale la pena aclarar que estos estudiantes son estudiantes de Primer Ingreso, esto es, vienen de las diferentes escuelas secundarias de la región y muchos de ellos están por primera vez dentro de un recinto universitario.

La cantidad de alumnos matriculados en la asignatura fueron de 36 estudiantes; sin embargo, aquellos que optaron por el Método Keller fueron 25, lo cual representa 64.44% de la matrícula total.

3. Desarrollo del Método Keller

Al inicio del semestre se les explicó a todos los estudiantes la manera de cómo opera el Método Keller como instructivo de aprendizaje. Para tal efecto se hicieron las consultas pertinentes, de manera tal que la aplicación del método no contraviniera ningún acuerdo legal aprobado por el Consejo Académico de la Universidad Tecnológica de Panamá.

Tal como lo establece el método, se le entregó a los estudiantes el desglose de los diferentes módulos de aprendizaje, los cuales serían cubiertos por igual número de pruebas formativas, en total de diez. De igual modo se estableció que la cantidad de pruebas formativas realizadas por semanal sería de dos, ha realizarse los días martes y viernes a las 3:00 p.m. y 2:00 p.m. respectivamente, con una duración de una hora cada una.

3.1 Resultados obtenidos

Concluida la aplicación del Método Keller en Mecánica Básica I, se presentan los resultados obtenidos en la realización de las pruebas formativas de seguimiento.

Inicialmente dos estudiantes optaron por abandonar el método sin haber realizado la primera unidad de aprendizaje, quedando un total de 23 estudiantes en el método. Sin embargo, de los 23 estudiantes restantes, cuatro desartaron del método por considerarlo que les exigía demasiado tiempo de dedicación, lo cual nos representó un 17% de deserción del método.

Los durante la aplicación y desarrollo del Método se pudo verificar por ejemplo, que el Estudiante 1 aprobó la primera unidad de aprendizaje (P1) en un sólo intento; sin embargo aprobó la segunda (P2) y la tercera (P3) unidad después de haber realizado dos intentos consecutivos en cada módulo hasta obtener la nota de pase a la siguiente unidad, que en nuestro caso fue de 81 puntos de un total de 100.

Se observa además, que no todos los estudiantes rinden homogéneamente en términos de aprendizaje; lo que para algunos resulta trivial y fácil (un intento de pase), para otros les resulta más difícil y problemático. Esto último se comprueba ya que después de haber realizado más de cuatro intentos de aprobación para una unidad de aprendizaje, el estudiante aún encuentra dificultades para dominarla.

Presentamos en la Figura 1, la representación esquemática entre las diferentes unidades de aprendizaje y la cantidad promedio de intentos para aprobarla. Se puede apreciar que todos los estudiantes (100%), han aprobado los diferentes módulos, ya sea después de un único intento de pase o bien después de más de tres. Este mismo aspecto se puede observar

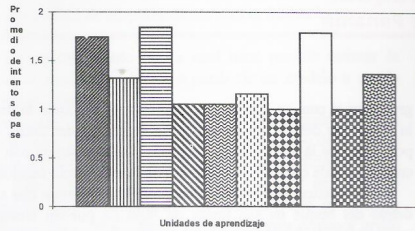


Figura 1 - Promedio de la cantidad de intentos de pase por unidad académica

en la Figura 2, en donde se aprecia, además aquellos módulos de aprendizaje en que los estudiantes presentan mayores dificultades de aprendizaje.

Se observa por ejemplo, que para el caso del Módulo P1, doce estudiantes lo aprobaron en un único intento, tres lo aprobaron en dos intentos, un estudiante lo aprobó en tres intentos y tres estudiantes lo aprobaron en cuatro intentos. Observamos además que a medida que se avanza en los módulos, disminuye el número de intentos para aprobar, lo cual podemos pensar es indicativo de que el estudiante va creando conciencia de su autoinstrucción y se torna más fácil su aplicabilidad. En la misma figura, se observa que todos los módulos no son aprobados de igual manera; ésto lo atribuimos al hecho, de que a medida que el estudiante intenta avanzar, no lo puede hacer a la misma rapidez que los demás. Este último planteamiento refuerza el hecho de que no todos aprendemos a la misma velocidad, razón por la cual esta situación tan evidente, exige del docente universitario un cambio de actitud, de metodología académica y de recursos didácticos de tal manera que los objetivos inicialmente trazados sean cumplidos en su totalidad.

Del total de estudiantes que optaron por el Método Keller, el 100% de los estudiantes aprobaron la asignatura con los siguientes conceptos: 18 estudiantes con concepto A y un estudiantes con concepto B. Observamos que es un buen rendimiento académico, por el hecho de que todas las unidades de aprendizaje el estudiante las domina completamente, caso que no hubiese sido posible detectar por el método tradicional.

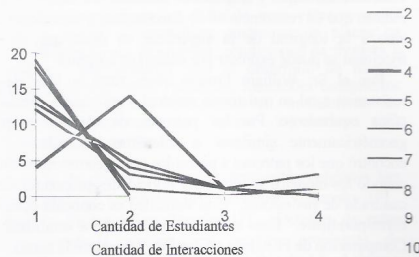


Figura 2 - Cantidad de Interacciones en Función de los Módulos de Aprendizaje

4. Conclusiones

Una vez terminado el presente trabajo estamos en condiciones de concluir lo siguiente:

- Todo Docente Universitario debe tener claro que ninguna clase de experiencia es siempre la mejor. Las diferencias de los alumnos determinan la clase de experiencias que son mejores para él.
- La educación universitaria, en el área de la mecánica, requiere del docente una participación directa, de tal manera que su esfuerzo se vea compensado con la alta calidad profesional con que salen nuestros egresados.
- Sobre la aplicación del Método Keller, podemos decir que el mismo funciona, si el estudiante, por ejemplo, crea conciencia de que su formación depende de gran medida del esfuerzo y dedicación que éste le dedique al aprendizaje.

Referencias

1. LAFOURCADE, Pedro. Planeamiento, conducción y evaluación de la enseñanza superior. 9º ed.-- Buenos Aires: Editorial Kapeluz, 1987
2. LOMBARDO, Miguel. Paquete de autoinstrucción o clases regulares: Modelos en Psicología--. Panamá: Editorial Universitaria, 1985.
3. PALAU, Esperanza. El papel del tutor en los sistemas de educación a distancia. México: Universidad Pedagógica Nacional, 1985.
4. POCZTAR, Jerry. Teoría y práctica de la enseñanza programada. Barcelona: Editorial Teide, S.A. UNESCO, 1971.
5. ROUSH, Donald C. Estrategias para una efectiva enseñanza universitaria. Universidad Estatal de Nuevo México. Programa de Intercambio Educativo Fullbrighth del Servicio Informativo y Cultural de los Estados Unidos, 1983. 183 p.
6. SACRISTAN, José. Teoría de la enseñanza y desarrollo del currículum. México: Editorial Amaya, 1980
7. TEJEDOR-DE LEÓN, Alexis. Método Keller de instrucción universitario. Centro Regional de Veraguas-UTP. San Antonio, Panamá, 1995.

SPV Servicio de Plomería "Victor"

- * Servicio de Plomería en General.
- * Diseño y Construcción de Edificios y Tanques Sépticos.
- * Conexiones Domiciliarias
- * Cálculos Hidráulicos para Instalaciones de Plomería
- * Destape con Trompo Eléctrico
- * Reparación e Inspección

Teléfono: 221-2867

Vía España y Cl 7a Parque Lefevre, Edif. La Luz

Resistencia Hidrodinámica de los Buques

Ing. Jacinto GARRIDO, Comisión del Canal de Panamá

Entre muchos problemas en el diseño de un barco nuevo está la necesidad de asegurar, entre otros requisitos, la forma del casco y el arreglo de propulsión; es en el sentido hidrodinámico el tema más importante. Las pruebas de mar al final de la construcción serán las que tendrán la última palabra al respecto. Si el buque sea cual sea su conducta en el mar se moverá a la velocidad exigida por el armador con el mínimo de potencia al eje y la combinación de baja resistencia y alta eficiencia propulsiva. En general esto sólo puede ser obtenido a través de la interacción casco-hélice.

Otro factor que influye en el diseño hidrodinámico de un barco es la necesidad no solo de un buen funcionamiento en mar en calma, sino también que bajo sus condiciones de servicio promedio en el mar la nave no sufrirá movimiento excesivo, humedad en las cubiertas, o más pérdida de velocidad que la necesaria en mal tiempo. El efecto del clima es soportado por las provisiones del margen de potencia que está por encima de las exigencias de potencia en mar en calma, esta tolerancia depende del tipo de nave y el clima promedio en la ruta comercial naval en la que esté operando. El clima es alcanzado con investigaciones oceanográficas, las cuales en lo posible, especifican los diferentes estados del mar para diferentes rutas y por reproducciones en canales de pruebas hidrodinámicas para determinar el funcionamiento relativo de los diferentes modelos a escala de los distintos tipos de cascos bajo condiciones lo más reales posible.

La resistencia hidrodinámica de un buque puede ser determinada a través de diferentes componentes y estados que en suma pueden representar modelos teóricos y empíricos que pueden llegar a predecir la potencia necesaria mínima para vencer la resistencia total máxima a las condiciones óptimas de carga.

La potencia exigida por la propele del barco a través del agua depende de : la resistencia ofrecida por el agua y el aire, la eficiencia de la unidad propulsora adoptada, y, la interacción entre éstos.

La resistencia total de un barco moviéndose en una superficie de aguas tranquilas tiene un número de componentes, es decir, resistencia por olas, resistencia friccional, resistencia por remolinos, resistencia por el aire, y, resistencia por apéndices.

La resistencia por olas sobre una superficie de agua sin turbulencias produce un sistema por olas. Allí hay tres tipos de olas generalmente formadas que son nombradas olas divergentes de proa, olas divergentes de popa y olas transversales. El sistema de olas levantando por el campo de presión alrededor del buque y la energía poseída por éstas de la nave. La transferencia de energía presentadas por ellas mismas como una fuerza opuesta al movimiento hacia adelante. Esta fuerza es la resistencia por olas.

La resistencia friccional cuando un cuerpo se mueve a través de un fluido el cual por otro lado está en reposo, una capa delgada del fluido se adhiere a la superficie del cuerpo y no tiene velocidad relativa a l cuerpo. En alguna distancia del cuerpo el fluido permanece en reposo. La variación de velocidad del fluido es rápido; pegado al cuerpo pero se reduce con incrementos de distancia al cuerpo. Esta región donde el cambio rápido en velocidad es término de la capa límite. Se acostumbra definir el

grosor en el cual se incrementa de proa a popa, como la distancia de la superficie del cuerpo en el cual la velocidad del fluido es en uno por ciento de la velocidad del cuerpo. La experiencia con diferentes cuerpos señala que éste es una parte de la resistencia friccional.

En la resistencia por forma, las partículas de agua que se mueven detrás del buque en sus líneas de flujo no pueden siempre seguir exactamente la forma precisa del buque. La presión que actúa en la popa es reducida, así que allí se levanta una fuerza resultante opuesta al movimiento hacia adelante.

En la resistencia por remolinos, cuando el flujo es quebrantado un volumen de agua es formado en el cual las partículas de agua se revuelven en remolinos. La energía de este movimiento es desperdiciada y puede ser tratado como un incremento en resistencia.

La resistencia por aire, es debido a que el aire es un fluido y como tal resiste el paso de las porciones expuestas del barco a través de éste. Este tipo de resistencia tiene ambos componentes friccional y por remolinos. A la velocidad de diseño del buque en condiciones en la cual no hay corrientes de aire, esta resistencia es estimada en alrededor de dos a cuatro por ciento de la resistencia total del agua. En climas severos la resistencia del aire puede contribuir apreciablemente a la pérdida de potencia y velocidad del barco.

La resistencia por apéndice puede ser estimada por timones, arbotantes, bocinas, quillas de balance, quillas estabilizadoras, ecosondas, etc. Esta resistencia es generalmente pequeña, en el orden del diez por ciento de todo el casco.

En términos de resistencia hidrodinámicas de los buques se acostumbra agrupar a la resistencia por olas, formas, remolinos y por aire en un solo componente llamado resistencia residual.

Así que la resistencia total es dada por:

$$R_t = R_r + R_f$$

Donde: R_r = resistencia residual y R_f = resistencia friccional.

Experimentos han presentado que la resistencia friccional entre el casco del buque y el agua, depende del AREA de la superficie, la velocidad del barco y el grado de aspereza del casco. Experimentos indican que tal resistencia no es directamente proporcional a la eslora, sino a la longitud de la superficie, es decir que, la resistencia friccional se puede expresar por unidad de longitud.

Fue el Sr. William Froude quien tuvo la idea de dividir la resistencia total en resistencia residual y resistencia friccional de una placa equivalente. Por los patrones de ola creado por formas geoméricamente similares a diferentes velocidades, Froude encontró que los patrones a parecidos eran geoméricamente idénticos cuando los modelos se movían a velocidades proporcionales a la raíz cuadrada de sus esloras. Esta velocidad es conocida como velocidad correspondiente. Esta investigación lo llevó a establecer la Ley de Comparación de Froude la cual puede ser resumida como:

"Si dos cuerpos de formas geoméricamente similares (dos buques o un barco y su modelo) son corridos a velocidades proporcionales a la raíz cuadrada de sus esloras (velocidades

correspondientes) entonces sus resistencias residuales por unidad de desplazamiento será la misma".

Esta es una importante ley la cual hace posible estimar la resistencia residual de un buque a partir de un modelo a escala con las mismas formas.

El tanque de Froude construido por 1871 fue en todo caso una larga trocha de 76 metros de longitud, con un ancho de 2 metros en el fondo y 8 metros en la superficie. La profundidad era de 3 metros. Este tanque fue el primer canal de pruebas hidrodinámicas en el mundo que ha sido imitado en muchos lugares de la tierra, todos contribuyendo en mayor o menor grado a la resolución de nuevos problemas los cuales se han desarrollado por años.

Modernos tanques de pruebas han sido desarrollados para medir las resistencias de los modelos pero básicamente son muy similares al primero construido por el Sr. Froude. Con respecto a

los modelos, éstos varían en sus esloras que puede estar entre los 4 y 9 metros. En el Reino Unido, estos modelos son desarrollados a partir de cera, en vista que este material es de fácil tallado, siendo así, que una vez terminadas las pruebas estos son derretidos y el material vuelve a usarse.

En otros escritos trataré de explicar la forma cómo se presentan y toman los datos para los cálculos de resistencias hidrodinámicas en los cascos de los buques.

Referencias

1. Munro-Smith, A.; Ships and Naval Architecture; Ed. The Institute of Marine Engineers, Londres, 1973
2. Comstock, J.P.; Principles of Naval Architecture; Ed. Society of Naval Architects and Marine Engineering, U.S.A.
3. Van Manem, J.D.; Fundamentals of Ship Resistance and Propulsion; Ed. International Shipbuilding Progress, Rotterdam, Países Bajos.

ANÁLISIS DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FRONTERA EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE PLACAS ANISOTRÓPICAS

Ing. Benigno VARGAS G., Decano de la F.I.M., U.T.P.

Ing. Carlos R. PLAZAOLA L. Profesor Asesor, Panama Canal College.

Extracto General

La respuesta dinámica de placas anisotrópicas e isotrópicas con diferentes condiciones de frontera y sujetas a cargas de impulso fue investigado. Para realizar este análisis se inicia partiendo de las ecuaciones de movimiento presentadas por J. M. Whitney, para la solución de estas ecuaciones se utilizó el Método de Levy.

El estudio incluye un análisis de vibración libre y forzado tanto para placas anisotrópicas (ortotrópica) como isotrópicas, tomando en cuenta el efecto de las condiciones de frontera.

La solución para el problema dinámico de dos pulsos fue obtenida. Se utilizaron dos tipos de carga impulsiva, modeladas mediante pulsos de forma senoidal y escalón.

Introducción

Desde las publicaciones de Euler [1], Lagrange, Navier, Kirchhoff [2] y Levy [3], se ha dedicado gran esfuerzo a las investigaciones de las características dinámicas de placas en diferentes configuraciones, geometrías, condiciones de frontera y otras variantes. Sin embargo, con el desarrollo de nuevos materiales estructurales, como plásticos, materiales compuestos reforzados con fibras y su incremento en aplicaciones en componentes estructurales, se hacen necesarias más investigaciones en este campo.

Las teorías de placas compuestas laminadas delgadas han sido establecidas por Lekhnitskii [4], Reissner y Stavsky [5], Dong, Pister y Taylor [6] y Stavsky [7]. Detalles de estos trabajos, incluyendo la solución para muchos problemas de fronteras pueden ser encontrados en los trabajos de J.E. Ashton y J.M. Whitney [8].

Trabajos analíticos dedicados al estudio de la respuesta forzada de placas de material compuesto laminadas han sido menos evidentes. Meirovitch [9] y Warburton [10] analizaron la respuesta de placas isotrópicas para cargas dinámicas mientras que Yu [11] y Sun y Whitney [12] han presentado la respuesta para placas anisotrópicas en flexión cilíndrica.

Dobyns [13], presentó un análisis de placas delgadas ortotrópicas con condiciones de fronteras de simple apoyo sujeta a cargas estáticas y dinámicas. Vargas [14], presentó un análisis de placas delgadas anisotrópicas (ortotrópicas) e isotrópicas con diferentes condiciones de frontera sujetas a cargas estáticas y dinámicas, además del efecto de la duración y forma de las cargas impulsivas.

El objeto de este trabajo es determinar la respuesta dinámica de placas anisotrópicas e isotrópicas con diferentes condiciones de frontera y sujeta a cargas de impulso.

El material de la placa anisotrópica se asumirá ortotrópico y la teoría lineal de elasticidad será utilizada para formular el problema.

Se tomará en cuenta el efecto de inercia rotatoria, pero no el efecto de la deformación cortante transversal para este análisis.

Los efectos de las cargas de impulso modelada por pulsos de forma senoidal y escalón serán analizados, así como su forma y duración. Para simplificar el análisis se asumirá que los pulsos actúan sobre la superficie de la placa uniformemente. La solución de la ecuación de movimiento está basada en el método de Levy.

ANÁLISIS

En la figura 1 y 2 se muestran el sistema de coordenadas x, y, z y la geometría y sistema de referencia utilizados para el análisis de placas laminadas, respectivamente. La longitud, el ancho y el espesor son denotados por las dimensiones a, b, h , respectivamente.

El análisis se basa en las hipótesis siguientes:

- 1- La placa es construida de un número arbitrario de láminas, consideradas macroscópicamente como un material con comportamiento elástico homogéneo ortotrópico, unidas entre ellas perfectamente. Sin embargo los ejes ortotrópicos de simetría de una lámina individual no necesariamente coinciden con los ejes x , y , z de la placa.
- 2- La placa es delgada, es decir, el espesor h es mucho más pequeño que cualquier otra dimensión.
- 3- Los desplazamientos u , v , w son pequeños comparados con el espesor de la placa.
- 4- Las deformaciones planas ϵ_{xx} , ϵ_{yy} y ϵ_{xy} son pequeñas comparadas con la unidad.
- 5- Las deformaciones cortantes ϵ_{xz} y ϵ_{yz} son despreciables.
- 6- Los desplazamientos transversales u , v , w son funciones lineales de z .
- 7- La deformación transversal normal ϵ_z es despreciable.
- 8- Cada lámina se comporta de acuerdo a la Ley de Hooke.
- 9- Los efectos de campos gravitatorio, eléctrico o magnético son despreciables.
- 10- Los esfuerzos transversales cortantes ϵ_{xz} y ϵ_{yz} desaparecen en la superficie de la placa para $z = \pm h/2$.
- 11- Los efectos térmicos e higrótérmicos son despreciables.

Los detalles de las derivaciones de las ecuaciones son presentados por Vargas [14] y no se incluyen aquí por brevedad. Combinando las ecuaciones de cinemática, de equilibrio dinámico y las ecuaciones constitutivas se obtiene la ecuación diferencial para placas anisotrópicas (ortotrópicas) e isotrópicas respectivamente.

$$D_1 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2D_2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_3 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = p(x, y, t) \quad (1)$$

$$D \left[\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right] + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = p(x, y, t) \quad (2)$$

El método utilizado para solucionar la ecuación diferencial (2) fue el método de Levy, llamado así en honor a Maurice Levy, quien en 1899 presentó este método de solución de series infinitas de medio rango para placas isotrópicas, el cual también puede ser usado para solucionar la ecuación diferencial de placas de material compuesto.

Vibración Libre

Detalles del análisis son presentados por Vargas [14]; solo algunos de los resultados son presentados aquí.

Para determinar la frecuencia natural y los modos naturales de vibración de una placa, el método de Levy fue utilizado. Este método consiste en asumir una solución de series infinitas de senos de medio rango de la siguiente forma:

$$w(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} \phi_m(y) \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \quad (3)$$

Solución esta que debe satisfacer las cuatro condiciones de frontera en x . Donde $\phi_m(y)$ es una función desconocida en y .

Se analizaron estructuras hechas de acero de plástico reforzado con fibra de gráf ito o carbón (CFRP) tipo T300/N5208, donde la disposición de las láminas de la placas compuestas es [(45/0)₄].

Para este estudio los parámetros geométricos tanto de la placa anisotrópica como el de la placa isotrópica fueron seleccionados del mismo tamaño con el objeto de comparar los resultados.

Como se esperaba, de los tres casos analizados, es en el caso de cuatro bordes simplemente apoyados, tanto para placa anisotrópica como para la isotrópica, donde se obtuvieron los valores de frecuencias naturales más bajas, esto es así ya que esta es la configuración más flexible de la estructura. El valor de frecuencia más alto se obtuvo en el caso de dos bordes empotrados y dos simplemente apoyados, esto es razonable, ya que esta es la configuración más rígida de la estructura.

Las formas de los modos correspondiente a varias frecuencias naturales son mostradas en las Figuras 3 y 4, para el caso de dos bordes empotrados y dos simplemente apoyados para 2 valores de m y n para placas de material compuesto anisotrópico (ortotrópico).

Vibración Forzada

En esta parte del estudio se presentará la respuesta forzada de placas anisotrópicas e isotrópicas sujetas a cargas de impacto, modeladas mediante pulsos de forma senoidal y escalón, tomada de Dobyns [13], donde las expresiones analíticas para cada uno son dadas. El objetivo es analizar no solo el efecto de las características del pulso, tales como forma y duración, sino también los efectos de las condiciones de frontera y los materiales de la placa.

La solución para la ecuación (1) y (2) en el caso forzado puede expresarse de la siguiente forma:

$$w(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \phi_n(y) \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right) F_{mn}(t) \quad (4)$$

Detalles del análisis de vibración forzada son dados por Vargas [4].

Para ilustrar la respuesta dinámica, la razón W_d/W_{stat} fue obtenida como una función del t para los tres casos analizados, donde W_d es la Componente transversal de desplazamiento estático, producida por la acción de una carga uniforme y evaluada para los casos 1 y 3 en $x = a/2$, $y = b/2$, y para el caso 2 en el punto $x = a/4$, $y = b/4$.

Para este análisis se tomaron cuatro razones adimensionales de tiempo t_1/t_c (0.5, 0.9, 1.1, 2), donde t_1 es la duración del pulso y t_c es el tiempo crítico. De este análisis se pudo observar que se obtienen mayores razones de amplitudes w_d/w_{stat} en la respuesta dinámica cuando se consideran cargas modeladas con pulsos de forma escalonada. Tal como se puede observar en las Figuras 5 y 6 para uno de los casos analizados y una relación de $t_1/t_c = 2$.

CONCLUSIONES

- Las condiciones de fronteras afectan la rigidez de una estructura y por lo tanto las frecuencias naturales y los modos normales de la misma.
- La respuesta a cargas dinámicas es función de las frecuencias naturales y modos normales, por lo que se espera que la respuesta dinámica de una estructura sea también función de las condiciones de frontera.
- De los tres casos analizados, la frecuencia fundamental para el caso de cuatro bordes simplemente apoyados, fue aproximadamente 10% menor que la del caso de un borde empotrado y tres bordes simplemente apoyados y 21% menor que el caso de dos bordes empotrados y dos bordes simplemente apoyados para la placa anisotrópica y para la placa isotrópica la frecuencia fundamental para el caso de cuatro bordes simplemente apoyados, fue aproximadamente 17% menor que la del caso de un borde empotrado y tres bordes simplemente apoyados y aproximadamente 32% menor que el caso de dos bordes empotrados y dos bordes simplemente apoyados, esto es así ya que ésta es la configuración más flexible de la estructura.
- El valor de frecuencia más alto se obtuvo en el caso de dos bordes empotrados y dos simplemente apoyados, esto es

razonable, ya que ésta es la configuración más rígida de la estructura, resultados estos que concuerdan con lo esperado.

- El efecto de la condición de frontera fue también investigado. Con respecto a la condición de frontera que produjo mayor razón de desplazamiento fue la de cuatro bordes simplemente apoyados ya que esta es la configuración más flexible de las estructuras analizadas.
- Se usaron dos tipos de cargas impulsivas, modeladas mediante pulsos de forma senoidal y escalón, se puede indicar que cuando el pulso escalón fue usado como la función forzada, la razón de amplitud más grande de vibración fue obtenida.
- En este punto se puede señalar que son pocos los trabajos desarrollados en el análisis forzado para placas anisotrópicas e isotrópicas. Como futuros trabajos en esta dirección se podrían considerar investigaciones que consideren:

- [a] Los efectos de la deformación transversal cortante.
- [b] La respuesta dinámica para otros casos de condiciones de fronteras.
- [c] Análisis de vibración forzada de otras formas geométricas de placas.

Bibliografía

- [1] L. Euler "De Motu Vibratorio Tympanorum", Novi Comentarum Acad. Petropolit, Volum. 10, pág. 243-260, 1766.
- [2] G. Kirchhoff. "Vorlesungen Über Mathematische physik", Volume 1. B. O. Teubner, 1986.
- [3] M. Levy. "Sur L'équilibre Elastique D'une Plaque Rectangulaire". Compt. rend. 129, pages 535-539, 1899.
- [4] S.G. Lekhnitskii, "Anisotropic Plates", translated from the second Russian Edition by S.W. Tsai and T. Cheron (Gordon and Breach, New York 1968), p. 295.

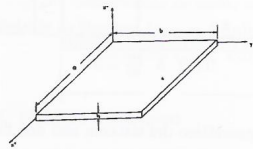


Figura 1: Sistema de coordenadas de la placa.



Figura 3: Forma de los modos para el caso 1, correspondiente a la Ω_{11} .



Figura 4: Forma de los modos para el caso 1, correspondiente a la Ω_{22} .

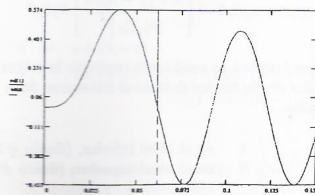


Figura 5: Respuesta Dinámica para el pulso senoidal para $t_1/t_c = 2$, caso 1.

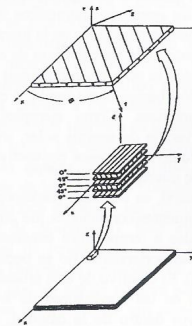


Figura 2: Geometría y sistema de referencia para una placa laminada.

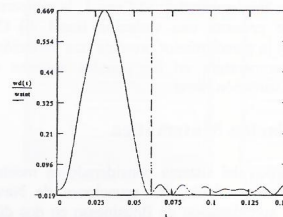


Figura 6: Respuesta Dinámica para el pulso escalón para $t_1/t_c = 2$, caso 1.

- [5] E. Reissner and Y. Stavsky, "Bending and Stretching of Certain Types and Heterogeneous Aeolotropic Elastic Plates", J. Applied mech. 28, 402-408 (1961).
- [6] S. B. Dong, K. S. Pister y R. L. Taylor, "On the Theory of Laminated Anisotropic Shells and Plates", J. Aerospace Sci. 29, 969-975 (1962).
- [7] Y. Stavsky, "Bending and Stretching of Laminated Aeolotropic Plates", J. eng. mech. div. (american society of civil Engineers); 97, 31-35 (1961).
- [8] J. E. Ashton y J. M. Whitney. "Theory of Laminated Plates", Technomic Publishing Company, Inc. Stamford, Conn., 1970.
- [9] Mierovitch, L., "Analytical Methods in Vibrations", MacMillian, London 1967.
- [10] Warburton, G. B., "The Dynamical Behaviour of Structures", Pergamon Press, Oxford, 1964.
- [11] Yu, Y.Y., "Forced Flexural Vibrations of Sandwich Plates in Plane Strain", Journal of Applied Mechanics, Vol.27, May, 1960, pp.535-540.
- [12] Sun, C. T. y Whitney, J. M., "Forced Vibrations of Laminated Composite Plates in Cylindrical Bending", Journal of the Acoustical Society of America, Vol 55 May 1974, pp.1003-1008.
- [13] A. L. Dobyns, "Analysis of Simply-Supported Orthotropic Plates Subject to Static and Dynamic Loads", AIAA Journal, vol. 19, No. 5, (Mayo 1981), p. 642-650.
- [14] B. O. Vargas, "Análisis del Efecto de las Condiciones de Frontera en la Respuesta Dinámica de Placas Anisotrópicas", Tesis de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, 1994.
- [15] Plazaola C. R. "Effects of Blast Loads on Laminated Composite Material Circular Cyndrical Shells", Master of Mechanical Engineering Thesis, University of Delawarwe, 1991.

Simulación numérica de los procesos convectivos en un sistema con dos fluidos de diferentes propiedades: Efectos de las condiciones de frontera. (Reporte Preliminar)

Angel M. BETHANCOURT L. Institute of Computational Fluid Dynamics, Japón

Los procesos que ocurren en una cavidad de dos dimensiones, llena con dos fluidos, son estudiados a través de un modelo numérico. Los efectos de la tensión superficial y de las fuerzas gravitacionales son incorporados en la discretización del problema. En adición, la interface entre los fluidos es permitida que se deforme, y su posición es obtenida como parte de la solución del problema. En este artículo, la atención es dirigida al estudio de los efectos de las condiciones de frontera en la evolución de las distribuciones de velocidad y temperatura dentro de la cavidad.

Palabras Claves: Convección, Termo-capilaridad, Interfaces deformable, Sistema de dos fluidos.

1. Introducción

La mayoría de los estudios relacionados con un sistema con dos fluidos asumen que la interface no sufre deformación alguna. En tal sistema, las ecuaciones de los balances de calor y fuerza en la interface son simples ya que la presión en ambos lados de la interface es asumida igual y los efectos de la curvatura de la interface no son tomados en cuenta. Recientemente ^{[1],[2],[3]}, un modelo numérico que permite la deformación de la interface fue implementado. Una extensiva evaluación del modelo fue llevada a cabo, en el cual los resultados numéricos fueron comparados con similares experimentos reportados en la literatura ^{[4],[5],[6]}.

El entendimiento de la transferencia de calor y masa en un sistema de dos fluidos es de gran importancia desde el punto de vista de investigación básica como también en un gran número de aplicaciones prácticas. Como ejemplos, podemos citar, sistemas de conservación de energía solar, en la producción de cristales y en el estudio de procesos convectivos en un ambiente bajo la condición de microgravedad ^{[7],[8],[9]}.

Por lo general, en los antes mencionados artículos, una cavidad con las siguientes condiciones fue considerada: paredes verticales mantenidas a temperatura constante mientras que a través de las paredes horizontales no se permitió flujo de calor (caso de referencia). El objetivo de este artículo es el de estudiar como los cambios en las condiciones de frontera afectan los procesos convectivos dentro de la cavidad. Comparaciones se llevarán a cabo con respecto al caso de referencia. En este artículo, tres (3) casos adicionales son considerados, en los cuales las siguientes modificaciones (con respecto al caso de referencia) son implementadas: a) Caso 1, la temperatura en la pared superior presenta una variación lineal, b) Caso 2, la temperatura en la pared inferior presenta una variación lineal, c) Caso 3, la temperatura en las paredes superior e inferior presentan una variación lineal.

2. Formulación Matemática

Un esquemático del sistema considerado es mostrado en la figura 1. En este artículo, las ecuaciones de Navier-Stokes incluyendo la aproximación de Boussinesq en dos dimensiones son resueltas.

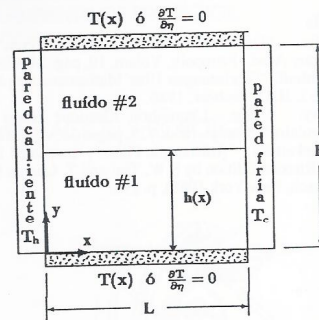


Fig. 1 Esquemático del sistema con dos fluidos

En adición, el flujo es asumido como incompresible.

$$D = \partial_i u_i = 0 \quad (1)$$

$$\partial_r u_i + u_j \partial_j u_i = - \left[\lambda + \frac{1-\lambda}{Pr} \right] \partial_i p \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & + \left[\frac{\lambda + (1-\lambda)\nu_r}{Gr_1} \right] \partial_j \partial_j u_i + [\lambda + (1-\lambda)\beta_r] \theta \delta_{i2} \\ \partial_r \theta + u_j \partial_j \theta & = \left[\frac{\lambda + (1-\lambda)\alpha_r}{Pr_1 Gr_1^{\frac{1}{2}}} \right] \partial_j \partial_j \theta \quad (3) \end{aligned}$$

El parámetro λ es usado para controlar la asignación de las propiedades de los fluidos durante el transcurso de la computación.

$$\lambda = \begin{cases} 1 & \text{en el nivel inferior, (fluido \#1)} \\ 0 & \text{en el nivel superior, (fluido \#2)} \end{cases}$$

Durante la normalización de las ecuaciones, las escalas de referencia utilizadas son: L para la distancia, $(\nu\alpha)_1^{1/2}/L$ $(GrPr)_1^{1/2}$ para la velocidad y $\rho_1 u_{ref}^2$ para la presión. Los subíndices 1 y 2 indican las condiciones en el nivel inferior y superior. En las ecuaciones, $\rho_r = \rho_2/\rho_1$, $\nu_r = \nu_2/\nu_1$, $\alpha_r = \alpha_2/\alpha_1$, $\beta_r = \beta_2/\beta_1$, $\mu_r = \mu_2/\mu_1$. La temperatura θ es normalizada usando $\theta = (T - (T_h + T_c)/2) / (T_h - T_c)$. Como las propiedades del fluido #1 son usadas como los valores de referencia, los parámetros relevantes en las ecuaciones son el número de Grashof $Gr_1 = (g\beta_1 L^3 (T_h - T_c)) / \nu_1^2$ y el número de Prandtl $Pr_1 = \nu_1 / \alpha_1$.

El sistema está compuesto de dos fluidos que ocupan la misma cantidad de volumen. Inicialmente, la interface es plana; los campos de velocidad ($u = v = 0$) y temperatura ($\theta = 0$) son constantes. De repente, cuando $t = 0$, el valor de la temperatura en las paredes de la cavidad son cambiadas. Las condiciones generales en las paredes son:

$$\begin{aligned} x=0; & \quad \theta = 0.5, & \quad u = v = 0 \\ x=L; & \quad \theta = -0.5, & \quad u = v = 0 \\ y=0; & \quad \frac{\partial \theta}{\partial y} = 0 \text{ (Casos Ref. y 1),} & \quad u = v = 0 \\ & \quad \theta = \theta_h + \frac{\sigma}{L}(\theta_c - \theta_h) \text{ (Casos 2 y 3)} \\ y=H; & \quad \frac{\partial \theta}{\partial y} = 0 \text{ (Casos Ref. y 2),} & \quad u = v = 0 \\ & \quad \theta = \theta_h + \frac{\sigma}{L}(\theta_c - \theta_h) \text{ (Casos 1 y 3)} \end{aligned}$$

En la interface, un balance completo de las ecuaciones de conservación de masa, fuerza y calor es llevado a cabo, y las ecuaciones que resultan son:

$$\text{Conservación de masa: } u_1 n_i = u_2 n_i = 0 \quad (4)$$

$$\text{Balance de Fuerzas: } (p_1 - p_2 + \sigma \kappa) n_i = (\tau_{ik}^1 - \tau_{ik}^2) n_k + \partial_i \sigma \quad (5)$$

$$\text{Balance de Calor: } k_1 \partial_i T_1 = k_2 \partial_i T_2 \quad (6)$$

2.1 Modelo numérico

El procedimiento para resolver el sistema de ecuaciones es basado en el algoritmo PISO^[10]. Derivadas espaciales son discretizadas utilizando el método de diferencias finitas centrales de segundo orden, con la exclusión de los términos convectivos en los cuales una discretización de tercer orden^[11] es efectuada.

El método de Euler es utilizado para llevar a cabo la integración en el tiempo. En el presente artículo, una red de 65x65 nodos es utilizada en todas las simulaciones. La convergencia es declarada cuando el residuo de las ecuaciones básicas es menor que 10^{-3} . Con el fin de obtener una mayor resolución cerca de las paredes y en la interface, un sistema generalizado de coordenadas es utilizado para producir una mayor concentración de nodos en estas áreas. En estas simulaciones, la siguiente expresión algebraica es usada^[12]:

$$\eta = \zeta + (1 - \zeta) \cdot \frac{\ln\left\{\left[\phi + \frac{(2\zeta+1)\eta}{H} - 2\zeta\right] / \left[\phi - \frac{(2\zeta+1)\eta}{H} + 2\zeta\right]\right\}}{\ln\left\{\left[\phi + 1\right] / \left[\phi - 1\right]\right\}} \quad (7)$$

ϕ es el parámetro que controla el grado de concentración de los nodos y ζ especifica donde la concentración está

localizada. Debido a que la posición de la interface cambia con el tiempo, una recalculación del sistema de coordenadas es llevada a cabo a medida que el proceso avanza con el tiempo.

3. Resultados

En este estudio, un sistema compuesto de H_2O en la parte inferior y $C_{16}H_{34}$ en la parte superior es utilizado. Es la misma combinación usada en estudios previos^{[10,4],[5]}. Los valores de las propiedades son: $Pr_1 = 5$, $Gr_1 = 5.26 \times 10^6$, $Ma = 2.9 \times 10^2$, $Ca = 5.4 \times 10^4$, $\rho_r = 0.7731$, $\beta_r = 2.7627$, $\alpha_r = 0.5701$, $k_r = 0.1734$, $\mu_r = 3.4636$. (Nota: ρ densidad, β coeficiente de expansión volumétrica, α coeficiente de difusividad térmica, k coeficiente de conductividad térmica, μ viscosidad dinámica).

Los resultados del caso de referencia son mostrados en las figuras 2 y 3. Como puede ser visto, una gran porción de la masas en ambos niveles está rotando en la dirección del reloj. Para reforzar el balance mecánico entre estas dos contracorrientes, pequeñas células rotando en la dirección contraria al reloj aparecen en la vecindad de la interface. Bajo las presentes condiciones, ellas aparecen en la parte superior de la interface aun cuando el efecto de la gravedad es mayor en la parte superior ($\beta_r > 1$). Esto es atribuido a los efectos de la tensión superficial, la cual produce un flujo a lo largo de la interface (de la pared caliente hacia la pared fría). Como los gradientes de velocidad a lo largo de la interface son mayores en la vecindad de las paredes, el flujo de calor es incrementado en estas áreas. En el parte central de cada fluido, las líneas de temperatura constante son básicamente horizontales y la distribución en forma de S alrededor de la interface indica que el calor es transportado del nivel inferior al nivel superior. Como consecuencia, en la pared caliente/ fría, los valores de Nu son menores/ mayores en el nivel superior cuando son comparados con el nivel inferior (como lo muestra la figura 3). También, debido a los efectos de la tensión superficial, los valores máximos aparecen en la región cercana a la interface.

En todos los casos, un comportamiento oscilatorio es observado dentro de la cavidad. Una área de marcados gradientes en los esfuerzos cortantes es introducida a lo largo de la interface debido a los efectos de la tensión superficial (número de Marangoni). Este efecto en conjunto con los gradientes de temperatura crean un área de generación de vórtices. Durante el transcurso de las simulaciones, se puede observar que un par de vórtices son periodicamente liberados de un área de la interface que coincide con el lugar en el cual el pequeño vórtice (pero de gran intensidad) rotando en el sentido contrario al reloj interactúa con el flujo del fluido #2 que está rotando en sentido del reloj.

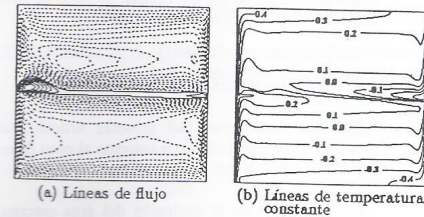


Fig. 2 Caso de referencia: $|\psi_1|_{max} = 0.0173$, $|\psi_2|_{max} = 0.0155$

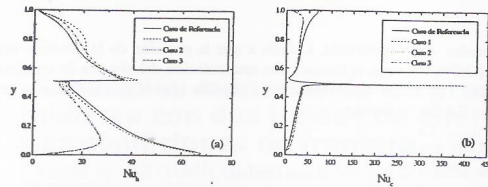


Fig. 3 Distribución del coeficiente de transferencia de calor a lo largo de la pared: (a) caliente, (b) fría

Basados en los resultados del caso de referencia, los efectos de los cambios en las condiciones de frontera serán investigados. Los efectos en los procesos de transferencia de masa y calor son mostrados en las figuras 3 y 4. Las líneas de flujo y de temperatura constante son mostradas en la figura 4 para todos los casos. Es observado que las características generales de flujo y calor son similares a las antes descritas (caso de referencia), con la exclusión del área cercana a las paredes horizontales, en las cuales gradientes de temperatura aparecen indicando que el calor es transmitido a través de las paredes. En los casos 1 y 3, las líneas de flujo muestran una mayor interacción a lo largo de la interface. Como veremos más adelante, esto es atribuido a los cambios en el campo de velocidad que ocasiona el cambio de frontera en la pared superior. Tal efecto no es observado en el caso 2, un indicativo que bajo las condiciones del presente sistema, el calor que es transmitido hacia la cavidad no ha alcanzado un grado límite como para promover una situación inestable en el sistema (por ejemplo, el fenómeno de Bernard).

La figura 5 muestra los vectores de velocidad del caso de referencia y del caso 1 (comportamiento similar es observado en el caso 3). Como puede ser observado, la magnitud de las oscilaciones del campo de velocidad son intensificadas. Cuando el número de Rayleigh es lo suficientemente grande, se puede observar que un vórtice es periódicamente generado en la pared superior (cerca de la esquina con la pared fría); una vez que es liberado, inicia su recorrida a lo largo de la parte superior de la pared fría y de la interface. El origen de la generación de este vórtice es atribuido a cierta inestabilidad producida por los gradientes de densidad que se originan en esta región debido a la condición de frontera impuesta.

La deformación de la interface es mostrada en la figura 6. Como puede apreciarse, bajo las condiciones del presente experimento numérico, la deformación de la interface es mínima, alcanzando un máximo de aproximadamente 2% con respecto a la altura inicial.

Finalmente, la figura 7 muestra la evolución en el tiempo del número de Nusselt (un valor negativo indica un pérdida de calor del sistema). Claramente se puede observar que existe un positivo/negativo flujo de calor a través de la pared inferior/superior de acuerdo a la condición de frontera que se imponga. Sin embargo, los niveles de flujo de calor dentro del sistema son del mismo orden de magnitud.

4. Conclusiones

Bajo las condiciones del presente artículo, cuando comparaciones son efectuados con respecto al caso de referencia, las siguientes conclusiones son obtenidas:

- **Caso 1.** Con la exclusión del área cercana a la pared superior, el campo de temperatura es básicamente el mismo. Sin embargo, hay una pérdida de calor a través de la pared superior. Cuando el número de Rayleigh es lo

suficientemente grande, las oscilaciones del campo de velocidad son intensificadas y un vórtice es generado periódicamente en la pared superior cerca de la esquina con la pared fría.

- **Caso 2.** En este caso, el flujo de calor es positivo, causando una disminución en el coeficiente de transferencia de calor en la pared caliente. Las oscilaciones en ambos fluidos son comparables a las del caso de referencia. El antes mencionado fenómeno de generación de vórtices no es observado. Este fenómeno no ocurre en el fluido inferior.

- **Caso 3.** Los niveles de coeficiente de transferencia de calor son similares a los del caso 2. Los antes mencionados efectos de los casos 1 y 2 son observados.

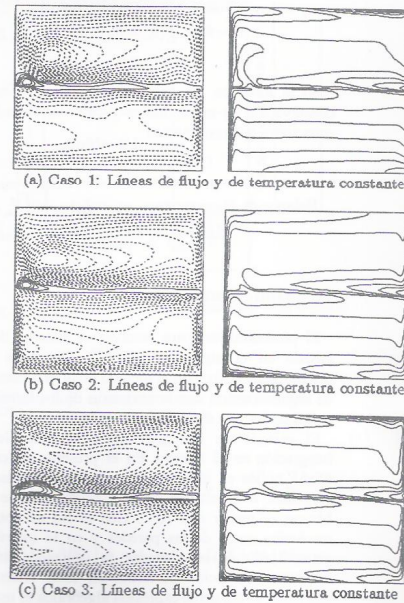
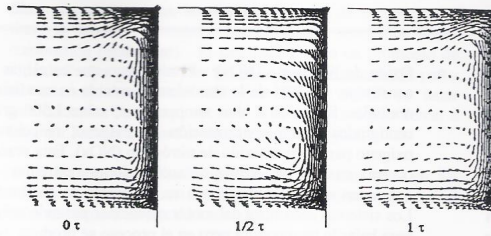
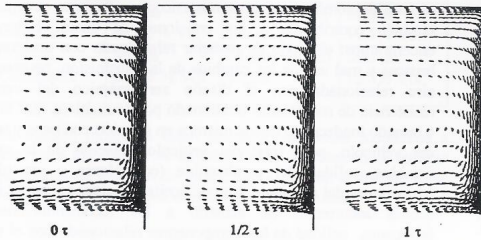


Fig. 4 (a) caso 1: $|\psi_1|_{\max} = 0.0182$, $|\psi_2|_{\max} = 0.0399$, (b) caso 2: $|\psi_1|_{\max} = 0.0236$, $|\psi_2|_{\max} = 0.0304$, (c) caso 3: $|\psi_1|_{\max} = 0.0234$, $|\psi_2|_{\max} = 0.0279$



(a) Campo de velocidad del caso 1: Pared superior con distribución de temperatura lineal.



(b) Campo de velocidad del caso de referencia: Pared superior bajo la condición de no flujo de calor.

Fig. 5 Comparación de los vectores de velocidad entre el caso de referencia y el caso 1

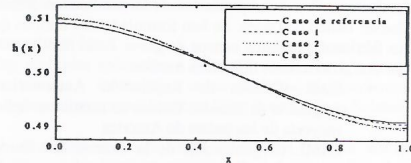


Fig. 6 Deformación de la interface

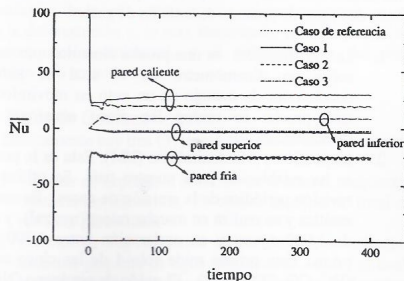


Fig. 7 La evolución con el tiempo del coeficiente de transferencia de calor

Referencias

- [1] Bethancourt, A., Hashiguchi, M., Kuwahara, K. and Hyun, J.M., "Natural Convection of a Two-layered Fluid in a Side-heated Cavity", *International Journal Heat and Mass Transfer* to be published.
- [2] Bethancourt, A., Hashiguchi, M., Kuwahara, K. And Hyun, J.M. (1998), "Convection in a Vertically Heated Cavity Filled with Two Stratified Fluids Layers", *AIAA 36th Aerospace Sciences Meeting & Exhibit*, Reno, Nevada (Also AIAA paper 98-0444)
- [3] Bethancourt, A., Hashiguchi, M., Kuwahara, K. and Hyun, J.M. (1997) "Convection in a Vertically Heated Cavity Filled with Two Stratified Fluids Layers", *Proceedings of the 2nd International Symposium on Heat and Mass Transfer*, Kyoto, Japan, pp. 7.
- [4] Ramachandran, N., (1993), "Thermal Bouyancy and Marangoni Convection in a Two Fluid Layered System", *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, 7, No. 2, pp. 352
- [5] Sparrow, E. M., Azevedo, L. F. A., and Prata, A. T. (1986), "Two-Fluid and Single Fluid Natural Convection Heat Transfer in an Enclosure", *ASME Journal of Heat Transfer*, 108, pp. 848.
- [6] Kimura, T., Heya, N., Takeuchi, M. and Isomi, H., (1986) "Natural Convection Heat Transfer Phenomena in an Enclosure Filled with Two Stratify Fluids", *JSME (B)*, 52, pp. 617.
- [7] Ostrach, S., (1982), "Low-Gravity Fluid Flows", *Ann. Rev. Fluid Mech.*, 14, pp. 313.
- [8] Langlois, W. E., (1985), "Bouyancy-Driven Flows in Crystal-Growth Melts", *Ann. Rev. Fluid Mech.*, 17, pp. 191.
- [9] Schwabe, D., (1986), "Surfa-Tension-Driven Flow in Crystal Growth Metals", *Crystal*, 11, pp. 848.
- [10] Issa, R. I., (1985) "Solution of the Implicitly Discretised Fluid Flow Equations by Operator-Splitting", *J. Compt. Phys.*, 62, pp. 40.
- [11] Kuwamura, T., and Kuwahara, K., (1984), "Computation of high Reynolds number flows around a circular cylinder with surface roughness", *AIAA paper* 84-0340.
- [12] Hoffmann, K. A., (1989) *Computational Fluid Dynamics for Engineers*, Engineering Education System, Austin, Texas.

Control de emisión de gases

Centro de Servicio de Ricardo Pérez, S.A.

A las puertas de iniciar un nuevo milenio y entrar en el tan esperado y al mismo tiempo temido siglo XXI, debemos hacer un balance sobre el desarrollo logrado en los últimos decenios. Si este balance lo enfocamos únicamente hacia los logros en el campo tecnológico, podemos decir que ha sido un avance formidable comparado con los logrados al inicio del siglo que termina. Pero si el balance lo realizamos desde el punto de vista de conservación de recursos, ecología y protección ambiental, debemos de aceptar que el resultado es ampliamente negativo.

El propósito de este artículo es el de dar una breve y simple explicación de uno de los aspectos contemplados en la ley de protección ambiental. A su vez es ilustrar como un segmento industrial; muy asociado a la tecnología; le hace frente al desequilibrio ecológico que ocasionan sus productos. El segmento que desarrollaremos de forma simple es el tema de la emisión y gases y los procesos puestos en marcha por la industria automotriz para su control.

Antes de poder exponer las medidas correctivas necesitamos explicar que son las emisiones de gases. Lo que se conoce como emisión de gases es el conjunto de gases contaminantes que se encuentran en el ambiente producidos por los motores de combustión interna.

En la emisión de gases participan tres elementos fundamentales, que a su vez partes del proceso de combustión interna en los motores de gasolina. Estos elementos son: combustible, oxígeno y calor. En teoría podría existir una combustión perfecta con una relación de aire a combustible de 14.7 Kg a un 1Kg. de combustible. Aun logrando esta relación se produciría cierto nivel de emisión aunque casi insignificante.

Debemos de aclarar en este punto; aunque no es el tema principal de este artículo; que los diseñadores de motores y los fabricantes de los mismos están en vías de desarrollar alternativas al actual motor de combustión interna. De producirse este logro estaríamos en vías de eliminar gran parte de la contaminación ambiental. Pero ese es otro tema diferente al que estamos tratando.

Como en la realidad no es posible lograr una combustión ideal, debemos de indicar que lo que normalmente tenemos es una combustión incompleta con sus respectivos subproductos o emisiones. Estas emisiones se incrementan debido a una falta de inspección y un mantenimiento adecuado. Los principales subproductos o emisiones de la combustión son:

- **Monóxido de carbono (CO):** Este gas es producido por una combustión incompleta debido a un insuficiente suministro de oxígeno en la cámara de combustión. En palabras mas simples es combustible parcialmente quemado el cual esta asociado a un olor muy particular.
- **Hidrocarburo (HC):** Este se da por una mezcla deficiente entre el combustible y oxígeno. La deficiencia puede ser producida por una mezcla muy rica o muy pobre entre estos dos elementos. Hay otros factores que contribuyen a esta emisión, como lo son: aceite en la cámara de combustión, falla en el encendido, traslape valvular, sobrecarga del vehículo, temperatura del motor y altura del sitio en donde se da la combustión. En términos populares esto es lo que se conoce como "no está quemando bien la gasolina".

- **Oxido de Nitrógeno (NOx):** El nitrógeno que es el gas que constituye el 79% de la atmósfera es estable en condiciones normales. Sometido a altas temperaturas; sobre 1,500 grados centígrados y alta concentración de oxígeno; reacciona al oxígeno para formar oxido de nitrógeno (NOx). Esta reacción ocurre cuando se realizan aceleraciones extremas que ocasionan una alta temperatura en la cámara de combustión. Los sistemas de control del motor reaccionan pasando oxígeno para bajar la temperatura pero en el proceso se produce oxido de nitrógeno.

Además de los factores mencionados; todos localizados en la cámara de combustión; podemos encontrar factores externos que también contribuyen a las emisiones de gases. Entre ellas encontramos: el modo de manejar relacionado con aceleraciones bruscas y mal uso de los cambios de la transmisión, resistencia al aire relacionada con el diseño aerodinámico del vehículo, resistencia de rodamiento ocasionado por neumáticos mal inflados o tamaño inadecuado de los mismos en relación con peso y tamaño del vehículo, peso total del vehículo, relación de la caja de cambios, calidad del combustible (con plomo o sin plomo), temperatura del ambiente, tipo de aceite relacionado con el uso de aceites incorrectos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, calidad de los componentes relacionado con el uso de piezas no genuinas o alternativas cuyos materiales no cumplen con los controles de calidad del fabricante.

Para poder medir las emisiones de gases y de paso regular o controlar las causas que la ocasionan, se han diseñado equipos especiales a estos propósitos. Estos equipos, necesarios para tomar las lecturas de los subproductos de la combustión (emisiones), se llaman Banco de Gases. Se han formulado dos normas que rigen a los fabricantes de estos bancos de gases. Estas normas son dictadas por dos asociaciones diferentes a saber:

- **BAR (Oficina de Reparación Automotrices):** Es originaria de Estados Unidos su norma es aplicada en la mayoría de los países de América
- **OIML (Organización de la Comunidad Europea):** Es originaria de Europa y su norma es el ente regulador en el Continente Europeo.

Los bancos de gases han tenido un gran desarrollo a través de los años, desde poder medir solamente una emisión (CO), hasta poder medir cinco emisiones (HC, CO, CO₂, O₂, NOx). A su vez existen dos tipos de pruebas de emisión de gases:

1. **La Certificación:** es una prueba dinámica que se realiza sobre un dinamómetro en el cual se simula las condiciones de manejo de un auto en movimiento. Con esta prueba se miden las cinco emisiones antes mencionadas.
2. **Inspección y Mantenimiento (I/M):** Esta es la prueba que se ha establecido para nuestro país. Se utiliza para la revisión periódica de la emisión de gases. Es una prueba estática y se realiza en marcha ralenti (neutral) y a menos de 1,000 r.p.m. y en aceleración entre 2,300 y 2,700 r.p.m.. Esta prueba mide solo 4 de las cinco emisiones (HC, CO, CO₂ y O₂). El oxido de nitrógeno (NOx) sólo puede medirse en pruebas dinámicas por lo tanto no es posible medirlo con esta prueba.

Otro de los elementos que se encuentra presente en el tema que tocamos es el catalizador. En términos sencillos es un filtro que se encuentra acoplado al sistema de escape y que tiene la función de retener los elementos residuales de la combustión (emisiones). El catalizador tiene un promedio de vida de 2 años y debe de ser revisado periódicamente. A partir de este año todos los vehículos nuevos deben de tener catalizadores. Un ejemplo de éste es el nuevo modelo Tercel o los Four Runner con motor de gasolina de Toyota.

Las normas utilizadas para medir las emisiones en los motores de gasolina son las siguientes de acuerdo a que si el vehículo tiene o no instalado un catalizador.

TIPO	CO	HC	CO2
Sin Catalizador	Menos de 4.5% Vol.	Menos de 600 p.p.m.	Más de 10.5% Vol.
Con Catalizador	Menos de 0.5% Vol.	Menos de 125 p.p.m.	Más de 12.5% Vol.

En nuestro medio se están iniciando campañas tendientes a motivar a los dueños de automóviles a que acudan a realizar revisiones de emisión de gases. Si Ud. acude a uno de estas revisiones esto es lo que ocurrirá durante la misma:

1. Revisarán el sistema de escape del vehículo, el mismo no deberá presentar ruptura y si presenta alguna no se podrá realizar la medición.
2. Comprobarán que el vehículo esté equipado con un catalizador, el cual no debe presentar ni roturas ni abolladuras, si presenta alguna de estas anomalías no se podrá realizar la medición.
3. Revisarán que el motor esté a su temperatura de funcionamiento.
4. Introducirán una sonda de por lo menos 30 cm en el tubo de escape.
5. Realizarán la medición de las emisiones de acuerdo a los siguientes parámetros:
 - Medición de los valores en marcha mínima a menos de 1,000 r.p.m.
 - Aceleración del motor entre 2,200 y 2,700 r.p.m. y lectura de emisiones respectivas.

Luego de esto le suministrarán la medición registrada de cada uno de los gases (emisiones) y le indicaran las acciones correctivas según el caso. Y es precisamente en este punto en el cual necesitamos hacer un énfasis extremo. Cualquier medida que adopten los fabricantes o cualquier medición que impongan las autoridades no surtirá un efecto positivo a menos que los dueños de los vehículos pongan en práctica las medidas correctivas y la práctica de mantenimientos adecuados y oportunos. Solo de esa manera podemos entrar con seguridad en el tan esperado siglo XXI.

Metodología para la Construcción de Estufas Solares

Por: Ing. Gloria Cedeño, Coord. De la Carrera de Ing. Mecánica, F. I. M., UTP

1. Introducción

Hay múltiples aplicaciones que se le puede dar a la energía solar; térmica y fotovoltaica en nuestro caso desarrollaremos una de las aplicaciones Térmicas; "Estufas o Cocinas Solares".

El uso doméstico de esta tecnología genera ahorros energéticos (disminuye el consumo de leña o gas licuado de petróleo); la inversión es recuperada a corto plazo, además asegura un mayor valor nutritivo de los alimentos preparados.

Por otra parte, la Energía Solar como fuente de energía sustitutiva de la leña representa un aporte importante en contra de la deforestación y, lo más importante, contribuye a evitar la contaminación ambiental, y el calentamiento del planeta, debido a su emisión nula.

2. Tipos de Cocinas Solares

Básicamente hay tres (3) tipos clásicos de cocinas solares:

- (a) *Cocinas de Enfoque o Directa*: en la cual el recipiente que contiene los alimentos. Se coloca en el punto focal de un reflector parabólico.
- (b) *Cocinas de Vapor*: donde un colector plano calienta una cantidad pequeña de agua produciendo vapor, el cual por su baja densidad sube hacia el recipiente con alimentos. El vapor transfiere el calor a los alimentos, se condensa y vuelve al colector evaporándose otra vez provocando un ciclo continuo.

- (c) *Cocinas tipo Caja y Horno*: que es una cámara aislada con una ventanilla a un lado a través de la cual penetra la radiación solar utilizando reflectores planos. De las tres considero que es la más práctica por lo que tomé ésta para describir los pasos constructivos.

3. Principio Tecnológico para su construcción

La construcción de este tipo de cocina, tiene un principio tecnológico muy simple: dentro de una caja de madera, se coloca una lámina de acero galvanizado (por lo general calibre 24) pintada en la parte superior de negro mate. Para pintarla se sugiere el uso de pintura "spray" por ser de secado más rápido y porque resiste una temperatura del orden de 200°C. La radiación solar es absorbida por la lámina negra y transforma la energía solar en térmica para la cocción de los alimentos.

4. Lista de Materiales y Partes

Lámina absorbidora

- | Nº | Descripción del material o parte |
|-----|---|
| 1. | Lámina acero galvanizado liso, calibre 24, 70 x 35cm. |
| 12. | Una lata de pintura spray negro mate. |

Caja Exterior

- | Nº | Descripción del material o parte |
|----|---|
| 2. | Plywood grueso de 0.9 cm, 80.5 x 45.5cm |
| 3. | Tabla de laurel de 1.9 cm de grueso, 76.5 x 20.5 cm |

4. Tabla de laurel de 1.9 cm de grueso, 45.5 x 20.5 cm
5. Tabla de laurel de 1.9 cm de grueso, 76.5 x 20.5 cm
6. Tabla de laurel de 1.9 cm de grueso, 70.5 x 12 cm
7. Tabla de laurel de 1.9 cm de grueso, 70.5 x 12 cm

Cobertores y Soportes

- | N° | Descripción del material o parte |
|-----|---|
| 8. | Vidrio transparente, 3 mm de espesor, 76 x 41 cm |
| 9. | Vidrio transparente, 3mm de espesor, 78.5 x 43.5 cm |
| 10. | Dos venillas de 39.1 cm de 1.2 x 1.2 cm de grueso |
| 11. | Dos venillas de 39.1 cm de 1.2 x 1.2 cm de grueso |
| 20. | Tubo grande de pegamento transparente de silicón. |

Aislante en el fondo 13, laterales 14-16 y en puerta 17

- | N° | Descripción del material o parte |
|---------|--|
| 13. | Lana de vidrio 70.5 x 38.5 x 5 cm para el fondo |
| 14. | Lana de vidrio 76.5 x 17 x 3 cm para el lateral |
| 15 y 16 | Lana de vidrio, dos de 35.5 x 17 x 3 cm para costados. |
| 17 | Lana de vidrio de 70.5 x 12 x 3 cm para la puerta. |
| 18. | 4 bloques de madera de 5 x 5 x 5 cm |
| 19. | Papel aluminio. |

Reflector Exterior

- | N° | Descripción del material o parte |
|-----|--|
| 21. | Plywood de 0.9 cm, 82 x 46.5 cm |
| 22. | Plywood de 0.9 cm, 84 x 3 cm |
| 23. | Plywood de 0.9 cm, 46.5 x 3 cm |
| 24. | Plywood de 0.9 cm, 46.5 x 3 cm con un hueco |
| 25. | Papel de aluminio tipo metálico, 82 x 46.5 cm |
| 26. | Regla de madera con diez huecos, 75 x 3 x 0.9 cm un cordón de 25 cm y un clavo "c" |
| 27. | Cuatro bisagras de 5 cm |

Otros

- | N° | Descripción del material o parte |
|-----|---|
| 28. | Dos picaportes de 5 cm |
| 29. | Dos agarradera de 7,5 cm |
| 30. | Tornillos, clavos, grapas, chinchas, vinagre de cocina y papel lijador. |
| 31. | Cuatro rodines (opcional) de 5 cm |
| 32. | Termómetro con base (opcional) de 20-200°C (50-300°F) |
| 33. | Ollas de aluminio con tapa de cierre hermético, una 15-20 cm y una altura de 6-10 cm. |

5. Pasos para la construcción

1. Pula con lija (30) una cara de la lámina metálica (1); que será expuesta al sol, luego quite el polvo y limpie con vinagre de cocina (30). Caliente la lámina al sol hasta 40-50°C. Ahora pinte el lado pulido con pintura negro mate (12), aplicando una película delgada. Después de 20 a 30 minutos, puede aplicar otra capa delgada de pintura. Lo recomendable es aplicar dos capas delgadas de pintura y no una sola capa gruesa.
2. Repita el proceso anterior con las ollas para cocinar (33), aplicando la pintura únicamente en la parte exterior de las ollas y sus tapas, que son las que estarán expuestas al sol. Así utilizamos la misma pintura (12) para lograr el máximo aprovechamiento de la radiación solar.
3. Construya la caja de madera utilizando la lámina de plywood grueso (2) como base y las cuatro piezas de laurel (3 al 6) formando las paredes. Coloque estas cuatro piezas encima de la lámina de plywood y no en el canto. La pieza 3 es la del costado trasero, las piezas 4 y 5 son los

laterales y la pieza 6 es para el frente. La madera puede ser pintada preferiblemente con un color claro, para asegurar una mayor duración de la caja.

4. Fije con tornillos los cuatro rodines (31) en la parte externa de la lámina de plywood que sirve de base a la caja (2).
5. Forre tres piezas de lana de vidrio (14, 15 y 16) con papel aluminio (19) y adhiéralas a las paredes laterales (3, 4 y 5) de la caja con grapas y chinchas (30).
6. Coloque la lana de vidrio (13) encima de la lámina de plywood (2), pero extrayendo de los puntos K, L, M y N, la lana de vidrio necesaria para clavar una pieza de madera (18) en cada punto del fondo de la caja (2). Ahora coloque la lámina metálica (1) encima de la lana de vidrio, con la cara pintada hacia arriba para que quede expuesta al sol.
7. Tome la pieza 7, que servirá de puerta, y coloque en su cara inferior una lana de vidrio (17) forrada con papel aluminio (19). Para adherirla, se pueden usar las grapas o los chinchas (30), como fue explicado en el paso N°5.
8. Use dos bisagras (27), para instalar la puerta (7) en el costado frontal de la caja (6) uniendo los puntos A y A' con B y B'.
9. Fije dos picaportes (28) a la puerta (7) ya instalada en el frente (6), uniendo los puntos C y C' con D y D'. Para facilitar su operación, se puede fijar una agarradera (29) a la puerta 7.
10. Clave horizontalmente las venillas (10 y 11) a una distancia de 2,3 cm. De la parte superior de las cuatro paredes de la caja (3, 4, 5 y 6).
11. Clave las reglas 23 y 24 en la partes izquierda y derecha de la lámina 21, respectivamente.
12. Clave la regla 22 en parte frontal de la lámina 21.
13. Use dos bisagras (27) para instalar la lámina 21 (reflector) con la lámina 3 de la caja.
14. Con el dedo o un cuchillo, aplique uniformemente un poco de pegamento de silicón (20) a la parte superior de las venillas (10 y 11), a lo largo del perímetro de la caja. Ahora, coloque el vidrio (8) encima de las venillas. Debe presionar suavemente el vidrio con el fin de adherirlo bien a las venillas.
15. Siguiendo el mismo proceso anterior, pegue otro vidrio (9) en la parte superior de la caja. Asegúrese de que el espacio entre la parte superior del vidrio (8) y la parte inferior del vidrio (9) sea de 2 a 2,5 cm.
16. Pegue el papel reflector (25) en la cara interna de la lámina 21, usando cualquier pegamento normal (por ejemplo, cola blanca) o grapas; no use el pegamento de silicón numero (20) por su alto costo. Fijese que el papel reflector este lo más liso posible.
17. Use un tornillo para fijar la regla 26, en el punto marcado 'X', con la lámina 5 de la caja de madera, uniendo así X y X'. Dicha regla sirve para variar el ángulo y fijar el reflector (21 con 25). El reflector se fija en el ángulo necesario pasando el clavo "C" al correspondiente de los nueve agujeros que tiene la regla, antes de meterlo en el agujero "H" de la lámina lateral (24) del reflector. Asegúrese de que el reflector pueda abrir hasta un ángulo máximo de 120 grados, con respecto a la superficie del vidrio.
18. De manera opcional, puede colocar el termómetro (32) encima de la lámina metálica (1) para conocer la temperatura que alcanza la placa dentro de la Cocina/Horno Solar.
19. Antes de poner a funcionar su Cocina/Horno Solar, debe exponerse al sol durante 2 o 3 días, teniendo la puerta entreabierta y sin alimentos. El propósito es dejar salir todos los vapores de la pintura, puesto que no son recomendables para la salud.
20. Para cocinar, coloque las ollas (33) con los alimentos por preparar encima de la lámina (1) y disfrute de los beneficios de la radiación solar.

Lo descrito anteriormente son pasos guías para la construcción de una cocina solar tipo caja; pero tanto los materiales así como el tamaño; pueden ser ajustados según el presupuesto.

6. Conclusión

- Como se observó las cocinas solares son de cómoda construcción y fácil de hacer, además podemos citar que el costo del mantenimiento es bajísimo casi nulo.
- Puede ser usada para cocer y/o hornear alimentos, para preparar bebidas calientes y para secar frutas.
- Nos permite mantener la comida caliente hasta por 3 horas.
- Los alimentos pierden menos vitaminas, ya que necesitan menos agua (aproximadamente 2/3 menos) para la cocción de alimentos.
- No requiere cuidados especiales; se cocina sin preocupación de abandonar la casa y/o de ocuparse totalmente de otros asuntos.

7. Referencias

1. Posibilidades de aprovechamiento de Energía Solar para cocinar en las Zonas de Desarrollo.; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Lawland I. 1979.
2. Energía Solar Térmica. Mundo, Marcombo, Editores. 1985.
3. Shyam S. Nandwani, 1^{er} Taller Centroamericano de Fotovoltaico Solar: Energía Solar. Algunas Aplicaciones Térmicas. Universidad Nacional – Heredia, Costa Rica. Octubre, 1998.

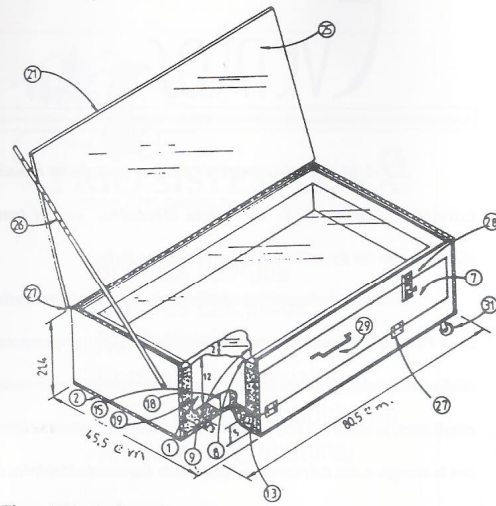


Figura N°1: Cocina Solar típica.



Ing. Myriam González Boutet

Felicita a la Facultad
de Ingeniería Mecánica
por la publicación del
segundo ejemplar de su
revista Tecnología-Hoy.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ
CENTRO REGIONAL DE COCLE

Horacio M. Apolayo: M.Sc
Ingeniero Civil

TELS: 997-9623
FAX: 997-9182

Penonomé prov. de Coclé
Calle, Guillermo Rosas
apt.67

SOLUCIONES

Soluciones por Computadora, S.A.
Tel. 269-86 88 Fax. 223- 7636

Sistema de Aire Acondicionado: ¿ Cómo funciona en el nuevo edificio? Ing. Marcelo CORONAÑO H., F.I.M., U.T.P.

El sistema de aire acondicionado de la nueva sede central de la Universidad Tecnológica de Panamá campus Dr. Víctor Levi Sasso, es del tipo que técnicamente se conoce como de expansión indirecta o comúnmente conocido como de agua fría.

En lo siguiente trataremos de hacer una descripción del sistema de aire acondicionado con miras a que todas las personas interesadas que forman parte de la Familia Tecnológica conozcan el funcionamiento y los principios de operación del sistema.

El sistema cuenta principalmente con una casa de maquinas la cual esta ubicada en la parte posterior del edificio, exactamente frente a la cafetería, allí se encuentra la unidad enfriadora de agua (UEA) o en ingles "chiller" y otros dispositivos necesarios para la operación del sistema. Antes de entrar en mas detalles de los dispositivos del sistema indicamos de la manera más sencilla posible como opera el equipo conocido como la unidad enfriadora de agua (UEA).

Funcionamiento del enfriador de agua.

La UEA opera mediante el ciclo de refrigeración a base de la compresión de un vapor, y lo que específicamente realiza es extraer calor de un espacio y rechazarlo posteriormente a otro espacio seleccionada. Para ello cuenta con 4 componentes básicos y un fluido conocido como refrigerante que circula entre ellos.

En el **evaporador** se absorbe el calor para nuestro caso, se absorbe el calor del agua y al hacer esto la misma baja su temperatura. Al desarrollar este proceso el fluido que circula (el refrigerante) se evapora y lo toma el **compresor** donde se le eleva la presión y la temperatura, para luego rechazar en el **Condensador** el calor absorbido a un medio seleccionado, en nuestro caso agua.

Al rechazar el calor el refrigerante se condensa y pasa al **dispositivo de control** donde se le baja la presión y la temperatura y esta listo para absorber calor nuevamente en el evaporador.

En la parte exterior de la casa de maquinas se encuentra un equipo que se le conoce con el nombre de **Torre de enfriamiento** el mismo es necesario ya que como hemos indicados anteriormente el calor que rechazamos en el enfriador lo rechazamos al agua (ciclo de Condensación).

Hablemos un poco del edificio en el se encuentran instalados básicamente 2 tipos de equipos que serán los encargados de extraer el calor de las áreas que deseamos acondicionar.

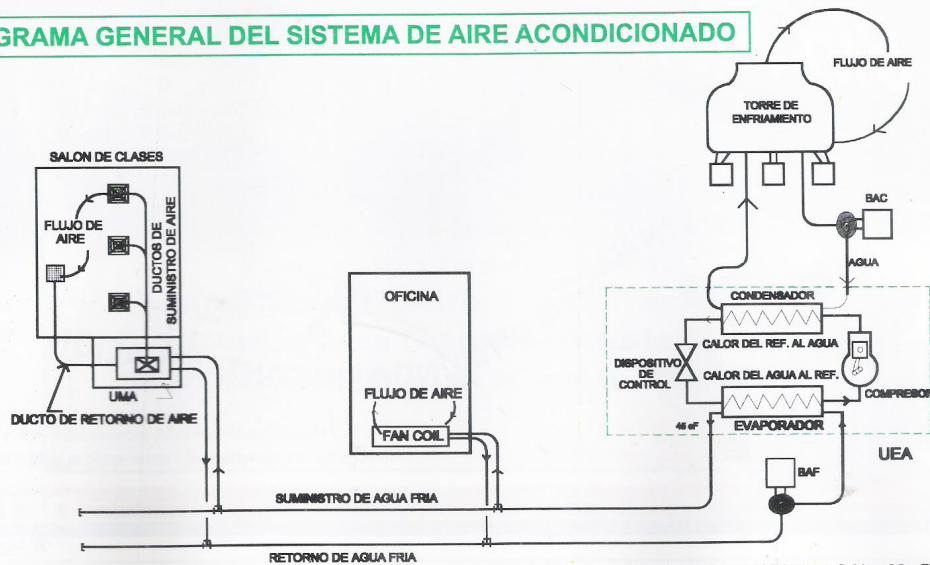
En el área administrativa se encuentran los "fan coil" uno en cada oficina a acondicionar. En el área de los salones se han instalados las denominadas unidades manejadoras de aire (UMA) donde desde allí y a través de ductos llevan aire a los salones mismo que extraerán el calor y lo llevarán a las UMA para que otro flujo (agua) lo absorba.

Ya nos hemos percatados que el sistema de aire acondicionado funciona con procesos meramente de intercambio de calor.

Si nos apoyamos en el siguiente esquema le indicaremos el funcionamiento general del sistema.

El agua fría (45 °F) la obtenemos de la UEA la llevamos por medio de tuberías y con la ayuda de la bomba de agua fría (BAF) al edificio, allí la hacemos pasar a través de las UMAs y los "fan coil" donde le sacaran el calor al aire del espacio que deseamos acondicionar. El agua que sale de las UMAs y los "fan coil" regresa al UEA para que se le extraiga el calor, como ya revisamos cuando describimos la operación de la UEA.

DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO



Por otro lado en el ciclo de condensación el calor que rechaza la UEA lo toma otro ciclo independiente de agua y lo lleva a la torre de enfriamiento, utilizando la bomba de agua de condensación BAC, donde el aire que allí circula se encarga de extraerle el calor y rechazarlo al ambiente exterior.

Es importante hacer notar que para que existan todos los procesos de intercambio deben existir los flujos ya sea de agua o de aire según sea el caso.

Por qué utilizar este tipo de sistema

En estos momentos nos estaremos preguntando ¿Por Qué utilizar un sistema con tantos dispositivos si existen otros más simples?


La respuesta es sencilla: Es cierto que este tipo de sistema requiere de mucho equipo y de una inversión inicial relativamente alta, pero cuando el mismo entre en operación el consumo de energía eléctrica será significativamente menor que si se hubiera instalado otro tipo de sistema.


En esta misma línea se recomienda que para sistema de capacidades mayores de 150 toneladas de refrigeración se utilice el sistema de expansión indirecta. (1.0 ton de ref = 12,000 Btu/hr).

Luego de la descripción general presentada esperamos haber aclarado las dudas encontradas en la familia tecnológica acerca del sistema de A/A de las nuevas instalaciones de la Universidad Tecnológica de Panamá.


INTERNATIONAL, S.A.


Representantes de
Fábricas:

 **York**
Heating and Air Conditioning

 **Marley**

STRONG LGL INTERNATIONAL
1800 N.W. 79th AVENUE • MIAMI, FLORIDA 33126 U.S.A.
Phone: (305) 470-9400 • Fax: (305) 470-2897

 **Bell & Gossett**

 **GREENHECK**
FOR HEAVY AND LIGHTER DUTY AIR HANDLING EQUIPMENT

Teléfonos
223-0898
223-0881
Telefax:
264-3194

E-mail: ysintern@sinfo.net
Edificio Balmoral Apto 2A
Via Argentina Final
Apartado 6-3737, El Dorado; Panamá

NOS COMPLACE HABER SUMINISTRADO LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL NUEVO EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ A TRAVÉS DE COPANAC, S.A.

MÁXIMA Sin Plomo

PONGAMOS EN MARCHA UN MUNDO SIN CONTAMINACION

Utilice la gasolina DELTA Máxima Sin Plomo y disfrute todo el poder de su automóvil, conservando el medio ambiente.

DELTA
TE SA MAS!

