

REVISTA

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

Año 2 No. 5 Vol. 2 Junio - Agosto 1.991



**PERSPECTIVAS DEL
EJERCICIO DE LA INGENIERIA
EN EL AÑO 2000**



**REVISTA
ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERIA**

Año 2 No. 5 Vol. 2
Junio- Agosto 1.991

Director

GERMAN RICARDO SANTOS GRANADOS

Consejo Editorial

CARLOTA LOPEZ ARANGO
RICARDO LOPEZ CUALLA
MARIA CRISTINA CORREAL
RAMIRO CABAL SANCLEMENTE
JAVIER BOTERO ALVAREZ

Editora

BLANCA VILLAMIL DE ALVAREZ

Director Comercial y de Producción

ALDO G VILLAMIL A.

Asesor Especial

HERNANDO ALVAREZ RINCON

Directora de Publicidad

TERESA VARGAS FERIA

Arte y Diagramación

LILIANA GALLEGO C.

Transv. 6 No. 51 A - 43

Tels: 232 18 86 Fax 287 10 05 Bogotá

La ESCUELA y la REVISTA no son responsables de las ideas y conceptos emitidos por los autores de los diferentes trabajos publicados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de la REVISTA citando la fuente y el autor.

**CONSEJO DIRECTIVO DE LA
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA**

Presidente

Ing. Ignacio Umaña de Brigard

Vocales

Ing. Luis Guillermo Aycardi Barrero
Jorge Eduardo Estrada Villegas
Manuel García López
Alvaro González Fletcher
Alberto Montañés Peña
Armando Palomino Infante
Ricardo Quintana Sighinolfi
Arturo Ramírez Montúfar
Jairo Romero Rojas
Ricardo Salazar Ferro

Rector

Ing. Eduardo Silva Sánchez

Secretario

Ing. Alberto Salamanca Pinzón

Kilómetro 13 Autopista Norte Tel: 676 00 77

Fax: (571) 676 04 79 A.A. 14520 Bogotá

Licencia Mingobierno No. 1595 del 6 de Mayo de 1991

NUESTRA PORTADA

Vista Nocturna de uno de los pabellones (folies) del Parque de la Villete en Paris - Francia.

Tomado de "Francia Informaciones Agradecimiento al Agregado de Prensa de la Embajada de Francia."



SUMARIO

EDITORIAL

2 Por Arturo Ramirez Montufar

4 **LOGISTICA, PLANEACION Y ADMINISTRACION DE LA DISTRIBUCION FISICA DE SERVICIOS O PRODUCTOS DE UNA EMPRESA.**

Por Santiago Henao Perez

8 **METODOS ACTUALES DE MICROZONIFICACION SISMICA (II)**

Por Sergio Londoño Korgi

12 **UN MECANISMO DE HISTORIA PARA LA SHELL DE BOURNE**

Por Jorge Eduardo Estrada V.

17 **PERSPECTIVAS DEL EJERCICIO DE LA INGENIERIA EN EL AÑO 2000**

Por German Silva Fajardo

20 **EVOLUCION DE LAS MATEMATICAS EN LA INGENIERIA**

Por Jaime Lesmes

26 **ALGUNAS OPINIONES ACERCADE LA INVESTIGACION BASICA EN COLOMBIA.**

Por Javier Botero.

28 **SISTEMAS DE AFINACION**

Por Bernardo Lievano.

31 **NOTICIAS**

Ingeniería Siglo XXI.- Carta de los lectores.



EDITORIAL

EL NOMBRE DE LA ESCUELA

En el año de 1.848, el Gran General Tomás Cipriano de Mosquera, fundó la primera institución, dedicada en nuestro país, a la enseñanza de la ingeniería. Se llamó "Colegio de Ingenieros Militares" y era su propósito la preparación de los oficiales que habrían de reemplazar a los militares de la independencia y también la formación de ingenieros civiles. Este colegio duró pocos años pero de allí surgieron figuras egregias de nuestra profesión. Hacia 1.867 cuando el General Santos Acosta creó la Universidad Nacional fué reemplazada por la Facultad de Ingeniería Civil. Años después siguiendo la tradición europea, principalmente la de Inglaterra y Francia las "Facultades" comenzaron a llamarse "Escuelas" y así permanecieron hasta 1.935, cuando la reforma educativa del doctor Alfonso López las incorporó en una entidad autónoma con el nombre de Facultades. La Escuela de Ingeniería se convirtió en la "Facultad de Matemática e Ingeniería de la Universidad Nacional". En 1965 y en desarrollo de la reforma del año sesenta y tres, las distintas ramas de la Ingeniería que funcionaban en la ciudad Universitaria se refundieron en una sola unidad que se llamó, simplemente, Facultad de Ingeniería.

En 1972, luego de un rompimiento con las autoridades de la Universidad que se empeñaban en ignorar la ilustre tradición de la Facultad de Ingeniería Civil, un número apreciable de sus profesores, resolvió separarse de la Universidad Nacional y fundar una institución donde se conservara el espíritu que por más de un siglo inspirara el transcurrir de nuestra casa de estudio. Entonces se adoptó para la nueva entidad educativa el nombre de "Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito".

La palabra "Escuela" nos recuerda épocas que en verdad fueron gloriosas para la Ingeniería Colombiana y que se ajusta exactamente a estas palabras. El nombre de Julio Garavito Armero es un homenaje a quien fuera, el profesor por excelencia, dedicado a la ciencia en cuerpo y alma, en el estudio incesante de la Astronomía y la Matemática y en el desempeño honesto, inquebrantable de sus deberes como profesor universitario. Deberes que van mucho más allá del trabajo normal, incluyendo horas que los demás dedican al descanso e inclusive al sueño, pensando siempre, razonando siempre, consultando continuamente, haciéndose sin tregua a un mayor acervo de conocimientos y ponderación de criterio. Don Julio no interrumpió esta tarea, ni siquiera en épocas turbulentas, cuando durante la guerra de los mil días se cerró la Universidad oficial, por imposibilidad de funcionamiento. Entonces Garavito con un grupo de ilustres discípulos, resolvió continuar las tareas docentes, en forma particular, en los salones del Observatorio Astronómico, del cual era director. Allí llevó a cabo una tarea histórica: recopiló sus apuntes para los cursos de cálculo infinitesimal, geometría analítica y mecánica racional; hizo importantes demostraciones matemáticas; organizó la Oficina de Longitudes, precursora del Instituto Geográfico; ideó métodos de gran precisión para llevar a cabo las tareas del Observatorio, con los aparatos rudimentarios de que éste disponía, llevó a cabo estudios de física, especialmente uno sobre aberración de la luz; incursionó con brillo en el campo de las ciencias económicas.

De todos sus desvelos, de toda esta extraordinaria abnegación no obtuvo ninguna forma de bienestar material, pero en honor al magnífico trabajo de observación, contenido en sus tablas de la luna, su nombre distingue en forma indeleble uno de los grandes cráteres de su cara oculta.

Es por esto que el nombre de nuestra Escuela es, en verdad, un compromiso. El de continuar una tradición académica de excelencia, anteponiendo el espíritu científico a cualquier propósito de carácter utilitario.

ARTURO RAMIREZ MONTUFAR



LOGISTICA, PLANEACION Y ADMINISTRACION DE LA DISTRIBUCION FISICA DE SERVICIOS O PRODUCTOS DE UNA EMPRESA

Por : SANTIAGO HENAO PEREZ *

I. INTRODUCCION

Los objetivos de las diferentes dependencias de las empresas industriales o de servicios no siempre son los mismos y en varias ocasiones más bien pueden ser conflictivos, a pesar de que en el fondo todas deberían propender por la optimización de la actividad de la empresa como un todo y no de cada sector en particular. De manera bastante resumida estos objetivos aislados pueden ser:

PRODUCCION

-Maximizar la cantidad de bienes (o servicios) producidos y minimizar su costo unitario de producción.

MERCADEO

-Maximizar la cantidad vendida y minimizar el costo unitario de venta.

COMPRAS Y ALMACENAJE

-Manejo adecuado, oportuno y seguro de inventarios con restricciones financieras, de capacidad de almacenamiento y de espacio físico adecuado.

FINANZAS

-Minimizar el capital requerido para mantener el nivel óptimo de negocios.

PERSONAL

-Mantener altas la productividad y la moral entre los empleados; optimizar el recurso humano.

TRANSPORTE

-Mínimo transporte a mínimo costo unitario en el menor tiempo posible, sujeto a restricciones de producción y/o consumo.

El Transporte juega un papel paradójico puesto que, por un lado, debe evitarse hasta donde sea posible pero, a su vez, es necesario para poder llegar al cliente. Es un fenómeno análogo a la fricción o rozamiento en la Física: sin él no sería posible el movimiento pero, por otro lado, debe evitarse al máximo.

Los modelos de Investigación de Operaciones aplicados en la Planeación del Transporte tienen como finalidad la de optimizar los recursos de que se disponga para suplir las necesidades de Transporte buscando siempre la racionalización en el uso de los vehículos (buses, camiones, vagones, buques, aviones, etc), la selección de alternativas y rutas óptimas y la búsqueda de las mejores condiciones para el manejo seguro, oportuno y económico tanto de pasajeros como de mercancías.

2. LOGISTICA

La logística puede definirse como la coordinación del aprovisionamiento del Transporte, de los inventarios, de los almacenes, de las comunicaciones y del movimiento de productos terminados desde la empresa hasta el cliente o consumidor final.

La logística no es un tema nuevo en el ámbito empresarial. Puede que lo sea para algunas empresas que apenas empiezan a reconocer que se

trata de una parte importante, y a veces sustancial, del negocio y que puede arrojar importantes beneficios y considerables ahorros además de otras ventajas estratégicas comparativas.

Los orígenes de la logística se remontan fundamentalmente al campo militar. Una mala coordinación de suministros, ya sea de hombres, equipos bélicos o alimentos, puede tener consecuencias catastróficas, como lo narra la historia. Actualmente los ejércitos poseen importantes divisiones de logística.

Los conceptos y la tecnología de los sistemas de distribución física han tenido especial avance después de la segunda Guerra Mundial; las empresas comerciales aceptan hoy en día el concepto de logística como una unidad y no como una serie de funciones aisladas o independientes; ha adquirido, pues, un nivel gerencial, y con los progresos de la tecnología del Transporte y manejo de materiales y el veloz desarrollo de sistemas de manejo de información han permitido que la función logística sea de importancia para las empresas y les permite tener más alternativas válidas en sus procesos de planeamiento.

* Ing. Civil ECI (1980) M.S.C en Ingeniería (Transporte y Operaciones) Univ Newcastle upon Tyne - Inglaterra (1987) Actualmente es profesor en el área de transporte en la ECI. Asesor de Planeación y Estudios de Acerías Paz del Río.



El área de la logística requiere inversiones (almacenes, medios de transporte, equipo de movimiento y manejo de materiales, medios para manejo y procesamiento de la información, etc.) y, lógicamente, recurso humano.

El proceso logístico agrega valor a los productos; si bien, no les cambia su forma física sí los ubica en el tiempo y en el sitio apropiado. Desde el punto de vista de la organización, las tareas de logística pueden considerarse como un medio para colocar los productos en el mercado, o como un sector de la empresa que, bien diseñado y administrado, aporta ventajas competitivas.

Para el buen funcionamiento del sistema de logística es necesario recoger y transmitir oportunamente la información entre los distintos puntos que lo componen; esto permite tomar decisiones rápidas, disponiendo a la vez de información más completa.

3. CAMPOS DE APLICACION DE LOS MODELOS

Los modelos de Control y Manejo de la distribución física de productos y servicios son de aplicación práctica en diferentes clases de operaciones de Transporte: A continuación se enumeran algunos ejemplos con sus características y restricciones particulares:

1. Servicios de correos "Courier": clásicamente se conoce como "Problema del Cartero". Se pregunta: -Qué secuencia de calles utilizar? (problema combinatorio, utilizando distancias mínimas). Aplicable también a Acarreos y Transporte de paquetes y encomiendas. Con recolección a domicilio o en puntos fijos. Cumplimiento estricto de horarios y promociones y descuentos como estrategia de competencia.

2. Servicios rutinarios de repara-

ción y mantenimiento: problema dinámico que día a día es diferente. Atención de reclamos o servicios de mantenimiento a lugares indefinidos (reclamos por acueducto, teléfonos, energía, etc.).

3. Abastecimiento de Supermercados (Productos perecederos) (Problema estático). Cantidades de despacho fijas o según inventarios.

4. Distribuidora de cerveza o gaseosas. Mínimo Costo optimizando el equipo de Transporte disponible.

5. Distribuidora de combustibles: cantidades fijas periódicas, estaciones constantes y permanentes (bombas de gasolina).

6. Servicios de Emergencia: requieren velocidad, rapidez de reacción: Ambulancias, Bomberos, Grúas, Defensa Civil, Automóvil Club, etc. Mínimos Tiempos de atención. Desvíos y rutas alternas de mínima distancia y planes de contingencia en caso de bloqueos en la red; por la definición misma de "accidente", se trata de eventos aleatorios e inciertos, se desconoce cuándo y donde se presentarán.

7. Empresas de Radio-Taxis: puntualidad en el cumplimiento del servicio, mínimos tiempos de respuesta a la llamada.

8. Servicio de comidas a domicilio (Pizzerías): mínimo tiempo de atención. Promoción y descuentos especiales como estrategia para competir.

9. Rotación y programación de la flota y las tripulaciones: optimización del recurso humano, sujeto a restricciones laborales, de lugar de residencia de la tripulación, descansos, margen de seguridad en caso de ausencias.

10. Despachos de cementos, concretos o materiales para construcción, con restricciones de tiempo de fraguado en el caso de concretos. Requisitos especiales, equipo adicional de bombeo, descargue etc.

11. Transportadoras de Dinero y Valores: restricciones de horarios, protección y variación aleatoria de

rutas mínimas en distancia y/o tiempo por razones tácticas y de seguridad.

12. Servicio de recolección de basuras: selección de rutas, frecuencias e itinerarios. Mínimos recorridos con carga plena de basuras. "Macroruteo" a nivel de zonificación por ciudad y "microruteo" a nivel de cuerdas dentro de un barrio.

13. "Problema del Paletaero", como se conoce en forma clásica, también llamado del vendedor ambulante o agente viajero. Este hace el recorrido sin tener órdenes regulares. Su significado esencial consiste en que se busca el camino más corto para un viajero que sale del sitio No. 1, visita cada uno de los (n-1) puntos restantes volviendo nuevamente al primer punto para cerrar el circuito, completando el "tour". (Figura No. 1)

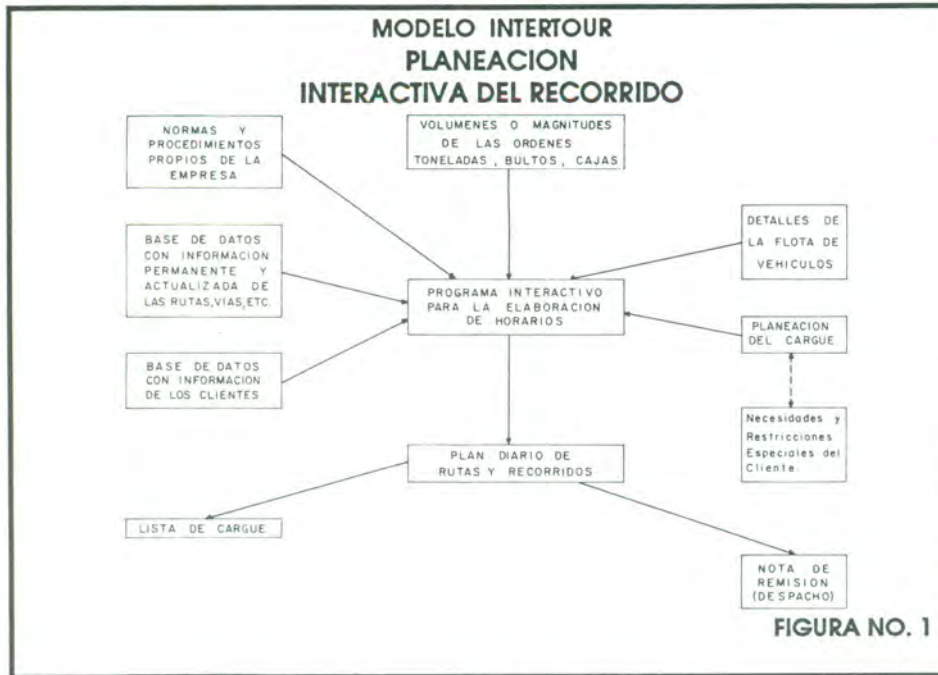
El número de posibles soluciones óptimas crece en función de (n-1)! siempre y cuando no se cambie la primera localidad. El problema se complica por cuanto no se sabe donde parar ni cuanto se venderá en cada sitio, haciendo necesario conocer proyecciones y supuestos de ventas en cada punto. Introduce, además, la variable tiempo de espera en cada punto con el fin de maximizar su ingreso total. Se trata de un problema combinatorio que cae en el campo de la programación dinámica.

4. NIVELES DEL PROBLEMA:

4.1. ESTRATEGICO:

Cae en el campo de lo que se conoce en Geografía del Transporte como "Teoría de Localización". Está asociado con la infraestructura permanente y fija y los vehículos (Flota). Son las inversiones o instalaciones prácticamente irreversibles y de "forzosa" utilización por la empresa. En otras palabras, son aquellas restricciones con las cuales está "casada" la empresa.

Corresponde al problema in-



verso al del llamado Problema del Transporte, por cuanto no se trata ya de llevar los productos, sino de encontrar la ubicación óptima de toda la infraestructura, con el fin de que las movilizaciones futuras, a lo largo de su vida útil y de forma agregada, sean hechas al mínimo costo.

Dimensionamiento de la flota en tamaño y composición.

Lista de condiciones especiales que se deben cumplir.

Localización Geográfica de los Depósitos, Talleres, Bodegas, Plantas, Terminales, Almacenes, etc.

4.2. TACTICO:

Planeación diaria y Programación de Horarios de despacho; asignándoles los vehículos apropiados a las rutas y los recorridos.

Para los dos niveles nombrados se espera que se cumplan los siguientes objetivos:

OBJETIVOS:

1). Tiempo: Mínimo en el recorrido, en el despacho y total.

2). Distancia: Mínimo Costo de Operación: medición permanente de kilometraje. Consumos e índices de rendimiento de Combustible. Tiempos Totales: de viaje, de cargue y descargue en terminales, tiempos muertos. Y recolección permanente de información que sirva de retroalimentación para los siguientes planes de rutas.

Promedios móviles, instalación de Tacógrafos registradores en los vehículos. Análisis de los registros de los Tacógrafos.

5. APROXIMACION MATEMATICA

ENUNCIADO FORMAL DEL PROBLEMA: MODELO VANPLAN (Figura No. 2)

CONSTANTES:

K = Número de vehículos / Rutas.

n = Número de sitios de entrega (0 = Almacén).

b_k = Capacidad neta de carga pagada, descontando a la capacidad nominal la Tara (en Peso o volumen) del vehículo

o contenedor k. Número de unidades (toneladas, galones, cajas, etc) Horas laborables, tiempos de mantenimiento vehículos. La cantidad a despachar es CONOCIDA.

C_{ij} = Costo generalizado de viaje puerta a puerta i a j

W_{ij} = Cantidad despachada en el punto i.

VARIABLES:

Y_{ik} = $\begin{cases} 1 & \text{Si el punto de despacho "i" está en el recorrido del vehículo k.} \\ 0 & \text{de lo contrario (formando la red de distancias).} \end{cases}$

X_{ijk} = $\begin{cases} 1 & \text{Si el vehículo k viaja directamente desde i a j} \\ 0 & \text{de lo contrario. (i,j,k) conexiones del recorrido} \end{cases}$

PROBLEMA:

Función Objetivo:

P: Minimizar : $Z = \sum_{i,j,k} C_{ij} * X_{i,j,k}$

SUJETO A: (restricciones)

a). $\sum w_i * Y_{i,k} \leq b_k$ (no se excede la capacidad de ningún vehículo).

b). $\sum_{k=1}^K Y_{0,k} = k$ (Y_{0,1}=Y_{0,2}=...=Y_{0,k}=1) (No hay recorridos traslapados o superpuestos).

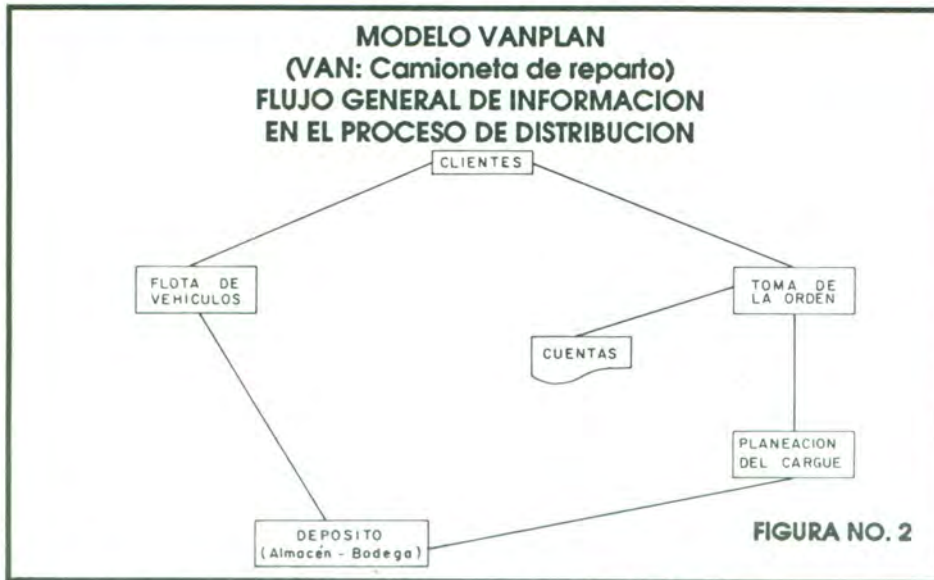
c). $\sum_k Y_{i,k} = 1$ i=1,...,n (a cada punto de despacho se le asigna una única ruta).

d). $\sum X_{i,j,k} = Y_{j,k}$ j=0, ...n; k=1...k (sólo una ruta para cada cliente).

e). $\sum X_{i,j,k} = Y_{i,k}$ i=0...n; k=1...k (Uno y solo un cliente en origen y destino).

f). $\sum X_{i,j,k} = Y_{i,k} P$ i=0...n; k=1,...k (Ningún punto final del despacho es un terminal o garaje. (el vehículo siempre regresa)

Si Y(cliente) es punto fijo, entonces el problema se convierte de PRV (Problema de Ruta de Vehículo) a



PVA (Problema de Vendedor Ambulante) y puede formularse como un problema de programación lineal, el cual se resuelve por cualquier procedimiento de descomposición como Simplex, esquina Nor-Oeste, Vogel, Algoritmo del Transporte etc.

Se han desarrollado paquetes computacionales muy versátiles para micros como el de Programación lineal LP88 de la Eastern Software Products que permite el manejo de matrices de hasta 510 x 510 diferentes Orígenes y Destinos.

SOLUCIONES:

1. Heurístico: Trabaja por parejas de rutas y selecciona el mejor paso, se van excluyendo rutas alternas. Demorado en términos de tiempo de computador. (Figura No. 3).

2. Despacho en orden de las cargas más pesadas, con el fin de no llevarlas innecesariamente en todo el recorrido.

6. CONCLUSIONES:

Los modelos son herramientas de ayuda en la toma de decisiones y tienen sus ventajas y desventajas puesto que generalizan y simplifican variables; los modelos no son en sí el

fin y solución de los problemas; para llegar a la solución correcta el modelo debe complementarse con experiencia, buen criterio, ingenio y sentido común. En la práctica aparecen requisitos adicionales a los problemas los cuales deben ser tratados de forma especial para cada caso:

.Tiempos de duración del recorrido (perecederos).

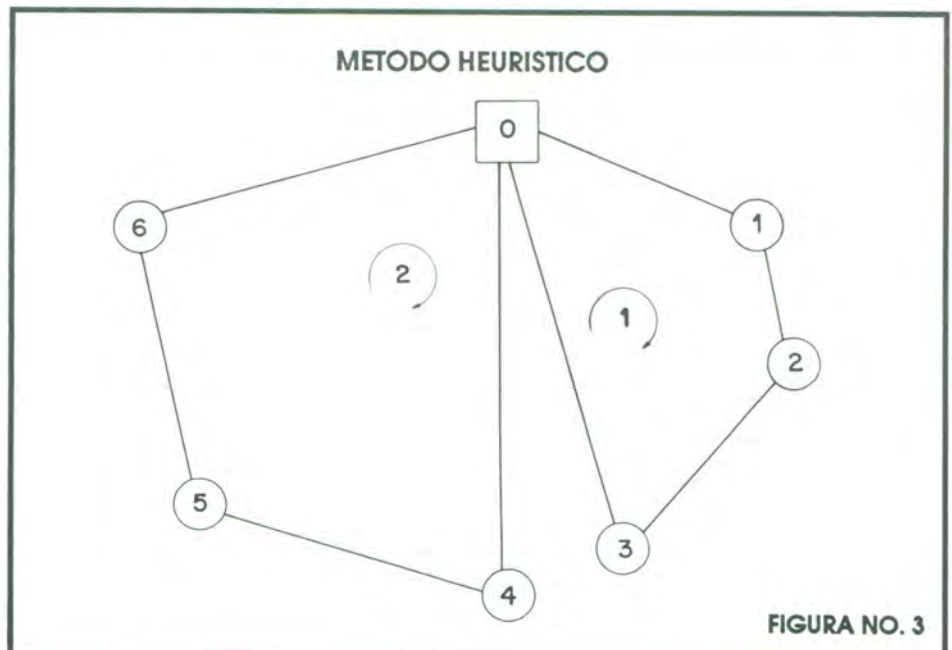
. Demora en despachos y entregas, cargue, descargue, empaque.

. Compatibilidad del vehículo: clientes con restricciones individuales de horarios, de capacidad o almacenamiento. .En el Manejo de la carga, solicitudes especiales de refrigeración, atmósfera controlada, contenedores, seguridad, transporte de sustancias peligrosas, etc.

El resultado de los modelos de Programación Lineal (P.L.) debe entenderse como un ideal teórico a alcanzar; aunque no siempre pueda ser posible aplicarlo en la práctica, la aproximación a la carga óptima en un camión de "ruteo" sí puede mostrar en qué dirección deben tomarse las decisiones y qué sensibilidades hay en la realidad con respecto a la composición teórica obtenida como resultado del modelo.

BIBLIOGRAFIA

- Bruton Michael, Introduction to Transportation Planning London. -1985
- Eastern Software Products, LP88 Linear Programming for the IBM PC User's Guide, Virginia 1988.
- Magee John. Sistemas de Distribución, "Ateneo" - Buenos Aires - 1976.
- Marek, Potrykowsky, Zbigniew y Taylor. Geografía del Transporte, Ariel, Barcelona 1984.





METODOS ACTUALES DE MICROZONIFICACION SISMICA (II)

Por: SERGIO LONDOÑO KORGI *

3. MICROZONIFICACION GEOTECNICA

La observación del comportamiento de las estructuras durante los terremotos ha llevado a la conclusión de que las condiciones locales del suelo subyacentes juegan un papel mayor que las propiedades de las ondas incidentes en la roca base. Por esta razón se ha desarrollado la técnica de microzonificación geotécnica.

La metodología general se presenta a continuación:

1. Se elabora un mapa topográfico de la ciudad que incluya las zonas de posible desarrollo urbano futuro.
2. Se divide este mapa en áreas elementales, por lo general de 500 x 500 metros o de 1 kilómetro de lado.
3. Se recolecta la información de sondeos realizada en cada una de las áreas de la cuadrícula. Si no se dispone de esta información habrá que programar la elaboración de una serie

de sondeos con el fin de obtener información sobre cada una de las áreas. Se muestra a manera de ejemplo la localización de perforaciones en la ciudad de San Salvador, (ver Figura 1), (Aguilar, 1990).

4. Se caracteriza el perfil original del suelo en forma simplificada con el fin de que se pueda alimentar el modelo analítico. Para esto se puede utilizar el criterio del valor N del ensayo de Penetración Estandar.

5. Se determinan entonces para cada una de las capas de suelo las características dinámicas como son el peso específico, el módulo de corte y el factor de amortiguamiento. Normalmente estos dos últimos parámetros dependen del valor de formación.

6. Se especifica un terremoto de entrada en la base de las columnas de suelo. Este terremoto puede ser alguno ya registrado, o un acelerograma sintético desarrollado en un estudio de amenaza sísmico, que sea compatible con el espectro de Fourier requerido.

7. Se efectuará el análisis de la respuesta de las capas del suelo mediante el uso de programas de computador que tengan en cuenta el comportamiento no lineal del suelo. Se evalúan entonces el período fundamental y la aceleración máxima a nivel de la superficie del terreno. (Ver figura 2).

8. Se dibujan mapas de microzonificación con base en los valores de período y aceleración hallados en el paso anterior.

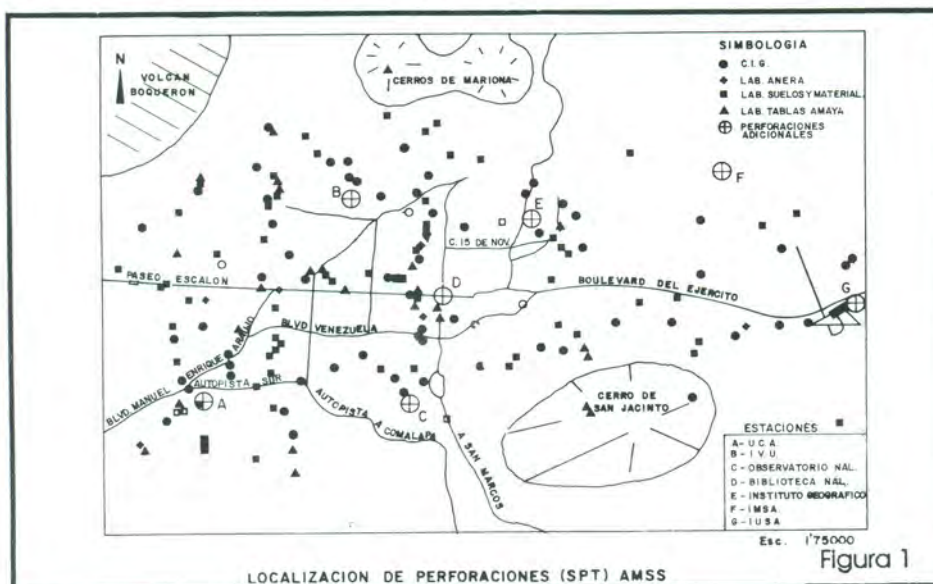
Esta metodología permite además involucrar dentro de las zonas estudiadas, aquellas en donde exista potencial de licuación de suelos, así como identificar la presencia de arcillas expansivas y clasificar su peligro.

En la actualidad se está efectuando este método de microzonificación en las ciudades de Popayán y Cali de una manera organizada con algún respaldo municipal. En otras ciudades como Bogotá y Medellín se pueden encontrar estudios efectuados por individuos e instituciones aisladas sin que hasta el momento lo haya asumido la autoridad distrital o municipal como una necesidad de la ciudad.

4. MICROZONIFICACION GEOFISICA

El método de microzonificación geofísica está ganando cada día mayor aceptación, puesto que es rela-

* Ingeniero Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería (1980), Master of Science de Rensselaer Polytechnic Institute (1983). Curso de Post-Grado en Ingeniería Sísmica IISEE, BRI, TSUKUBA, Japón (1986). Actualmente ingeniero asistente de dirección técnica INGETEC S.A.



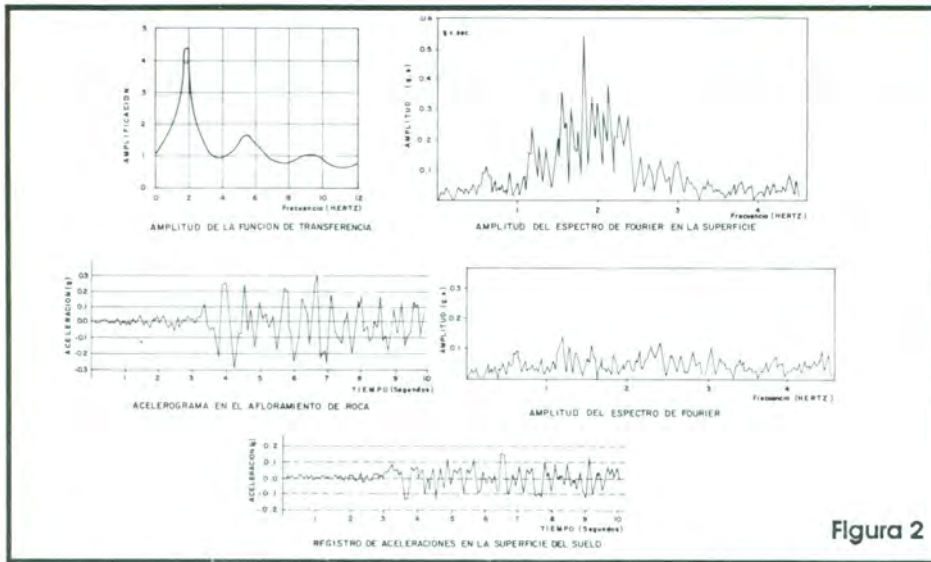


Figura 2

tivamente fácil de efectuar y sus resultados pueden evaluarse bastante rápido. esto es cierto a pesar de que esta metodología requiere el uso de equipos electrónicos. Sin embargo su costo se ha ido reduciendo en los tiempos recientes, permitiendo que su uso se multiplique.

Las tres técnicas más comunes que utilizan métodos geofísicos son: la medición de ondas PS en pozos, la medición de microtrepidaciones o vibraciones ambientales y la medición de la resistividad eléctrica. En algunas ocasiones se aplican métodos gravimétricos. Otros estudios que también se realizan pero menos frecuentemente, son la evaluación de condiciones hidrogeológicas geotérmicas y radioactivas.

El método de la medición de ondas PS en pozos consiste en generar ondas de compresión (p) y ondas cortantes (S) en la superficie del terreno, y registrar el tiempo de llegada a diferentes profundidades. (Figura 3). La medida de la velocidad de cada uno de los tipos de onda, permitirá calcular parámetros dinámicos del suelo tales como la relación de Poisson, el módulo elástico, el módulo de cortantes y su variación con la profundidad, y el período predominante del terreno.

A partir de estos valores se podrá alimentar un programa de respuesta dinámica de las capas de suelo

para evaluar la amplificación de las ondas viajando desde la roca base hasta la superficie. Otra modalidad de la medición de ondas en pozo es la técnica de reflexión que consiste en producir una explosión a determinada distancia y detectar el arribo de ondas en el pozo. Esta técnica permite determinar las capas estratigráficas del subsuelo al igual que permite medir la profundidad del nivel freático.

Las vibraciones ambientales pueden ser producidas por múltiples factores como el tráfico vehicular, las olas oceánicas, equipo industrial, el viento, etc.,. Se utilizan en las siguientes áreas: como investigación previa a la microzonificación, para evaluar períodos predominantes del terreno, y para detectar problemas de vibraciones, como por ejemplo la medición de características de amplificación del terreno en instalaciones industriales.

La técnica de medición de la resistividad eléctrica permite medir la profundidad del nivel freático.

Este método tiene menos repercusiones culturales que el de reflexión de ondas, pues no requiere la generación de explosiones.

En general los métodos geofísicos se utilizan para comprobar la evaluación de los parámetros dinámicos del suelo efectuada por otros medios.

5. MICROZONIFICACION EMPIRICA

La microzonificación empírica consiste en determinar el grado de intensidad del movimiento sísmico que va a afectar una zona de la ciudad con base en la evaluación de los daños producidos por terremotos anteriores. Esta metodología de microzonificación es quizás la más económica y sin embargo es una de las más difíciles de aplicar puesto que tiene un alto contenido de subjetividad. Para que este tipo de estudios sea posible, los daños a investigar deben exceder un cierto nivel. Por ejemplo, para algunas personas una vivienda puede clasificarse como inhabitable después de un terremoto, simplemente porque no tiene servicios de energía y acueducto.

Durante la evaluación física de daños, en aquellas viviendas o edificios donde pudo haber ocurrido daños leves, sus habitantes normalmente son reacios a colaborar en la investigación no permitiendo el acceso del personal técnico.

Esto hace que la determinación de grados bajos de intensidad requiera mucho trabajo y deba ser hecha por personas experimentadas (Monge, 1990).

Con el propósito de evaluar las intensidades sísmicas futuras los modelos de análisis de riesgo y vulnerabilidad se alimentarán, entre otras clases de información, con aquellas del comportamiento de las tuberías de acueducto.

Para lograr la demarcación de zonas de diferente intensidad puede utilizarse con gran ventaja la información que proporcionan los instrumentos de medición de aceleraciones y desplazamientos.

En El Salvador se han obtenido curvas de isointensidad con base en registros de sismoscopios, instrumentos que pueden registrar picos de aceleración, actualmente de muy poco uso a nivel mundial, que sin embargo, la comunidad de ingenieros en este



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tal como se presentó, existe un buen número de metodologías para efectuar estudios de microzonificación, las cuales pueden adaptarse a un amplio rango de alcances, posibilidades y presupuestos. La tecnología actual ofrece variedad de equipos con múltiples opciones de especificaciones.

Así mismo, el desarrollo computacional dentro del área de las comunicaciones, permite tener fácil acceso a las redes de intercambio de información tanto a nivel nacional como mundial.

Es claro que el gremio de ingenieros como tal, tiene la responsabilidad de divulgar el conocimiento dirigido hacia la prevención de desastres urbanos, mediante la ejecución de estudios conducentes a la microzonificación de las ciudades.

Existe entonces en la actualidad una necesidad imperiosa de que las autoridades municipales acometan la responsabilidad de contratar estudios de microzonificación dentro de los planes sociales de prevención de desastres.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, R., Microzonificación en base a criterios geotécnicos, estimación de las propiedades dinámicas y análisis de respuesta local de los suelos del área metropolitana de San Salvador, El Salvador, Seminario Internacional de Microzonificación y Seguridad de Sistemas de Servicios Públicos Vitales, Lima, Perú, Agosto 23 - Septiembre 7, (SIMSSSPV), 1990.
- AYALA, R., Evaluación del peligro sísmico en Bolivia, (SIMSSSPV), 1990.
- CORDOVA, E., Zonificación geológica de la ciudad de Cusco, Perú, (SIMSSSPV), 1990.
- GIESECKE, A., La década internacional de la mitigación de desastres, (SIMSSSPV), 1990.
- GOMEZ, A., Zonificación sísmica de la ciudad de México, (SIMSSSPEV), 1990.
- ISHIHARA, K., Licuación de suelos colapsables y deslizamientos resultantes, (SIMSSSPV), 1990.
- KATAYAMA, T., Daños producidos por sismos a sistemas de distribución de agua y gas, (SIMSSSPV), 1990.
- MENESES, J., Microtrepidaciones en las ciudades de Cusco y Tacna, Perú, (SIMSSSPV) 1990.
- MONGE, J., Técnicas y métodos de microzonificación en Chile, (SIMSSSPV), 1990.
- MORALES, L., Zonificación de los peligros asociados con la amenaza sísmica en los alrededores del golfo de Nicoya, Costa Rica, (SIMSSSPV), 1990.
- SCALETTI, H., Amplificación de ondas sísmicas en suelos, (SIMSSSPV), 1990.

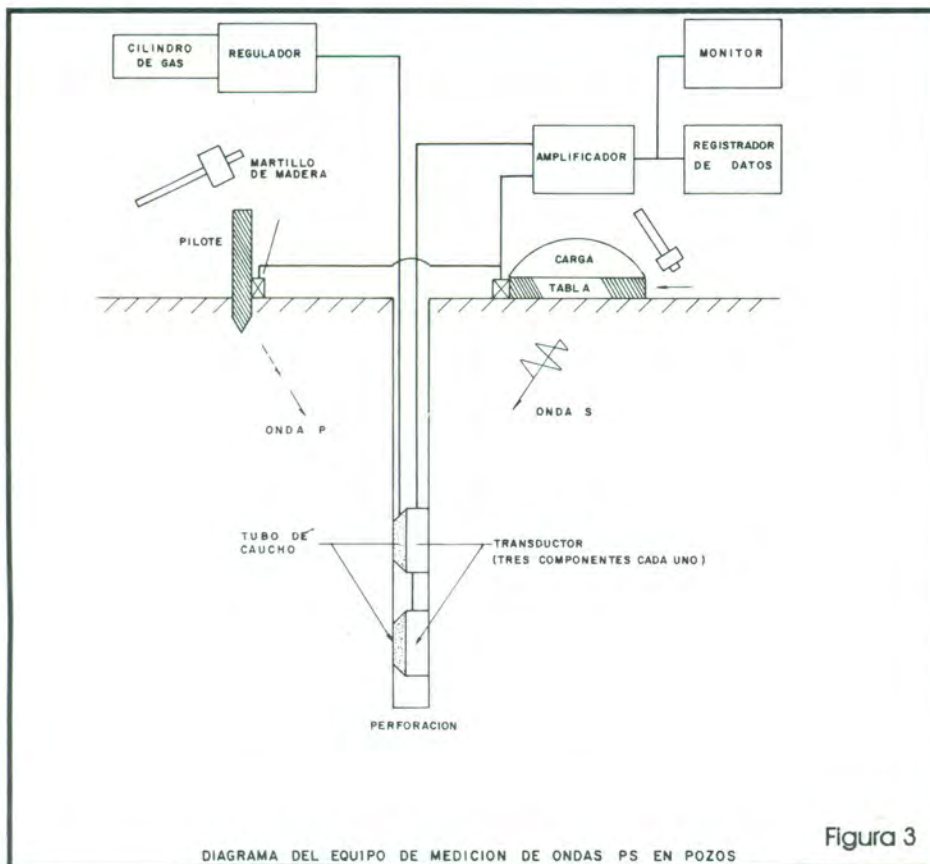


DIAGRAMA DEL EQUIPO DE MEDICION DE ONDAS PS EN POZOS

Figura 3

país Centroamericano está explotando y utilizando fructíferamente.

6. MICROZONIFICACION GEODINAMICA

La variación de parámetros morfo-estructurales, climáticos, hidrológicos, litológicos, ecológicos, de deslizamientos, flujos de lodos y zonas de inestabilidad, al verse afectados eventualmente por la acción sísmica, representa riesgos geodinámicos que pueden afectar diferentes zonas de una ciudad. Por tal motivo se deben efectuar estudios sobre cuencas de ríos, hoyas lacustres, zonas de fallas geotectónicas, etc.

Estos estudios permitirán establecer los niveles de riesgo de las diferentes zonas y conceptuarán sobre la conservación de los estados naturales (topografía y geomorfología) mediante la construcción de obras

civiles de protección y refuerzo de las estructuras naturales.

Una herramienta bastante útil para la evaluación de algunos de los parámetros enumerados anteriormente es la aerofotografía, la cual se está utilizando en varias ciudades.

Un ejemplo desastroso fue el deslizamiento Okuli ocurrido durante el terremoto de Dushanbe en la República de Tajikistán en 1989.

Un inmenso depósito de Loess, de origen eólico, aparentemente saturado perdió su estabilidad, desplazando 20 millones de metros cúbicos de suelo, a lo largo de 2 kilómetros, cubriendo docenas de casas campesinas (Ishihara, 1990).

Este fenómeno en realidad era difícil de predecir. Sin embargo, existen ya varios ejemplos que nos pueden guiar hacia la identificación futura de este tipo de riesgo potencial en lugares donde se hubieran asentado comunidades.



UN MECANISMO DE HISTORIA PARA LA SHELL DE BOURNE

Por: Jorge Eduardo Estrada Villegas

La popularización del UNIX se ha debido en gran parte a las capacidades de su intérprete de comandos, programa que sirve de interfaz entre el usuario y el sistema operacional propiamente dicho y que recibe el nombre de *shell* (envoltura?). Desde el origen de los sistemas operacionales han existido mecanismos, inspirados en las *macros* de *assembler*, que permiten agrupar comandos de control del sistema operacional en archivos para ejecutarlos como un conjunto.

Estos mecanismos cuentan con capacidades limitadas de sustitución de parámetros para modificar partes de los comandos de acuerdo con las circunstancias y de control para seleccionar cuáles deben ejecutarse y cuáles deben ignorarse, según los resultados obtenidos a medida que progresa la ejecución.

La evolución del UNIX dotó al nuevo sistema de un mecanismo de agrupación y selección de comandos mucho más flexible y poderoso que el normal en otros ambientes. El diseño se orientó a facilitar y promover la utilización del amplio surtido de programas de utilidad de que dispone el UNIX para atender, mediante su combinación, necesidades de procesamiento de información más complejas que las que es posible tratar cuando se emplean en forma aislada.

Entre las capacidades que más han contribuido a la flexibilidad y el poder de la *shell* se destacan: la de comunicar procesos que se ejecutan en forma asincrónica por medio de *pipes* (tubos?) que les permiten com-

partir información, la de incluir en el intérprete de comandos las construcciones necesarias para expresar cómodamente procedimientos estructurados, la de redireccionar archivos para que un mismo procedimiento pueda obtener datos y dejar resultados en cualquiera de los dispositivos de almacenamiento, la de emplear una poderosa notación basada en la utilización de metacaracteres para referirse a los elementos del sistema de archivos, la de facilitar la interacción con el sistema operacional para manejar cómodamente situaciones de excepción como interrupciones, errores, etc. y, por último, la de ser recursiva, es decir, poderse invocar a sí misma para establecer ambientes apropiados (denominados *subshells*) a la ejecución de ciertos procedimientos.

La *shell* de UNIX se ha caracterizado por ser totalmente programable. A diferencia de un lenguaje de programación tradicional, las instrucciones elementales que ejecuta la *shell* son programas completos, ya sean los programas de utilidad que vienen con el sistema - denominados comandos - u otros que los usuarios pueden obtener de diferentes fuentes o desarrollar por su cuenta. La programación de la *shell* se puede hacer en forma interactiva, de modo que el usuario va obteniendo los resultados de su ejecución a medida que va tecleando los diferentes comandos y construcciones de control. La *shell* también se puede programar en tándem, colocando previamente los comandos y las construcciones de control que los relacionan en archivos denominados

scripts (guiones?), que, en últimas, vienen a ser los programas de la *shell* y cuya ejecución se ordena de la misma manera que la de cualquier programa convencional.

La *shell* es el mortero que aglutina los comandos que sirven de ladrillos para construir procedimientos. La *shell* sería de muy poco valor si el UNIX no la complementara con un amplio surtido de programas de utilidad (comandos), de muy eficiente ejecución, que atienden la mayoría de las necesidades corrientes en el procesamiento de información.

Desde el punto de vista del sistema operacional, la *shell* es un programa común y corriente. No es difícil para un programador que esté familiarizado con las invocaciones al sistema UNIX, construir una versión propia que responda a buena parte de sus caprichos. En ciertos casos se justifica el desarrollo de estas *shells* de tipo especial pero, lo normal y lo más conveniente, es utilizar alguna de las que provee la versión particular de UNIX de que dispone el equipo en que se trabaja.

La evolución de la *shell* ha seguido diferentes caminos, según las distintas versiones de UNIX, habiendo culminado en tres productos que se pueden considerar estándar: la *shell* de Bourne, la *shell* C y la *shell* de Korn. Muchas versiones de UNIX disponen de estas tres shells para que los usuarios siempre puedan trabajar con su favorita.

La *shell* de Bourne es la propia del UNIX System V, la versión que AT&T, empresa en donde se originó el

UNIX, se ha propuesto convertir en estándar. Se caracteriza por estar disponible en prácticamente todos los sistemas UNIX que se instalan en la actualidad, razón más que suficiente para que deba ser conocida por todos los usuarios serios del sistema. Se le reconoce su poder expresivo para desarrollar *scripts* y se le reprocha la falta de un mecanismo de historia que permita reutilizar, con posibles alteraciones, los comandos que se han dado anteriormente.

La *shell C* es la propia de la versión de UNIX (conocida como BSD) que surgió del trabajo realizado en la Universidad de California en Berkeley y que es la base del UNIX que corre en la mayoría de los equipos denominados estaciones de trabajo (*workstations*). Se caracteriza por utilizar una sintaxis similar a la del lenguaje de programación C, por facilitar el uso interactivo y por disponer de un mecanismo de historia poderoso que facilita la repetición y modificación de comandos.

La *shell de Korn*, como la de *Bourne*, también es resultado del trabajo realizado por AT&T. Es una ampliación de la *shell de Bourne*, con la cual es compatible, para hacerla más eficiente y suplir sus limitaciones, especialmente en lo relacionado con el mecanismo de historia. Esta *shell* sólo se está entregando con las últimas versiones de UNIX, especialmente con la versión 4 del UNIX System V, por lo que su disponibilidad es todavía bastante limitada.

Para un usuario que se pregunta cuál es la *shell* con que se debe familiarizar, la respuesta más apropiada en mi concepto es: con la de *Bourne*, por su amplia disponibilidad y por ser compatible con la de *Korn* que es la que a la larga terminará imponiéndose.

Esta respuesta no ignora la limitación que implica el no disponer de un mecanismo de historia como en las otras, ya que la flexibilidad inherente al concepto de *shell* en UNIX es tal, que

no es difícil dotar a la *shell de Bourne* de un mecanismo de este tipo, como pretendo mostrar en este artículo.

El mecanismo de historia que propongo se basa en la utilización del editor de texto *vi* para el acceso y modificación de los comandos que forman parte de la historia. Por servir el editor de texto más común en UNIX, este enfoque tiene la ventaja de que el usuario ya debe estar familiarizado con los comandos que le permiten hacer uso del mecanismo de historia. *Vi*, como tantos otros componentes de UNIX, ha sido acusado de críptico y lacónico. Esto puede ser cierto para quienes están aprendiendo a utilizarlo, pero los que llegan a conocerlo y dominarlo se ven ampliamente recompensados.

Vi es una herramienta que tiene una gran capacidad de adaptación a las necesidades de los usuarios. Como se trata de un editor de pantalla, es muy importante para él conocer en qué tipo de terminal está trabajando, información que obtiene de la variable de ambiente *TERM*. En caso de que no conozca o no pueda determinar el tipo de terminal, *vi* ejecuta en un modo que sólo permite trabajar en una línea a la vez (*open line editing*). Para el mecanismo de historia que vamos a describir, trabajar en este modo tiene la ventaja de conservar en la pantalla los resultados de los últimos comandos ejecutados, sin perder las capacidades propias de un editor de pantalla.

Inmediatamente después de arrancar, *vi* ejecuta los comandos que encuentra en la tira de caracteres que corresponde al valor de la variable de ambiente *EXINIT*. De esta manera se puede ejecutar comandos que asignan a determinadas teclas los comandos del editor que son necesarios para que *vi* participe en la operación del mecanismo de historia.

El mecanismo propuesto reside en un *script* denominado *hh*, el cual se coloca en el directorio *HOME* del usuario. Este *script hh* debe ser ejecutado por toda *shell de Bourne* en

la que se quiera activar el mecanismo de historia.

Para ejecutar un *script* en la misma *shell* con que se está interactuando (y no en una *subshell*, como es lo normal) se utiliza el comando *dot* (*.*), cuyo nombre es un simple punto. De esta manera, el comando *. hh* dado cuando el directorio corriente es el que contiene el *script hh*, permite activar el mecanismo de historia en la *shell* con que se está trabajando.

Para automatizar un poco más el proceso de activación del mecanismo de historia, lo más cómodo es incluir en el archivo *.profile* del usuario las tres líneas siguientes:

```
HH=$HOME/hh
export HH
.$HH
```

HH es una variable de ambiente que recibe el *path* absoluto del archivo *.hh*. Esta variable se exporta para que su valor sea accesible en todas las *shells* que se deriven de la inicial.

La tercera línea es la que hace ejecutar el *script hh* en la *shell* en que se está trabajando. En este caso se ha especificado el *path* absoluto porque se utilizó el valor de la variable de ambiente *HH*. La utilización del valor de la variable *HH* en vez del nombre del *script*, *hh*, tiene la ventaja de permitir la ejecución del *script* sin importar cual sea el directorio corriente.

El próximo paso es estudiar el *script hh*, que es el que realmente establece el mecanismo de historia. Vamos a incluir las líneas que lo componen, intercalando párrafos con las explicaciones apropiadas. Para facilitar la explicación, a la izquierda de cada línea aparece un número que nos permite referirnos a ella, pero que no es parte del *script*.

- 1) COM=\$HOME/CMD.u
- 2) EXINITH='map = !! cat > \$COM^MZZ
- 3) map . !} cat > \$COM^MZZ'
- 4) EXINITN=

En la línea 1) la variable *COM* recibe el *path* absoluto del archivo al que se van



a copiar la línea o líneas extraídas del archivo de historia que se desea ejecutar. Esta asignación se hace por comodidad, ya que en el resto del *script* hay frecuentes referencias a este archivo.

Las líneas 2), 3) y 4) asignan valores a dos variables de ambiente, *EXINITH* y *EXINITN*, que sirven para cambiar el valor de *EXINIT*, variable de ambiente utilizada para incluir comandos predefinidos dentro del editor de texto *vi*. *EXINITH* es el valor que se le asigna a *EXINIT* cuando se desea ejecutar a *vi* como parte del mecanismo de historia. El valor que se le asigna está incluido entre comillas sencillas para evitar la interpretación por parte de la shell de los caracteres especiales, espacios y saltos de línea que contiene la tira. En este caso se está asignando comandos de *via* las teclas igual (=) y coma (,), empleando para este fin el comando *map* del editor

Los comandos asignados a la tecla igual (=) son: *!!* comando del editor que extrae del texto que está procesando *vi* la línea en la cual se encuentra el cursor y la envía mediante un *pipe* para que en una *subshell* la procese el comando o comandos UNIX que vengan a continuación en el texto que se ha asignado a la tecla.

En este caso el comando UNIX es *cat* que graba la línea en un archivo cuyo path absoluto está dado por *\$COM*. Los caracteres *^M* representan la tecla *enter* y se generan, dentro de *vi*, tecleando *control-v* y luego *enter*. Este *enter* es el que hace ejecutar los comandos de UNIX que lo preceden en la *subshell* que invoca el editor para "filtrar" la línea extraída. Las dos zetas mayúsculas que vienen a continuación corresponden al comando del editor que termina la ejecución de *vi*.

A la tecla coma (,) se le asigna prácticamente los mismos comandos que a igual (=). La diferencia está en que el comando *!}* del editor no se limita a extraer la línea del texto en que esté el cursor, sino que extrae, además, las líneas siguientes hasta

que encuentre una línea totalmente vacía (un simple *newline*) o el fin del archivo. De esta manera se logra que el mecanismo de historia esté en capacidad de ejecutar procedimientos de varias líneas. *EXINITN* (línea 4) es el valor que se le asigna a *EXINIT* cuando se desea ejecutar normalmente a *vi* (fuera del mecanismo de historia). En este caso se le ha asignado un valor nulo, de manera que en la ejecución normal no se incluyen comandos predefinidos.

```
5) EXINIT=$EXINITN
6) TERMORIG=$TERM
7) export COM EXINIT EXINITN
```

```
EXINITH TERM TERMORIG HH
```

Después de haber definido los dos posibles valores de la variable de ambiente *EXINIT*, en la línea 5) se inicializa con el valor (*\$EXINITN*) que corresponde a la ejecución normal de *vi*.

La variable de ambiente *TERM* contiene el tipo de terminal en que se está trabajando. En la línea 6) este valor se guarda en la variable de ambiente *TERMORIG* para poder asignarle un valor nulo a *TERM*, lo que obliga al editor *via* ejecutar en modo de una sola línea.

En la línea 7) se exportan las variables relacionadas con el mecanismo de historia, para que sus valores estén disponibles en las shells que se deriven de la original.

```
8) h(){
```

En la línea 8) comienza la definición de una función para la *shell* de Bourne. Esta función (cuyo nombre es *h*) es la que servirá para activar el mecanismo de historia. Los comandos que vienen a continuación constituyen el cuerpo o definición de la función.

```
9) TERM=
```

En la línea 9) se asigna un valor nulo a *TERM*, de esta manera el editor *vi* se verá obligado a ejecutar en modo de una sola línea.

```
10) EXINIT=$EXINITH
```

En la línea 10) se asigna a *EXINIT* la tira que contiene los comandos del editor que van a dar significado especial a las teclas asociadas con el

mecanismo de historia.

```
11) vi + $HOME/HIS
```

En la línea 11) se ejecuta el editor de texto *vi*. El argumento + (signo más) hace que el editor se posicione inicialmente en la última línea del archivo. El archivo a procesar es el que guarda los comandos que se han dado mediante este mecanismo, su nombre es *HIS* y reside en el directorio *HOME* del usuario, de modo que *\$HOME/HIS* corresponde a su path absoluto.

```
12) TERM=$TERMORIG
```

```
13) EXINIT=$EXINITN
```

Tan pronto termina la ejecución de *vi*, restauramos el tipo de terminal y el valor de *EXINIT* que se debe utilizar en la ejecución normal del editor.

```
14) if [-f $COM]
```

En la línea 14) se verifica la existencia del archivo que almacena la línea o líneas que se desea ejecutar. Esta verificación es necesaria porque el usuario puede terminar la invocación del editor que hace parte del mecanismo de historia sin utilizar ninguna de las dos teclas asociadas con el mecanismo de historia (*igual* y *coma*), caso en el cual no se crea el archivo *\$COM* y, por lo tanto, no se debe intentar su ejecución.

```
15) then mv $COM $COM-
```

```
16) tee /dev/tty < $COM- >> $HOME/HIS
```

```
17) . $COM-
```

```
18) fi
```

```
19) }
```

El resto de la parte ejecutable de la función *h* (líneas 15) a 17)) sólo se ejecuta cuando existe el archivo *\$COM*. En la línea 15) se cambia el nombre de este archivo, agregándole un guión (-) al final. De esta manera se garantiza que el archivo *\$COM* sólo existe cuando el editor lo acaba de crear. En la línea 16) se agrega el contenido del archivo *\$COM-* al final del archivo de historia, *\$HOME/HIS*. El resultado neto es que la línea o líneas que se ejecutan siempre quedan al final del archivo de historia. Por esta razón es que el editor se ejecuta posicionándolo en la última línea del archivo de historia, que es la



que corresponde al último comando ejecutado.

Para esta adición se utiliza el comando *tee* que también envía el contenido del archivo *\$COM-* a la terminal, de modo que el usuario tiene una verificación visual del comando o comandos que se van a ejecutar a continuación.

La línea 17) es la que realmente ejecuta el contenido de *\$COM-*. Como nos interesa estar en capacidad de ejecutar comandos que afectan el ambiente de la *shell* en que estamos trabajando (por ejemplo: dar valores a variables de ambiente), utilizamos el comando *dot* (.) para garantizar que la ejecución se realiza en la *shell* que está activa.

La línea 18) del *script* termina la construcción de control *if* y la línea 19) termina la definición de la función *h*.

Para utilizar el mecanismo de historia se procede como sigue:

1) El mecanismo de historia debe estar activo en la *shell* en que estamos trabajando. Si es la *shell* inicial y hemos incluido en el *.profile* las 3 líneas que se indicaron inicialmente, el mecanismo se activó automáticamente cuando arrancó la *shell*. Si se trata de una nueva *shell*, obtenida desde un editor u otro programa con esta capacidad, se debe activar ejecutando el siguiente comando:

```
.$HH
```

2) Para dar un comando utilizando el mecanismo de historia se ejecuta primero el comando *h*.

3) La ejecución de *h* coloca al usuario dentro del editor *vi*, posicionado en la última línea del archivo de historia. El editor está en modo de una sola línea, en el cual, aunque prácticamente todos los comandos funcionan normalmente, hay que tener en cuenta que no trabajan las teclas correspondientes a las flechas (utilizar las teclas *h*, *j*, *k* y *l* o las teclas *espacio*, *backspace*, *menos* y *return*, para moverse en el archivo) y que, cuando la línea que se está editando excede

80 caracteres, el editor asume un comportamiento peculiar que no causa mayor problema pero con el cual es conveniente familiarizarse. El usuario puede usar las capacidades del editor para buscar, modificar o agregar comandos al archivo de historia.

4) Una vez se tenga, en cualquier parte del archivo de historia, el texto que se desea ejecutar, el usuario ordena su ejecución con la tecla *igual* (=), si se trata de una sola línea o con la tecla *coma* (,) si se trata de varias líneas. En este último caso hay que recordar que el cursor debe estar en la primera línea del grupo y que éste debe terminar con una línea en blanco o con el fin del archivo.

El procedimiento descrito en este artículo no sólo sirve para implantar el mecanismo de historia, sino que puede aprovecharse para activar una serie de ayudas que tradicionalmente se han incluido en el archivo *.profile*. Como ejemplos podemos citar: la asignación de los valores de las variables *PATH* y *CDPATH*, la definición de las funciones de que el usuario desee disponer en la *shell* activa, etc.

Para demostrar esta capacidad agreguemos al *script hh* la definición de dos funciones denominadas *cdp* y *cda* que no tienen ninguna relación con el mecanismo de historia pero que son tan útiles que ya no puedo prescindir de ellas en mi trabajo diario.

La función *cdp* realiza el mismo trabajo que el comando UNIX *cd*, es decir, cambia el directorio corriente del usuario. La diferencia reside en que *cdp* modifica los valores de las variables *PS1* y *PS2* que sirven de indicador (*prompt*) de que la *shell* está lista para recibir un comando, cambiándolas por una tira que incluye el *path* del directorio corriente.

La función *cda* cambia el directorio corriente actual por el inmediatamente anterior. El texto que habría que agregar al *script hh* para implantar estas dos funciones es el siguiente:

```
case $PS1 in
  \#*) PROMPT=\# ;;
  *) PROMPT=$ ;;
esac
export CDA PS1
cdp(){
  CDA='pwd'
  cd ${1-$HOME} > /dev/ null
  PS1="pwd' $PROMPT "
  PS2="pwd' > "
}
cda(){
  cdp $CDA
}
cdp .
```

El análisis de esta parte del *script* se deja como ejercicio al lector interesado en el tema. El mecanismo descrito en este artículo, extendido y complementado con una serie de elementos adicionales, similares a los expuestos en la última parte, es tan útil que lo empleo aún cuando estoy trabajando con la *shell* de Korn que tiene su propio mecanismo de historia. Con el tiempo mi archivo de historia (el cual es conveniente podar de vez en cuando) ha llegado a incluir la ejecución de algunos de los comandos y opciones más oscuros del UNIX. De esta manera se ha convertido también en una importante herramienta de ayuda para la utilización del sistema.

Además de compartir una herramienta de gran utilidad con los lectores, al escribir este artículo me ha animado el propósito de mostrar el poder que se puede derivar del empleo de las herramientas estándar del UNIX y el grado de integración con que es posible combinarlas para obtener con unas pocas líneas de código (19 para el mecanismo de historia) resultados realmente sorprendentes. El dominio de las capacidades de la *shell* y el conocimiento de los programas de utilidad estándar del UNIX, capacitan a los usuarios para el desarrollo rápido de aplicaciones de considerable alcance, con la ventaja de que su inversión está protegida por tratarse de un sistema abierto y que para lograr esta productividad no es necesario adquirir un costoso sistema de cuarta generación (cerrado y cuya permanencia en el mercado es discutible) porque las



herramientas necesarias ya están incluidas en el sistema operacional.

Entre los obstáculos que han frenado la popularización del UNIX en nuestro medio se destacan dos: el primero, por habernos llegado tarde, muchas de las áreas de aplicación en que demostró originalmente sus ventajas, trabajando en minicomputadores, ya habían sido conquistadas por los micros que acostumbraron a los usuarios a interfaces más amigables pero menos poderosas y, el segundo, su divulgación nació del interés de los usuarios por disponer de sistemas abiertos que no los amararan a una arquitectura y un fabricante determinados y no del sector académico, como si ocurrió en el exte-

rior, por lo que en la mayoría de los casos se han ignorado las capacidades realmente singulares del sistema y sólo se aprovechan las que corresponden a aquellas comunes en otros ambientes.

Probablemente estos argumentos no convencen de las ventajas que tienen las herramientas tradicionales del UNIX a quienes están acostumbrados a la inmediatez y facilidad de utilización de las interfaces gráficas, pero debemos recordar que el UNIX fue diseñado por profesionales muy experimentados en desarrollo de software con el propósito de lograr una herramienta que les permitiera expresarse con el mayor poder y flexibilidad, sin que tuvieran consideraciones

especiales para los usuarios inexpertos o novatos. Otra es la situación actual, cuando la masificación del mercado concentra la atención de quienes diseñan interfaces en facilitar el trabajo de los usuarios inexpertos o novatos, produciendo resultados que rápidamente limitan a los más experimentados.

Referencias:

- S. R. Bourne, The UNIX System V Environment, Addison Wesley, 1987.
- K. Christian, The UNIX Command Reference Guide, John Wiley & Sons, 1988.
- K. Christian, The UNIX Operating System, second ed., John Wiley & Sons, 1988.



DESARROLLOS CIVILES LTDA.

INGENIEROS CONSTRUCTORES

**ESPECIALIDAD EN EJECUCION DE OBRAS CIVILES
EN ZONAS RURALES.**

**CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE VIAS.
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS ESPECIALES
EN CONCRETO.**

ALQUILER DE MAQUINARIA.

Edificio MASTER CENTER Calle 100 N° 41-40 Of. 419 Tel: 2710840

Fax: 2710840 Bogotá D.E.



PERSPECTIVAS DEL EJERCICIO DE LA INGENIERIA EN EL AÑO 2000

Por: GERMAN SILVA FAJARDO*

Tatar de inferir o adivinar cuál será el futuro de la ingeniería colombiana en el próximo siglo, y formular en consecuencia algunas estrategias para el futuro ejercicio profesional es una tarea fascinante, no exenta de adivinación, y definitivamente sesgada por el criterio personal de quien pretende jugar a profeta.

Cuando ejercicios de inferencia y predicción de fenómenos físicos se intentan, como por ejemplo, cuando se pretende determinar cuál será el comportamiento de los caudales de un río en los próximos 50 años, para calcular la generación si se construyese un proyecto hidroeléctrico, el método corrientemente utilizado consiste en analizar primero la historia y establecer como fue el comportamiento promedio del fenómeno en el pasado, cuales sus valores extremos, cuáles las características de la serie de datos disponibles, y cuáles las tendencias de variación. Con base en ellas, se infiere el comportamiento futuro introduciendo ajustes a algunos parámetros que con la información actual, juzgamos pueden generar modificación en el comportamiento hacia el futuro.

Creo que el utilizar un método similar en este caso, nos puede dar algunas luces respecto al tema que hoy analizamos: EL FUTURO EJERCICIO DE LA INGENIERIA EN EL SIGLO XXI.

En épocas prehistóricas, se puede decir sin mucho error, que no existía un conocimiento sobre el comportamiento de los materiales, ni sobre

los esfuerzos a que estaban sometidos. Se utilizaban en su forma natural, empíricamente por el desconocimiento de sus principios de resistencia y esfuerzo. Grandes rocas y lajas de piedra fueron los elementos constructivos, la fuerza humana y las palancas el medio de transporte y la potencia para la ejecución.

Uno de los primeros indicios de construcciones que aun perduran son tal vez los dólmenes y tumbas megalíticas de la época Neolítica, en donde grandes moles de piedra fueron colocadas formando pórticos.

El avance en el conocimiento y la aparición de las herramientas de bronce y hierro respectivamente, permitieron labrar la piedra e iniciar la construcción de mampostería. El descubrimiento de los Egipcios, según unos, o de los Griegos según otros, sobre el funcionamiento de la columna, el arco y la bóveda como elementos estructurales, conociendo que en ellos, todos los elementos están sometidos a compresión, fue un avance trascendente, y permitió vencer grandes luces mediante arcos contruidos con elementos de rocas simplemente talladas y colocadas a junta perdida. Las enormes bóvedas permitieron realizar las majestuosas construcciones romanas y las cúpulas las preciosas obras Bizantinas.

La rueda, el rodillo, la rampa, facilitaron el transporte horizontal y vertical para la movilización de los materiales requeridos.

Las grandes obras de la época estaban limitadas por la fuerza de los esclavos para explotar los

materiales y la capacidad de arrastre de estos y sus animales domésticos para transportarlas y colocarlas. Su costo descomunal, los centenarios tiempos de construcción, limitaban de manera severa el acceso para la mayoría de la población. Las construcciones, templos religiosos, edificios públicos o castillos, estaban reservadas a la Iglesia, los reyes, los señores feudales y alguna pequeña burguesía.

El conocimiento del funcionamiento estructural, las bóvedas de crucería, los contra-fuertes etc., permitieron a la arquitectura Gótica avanzar significativamente, reduciendo las dimensiones de los gruesos muros Románicos y otros elementos estructurales, logrando imponentes construcciones, principalmente catedrales.

Sin embargo, el conocimiento se mantiene en esa época muy parcelado, y cada país o región es dueña de su arte y tiene sus propios métodos de construcción.

En el Siglo XVIII, la mecánica racional contribuyó con el descubrimiento de que las fuerzas se podían descomponer vectorialmente, lo cual permitió realizar las estructuras triangulares, las cerchas y las celosías que hicieron posible realizar grandes cubiertas, puentes y pórticos, utilizando inicialmente madera y posteriormente elementos metálicos.

*Ingeniero Civil de la Universidad Javeriana. Ha sido Viceministro de Obras Públicas y Transporte. Actualmente es presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.



El avance de las matemáticas y de las ciencias derivadas de la física, las mecánicas de sólidos y fluidos, la electricidad, los descubrimientos en el campo de la química y de la metalurgia, la revolución industrial, los motores eléctricos y de explosión, permitieron avanzar a finales del siglo pasado y durante los primeros 50 años del presente, en el conocimiento de los materiales, en el desarrollo de equipos que reemplazaron la fuerza humana, y lo más importante, permitió avanzar muy significativamente sobre el conocimiento conceptual del comportamiento de los materiales, y la relación entre los esfuerzos y las deformaciones.

Aprovechando las mejores propiedades de cada material según el esfuerzo al que se quería someter, nació el concreto reforzado. Se avanzó sobre el comportamiento de los suelos, los principios del movimiento de los fluidos, la termodinámica, etc.

El estado del arte prosperó significativamente buscando fórmulas empíricas que al aplicarles, sus resultados se asimilaran a las observaciones del fenómeno que se pretendía estudiar. Estas fórmulas empíricas y experimentales permitieron calcular con alguna precisión, la resistencia de un cuerpo, el caudal de un conducto, el espesor de un elemento estructural etc., con lo cual se avanzó en el diseño de grandes obras. En la medida que se avanzaba en ellas se fueron desarrollando nuevas teorías sobre las propiedades y funcionamiento de las ciencias en que se basa la ingeniería.

El reto de la época fue, la construcción de obras cada vez más grandes, vencer luces más largas y edificios cada vez más altos.

El desarrollo de los equipos de transporte y movimiento de tierras permitió construir carreteras, presas y grandes obras que en siglos anteriores eran simplemente imposibles por la limitación en la capacidad de carga y en el número de esclavos para ejecutarlas.

Sin embargo, en esta época el conocimiento inició su universalización gracias a los libros, la posibilidad del contacto personal, los estudios y los viajes por otros países.

Los ingenieros aplicaban con maestría los principios básicos, pero se veían limitados por los rudimentarios, lentos y prójimos métodos de cálculo, realizados con calculadoras manuales, reglas de cálculo, tablas de logaritmos, ábacos, y en estas condiciones, el encontrar una solución que permitiera simplemente satisfacer las solicitudes o las hipótesis de carga, era suficiente.

La mayoría de los aquí presentes, hemos crecido y ejercido la ingeniería, durante la segunda mitad del siglo XX, y algunos hemos experimentado en carne propia los vertiginosos cambios de este final de siglo.

El desarrollo de los computadores transformó el ejercicio profesional. Los avances en sensores remotos, transmisión y procesamiento de datos y la masificación en la utilización de sistemas de diseño asistido por computador harán que el trabajo rutinario utilizando procesos artesanales, quede pronto tan obsoleto como quedaron los ábacos, las tablas, los manuales y los ficheros con la popularización de las hojas de cálculo y las bases de datos.

El conocimiento profundo de las matemáticas, la claridad conceptual sobre las mecánicas de sólidos, fluidos y suelos, el conocimiento de la geología, la hidrología, los métodos numéricos, los elementos finitos, la probabilidad, las técnicas de simulación y de optimización, los modelos matemáticos, los métodos de análisis financiero, y sin duda los diarios avances de los computadores, los procesos de digitalización y manejo de información, cambian permanentemente el ejercicio profesional del ingeniero, haciendo posible el buscar soluciones óptimas en vez de soluciones suficientes, liberándolo del trabajo mecánico y rutinario, y permitiéndole realizar su función transcen-

dente: pensar, utilizar su ingenio creativo y continuar su avance tecnológico.

El avance de la ingeniería química que desarrolla nuevos y portentosos materiales plásticos, resinas y fibras sintéticas, los adelantos en semiconductores y circuitos integrados que revolucionan la electrónica y han permitido robotizar la industria, introducir sofisticados elementos de control y medición a distancia, y comunicaciones, facilitan la vida diaria y el ejercicio profesional con nuevas herramientas y maquinarias que cada vez reducen el esfuerzo físico del hombre, y permiten cambiarlo por el esfuerzo creativo.

El computador, el jet, el fax, los modems que interconectan las bases de datos, las bibliotecas y centros de información del mundo, universalizan definitivamente el conocimiento.

Por otra parte, la gran revolución industrial, y la fuerza de la democracia modificaron el molde institucional en el cual la iglesia, los reyes y señores feudales tenían el privilegio de disfrutar de las comodidades de las catedrales, de los castillos, los caminos, y los servicios públicos extendiéndolo hoy a las mayorías, en donde todos tienen igual derecho de disfrutar de los bienes del Estado y de las comodidades de la vida moderna.

Esta necesidad de satisfacer los requerimientos de una creciente población consumidora que presiona al Estado por obtener mejores condiciones de vida, ha introducido en nuestra actividad los conceptos de eficiencia, productividad, mínimo costo, optimización, calidad total, etc.

Importante mencionar en este momento el ejemplo japonés. Su devastada industria de post-guerra reinició sus operaciones copiando juguetes y productos menores de Europa y los Estados Unidos. Inteligentemente, invirtió importantes recursos en formar ejércitos de ingenieros y técnicos en las mejores universidades y centros de investigación del mundo, adquiriendo por este medio tecnología



de punta que otros países estaban desarrollando con inversiones cuantiosísimas, asimilándola e introduciéndole avances surgidos de su propio ingenio.

En menos de 50 años, un país devastado, sobrepoblado, sin materias primas ni combustibles, lejos del comercio mundial, gracias a su altísima tecnología, se ha convertido en el gran innovador de la industria, el gran competidor y en el mayor inversionista del mundo.

Luego de este brevísimo, incompleto y superficial análisis del desarrollo de la ingeniería, considero que de allí se pueden obtener dos o tres ideas y tendencias interesantes para intentar inferir cual será nuestro futuro.

* Se observa como una constante en el tiempo, que el desarrollo de la ingeniería es directamente proporcional al conocimiento profundo del concepto, y que los pueblos y culturas pioneras en el conocimiento, han sido los líderes en su tiempo.

* El trabajo físico es inversamente proporcional al avance tecnológico: las nuevas máquinas reemplazan puestos de trabajo, el ingeniero será cada vez más analítico y menos ejecutor de artesanía.

* La tendencia de los avances tecnológicos permitirá proponer, experimentar y verificar teorías sobre los principios y fundamentos de las ciencias, y utilizar cada vez más avanzados procesos matemáticos y cada vez menos recetas empíricas. Los modelos matemáticos tienden a reemplazar los modelos físicos.

* Aunque los requerimientos de obras de infraestructura, vivienda, servicios etc, son crecientes, y esto nos lleve a suponer un gran aumento en el número de puestos de trabajo, paradójicamente los avances tecnológicos, los aumentos en productividad y en eficiencia actuarán en sentido contrario.

* Es clara la universalización del conocimiento.

* Es igualmente clara la tenden-

cia hacia la universalización del comercio y la prestación de los servicios de ingeniería.

Si estas tendencias enumeradas se extrapolan, podemos imaginar que en el año 2000, existirá una internacionalización de la Ingeniería, y que deberemos competir en nuestro país con la ingeniería mundial. En estas condiciones, el escenario donde se ejercera nuestra profesión implicará que:

* Sólo los eficientes, quienes posean tecnología y conocimientos conceptuales profundos que les generen ventajas competitivas, sobrevivirán.

* Las alianzas o asociaciones en la forma de grupos multidisciplinarios, donde exista una simbiosis entre investigadores, universidades, consultores, constructores, administradores, especialistas en eficiencia y entidades financieras que aumen y maximicen tecnología y conocimiento, eficiencia y organización, productividad y calidad y además suficiente capital, en mi opinión serán los esquemas institucionales competitivos.

* Países de recursos escasos que irinteligentemente los aprovechen, adquiriendo la tecnología de punta que otros desarrollan, ampliarán sus posibilidades de competencia. El ejemplo japonés debe ser punto de referencia permanente.

* La calidad, excelencia profesional y la eficiencia serán requisito fundamental.

Finalmente, de todas maneras, en cualquier sociedad productiva, se requerirán profesionales y técnicos de diversos niveles y calidades. Siempre se requerirán líderes, científicos, especialistas, administradores, directores de obra, técnicos en producción, ejecutores y auxiliares.

Las posibilidades reales de cada quien dependerán obviamente de sus propias capacidades intelectuales o personales y de su capacidad de lucha, pero en términos generales, dependerá fundamentalmente de su

formación académica.

Aquellos con profundas y sólidas bases conceptuales serán los líderes, otros con extensos, aunque no profundos conocimientos básicos los ejecutores, y los de formación académica superficial los auxiliares.



Precisión

SISTEMA INTEGRADO
DE PRESUPUESTO
PROGRAMACION Y
CONTROL DE OBRA

PRECISION es un sistema integrado para las labores de Presupuesto, Programación y Control de obras civiles, desarrollado por la **Escuela Colombiana de Ingeniería** con la Colaboración del Ingeniero y profesor **Ricardo Salazar Ferro**.

Es un sistema ideal para proyectos de cualquier magnitud desarrollados para constructoras privadas, entidades oficiales y fiduciarias que consta de MODULO DE PRESUPUESTO-MODULO DE PROGRAMACION- y MODULO DE CONTROL.-

HARDWARE

- Se ejecuta en computadores compatibles.
- Requiere mínimo 640K en memoria principal
- Disco duro de cualquier capacidad.
- Impresora

Información:

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA Tels: 6760077 y 6760372
Autopista Norte Km 13 A.A. 14520
Santa Fe de Bogotá.
ING. RICARDO SALAZAR FERRO
Tel: 2566495



EVOLUCION DE LAS MATEMATICAS EN LA INGENIERIA (II)

Por: JAIME LESMES *

IV. DOS TOPICOS ESPECIALES: EL CALCULO MATRICIAL Y EL METODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

Hablaremos primero del Cálculo Matricial.

El conjunto de las n-tuplas de números reales:

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix}$$

, con las operaciones de suma y de multiplicación por un escalar, a las cuales me referí en la parte II, es el espacio vectorial \mathbb{R}^n , llamado espacio euclidiano de dimensión n. ($\mathbb{R}^1 \times \mathbb{R} = \mathbb{R}$: conjunto de los números reales).

Más generalmente, un **espacio vectorial** real E es un conjunto en el cual están definidas las operaciones de "suma" + y de "multiplicación por escalares", con las mismas propiedades que tienen estas operaciones en los \mathbb{R}^n .

La estructura de espacio vectorial se encuentra en ramas muy diversas de las matemáticas puras y aplicadas, por ejemplo y notablemente en la teoría de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (ver por ej: [Hl - SM]), donde juega un papel crucial.

Una aplicación $T: E \rightarrow F$ de un espacio vectorial E en un espacio vectorial F se llama **transformación lineal**, si cualesquiera que sean $\vec{x}, \vec{y} \in$

$E; \alpha, \beta \in \mathbb{R}$, se tiene:

$$T(\alpha \vec{x} + \beta \vec{y}) = \alpha T(\vec{x}) + \beta T(\vec{y}).$$

Tomemos ahora $E = \mathbb{R}^n, F = \mathbb{R}^m$; sean $\vec{e}_1, \dots, \vec{e}_n$ los vectores unitarios de \mathbb{R}^n , $\vec{f}_1, \dots, \vec{f}_m$ los vectores unitarios de \mathbb{R}^m , y sea $T: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$ una transformación lineal.

Entonces, si

$$T(\vec{e}_j) = \begin{bmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{mj} \end{bmatrix} = \sum_{l=1}^m a_{lj} \vec{f}_l \in \mathbb{R}^m \quad (1 \leq j \leq n)$$

la matriz

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

de m filas y n colum. (o "matriz m x n"), representa la transformación lineal T, y para todo

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^n \quad \text{se tiene:}$$

$$T(\vec{x}) = A \cdot \vec{x} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^m$$

Si $T: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$, y $S: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^p$ son dos transformaciones lineales, entonces la aplicación **compuesta** $S \cdot T: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^p$, definida por la fórmula $(S \cdot T)(\vec{x}) = S(T(\vec{x}))$ ($\vec{x} \in \mathbb{R}^n$), está representada por la matriz **producto** de las matrices que representan a S y a T respectivamente. Etc.

Si $m = n$, una transformación lineal $T: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ es **invertible** (esto es, existe otra transformación lineal $T^{-1}: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$, tal que $T \cdot T^{-1} = T^{-1} \cdot T =$ identidad) si y solamente si la matriz n x n que representa a T, llamémosla A, tiene una matriz inversa B, o sea, B es una matriz n x n tal que

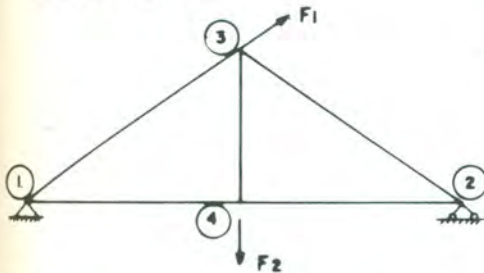
Ingeniero Civil y Matemático de la Universidad Nacional (1961). PhD en Matemáticas Universidad de Frankfurt, Alemania (1967). Actualmente profesor del Departamento de Matemáticas de la Universidad de los Andes. Conferencia dictada en la SCI en 1989



$$A B = B A = n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$\vec{F} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ x_2 \\ y_2 \\ x_3 \\ y_3 \\ x_4 \\ y_4 \end{bmatrix}$$

Uno de los campos de aplicación del cálculo matricial a la Ingeniería Civil es el análisis de estructuras (ver [GAR], [URI] y la bibliografía allí contenida): los métodos matriciales para el cálculo estructural comenzaron a introducirse entre 1.945 y 1.955, y gracias al desarrollo de los computadores, estos métodos se desarrollaron extraordinariamente, hasta el punto de constituir hoy en día la herramienta más poderosa para el análisis de todo tipo de estructuras.



Si tomamos, por ejemplo, una estructura como la dibujada arriba ([URI], Cap. 9, pag.23), podemos formar el vector de desplazamientos:

$$\vec{\delta} = \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ u_4 \\ v_4 \end{bmatrix}$$

cuyas componentes son los desplazamientos, horizontal y vertical, de cada uno de los nudos, y el vector de fuerzas:

cuyas componentes son las componentes, horizontales y verticales, de las fuerzas que actúan sobre los nudos.

Cada una de las componentes del vector $\vec{\delta}$ depende linealmente de las componentes del vector \vec{F} , así que se tiene una relación de la forma: $\vec{\delta} = [C] \cdot \vec{F}$, en donde [C] es una matriz 8×8 , la **matriz de flexibilidad** de la estructura. La matriz inversa $[K] = [C]^{-1}$ es la **matriz de rigidez** de la estructura, y se tiene:

$$\vec{F} = [K] \cdot \vec{\delta}$$

Véase [URI], loc. cit., para la resolución completa de esta estructura por métodos matriciales (se conocen $x_2 = 0, x_3, y_3, x_4, y_4; u = v_1 = v_2 = 0$).

Otro tópico que quiero mencionar es el método de los elementos finitos, muy utilizado actualmente para lo solución de problemas de ecuaciones diferenciales parciales elípticas con condiciones de contorno, por ejemplo, algunos problemas de elasticidad: Se consideran la región Ω , por ejemplo del plano R^2 , en donde se da el problema, un espacio de Hilbert H conveniente, cuyos elementos son funciones definidas en Ω , y se muestra que hallar la solución del problema equivale a hallar un elemento $\mu \in H$ que minimice un funcional lineal $J : H \rightarrow R$, determinado por el problema de contorno. Para ello se elige un sistema ortonormal finito de funciones de $H : \{ \varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n \}$ (ortonormal quiere decir: $\varphi_i \cdot \varphi_j = 0$ si $i \neq j$, $\varphi_i \cdot \varphi_i = 1$) y se buscan constantes c_1, c_2, \dots, c_n tales que el valor de $J(\mu_n) = J(c_1 \varphi_1 + c_2 \varphi_2 + \dots + c_n \varphi_n)$ sea el menor posible. La elección con-

veniente del número N y de la forma de las funciones determinará el grado de aproximación de μ_n a la solución del problema. Lo que quiero hacer resaltar es que la determinación óptima de las constantes c_1, \dots, c_n es un problema de solución de ecuaciones lineales (ver [CIA], [RA - TH], o, para una exposición más elemental, [KAP]).

El cálculo de matrices fue iniciado por Cayley, Peirce y otros, hace más de un siglo ([BOY], pág. 627); los espacios vectoriales abstractos fueron considerados por Grassmann, hace 100 años; los métodos matriciales para el cálculo estructural, como mencioné hace un momento, comenzaron a introducirse entre 1945 y 1955; el método de los elementos finitos fue iniciado por R. Courant en la década de 1940. Sin embargo, cuando estudiamos hace 30 años, estos temas aún no se habían incorporado al programa de estudios de Ingeniería, pero actualmente figuran destacadamente en dicho programa. El auge de estas disciplinas (así como de otras de reciente desarrollo, a las cuales no me he referido aquí, como la programación lineal) se debe al desarrollo de los computadores digitales, que han hecho factibles y rutinarios cálculos que en nuestra época de estudiantes sería utópico pensar en realizar en un tiempo razonable. Por otra parte, la influencia de los computadores en varias ramas de la matemática actual es evidente.

V. SOBRE LA INFLUENCIA DE LOS COMPUTADORES EN LA MATEMATICA ACTUAL

Comienzo por una cita de Barwise y Etchemendy [BA - ET]: "Los computadores nos permiten hacer cosas que no podíamos hacer antes, o nos permiten hacer las cosas mejor, o más rápidamente o más placenteramente, de alguna manera u otra..."

"Esto nos conduce a [mirar] el



reverso de la medalla en esta cuestión. Los computadores proporcionan un nuevo medio o instrumento, pero como todos los medios, ellos tienen sus debilidades características como también sus puntos fuertes característicos. Mucha programación pobre proviene de tratar de hacer con un computador lo que se hace mejor de otra manera, por ejemplo con un libro, o con un profesor en el tablero".

A continuación me referiré someramente al estado actual de cuatro problemas muy conocidos de matemática "pura", en cuyo estudio se han usado computadores.

1- EL "ULTIMO TEOREMA DE FERMAT": P de Fermat (1601-1665) enunció la siguiente afirmación: "Si $n \geq 3$, no existen soluciones enteras positivas x, y, z de la ecuación: $x^n + y^n = z^n$ ". Fermat demostró este teorema para $n=3$ ([BOY], pág. 387) y afirmó haber encontrado la demostración para n cualquiera. Si esto era cierto o no, no se sabe. Poco a poco fue probándose para valores sucesivos de n ; hacia 1.950 ya se había demostrado para $n < 619$. Actualmente, con la ayuda de computadores, se ha demostrado para $n \leq 120.000$ (aproximadamente). Pero el teorema general sigue sin demostrarse. El avance más importante ha sido la demostración, en 1983, por el matemático alemán G. Faltings, de la conjetura de Mordell (un problema de Geometría Algebraica), la cual implica que para un n fijo cualquiera, puede haber a lo más un número finito de soluciones enteras positivas de la ecuación $x^n + y^n = z^n$.

2- LOS NUMEROS PERFECTOS: Un número (entero positivo) se llama **perfecto** si es igual a la suma de sus divisores propios (incluida la unidad), por ej: $28 = 14 + 7 + 4 + 2 + 1$. Ya en los Elementos de Euclides se encuentra la demostración de que si p es un número primo tal que $2^p - 1$ sea primo, entonces el número $N = 2^{p-1} (2^p - 1)$ es perfecto. Euler, en el siglo XVIII, de

mostró que éstos son los únicos números perfectos **pares**. Se plantean dos preguntas:

a) ¿Hay números perfectos impares? (Hasta ahora, sin respuesta).

b) ¿Para qué números primos $p \geq 2$ es primo el número $(2^p - 1)$?

(En este caso, se dice que $(2^p - 1)$ es un número de Mersenne).

A esta última pregunta tampoco se le ha hallado respuesta: por cálculos "a mano" se hallaron los números de Mersenne correspondientes a $p \leq 127$: son doce en total. Actualmente, con la ayuda de computadores, se ha alargado esa lista. El último número de Mersenne encontrado (en 1985) es $2^{216.091} - 1$, que es el mayor número primo conocido. Se ignora si existen infinitos números de Mersenne (ver [DIE], pp. 90 - 91).

3- LOS NUMEROS DE FERMAT: Fermat conjeturó que todos los números de la forma $2^{2^n} + 1$ son primos, y lo comprobó para $n \leq 4$. Euler halló la factorización:

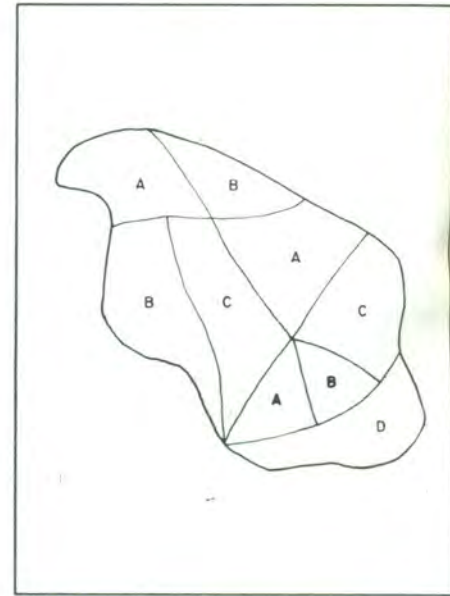
$$2^5 + 1 = 641 \times 6700417$$

Desde entonces no se ha hallado ningún otro número de Fermat que sea primo.

4- EL PROBLEMA DE LOS CUATRO COLORES: Se trata de un problema planteado en 1852 y que hasta hace poco más de 10 años estuvo sin resolver:

En un mapa geográfico se tienen N países, de los cuales cada uno tienen uno o varios vecinos; cada país está separado de cada uno de sus vecinos por una frontera que es un arco de curva.

Se trata de saber si, usando solamente 4 colores, es posible colorear cada uno de los países de modo que dos países vecinos no tengan nunca el mismo color.



Este es un típico problema de Combinatoria. Fue fácil probar que 5 colores eran suficientes, y también caracterizar los mapas coloreables con 2 o 3 colores. Pero el problema original permaneció abierto hasta 1976. Ese año, W. Haken y K. Appel, de la Universidad de Illinois, anunciaron haber hallado la solución; al año siguiente, en un artículo conjunto con J. Koch, publicaron esa solución. La novedad en su método consistió en que redujeron el problema a la consideración de un número **finito** de casos (de todas maneras, más de 1800) y luego examinaron cada uno de esos casos con la ayuda de un computador: el problema fue resuelto positivamente.

He mencionado los cuatro problemas anteriores para ilustrar con ejemplos conocidos y fáciles de entender la potencia y a la vez las limitaciones del uso de los computadores en matemáticas. En especial, quiero resaltar que con el empleo de los computadores ya puede hablarse de matemática experimental [DEV].

VI. UNA TEORIA EN GRAN ACTIVIDAD INVESTIGATIVA: EL CAOS.

Para terminar, diré algunas palabras sobre una teoría que ha revivido y se



halla activa debido a las posibilidades de análisis ofrecidas actualmente por la ayuda de los computadores: la Teoría del Caos (denominación introducida en 1975 por Li y Yorke [LI - YO]). La presentación siguiente se basa esencialmente en [RUE].

En las ciencias naturales se encuentran frecuentemente sistemas cuya evolución en el tiempo es irregular, aperiódica, "caótica": por ejemplo, la trayectoria del humo de un cigarrillo; su forma es tan complicada que desafía cualquier análisis. Y sin embargo, es un fenómeno que obedece a leyes determinísticas de la Física, aunque nos parezca de comportamiento arbitrario.

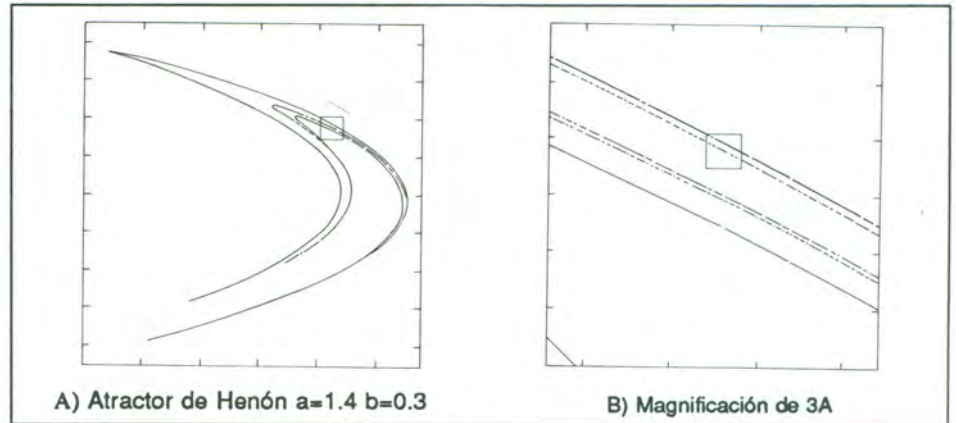


Figura 3

Para tener una imagen clara de la trayectoria del móvil se podría, por ejemplo, calcular $(x(t), y(t))$ para

El comportamiento cualitativo de las trayectorias depende de los valores de los parámetros y de la posición inicial. Como una pequeña variación de esta última puede implicar una variación completamente radical de la trayectoria, cuando se trabaja con datos experimentales se trata el fenómeno probabilísticamente, así tengamos, en principio, un fenómeno determinístico. Una fuente de información muy completa es el libro [HAO].

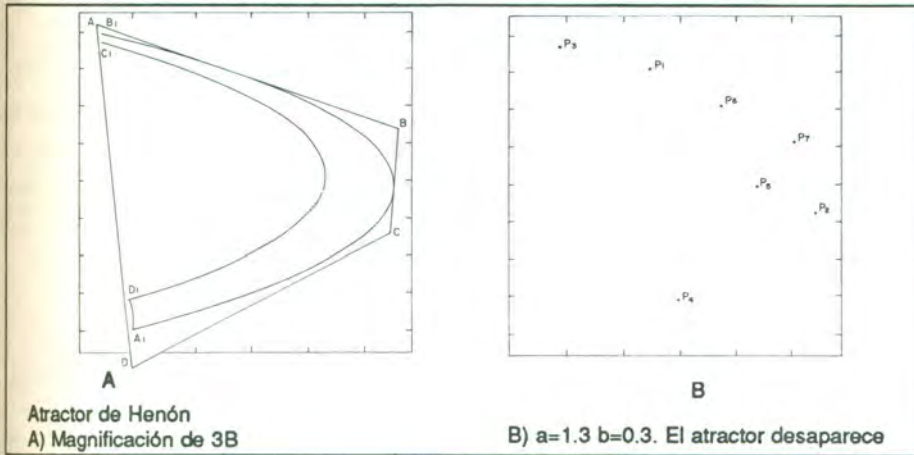


Figura 4

De hecho, se trata de **sistemas dinámicos**, regidos por ecuaciones frecuentemente de aspecto sencillo, pero cuyas soluciones pueden tener, obedeciendo a una misma ecuación, comportamientos muy variados, dependiendo de los valores de los parámetros que intervengan en la ecuación, y de los valores iniciales. Examinemos un caso concreto de un sistema dinámico discreto en el plano, a saber, el llamado "atractor de Hénon" ([RUE], pág. 126): se da una posición inicial $(x(0), y(0)) \in \mathbb{R}^2$ y se estudia la trayectoria que sigue el móvil de acuerdo a las ecuaciones:

$$x(t+1) = y(t) + 1 - a \cdot (x(t))^2$$

$1 \leq t \leq 10.000$, y dibujar la gráfica (ver figura 3). Obviamente, esto solamente es posible con la ayuda de un computador (o sacrificando varios meses).

Dentro de la Teoría del Caos se encuentra también el estudio de los conjuntos llamados "fractales" o de dimensión fraccionaria ver [PE - RI]. Consideremos en el plano complejo el sistema dinámico discreto definido por la ecuación:

$$Z(t+1) = Z(t)^2 + c, \text{ en donde } c \text{ es un parámetro.}$$

Tomemos inicialmente $c = 0$. Si $|Z(0)| < 1$, el móvil tenderá hacia el punto atractor 0; si $|Z(0)| > 1$, el móvil

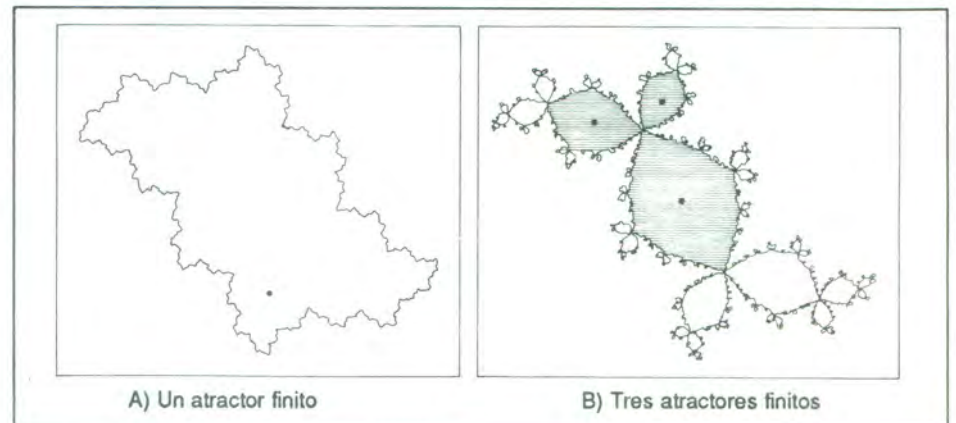


Figura 5

$$y(t+1) = b \cdot x(t)$$



tenderá hacia el infinito; si $|Z(0) = 1|$, el móvil o bien oscilará entre un número finito de puntos del círculo de radio 1, o bien recorrerá un número infinito de puntos de ese círculo. De todas maneras, el círculo $|Z| = 1$ es la frontera entre las "cuencas" de los puntos atractores 0 e ∞ .

Pero si tomamos, por ejemplo, $c = -0,12375 + 0,56508i$, la frontera de separación entre la cuenca del punto atractor finito y la cuenca de ∞ toma la forma señalada en la figura 5A y para $c = -0,12 + 0,74i$ se obtiene la figura 5B, donde hay tres atractores finitos y la frontera entre sus cuencas consiste en un número infinito de círculos deformados.

Estas fronteras se llaman "conjuntos de Julia", pues fueron estudiados por el matemático francés G. Julia hacia 1916. La teoría de los sistemas dinámicos se remonta al siglo pasado y recibió su mayor impulso de H. Poincaré (ver, por ej: [HI - SM]). Sin embargo, el estudio del "caos determinístico" y los conjuntos

de Julia cobró nuevo y decidido impulso debido a las posibilidades brindadas por los computadores.

Actualmente se estudia la aplicación de estas teorías a la turbulencia de fluidos, a la meteorología y a las cuencas hidrográficas.

Quiero finalizar con una cita de K. Devlin [DEV]: "Como estudio de una **estructura**, las matemáticas toman algún aspecto particular del mundo, forman una representación abstracta (o modelo) de él y proceden a analizar ese modelo abstracto de una manera rigurosa y lógica. El estudio inicial de la construcción del modelo es en cada paso tan duro (y quizás más duro) que los aspectos, más familiares en las matemáticas, de las pruebas de teoremas... el que un modelo matemático sea o no el "correcto", requiere una amplia gama de habilidades de juicio, que solamente puede tenerse después de un considerable estudio del área visada... [por esto] veo de manera semejante a los experimentos con computador como

genuina matemática... [pero] no porque [necesariamente] **conduzcan** a la formulación y prueba de teoremas matemáticos. La demostración de teoremas es solamente una parte de toda la actividad matemática..."

BIBLIOGRAFIA

[BA-ET] Barwise, J. and Etchemendy, J. "Creating Courseware. Notices of the Am. Math. Soc., 36 N° 1 January (1989).
 [BOU] Bourbaki, N. "Elementos de Historia de las Matemáticas" Alianza Editorial. Madrid, 1976.
 [BOY] Boyer, C.B. "A History of Mathematics". John Wiley and Sons, New York, 1968.
 [CIA] Ciarlet, Ph. G. "The finite element method for elliptic problems". North Holland, Amsterdam, New York, Oxford, 1978.
 [DEV] Devlin, K. "Mathematics without theorems". Notices of the Am. Math. Soc., 35 N° 10 (December, 1988).
 [DIE] Dieudonné, J. "Pour l'honneur de l'esprit humain. Les mathématiques aujourd'hui". Hachette, 1987.
 [GAR] García Reyes, L.E. "Notas de Análisis Matricial". Universidad de los Andes. Bogotá, 1980.
 [HAO] Hao, B.L. "Chaos". World Scientific, Singapore, 1984.
 [KAP] Kaplan, W. "Matemáticas Avanzadas para estudiantes de Ingeniería". Addison Wesley Iberoamericana, 1986.
 [LI - YO] Li, T.Y. and Yorke, J. "Period three implies chaos". Am Math. Monthly 82, 985 (1975).
 [PE - RI] Peitgen, H.O. and Richter, P.H. "The Beauty of Fractals". Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1986.
 [RA - TH] Raviart, P.A. et Thomas, J.M. "Introduction à l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles" Masson Paris, 1983.
 [RUE] Ruelle, D. "Strange Attractors". Math Intelligencer 2, 126 (1980). La Recherche, 108 (1980).
 [URI] Uribe Escamilla, J. "Análisis Matricial de Estructuras" Universidad de los Andes, 1982.
 [HI - SM] Hirsch, M.W. and Smale, S. "Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra". Academic Press. New York, 1974.

SM estyma ltda.
 ESTUDIOS Y MANEJOS LIMITADA

INGENIEROS CIVILES ASESORES EN:

- Estudio de contratos.
- Licitaciones.
- Estudios técnicos y manejos contactuales.
- Planificación Minera.

INGENIEROS CONTRATISTAS ESPECIALIZADOS EN MINERIA.

Oficinas en Bogotá:
 Calle 93a No. 14-37 Oficina 316 Tel: 2570241 ; Fax 2571166

A N U N C I E

EN LA REVISTA DE LA
 ESCUELA COLOMBIANA
 DE INGENIERIA
 EL MEDIO ADECUADO
 PARA PROMOVER
 SU EMPRESA

Comercializa
A L V I L L Y Cia Ltda
 Bogotá:
 Trans. 6 No. 51 A 43 Tels: 2871005 y 2321886
 Medellín:
 Calle 7 A sur No. 35-55 Apto 309 El Poblado
 Tel: 2688054



ALGUNAS OPINIONES ACERCA DE LA INVESTIGACION BASICA EN COLOMBIA

Por: JAVIER BOTERO *

Existen tantas razones para argumentar a favor como en contra de la investigación básica en países en desarrollo, más aún si se trata de comparar la investigación básica con la investigación aplicada. Por lo tanto no trataré en este corto ensayo de crear una polémica más acerca de este tema, que podría decirse que está casi trillado por interminables discusiones auspiciadas tanto por entidades gubernamentales como privadas. El objetivo de este artículo, como su título lo indica, es más bien expresar la opinión de un investigador en Física Teórica, ciencia puramente básica, acerca de los problemas a los que tienen que enfrentarse un investigador al hacer investigación en Colombia.

Estos problemas son de dos tipos: (1) Los problemas que yo llamaría de infraestructura, que incluyen las limitaciones en el material de trabajo, sean éstos equipos de laboratorio, computadores o reactivos; la dificultad en la actualización en la literatura científica y en la consecución de artículos especializados, que trae consigo el atraso y el aislamiento del investigador con respecto a los avances científicos, ya que las pocas publicaciones nacionales están atrasadas y son de una calidad tal que no son bien reconocidas a nivel internacional; la dificultad de movilización, que trae consigo también el aislamiento del investigador, ya que el contacto personal en congresos y reuniones es esencial para el desarrollo de proyectos científicos; y (2) Los problemas que yo llamaría de motivación, que están

alimentados por los primeros y agravados por una presión social y económica. Estos últimos serán el principal tema de este ensayo.

Los problemas de infraestructura son graves, pero, a mi manera de ver, tienen una solución más fácil y especialmente pronta, a partir del momento en que haya una intención política seria para resolverlos. La solución se vuelve en el fondo de tipo puramente económico, sin involucrar cantidades de dinero que se salgan de los límites de nuestras posibilidades. Especialmente si se logra involucrar en esto a la empresa privada. Aquí cabe anotar que en Colombia existe una ausencia casi total de donaciones por parte de empresas particulares o individuos a universidades o institutos de investigación, en comparación con otros países desarrollados donde algunas veces hasta el 20% de un presupuesto de una universidad proviene de donaciones, lo cual equivale a un porcentaje muy alto de lo que se dedica a la investigación y donde empresas invierten un alto porcentaje de sus presupuestos en investigación, aún en investigación básica no directamente relacionada con su producto. Esta apatía de nuestra sociedad a la investigación me trae al segundo tipo de problemas. En una sociedad donde la profesión de profesor universitario ha casi desaparecido, dando paso al catedrático, que bien puede dictar una clase bien dictada pero que no tiene el tiempo para tratar problemas distintos a éstos que se refieren a su clase, oficina o negocio, y que la profesión de investigador o científico ha sido

siempre una rareza, la motivación requerida por el investigador no existe. Este problema es aún más crítico cuando además de esta falta de reconocimiento social a una labor (he visto grafitis que dicen: "El que sabe hace y el que no, dicta conferencias") se suma un bajo nivel salarial, que trae consigo una presión económica al investigador y a su familia, llevándolo a tomar trabajos diferentes al de investigador para poder satisfacer las necesidades básicas de la familia. Existen unos pocos casos aislados, especialmente en áreas relacionadas con la salud donde existen motivaciones de tipo humanitario y social ausentes, por lo menos a primera vista o a corto plazo, en otras áreas de las ciencias básicas, en los cuales investigadores colombianos han llevado a cabo proyectos de investigación de gran envergadura y han obtenido resultados cuya importancia ha sido reconocida internacionalmente. Deben ser ellos motivo de admiración y ejemplo para todos nosotros, más no razón para decir que el que quiere, puede, ya que no todos los que querrían dedicarse a la ciencia tienen, ni tienen por que tenerla, esa dedicación y entrega que linda con el sacrificio.

Es bien sabido que los trabajos en la academia no son muy bien remunerados en todo el mundo, proviniendo ésto tal vez del hecho de que las prioridades de los académicos

*University of Tennessee, Knoxville
TN 37996-1501, USA, Oak Ridge National
Laboratory, Oak Ridge, TN 37831, USA, y
Escuela Colombiana de Ingeniería.*



son a veces un tanto distintas. Las sociedades más desarrolladas han diseñado a través de la historia un mecanismo de reconocimiento y admiración a esas labores, para así contrarrestar la baja remuneración. Es decir que los académicos sin estar en una alta posición económica, ocupan un alto lugar en la sociedad.

En Colombia la situación es bien distinta. Aquí le cuesta trabajo a la gente entender, aún a la que se supone tiene un alto nivel de educación, que una persona se dedique a la investigación, o aún a la docencia universitaria de tiempo completo.

La pregunta normal al dirigirse a una persona que trabaja en una universidad es: y usted: ¿qué más hace? Es decir que para la mayor parte de la sociedad el trabajo académico no es un trabajo "completo".

Lo más grave es que esta forma de ver las cosas está presente a todo nivel, algunas veces hasta en las directivas de entidades académicas. El científico, como cualquier ser hu-

mano, necesita motivación en su trabajo. Esta motivación debe presentarse de dos formas igualmente importantes. Una, mediante una aceptación social de la importancia de su trabajo y una exaltación del mismo. Afortunadamente algunos medios de comunicación han aportado algo a esta labor, pero nos falta mucho por hacer. Debemos empezar en el salón de clases de la primaria, donde deberá enseñarse que la gran mayoría de los avances tecnológicos nacen en las mentes de investigadores y científicos; en el bachillerato, donde deberá exaltarse la creatividad científica con experimentos simples de Física, Química y Biología, y en la universidad, donde se deberá volver al concepto real de universidad como cuna del conocimiento y del desarrollo, no como una fábrica que produce profesionales mediocres en serie. La segunda forma de motivación está perfectamente ligada a la primera y es la motivación salarial. Una persona tiene que tener una mente tranquila y despejada para

poder producir científicamente. Cuando se tiene que pensar en trabajar en dos sitios a la vez, o en dos ocupaciones distintas, la concentración se pierde y por lo tanto la productividad.

Está bien claro que estos dos tipos de problemas están perfectamente ligados, que la solución de éstos, como la de los más graves problemas del mundo, depende más de una decisión política de unos dirigentes, que de la solución presentada por unos pensadores a cada problema en particular. Está bien claro también que en un país como el nuestro donde hay niños muriéndose de hambre y personas matándose entre sí, los problemas de un investigador se vuelven secundarios; pero no podemos dejar de pensar en el futuro por resolver los graves problemas del presente, por que entonces los problemas que hoy son del futuro serán aún más graves y numerosos cuando sean del presente.

PCA

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
Diseño Estructural

Cra 10 No. 93-51 Tel. 6104200
Fax. 6104200 Ext 15
Apdo 21254
Bogotá COLOMBIA

**PLANOS
EN
AUTO CAD**

Informes:
ANA MARIA RIOS
Tel. 2358231
MEDELLIN



SISTEMAS DE AFINACION

Por: BERNARDO LIEVANO

En el artículo anterior, se estudió la desafinación natural que existe entre las notas de la escala, este "descuadre" ha conducido a múltiples propuestas de temperamento o de repartición del error entre los doce semitonos de la escala.

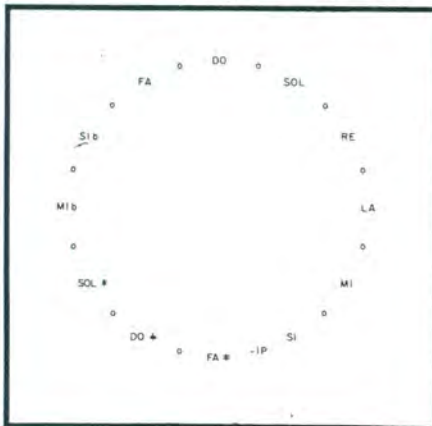
Existen dos clases de temperamentos: Los que reparten el error acortando las quintas y alargando las cuartas hasta obtener un cierre total; a este tipo de temperamento lo llamaremos TEMPERAMENTO IRRESTRICTO o BUEN TEMPERAMENTO ya que permite el uso de todas las tonalidades mayores y menores; el segundo tipo de temperamento es aquel que no cierra totalmente el error y permite tener una de las quintas "desafinada", a este tipo de temperamento lo llamaremos MEAN TONE TEMPERAMENT o TEMPERAMENTO RESTRINGIDO.

Usamos el termino inglés por no encontrar una versión satisfactoria al Castellano. Además de estos temperamentos, presentaremos la afinación Pitagórica, la cual no tiene ningún temperamento, ya que no reparte el error y se limita a usar las quintas perfectas.

AFINACION PITAGORICA

Este tipo de afinación se usaba en instrumentos de teclado hasta la aparición del "mean tone temperament" a finales del siglo XVI. Hasta finales del siglo XIII, cuando aparecen teclados cromáticos, no era necesario enfrentar el problema del temperamento, ya que la música sólo usaba los siete tonos de la escala y todas las quintas y cuartas eran perfectas; esto se puede apreciar en el canto llano de la iglesia y las obras profanas de este período.

Como no podemos hablar de un temperamento pitagórico, diremos que en este sistema de afinación se deja la coma pitagórica a una quinta que nunca se tocará, la cual según los teóricos del siglo XV como Arnout von Zwolle es el



intervalo SI - FA#. A esta quinta sin afinar se le ha llamado tradicionalmente EL LOBO o EL AULLIDO.

MANERA DE AFINAR

Coloque mediante el uso de un diapasón, la nota DO central. A partir de

ésta, afine la quinta superior SOL pura (sin pulsos), luego obtenga la nota RE inferior como una cuarta pura (sin pulsos), luego obtenga la nota LA superior como quinta pura, luego la nota FA inferior como cuarta pura, etc. hasta llegar a la nota SI; después tome la nota FA y obtenga la nota SIb como cuarta superior pura, luego la nota MIb como quinta inferior pura, etc. hasta llegar a la nota FA#. Observe claramente la desafinación que queda en el intervalo FA#-SI. Afine el resto del teclado por octavas puras. Si el instrumento tiene otro registro, afínelo por unísono con el registro que se afinó previamente.

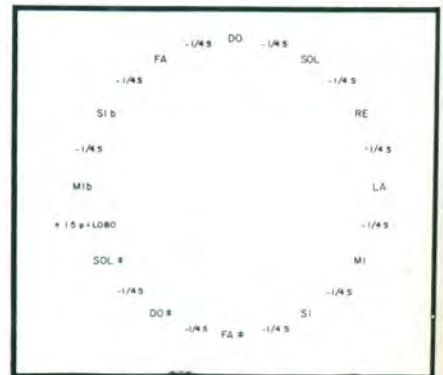
Este tipo de afinación es ideal para la interpretación de la música medieval y comienzo de la polifonía con autores como Machaut, Dufay, Ockeghem y Josquin.

MEAN TONE TEMPERAMENT

Este tipo de temperamento, acorta once quintas de la escala en una cantidad igual a 1/4 de la coma sintónica (21.5 cents), y deja a la decimosegunda quinta la desafinación o "el lobo". La razón de esta manera de temperar la escala obedece a la necesidad estética de la época por los intervalos de tercera puros; este temperamento produce 8 intervalos de tercera puros a expensas de las quintas. Su uso se introdujo posiblemente hacia finales del siglo XV y figura en tratados de autores de la época tales como Bartolomeo Ramos de Pareia, Arnolt Schlick, su análisis matemático original se debe al teórico Zarlino.

MANERA DE AFINAR

Coloque la nota DO central. Afine las notas negras como intervalo puro con las notas redondas correspondientes, después "temperere" o desafine las notas negras alargando o acortando el intervalo según la convención indicada hasta escuchar el número de pulsos



MANERA DE AFINAR

CHEGUEO



escrito debajo de cada acorde. La nota negra representa la nota antes de temperarse y la nota redonda representa el intervalo temperado.

(C=intervalo corto, L=intervalo largo, P=intervalo puro)

TEMPERAMENTOS IRRESTRICITOS

Hay múltiples, propuestas de temperamentos irrestrictos; en teoría existe un número infinito de formas de temperar la escala. Todos ellos se basan en repartir la coma pitagórica y la coma sintónica hasta cerrar el error en cero de manera que se pueden usar todas las tonalidades; de allí el nombre BIEN TEMPERADO. De éstos, presentaremos cuatro que juzgamos pueden ser de interés y aplicación para todo tipo de música.

TEMPERAMENTO DE WERCKMEISTER III (1691)

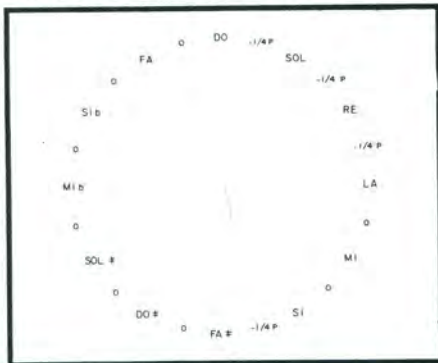
Andreas Werckmeister, compositor, teórico y organista alemán (1645-1706). Este temperamento se adapta muy bien a la música barroca y es relativamente fácil de obtener ya que sólo hay que temperar cuatro quintas y los demás son intervalos puros.

Coloque la nota DO central. Afine las notas negras como intervalo puro con las notas redondas correspondientes; después "tempere" o desafine las notas negras alargando o acortando el intervalo según la convención indicada hasta escuchar el número de pulsos escrito debajo de cada acorde. La nota negra representa la nota antes de temperarse y la nota redonda representa el intervalo temperado.

(C=intervalo corto, L=intervalo largo, P=intervalo puro)

TEMPERAMENTO DE JOHN BARNES (1979).

John Barnes, después de un análisis



MANERA DE AFINAR

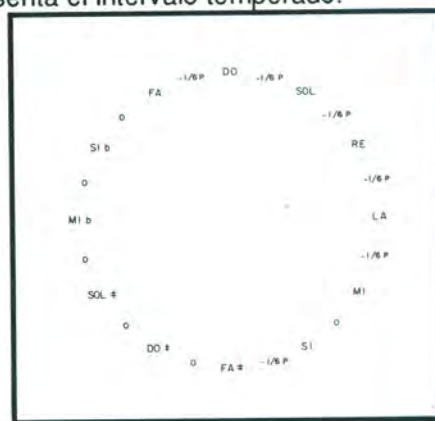
de los 48 preludios y fugas del Clave Bien Temperado de J.S. Bach, propone este temperamento, casi igual al temperamento italiano, como el temperamento usado por Bach.

MANERA DE AFINAR

Coloque la nota DO central. Afine las notas negras como intervalo puro con las notas redondas correspondientes; después "tempere" o desafine las notas negras alargando o acortando el intervalo según la convención indicada hasta escuchar el número de pulsos escrito debajo de cada acorde.

La nota negra representa la nota antes de temperarse y la nota redonda representa el intervalo temperado.

(C=intervalo corto, L=intervalo largo, P=intervalo puro)



Francesco Vallotti (1697-1780) compositor italiano y

MANERA DE AFINAR

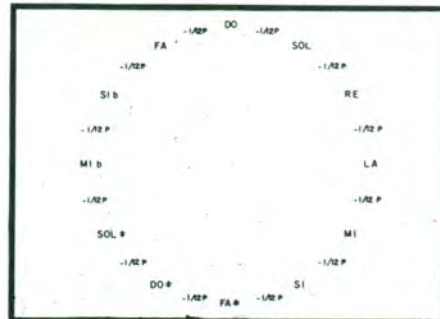
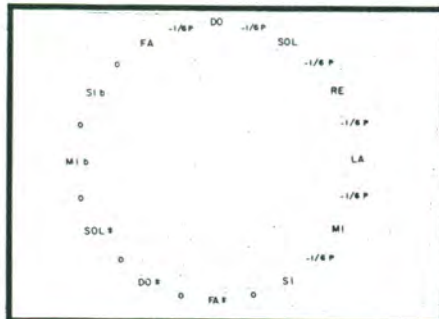
teórico de la música, propuso un temperamento irrestricto en el cual la coma pitagórica se reparte en seis partes iguales a partir del FA hasta el SI, dejando las otras seis quintas puras. Es un temperamento que probablemente refleja la afinación del barroco italiano y resulta adecuado para usarlo en la interpretación del barroco en general.

MANERA DE AFINAR

Coloque la nota DO central. Afine las notas negras como intervalo puro con las notas redondas correspondientes; después "tempere" o desafine las notas negras alargando o acortando el intervalo según la convención indicada hasta escuchar el número de pulsos escrito debajo de cada acorde. La nota negra representa la nota antes de temperarse y la nota redonda representa el intervalo temperado. (C=intervalo corto, L=intervalo largo, P=intervalo puro)

TEMPERAMENTO IGUAL

El temperamento igual, que se usa en la música desde finales del siglo XVIII, parece haber sido introducido desde la época de Aristoxeno en Grecia. Es la solución



MANERA DE AFINAR

CHEGUEO

108 160 118 178 133
C C C C C P P P P P P L

MANERA DE AFINAR

CHEGUEO

53 80 59 83 67 100 75 58 84 83 95 71
C C C C C C C C C C C L

matemática más perfecta al problema del temperamento ya que reparte la coma pitagórica en doce partes iguales, haciendo que los semitonos tengan la misma medida en toda la escala. Fue usado ampliamente en la época renacentista, especialmente para la colocación de trastes de guitarras y laudes. Bach lo usó también, pero la creencia de que este compositor fue quien lo introdujo no pasa de ser una distorsión más en la historia de la música.

MANERA DE AFINAR

Coloque la nota DO central. Afine las notas negras como intervalo puro con las notas redondas correspondientes; después "tempere" o desafine las notas negras alargando o acortando el intervalo según la convención indicada hasta escuchar el número de pulsos escrito debajo de cada acorde. La nota negra representa la nota antes de temperarse y la nota redonda representa el intervalo temperado.

salazar ferro ingenieros S.a.

- * CONSULTORIAS
- * INTERVENTORIAS
- * INSTRUMENTACIONES

SOFTWARE TECNICO

- * Programación, presupuesto y control de obras civiles
- * Métodos numéricos en ingeniería (Elementos finitos, en suelos y estructuras)

• Calle 94A N°. 13-29 • Tel: 256 6495
• BOGOTA - COLOMBIA