



REVISTA

# ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

Año I No. 3 Vol. I Diciembre 1990/ Febrero 1991

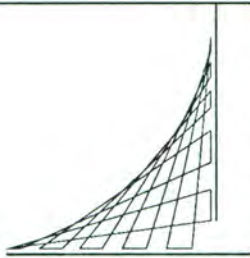
## RUTAS HACIA LA TURBULENCIA EN LOS FLUIDOS

ESTUDIO  
COMPARATIVO  
DE CINCO  
CEMENTOS  
COLOMBIANOS

EL CONTROL Y  
LA AUDITORIA  
FRENTE A LA  
INFORMATICA  
DE LOS AÑOS 90







**REVISTA  
ESCUELA  
COLOMBIANA  
DE INGENIERIA**

Año I No. 3 Vol. I  
Dic. 1990/Feb. 1991

**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 Producción**

ALDO G. VILLAMIL A.

**Asesor Especial**

HERNANDO ALVAREZ RINCON

**Directora de Publicidad**

TERESA VARGAS FERIA

Transv. 6 No. 51A - 43

Tels: 232 1886 - 287 1127 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 Montufar  
Jairo Romero Rojas  
Ricardo Salazar Ferro

**Rector**

Ing. Eduardo Silva Sánchez

**Secretario**

Ing. Alberto Salamanca Pinzón

Kilómetro 13 Autopista Norte Tel: 676 0077

Fax: (571) 676 0479 A. A. 14520 Bogotá

## Sumario

- 2 EDITORIAL**  
Por Luis Guillermo Aycardi
- 4 Estudio Geotécnico de sistemas de conducción en terrenos montañosos (II)**  
*Consideraciones sobre la estabilidad del terreno*  
Por Manuel García L.
- 10 Estudio comparativo de Cinco Cementos Colombianos**  
Por Ramiro Cabal S.
- 14 El Control y la Auditoría frente a la Informática de los años 90**  
Por Gabriel Gómez Mantilla
- 16 Rutas hacia la Turbulencia en los Flúidos**  
Por Germán R. Santos
- 22 La Paradoja de las Nuevas Tecnologías**  
Por Luis G. Sánchez B.
- 25 Curso de postgrado en el Estudio del Flujo en Lámina Libre**
- 26 La Teoría de las Escalas**  
Por Bernardo Liévano León
- 27 La "Logica" del Lenguaje**  
Por Carlota López Arango
- 28 Reflexiones sobre la iniciación de la Enseñanza del Análisis en Latinoamérica.**  
*Discurso pronunciado por el ingeniero Arturo Ramírez Montufar*
- 30 NOTICIAS:**
- Nuevo Consejo Directivo de la Escuela
  - XIV Ceremonia de Graduación
  - Participación en Congresos
  - Breves
  - Ex-alumnos.
  - E.C.I. recibe como donación INFORMIX -La base de datos No. 1 en UNIX
  - IBM RISC/6000
  - Temas de la práctica de la Ingeniería Civil.
  - Cartas de nuestros lectores -Universidad Militar Nueva Granada.
  - Ex-alumnos.
  - Nueva Directora de Sistemas.





## EDITORIAL

### **Reina Madre**

*En nuestro país como en el mundo, la Ingeniería Civil ha sido la Reina y a la vez la Madre de las Ingenierías y continuará siéndolo todavía por mucho tiempo.*

*Nuestros primeros Ingenieros, tal vez por su formación más matemáticos y astronómicos que Ingenieros, eran igualmente los diseñadores y constructores de nuestros caminos y vías; sin embargo al lado de estos estudios estuvieron siempre tanto los de la Hidráulica como los de las aplicaciones eléctricas y mecánicas en la Ingeniería.*

*Durante muchos años el Ingeniero Civil se preparó para todo; la Facultad de la Universidad Nacional se denominó de Matemáticas e Ingeniería; hubo quienes conservaron en su ejercicio ese carácter universal y polifacético pero la mayoría estuvo seleccionando alguno de los tantos rumbos posibles.*

*Hubo Ingenieros Civiles puramente Matemáticos; ellos dieron comienzo al Departamento y la Facultad de Matemáticas de la Universidad Nacional; hubo Ingenieros Civiles Fisicos, con quienes se dió origen al Departamento de Física; con estudiantes de Ingeniería Civil se da comienzo a la Facultad de Geología; los Ingenieros Civiles fueron la base para el nacimiento de las carreras de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en nuestro medio. Aparecieron programas ya particular y concretamente de Ingeniería de Vías y Transportes; los Ingenieros Geólogos y los Catastrales tomaron muchos de los cursos antes característicos de los Ingenieros Civiles.*

*La Ingeniería abandonó igualmente muchas de las áreas ya propias de las Ingenierías Mecánicas y Eléctrica y a ella llegaron nuevos conocimientos que fueron origen de cursos y desarrollos adicionales en las áreas de Suelos, Estructuras, Hidrologías, Ingeniería Sanitaria, Técnicas de Construcción y Computación.*

*Con posterioridad de nuevo Ingenieros civiles tomaron la vanguardia en las ciencias de la computación y fundaron la Ingeniería de Sistemas.*

*Ahora los múltiples desarrollos en el Diseño Estructural y en los sistemas y procedimientos constructivos están a punto de dar lugar al nacimiento de la Ingeniería de Estructuras si se decide que esta abarque todas las estructuras o a la Ingeniería de Edificaciones si se comprenden otros campos vecinos relacionados en los edificios.*

*Se predice que esto sucederá muy pronto; se entiende que así se producirán Ingenieros más capacitados en el manejo del diseño, la construcción y la Interventoría de todo tipo de construcciones y se ve que el hecho será económico y ventajoso para el país y para estos profesionales.*

*La inquietud continúa y se incrementa; la Reina Madre se prepara para esta nueva concepción; el conocimiento tendrá lugar en la Escuela Colombiana de Ingeniería; esto también se predice.*

**Luis Guillermo Aycardi.**





# ESTUDIO GEOTECNICO DE SISTEMAS DE CONDUCCION EN TERRENOS MONTAÑOSOS (II) CONSIDERACIONES SOBRE LA ESTABILIDAD DEL TERRENO

Por: MANUEL GARCIA LOPEZ  
I.C., MSCE. (\*)

## Tipos de movimientos de falla de taludes:

En la **Tabla 1** se agrupa un buen número de los tipos de movimientos de falla que pueden ocurrir en terrenos montañosos. En el estudio de los fenómenos de erosión y remoción en masa, deben tenerse en cuenta factores naturales (geológicos y climáticos) que han condicionado las formas del terreno y su compor-

tamiento ante alteraciones por obras de ingeniería.

Dichas alteraciones se deben en general a excavación o sobrecarga. En la **Figura 1** hemos agrupado esquemas ilustrativos de varios tipos de falla de taludes (Varnes 1978, García 1986). En general, son frecuentes los casos de caídas de roca, los deslizamientos traslacionales y rotacionales, los flujos de tierra, detritos o lodos, y los casos combinados o complejos como los de hundimiento-flujo de tierras y los deslizamientos múltiples retrogresivos.

Muchas veces los valles de pendiente moderada están conformados por una masa de tierra en movimiento lento que puede pasar inadvertido en el instante de la inspección; es el caso, del reptamiento, que presenta una tasa de unos pocos centímetros al año, pero en varios años la deformación acumulada podrá causar la rotura del conducto.

En ocasiones un terreno en flujo lento puede ser afectado de tal manera por la saturación, en períodos lluviosos extremos, que presenta una aceleración notable de su movimiento, pasando a metros por

mes, por semana e incluso por día, y la rotura de la tubería es inevitable.

## Procesos y factores de inestabilidad de taludes:

La meteorización y la acción del agua superficial y subterránea juegan un papel muy importante tanto en la evolución de laderas como en su comportamiento (manifestado como una condición de estabilidad) en el momento de dicha evolución en el cual intervienen las obras de ingeniería. Al respecto se describen en las **Figuras 2 y 3** algunos modelos simplificados, adaptados de textos de geomorfología y geografía física, (Clark y Small, 1982; Knapp, 1979; Selby, 1982) tratando de acercarnos a casos típicos del país. Esos modelos sirven para ilustrar los mecanismos y circunstancias que pueden hacer menos propensa a la inestabilidad la cima que la ladera; esto tiene importancia en los oleoductos y poliductos, para los cuales se prefieren las cimas o lomos. Sin embargo, las conducciones de acueductos por lo general trabajan a flujo por gravedad, con pendientes moderadas, por lo cual es común que ocupen corredores a media ladera.

En la práctica existen muy pocas posibilidades de que una conducción pueda sobrevivir las grandes presiones y deformaciones que imponen los deslizamientos rotacionales y traslacionales. En las **Figuras 4 A y B** se representan los

\* Socio y Director de Estudios, Ingeniería y Geotecnia Ltda., Ingenieros Consultores, Apartado Aéreo 14455, Bogotá Colombia.  
Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.  
Profesor Fundador, Escuela Colombiana de Ingeniería

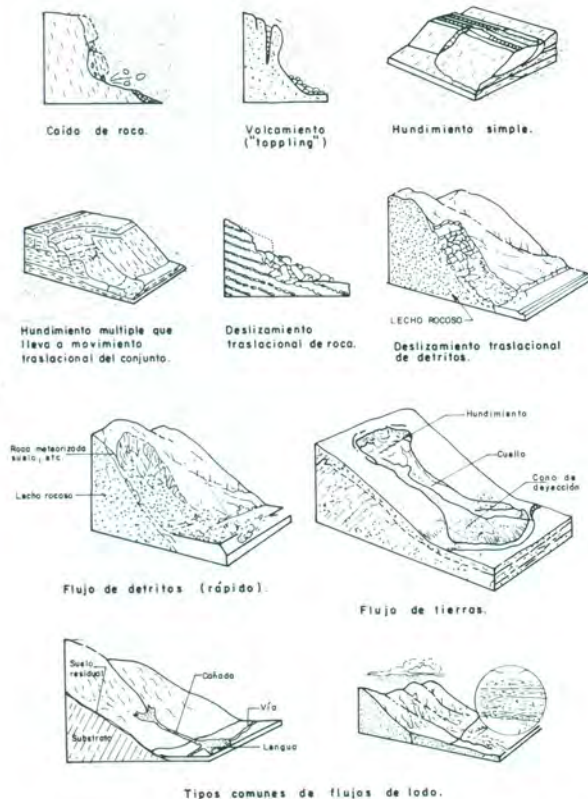


FIGURA No. 1 - TIPOS FRECUENTES DE MOVIMIENTOS DE FALLA DE TALUDES.





TABLA No. 1  
Fenómenos de erosión y remoción en masa

Tipo	Modalidad	Descripción	Localización
1. Pluvial.		El impacto y tamaño de las gotas de lluvia producen desprendimiento de las partículas superficiales.	En relieves y climas variables y suelos bien estructurados, ricos en materia orgánica pero mal protegidos por la vegetación.
2. Esguerrimiento superficial del agua	1. Esguerrimiento difuso	Las partículas pequeñas son arrastradas en tramos cortos formándose surquillos temporales. Llamada erosión "normal".	Se produce en todo tipo de suelo, inclusive en terrenos con buena cobertura vegetal.
	2. Erosión laminar	Arrastre casi imperceptible de capas delgadas de suelo por mantos de agua o redes de surquillos.	En pendientes y climas variados por aguaceros intensos, con o casi sin presencia de suelos.
	3. Erosión en surcos	Hendido de la superficie del terreno al concentrarse el esguerrimiento en surcos más o menos paralelos e independientes.	En pendientes variadas en climas predominantemente secos, materiales de baja cohesión y suelos mal protegidos por la vegetación.
	4. Erosión en cárcavas	Cuando hay mayor concentración de esguerrimiento ó unión de surcos formando zanjas de gran tamaño, casi siempre con bordes verticales.	Como el anterior. Es muy difícil de controlar.
3. Flujo subsu superficial de agua	1. Difuso	Arrastre de partículas finas bajo la capa vegetal; casi imperceptible.	En pendientes variadas bajo climas de tendencia húmeda y materiales de diferente permeabilidad.
	2. Concentrado ó en sofusión	Arrastre de partículas finas por debajo de la superficie del suelo, causado por las aguas de infiltración. Se producen hundimientos locales con ruptura de la capa inferior.	Como el anterior. Contribuye a la generación de cárcavas y remoción en masa.
4. Acción de aguas corrientes	1. Socavación 2. Sedimentación	Las aguas corrientes, de ríos o mares, causan arrastre de materiales de sus riberas y su fondo para luego depositarlos.	Muy activa en cauces con márgenes donde predominan materiales granulares finos, tales como arenas finas y limos.
5. Abrasión eólica	1. Erosión eólica	Causada por el arrastre que ejerce el viento sobre la superficie del terreno.	En regiones de topografía suave con vientos, climas secos, sin cobertura vegetal y en materiales de baja cohesión.
6. Remoción en masa	1. Caídas ó desplomes	Por desprendimiento y caída de fragmentos de roca o suelos por efecto de la gravedad.	En pendientes fuertes, escarpes y cornisas de rocas fracturadas, climas variados sin bosque.
	2. Hundimiento o deslizamiento rotacional	Deslizamientos de masas de suelo, prácticamente intactas a lo largo de una superficie cóncava bien definida.	En suelos relativamente homogéneos, como coluviones y arcillas. Puede extenderse hacia arriba originando deslizamientos retrogresivos sobre topografía de pendiente notable y en climas húmedos.
	3. Deslizamiento traslacional	Movimiento a lo largo de superficies casi planas conformadas generalmente por la pendiente estructural de estratos más resistentes, sobre los que descansan depósitos o mantos de suelo residual.	Sobre pendientes relativamente suaves, en climas húmedos y materiales arcillosos.
	4. Flujo de detritos o flujo de tierras	Movimientos lentos, viscosos, de forma alargada y lobulada que generalmente retienen buena parte de cobertura vegetal.	En suelos residuales que pierden su estabilidad estructural por efecto del agua. Como evolución de otros modos de falla (2 y 3).
	5. Flujos de lodos	Masa de detritos reblandecida por el agua hasta tener consistencia fluida.	En suelos con pendientes de 5 a 15° y mayores, en zonas de alta pluviosidad. En zonas de concentración de agua dentro de derrumbes mayores.
	6. Deslizamientos compuestos o múltiples	Cuando se presentan simultáneamente o combinados o adyacentes los movimientos de tipo traslacional, rotacional y los flujos, por acción del agua y la gravedad.	En suelos de pendiente generalmente elevada y en zonas o períodos de alta precipitación.



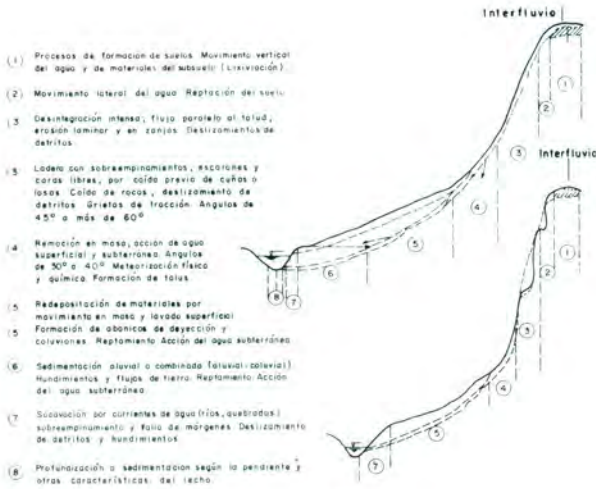


FIGURA No. 2 - MODELO DE EVOLUCION DE LADERAS

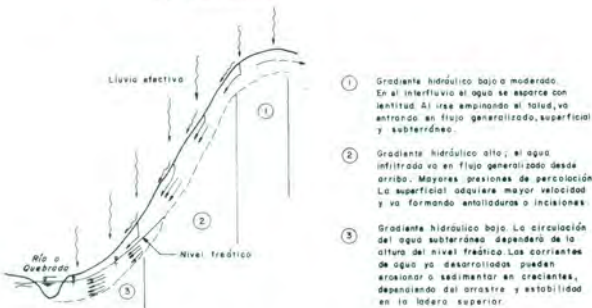


FIGURA No. 3 - MODELO DE LA ACCION DEL AGUA EN LADERAS

esfuerzos y deformaciones que puede sufrir la tubería ante desplazamientos de rotura del terreno (Sinco, 1983); en la Figura 4 C se muestra la interacción tubo-suelo de acuerdo con la profundidad de enterrado; en dicha figura adaptamos resultados de modelos que desarrollaron Audibert y Nyman (1977) para evaluar la restricción que ofrece el suelo al movimiento lateral de tuberías.

**Tectonismo y sismicidad:**

La acción tectónica manifestada en fallas, fracturas y plegamientos de las rocas, trae como consecuencia el aumento de la permeabilidad secundaria (facilidad de percolación del agua a lo largo de fracturas, diaclasas y otras discontinuidades) y el debilitamiento de los materiales que conforman los estratos (aumento de la tasa de meteorización al fragmentarse las rocas por efecto de los esfuerzos y deformaciones debidos al tectonismo). Lo primero implica mayor aporte de agua al subsuelo, con efectos que se tratan mas adelante; lo segundo causa pérdida de la resistencia al corte de los materiales, en

grado que depende de la magnitud de los desplazamientos y alteraciones ocurridos en el pasado.

Puesto que tramos importantes de muchas conducciones de montaña en Colombia quedan en la proximidad de fallas geológicas y zonas de brecha, o las atraviesan, se está dando atención creciente a la sismicidad y sus efectos, con la adopción de procedimientos de diseño y construcción que aumenten el margen de seguridad. Si consideramos que los deslizamientos están entre los efectos más frecuentes y graves de los terremotos, al buscar en el estudio geotécnico el corredor más estable, se están minimizando las probabilidades de daño por movimiento

sísmico. Desde luego, que la selección adecuada del alineamiento no exige de adoptar las precauciones de diseño necesarias, especialmente en lo tocante a estructuras complementarias como los puentes, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento. La Ingeniería Estructural dispone de métodos muy efectivos para el diseño antisísmico de edificaciones.

El 23 de noviembre de 1979, a las 6:45 de la tarde ocurrió un fuerte terremoto que causó destrucción y muerte en territorio del antiguo Caldas. La magnitud se estimó en 6.4, la cual corresponde a un sismo moderado desde el punto de vista de la energía liberada. Sin embargo, los efectos fueron graves en áreas de Caldas y Risaralda, estableciéndose una intensidad de 8 a 9 en la escala Modificada de Mercalli en algunas zonas de Manizales y Pereira (L.E. García y A. Sarria, 1979). El terremoto causó 37 muertes y 439 heridos; destrucción de 44 edificios y 685 casas; daños a 301 edificios (entre éstos el edificio de las Empresas Públicas de Pereira) y 4.037 casas.

La destrucción de varias casas y edi-

ficios de Manizales y otras poblaciones se debió a deslizamientos inducidos por el temblor; se observaron fallas incipientes de taludes sobre los cuales había edificaciones. La incidencia del terremoto fue menor sobre los sistemas de acueducto y alcantarillado, pero en Manizales se presentó la rotura de un tubo principal del acueducto al hundirse parte de una zona de relleno que atravesaba; el agua derramada produjo un flujo de lodos que descendió por la ladera vecina con gran rapidez y rompió un muro del edificio de un colegio, inundando con lodo las instalaciones. La sismicidad en el Viejo Caldas se ha asociado con la zona de subducción y con el sistema de Falla de Romeral.

Los sismos que afectaron al vecino país del Ecuador el 5 de Marzo de 1987, proveen otra ilustración de efectos sobre líneas de conducción, en este caso el Oleoducto Transecuatoriano. Ocurrieron dos fuertes sismos en la región noreste del Ecuador, el primero con magnitud Ms de 6,1 a las 20:54 y el segundo con magnitud 6,8 a las 23:10. Afectaron las viviendas rurales de la región, construídas de adobe y bahareque, importantes edificios coloniales de Quito, Ibarra y otras ciudades principales, así como numerosas casas y los servicios públicos de las poblaciones próximas a la zona epicentral, como Baeza, San Francisco de Borja, El Chaco, Santa Rosa de Quijos y Las Palmas. Causaron la muerte de unas mil personas; 10.000 quedaron sin hogar.

Debido a las intensas lluvias caídas en la zona epicentral durante el mes de Febrero, se habían saturado las empinadas laderas de ceniza volcánica y cedieron ante las fuerzas sísmicas, produciendo centenares de deslizamientos que represaron y levantaron el nivel de los ríos Salado, Quijos, Coca, Dué, Aguarico y sus afluentes, arrasando con puentes, bocatomas, caminos y poblaciones, aislando una gran parte de la Provincia de Napo. Sufrieron destrucción unos 35 km del Oleoducto, interrumpiendo la producción de petróleo y gas del país. El autor del presente trabajo estudió los efectos de los sismos sobre la estabilidad del terreno y el Oleoducto Transecuatoriano, como miembro de una Misión Técnica de la UNESCO y CERESIS (Centro Regional de Sismología para la América del Sur), (García, 1987; Lomnitz et al, 1987; García y Vesga, 1988).





**Meteorización:**

Los cambios que tienen lugar en las rocas ante procesos que ocurren cerca de la superficie del terreno, son agrupados bajo el término geológico de **meteorización**, la cual puede ser **física** cuando corresponde a los procesos mecánicos de desintegración, o **química** cuando hay descomposición de la roca y formación de nuevos minerales. La meteorización química es favorecida por los climas calientes y húmedos, la presencia de vegetación y las pendientes bajas; por lo tanto, las regiones tropicales de relieve suave, lluvia abundante y alta temperatura son las más propicias a las alteraciones químicas. En dichas regiones la alteración de las rocas alcanza mayor profundidad, desarrollando lo que se llama el **perfil de meteorización**, o serie de mantos y zonas que se van formando desde la superficie del terreno hacia lo profundo. En áreas con predominio de rocas ígneas y metamórficas puede esperarse la existencia de suelos residuales de espesor notable; en las sedimentarias dependerá de la existencia y profundidad de estratos más

resistentes.

Hacen parte del perfil los **suelos residuales**, es decir, los que se formaron en el mismo sitio donde se encuentran hoy en día, por la desintegración y descomposición de las rocas y posterior meteorización de los minerales constituyentes. Se distinguen de los **suelos transportados**, que han sido llevados a los sitios que hoy ocupan por acción de la gravedad o de agentes como el agua, el viento, el hielo, formando **depósitos** tales como coluviones, terrazas, aluviones, dunas y otros.

Por sus características mineralógicas ciertos mantos del suelo residual pueden ser altamente erosionables. La existencia de horizontes o mantos de características diferentes dentro del perfil de meteorización, trae consecuencias sobre la resistencia al corte y la permeabilidad. Por ejemplo, los que tienen mayor contenido de suelos de alta plasticidad (arcillas, arcillas limosas), son de permeabilidad baja, y las zonas de transición a roca sana son más permeables, lo cual impone efectos sobre el flujo de agua subterránea y la formación de presiones hidrostáticas.

bilidad) ante los agentes de meteorización y en especial ante los procesos de humedecimiento y secado, producto de los ciclos climáticos a lo largo de los años; se trata de lutitas, arcillolitas, limolitas y areniscas friables, es decir areniscas sin cementante, que se desmoronan con facilidad, esquistos, filitas y otras.

La disposición en alternancia de estratos de naturaleza distinta, impone grandes diferencias en la permeabilidad, hasta el punto de que en la práctica puede hablarse de una sucesión de capas o franjas permeables e impermeables. Unos estratos como los de arenisca y caliza actuarán como acuíferos, que aportarán agua a zonas potencial o activamente inestables, y otros, como los estratos de arcillolita, podrán desempeñar el papel de barreras al flujo subterráneo, propiciando la formación de niveles freáticos colgados o la elevación de ellos. Lo mismo puede decirse de las diversas zonas del perfil de meteorización en rocas ígneas y metamórficas. Dichas circunstancias llevan a la creación de presiones hidrostáticas y de percolación, que pueden conducir a la inestabilidad de masas rocosas y de suelos.

**Litología y disposición geométrica de las rocas:**

La primera se refiere a las características de las rocas, representadas sobre todo en el tipo y conformación de los materiales que las constituyen tales como arcillas, limos y arenas, y la presencia de cementantes naturales. La segunda abarca los aspectos ligados a la estructura geológica regional y local de las rocas existentes. La mayor parte de las rocas que se encuentran en amplias regiones del país pueden clasificarse dentro de la categoría de las **rocas blandas**, o sea, materiales que presentan alta degradabilidad (o, también, baja dura-

**Pérdida de resistencia por deformación y ablandamiento:**

Las lutitas, pueden considerarse como materiales de alta sobreconsolidación; en determinada parte del proceso de meteorización se comportan como arcillas duras fisuradas. Estos materiales al igual que los asociados con meteorización de esquistos, filitas y otras rocas, son de carácter frágil lo cual se manifiesta porque tienen una curva de esfuerzo-deformación empinada en la parte inicial ascendente, que alcanza un pico casi siempre muy bien definido, pero experimentan pérdida notable de resistencia al sobrepasarse deformaciones moderadas. Lo mismo puede decirse del efecto de aumentos apreciables en el contenido de humedad; el agua penetra por las fisuras o grietas de los materiales arcillosos duros y poco a poco los va ablandando, de manera que el conjunto inicial llega a convertirse en una masa blanda, que engloba bloques o terrones de lo original, algo menos alterados.

**Depósitos de ladera:**

En el país abundan los depósitos de materiales que han caído, se han deslizado o han sido acarreados por el agua, los

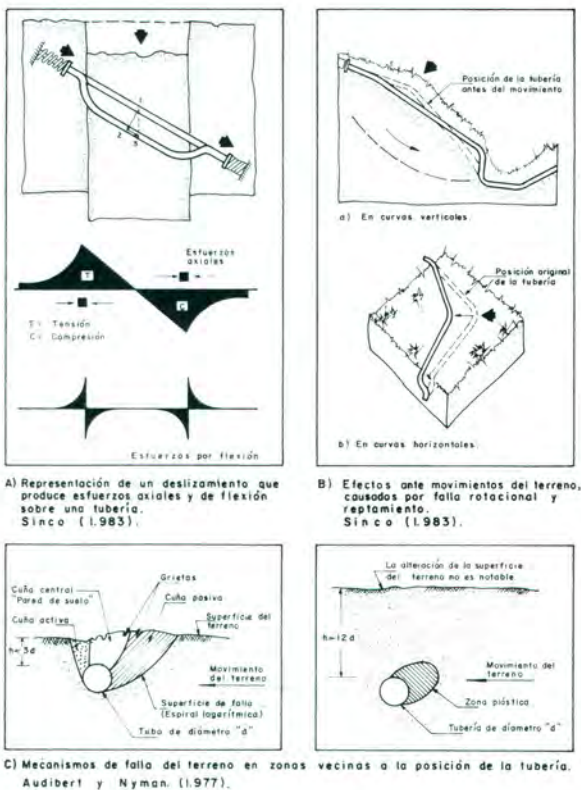


FIGURA No. 4 - COMPORTAMIENTO DE TUBERIAS ANTE MOVIMIENTO DEL TERRENO





cuales reciben el nombre de coluviones, talus, conos de deyección, y ocupan zonas de menor pendiente hacia la base de los cerros. Existen ciertos mecanismos de falla que afectan a dichos depósitos de ladera (Figura 5): uno se relaciona con la susceptibilidad a deslizarse sobre los materiales subyacentes dependiendo de la pendiente y grado de meteorización de estos. Otro consiste en la formación de "embalses internos" originados en que los depósitos actúan como cobertura de baja permeabilidad que impide el drenaje libre de los estratos portadores de agua y ésta va almacenándose en el interior del terreno; en consecuencia, se originan altas presiones hidrostáticas debajo del depósito y se produce el suministro continuo de agua, aún en períodos de verano, que causa el reblandecimiento de la componente arcillosa. En los talus (acumulaciones donde predominan materiales gruesos) casi siempre hay baja densidad del conjunto; esto introduce el peligro de falla por causa de sismos.

**Consideraciones prácticas:**

En la construcción de oleoductos y gasoductos en Colombia en los últimos años, se han dado pasos importantes al incluir en los pliegos de condiciones los capítulos relacionados con obras de drenaje temporal y permanente, conformación del terreno, trinchos y barreras, muros de contención y otras medidas para control de erosión, o prevención y corrección de deslizamientos. Esto debe ir acompañado de las especificaciones de construcción correspondientes, y desde luego, de los diseños básicos.

En la forma descrita, el Constructor sabrá desde antes de iniciar su trabajo, cuales obras serán exigidas para la protección geotécnica de las instalaciones y podrá

ajustar sus presupuestos y tiempos; la empresa dueña del proyecto tendrá una noción más exacta del valor de la inversión y obtendrá un sistema de transporte más seguro y confiable, acorde con las condiciones geotécnicas del terreno y con los requisitos de protección del medio ambiente. Los Interventores del proyecto podrán ejercitar su juicio y autoridad, para localizar obras, acondicionarlas al estado del terreno y reaccionar ante condiciones no previstas que surjan durante la construcción.

Las observaciones del comportamiento de suelos y rocas, y del éxito o fracaso de las obras de protección durante la construcción y la operación del sistema, llevan a calibrar los métodos de análisis y mejorar los procedimientos de diseños y construcción, difundiendo conocimientos y aprovechando experiencias.

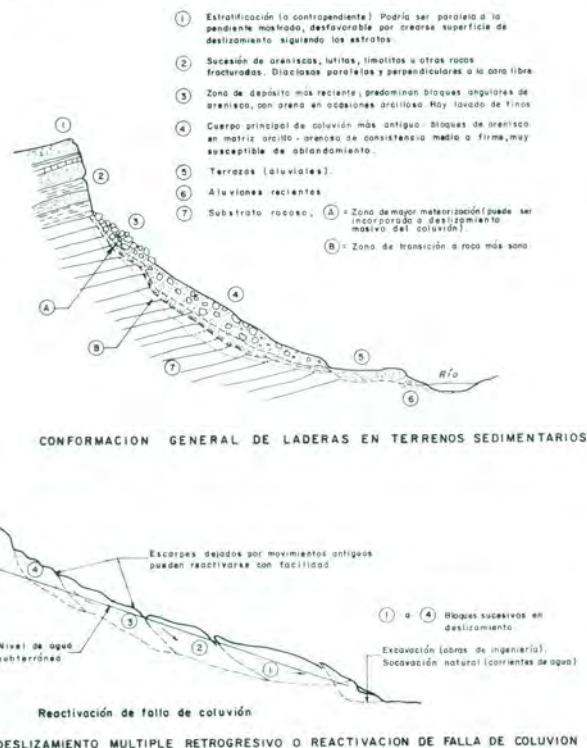


FIGURA No. 5 - CARACTERISTICAS DE LADERAS Y COLUVIONES.

**Bibliografía**

-Audibert, J.M.E. y Nyman, K.J. (1977). "Soil Restraint against Horizontal Motion of Pipes", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 103, No. GT10, Nueva York.

-Clark, M. y Small, J. (1982). "Slopes and Weathering", Cambridge University Press, Cambridge.

-García L., Manuel (1986). "Clasificación de Movimientos de Falla de Taludes", Cap. 2 del Manual de Deslizamientos (en imprenta), Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Bogotá.

-García L., Manuel (1987), "Evaluación de los problemas de estabilidad del terreno causados por los sismos del 5 de Marzo de 1987 en el Ecuador". Universidad Nacional de Colombia-Ingeniería y Geotecnia Ltda. Bogotá; (Informe para CERESIS).

-García L., Manuel y Vesga M., Luis Fernando (1988), "Daños al Oleoducto Transecuatoriano por los sismos del Marzo de 1987". III Congreso Colombiano del Petróleo, Bogotá.

-García R., Luis Enrique y Sarria M., Alberto (1979), "Los Terremotos de Finales de 1979 y la Ingeniería Sísmica en Colombia", Revista Anales de Ingeniería, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Vol. LXXXVII, No. 804, Bogotá.

-Knapp, B.J. (1979). "Elements of Geographical Hydro-logy", George Allen & Unwin, Londres.

-Lomnitz C., Egred A., García M., Hall M., Plaza N., Ríos J., Torrevalva D., Yepes A., (1987). "El Terremoto de la Zona Centro-Nororiente del Ecuador, 5 de Marzo de 1987". CERESIS/ UNESCO, Lima.

-Selby, M.J. (1982). "Hillslope Materials and Processes", Oxford University Press, Oxford.

-SINCO (1983). "Vibrating Wire Strain Gages used in the Control of Pipelines Subjected to Landslide", The Indicator, Seattle, Noviembre.

-Varnes, D.J. (1978). "Slope Movement Types and Processes", Cap. 2 de Schuster, R.L. y Krizek, R.J., Eds, Land-slides Analysis and Control, Special Report 176, Transportation Research Board, NAS, Washington, D.C.





# ESTUDIO COMPARATIVO DE CINCO CEMENTOS COLOMBIANOS

Ing. RAMIRO CABAL S.\*

**D**ada la circunstancia de que destacadas empresas constructoras han confiado al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Colombiana de Ingeniería los diseños de mezclas de hormigón para sus obras en diferentes partes del país, he podido disponer de abundante material de estudio como para sentir ánimos de dar a la luz el presente trabajo, en el cual se hace un análisis de los resultados obtenidos con 5 cementos producidos en el país y que abarca los años 87, 88, 89 y parte del 90.

El motivo es el haber observado comportamientos muy diferentes de estos cementos y la dificultad en muchos casos, para hacer una predicción razonablemente aproximada de la resistencia a los 28 días, con base en las obtenidas a los 3 o a los 7.

Las fórmulas más sencillas para ese cálculo aproximado son:

$$R_{28} = R_3 + K_3 \sqrt{R_3} \quad \text{y} \quad R_{28} = R_7 + K_7 \sqrt{R_7}$$

La segunda de las cuales es la conocida fórmula de Slater.

Los valores  $R_3$  y  $R_7$ , para cada mezcla, deben ser promedios de, por lo menos, tres ensayos de resistencia a compresión de cilindros, para cada una de esas edades; los valores  $K_3$  y  $K_7$  son "constantes" que dependen de cada cemento, es decir, de la dosificación de sus componentes y, obviamente de la naturaleza y calidad de sus materias primas.

En realidad, los valores  $K_3$  y  $K_7$  experimentan variaciones muy amplias y según se verá más adelante, solo pueden ser tomados como constantes dentro de ciertos límites de la relación Agua/Cemento, que ha sido la referencia general adoptada ya que es el factor determinante principal de la resistencia. Deben ser deducidos experimentalmente, de un buen número de datos sobre resistencias a distintas edades, de mezclas correspondientes también a diseños diferentes; en el caso de un cemento que vaya a utilizarse por primera vez, la predicción es aventurada puesto que se desconocen los patrones de su comportamiento.

De un total de 50 diseños, 14 corresponden a mezclas ejecutadas con Cemento Paz del Río (C P R), con los siguientes resultados:

\* Director del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Ingeniero civil de la Universidad Nacional. Profesor de la E.C.I.

Resistencias en Kg./Cm <sup>2</sup>			
A/C	R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>
0.41	138	225	346
0.42	137	218	331
0.43	127	217	345
0.43	133	227	311
0.43	126	212	354
0.44	154	246	380
0.45	146	256	386
0.45	118	178	292
0.46	90	159	250
0.50	58	128	218
0.52	98	164	271
0.53	103	161	259
0.55	83	130	233
0.66	70	113	182

La curva de ajuste más apropiada en este caso para la representación de las variaciones de la resistencia, en función de la relación A/C, está dada por la ecuación (regresión exponencial) de la forma.

$$R = A e^{bX} \quad \text{donde} \quad X = A/C$$

Las ecuaciones resultantes son:

$$R_3 = 493.3 e^{-3.167X}$$

$$R_7 = 852.4 e^{-3.23X}$$

$$R_{28} = 1105.3 e^{-2.9X}$$

que al ser tabuladas dan:

Kg./cm <sup>2</sup>					
A/C	R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>7</sub>
0.45	119	199	313	17.8	8.1
0.475	110	184	292	17.4	8.0
0.50	101	169	272	17.0	8.9
0.525	94	156	254	16.5	7.8
0.55	86	144	237	16.3	7.8
0.575	80	133	221	15.8	7.6
0.60	74	123	206	15.3	7.5
0.625	68	113	192	15.0	7.4
0.65	63	104	179	14.6	7.4
0.675	58	96	167	14.3	7.2
0.70	54	89	155	13.7	7.0





Los valores de  $K_3$  y  $K_7$  salen de las fórmulas expuestas inicialmente.

Al hacer una regresión lineal, se obtiene:

$$K_3 = 25 - 16X$$

$$K_7 = 10 - 4.1X$$

o sea, que la predicción aproximada de la resistencia a 28 días para las mezclas con cemento Paz del Río, podría hacerse con mayor probabilidad de acierto, por

$$R_{28} = R_3 + (25 - 16X) \sqrt{R_3} \quad \text{o por}$$

$$R_{28} = R_7 + (10 - 4.1X) \sqrt{R_7}, \quad \text{donde } X = A/C$$

De todo lo anterior y expresada la resistencia de dicho cemento a los 28 días, en Lb/pulg<sup>2</sup>, como más se acostumbra todavía entre nosotros, se tiene que las relaciones A/C que corresponden a los diversos valores de  $R_{28}$  son:

Lb/pulg <sup>2</sup>	A/C
2000	0.73
2500	0.65
3000	0.59
3500	0.53
4000	0.48
4500	0.44
5000	0.40

Para el diseño deberá escogerse tal relación según el margen de seguridad que se quiera tener. Así, por ejemplo, para un hormigón de 3500 Lb/pulg<sup>2</sup> = (diseño estructural), si se exige que 80% de las pruebas arroje valores por encima de dicha cifra, con un coeficiente de variación esperado del 15%, habrá que estudiar la mezcla para una resistencia de 4040 Lb/pulg<sup>2</sup>, la cual deberá obtenerse con una relación A/C de 0.48.

Idéntico proceso de análisis se ha hecho con cada uno de los otros cementos.

Se resumen aquí, las ecuaciones halladas.

**Para resistencias a 3 días, en Kg/cm<sup>2</sup>**

- 1 R = 537 e<sup>-3.545X</sup>
- 2 R = 493 e<sup>-3.16X</sup>
- 3 R = 1861 e<sup>-6.15X</sup>
- 4 R = 1900 e<sup>-6.09X</sup>
- 5 R = 523 e<sup>-3.51X</sup>

**Para resistencia a 7 días, en kg/cm<sup>2</sup>**

- 1 R = 1028 e<sup>-3.58X</sup>
- 2 R = 852 e<sup>-3.23X</sup>
- 3 R = 1692 e<sup>-4.52X</sup>
- 4 R = 4140 e<sup>-6.34X</sup>
- 5 R = 716 e<sup>-2.96X</sup>

**Para resistencias a 28 días, en Kg/cm<sup>2</sup>**

- 1 R = 1324 e<sup>-3.23X</sup>
- 2 R = 1105 e<sup>-2.80X</sup>
- 3 R = 2050 e<sup>-4.30X</sup>
- 4 R = 3430 e<sup>-4.86X</sup>
- 5 R = 790 e<sup>-2.32X</sup>

Finalmente, las resistencias probables a 28 días:

**Con base en  $R_3$ , en Kg/cm<sup>2</sup>**

- 1  $R_{28} = R_3 + (28.8 - 21.5X) \sqrt{R_3}$
- 2  $R_{28} = R_3 + (25.0 - 16.0X) \sqrt{R_3}$
- 3  $R_{28} = R_3 + (19.1 - 5.4X) \sqrt{R_3}$
- 4  $R_{28} = R_3 + (36.2 - 27.7X) \sqrt{R_3}$
- 5  $R_{28} = R_3 + (16.4 - 0.5X) \sqrt{R_3}$

**Con base en  $R_7$ , en Kg/cm<sup>2</sup>**

- 1  $R_{28} = R_7 + (9.8 - 5.7X) \sqrt{R_7}$
- 2  $R_{28} = R_7 + (10.0 - 4.1X) \sqrt{R_7}$
- 3  $R_{28} = R_7 + (10.5 - 6.9X) \sqrt{R_7}$
- 4  $R_{28} = R_7 + (10.2 - 0.6X) \sqrt{R_7}$
- 5  $R_{28} = R_7 + (5.8 + 1.7X) \sqrt{R_7}$

A continuación, Tablas para el uso práctico, basadas en los resultados del estudio anteriormente expuesto.

**Resistencia a 28 días, en Kg/cm<sup>2</sup>**

A/C	1	2	3	4	5
0.45	309	313	296	385	278
0.50	263	272	238	302	248
0.55	224	237	192	237	220
0.60	190	206	155	186	196
0.65	162	179	125	146	175

**Valores  $K_3$  Para resistencias en Kg/cm<sup>2</sup>**

A/C	1	2	3	4	5
0.45	19.1	17.8	16.7	23.7	16.6
0.50	18.0	17.0	16.4	22.3	16.6
0.55	16.9	16.2	16.1	20.9	16.6
0.60	15.8	15.4	15.9	19.6	16.6
0.65	14.8	14.6	15.6	18.2	16.7

**Valores  $K_7$  Para resistencias en Kg/cm<sup>2</sup>**

A/C	1	2	3	4	5
0.45	7.3	8.1	7.4	9.9	6.5
0.50	7.0	7.9	7.0	9.9	6.6
0.55	6.7	7.7	6.7	9.8	6.7
0.60	6.4	7.5	6.3	9.8	6.8
0.65	6.1	7.3	6.0	9.8	6.9

**Relación A/C para Diseños**

$R_{28}$ Lb/pulg <sup>2</sup>	1	2	3	4	5
2000	0.69	0.73	0.62	0.65	0.74
2500	0.62	0.65	0.57	0.61	0.64
3000	0.56	0.59	0.52	0.57	0.56
3500	0.52	0.53	0.49	0.54	0.50
4000	0.47	0.48	0.46	0.51	0.44
4500	0.44	0.44	0.43	0.49	0.39
5000	0.41	0.40	0.40	0.46	0.34

**Comparación en Términos de Consumo de Cemento**

Ejemplo: Una mezcla de concreto de 3.500 Lb/pulg<sup>2</sup> a 28 días que se quisiera diseñar para obtener en el laboratorio una resistencia 15% mayor, requeriría la aplicación de las relaciones A/Correspondientes a 4000. Si suponemos que se trabaja





con un agregado grueso que exigiera 175 litros de agua para 1 M<sup>3</sup> de mezcla, la cantidad de cemento sería en cada caso:

- 1 175/0.47 = 372 Kg
- 2 175/0.48 = 365 Kg
- 3 175/0.46 = 380 Kg
- 4 175/0.51 = 343 Kg
- 5 175/0.44 = 398 Kg

Veamos como sería el consumo de cemento, en Kg/m<sup>3</sup> al

aplicar los valores de las relaciones A/C de cada renglón, suponiendo el mismo ejemplo de requerimiento de agua.

Cuadro cuya observación nos muestra el grado de rendimiento o de utilización más económica del cemento, y cómo este grado no es constante sino que varía según la magnitud de la resistencia para la cual se ha diseñado la mezcla.

**NOTA:** Se han subrayado los cementos cuando en algunos de los renglones el consumo ha resultado con el mismo valor.

R <sub>28</sub> Lb/pulg <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	Consumo orden ascendente				
2000	254	240	282	269	236	5	2	1	4	3
2500	282	269	307	287	273	2	5	1	4	3
3000	313	297	337	307	313	2	4	<u>1</u>	<u>5</u>	3
3500	337	330	357	324	350	4	2	1	5	3
4000	372	365	380	343	398	4	2	1	3	5
4500	398	398	407	357	449	4	<u>1</u>	<u>2</u>	3	5
5000	427	438	438	380	515	4	1	<u>2</u>	<u>3</u>	5

CONCLUSIONES

No pretendo con este estudio haber llegado a verdades absolutas, con mayor razón si se trata de un material tan heterogéneo como es el hormigón, en el cual cada componente tiene su propia variabilidad. Si acaso hay en él algún mérito, es el de ilustrar un método de análisis de los resultados obtenidos a lo largo de un tiempo considerable, de los diseños encomendados a los Laboratorios de la ESCUELA por empresas constructoras ampliamente conocidas en el campo de la Ingeniería Colombiana.

Una respetable objeción pudiera hacerse a este trabajo y a ella quiero anticiparme: Las cifras obtenidas tendrían mayor validez si en todos los casos se hubiera hecho uso de los mismos agregados. Rigurosamente cierto, pero precisamente, lo diferente de la procedencia y naturaleza les confiere mayor validez como resultados "promedio", si se considera que en cada caso, han sido utilizados los mejores materiales disponibles en la región, ya que sólo con ellos es posible hacer la mezcla más económica. En cuanto a la gradación, se ha tenido como norma para todos los diseños, estudiar la proporción de agregados (agregado fino/agregado total), con base en el mayor ajuste posible a las curvas de Fuller o de Bolomay, lo que equivale a decir que en todos los casos, la gradación total llega a quedar por lo menos, muy cercana a la óptima y en la mayoría prácticamente se confunde con ella.

Por último, sería de mi mayor agrado el poder extender este tipo de análisis a series de diseños con otros cementos, hasta tener ojalá algún día, el estudio de la totalidad de los cementos producidos en el país.

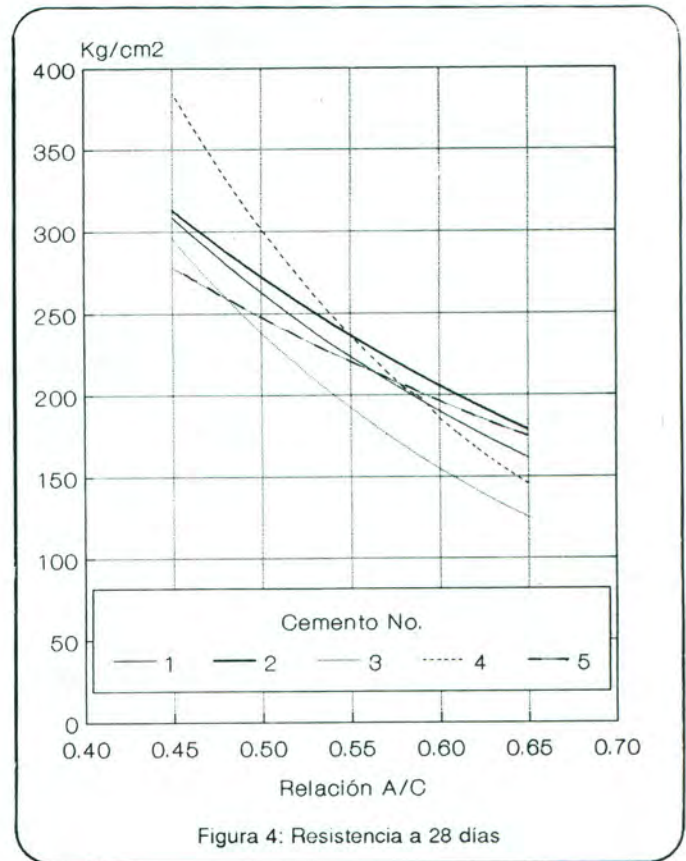
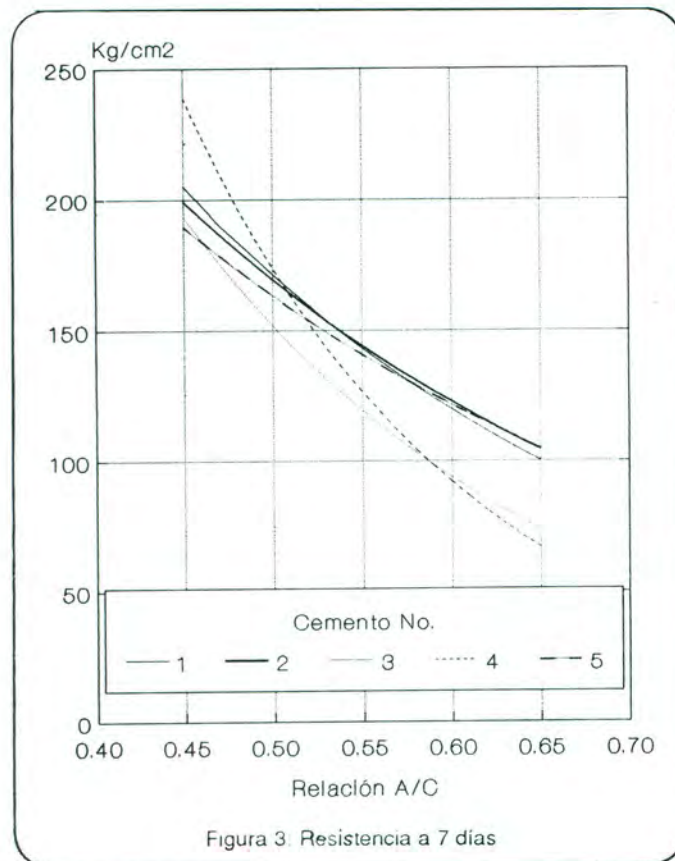
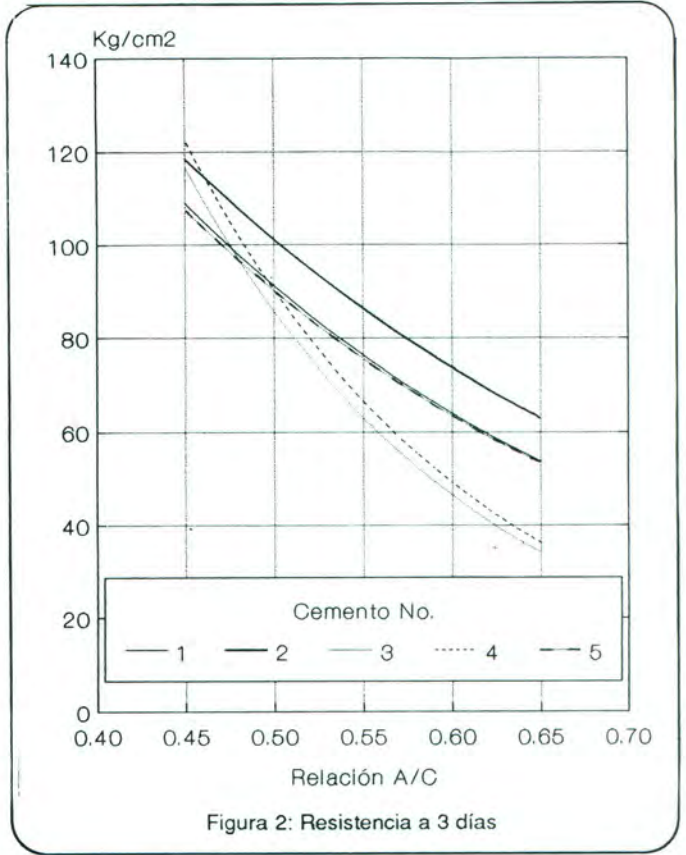
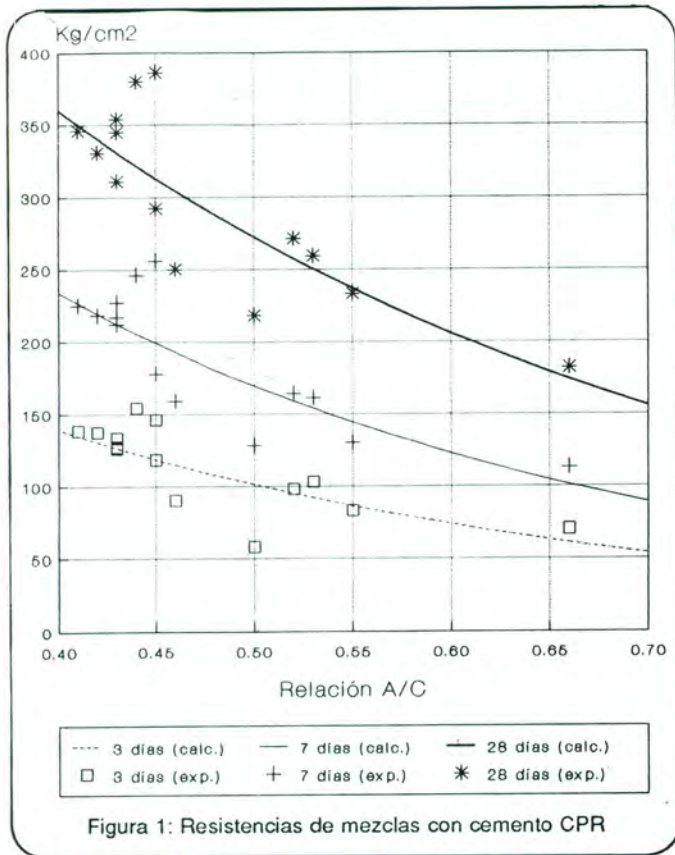
Sólo me resta expresar el debido reconocimiento a mis inmediatos colaboradores, por la obtención de los datos básicos de los materiales, la ejecución de las mezclas y el ensayo de las probetas.

Con excepción del cemento mencionado inicialmente en este estudio, y a sabiendas de que con ello pierde utilidad práctica, no hemos querido identificar por sus marcas a los otros cuatro cementos en él comprendidos.

De todo estudio comparativo, forzosamente salta a la vista cual podría considerarse como el mejor y cual como el menos aconsejable por una u otra razón, para alcanzar un objetivo determinado; el presente ha sido un trabajo de investigación por completo ajeno a cualquier interés comercial, y está muy lejos de nuestra intención el querer erigirnos, sin que nadie nos lo haya solicitado, en árbitros de controversias que pudieran suscitarse a raíz de su publicación.

Nos permitimos sí, hacer una clara y enfática advertencia a Directores de Obras, Interventores, Contratistas, Constructores y Supervisores, sobre la importancia que tiene el hacer ensayos completos de los materiales, en primer lugar el Cemento, por razones técnicas y económicas, con suficiente anticipación a la iniciación de las obras. En ocasiones, la calidad del Cemento sufre variaciones notables, a pesar del empeño de las empresas fabricantes, todas ellas distinguidas clientes de nuestros laboratorios, por mantener calidad estable, de acuerdo con las normas.









# EL CONTROL Y LA AUDITORIA FRENTE A LA INFORMATICA DE LOS AÑOS 90

Por: GABRIEL GOMEZ MANTILLA\*

En el mes de marzo del presente año se desarrolló el V Simposio Colombiano de Controles, Seguridades Auditoría de Sistemas Computarizados, organizado por la Asociación Colombiana de Auditores de Sistemas: ACDAS, evento que se programa anualmente y se considera como el más representativo de esta actividad en nuestro país, donde participaron importantes autoridades de la materia a nivel internacional. El tema central fue: "El Control y la Auditoría Frente a la Informática de los Años 90".

Presento a continuación las conclusiones generales del V Simposio, las cuales considero que nos causan cierto grado de inquietud y aún preocupación, puesto que exigen a los Auditores de Sistemas una mayor preparación y permanente actualización, para desempeñarse cada vez más en áreas poco tradicionales, que les permita afrontar el gran reto que nos depara la década que recientemente iniciamos.

Estas conclusiones constituyen las bases para determinar los lineamientos de política a considerar en el VI Simposio que se desarrollará en el mes de marzo de 1991.

## Informática en los años 90

•En los 90 continuará la expansión mundial de las empresas y el aumento de la competitividad de los mercados requerirá del pensamiento innovador y de respuestas inmediatas. La capacidad para competir en esta década dependerá en gran parte de la incorporación de la Tecnología de la Información (TI) en donde sea apropiado. La globalización, causada por la marcada interconexión e interdependencia entre los países, hará que se nos facilite aún más el acceso a la TI.

•La TI será una fortaleza para algunas empresas y quizás fuente de costosos desaciertos gerenciales para otras. Las inversiones en las Tecnologías de Información más avanzadas no garantizarán el éxito por sí solas. Se deben planificar los esfuerzos de incorporación de TI con los líderes de las Compañías como si tales esfuerzos fueran campañas estratégicas, pues en realidad esto es lo que son.

•Introducir las TI en los 90 será una necesidad impuesta por la competencia antes que una ventaja competitiva.

•La planeación estratégica continuará siendo importante, pero la administración de la estrategia será la disciplina del futuro. La turbulencia que muy seguramente se espera en el ambiente de los negocios en los 90, premiará la gerencia flexible. Se deberá contratar personas que puedan desempeñarse bien en un medio de constante flujo, altamente dinámico, y organizar la compañía con este desafío en mente.

•Las compañías que desarrollan un compromiso mutuo de cooperación, son las más aptas para asimilar las avanzadas TI. Las TI exigen a los empleados aprender nuevas y complejas destrezas y aplicarlas recursivamente, y propenden por una cultura organizacional que capta el entusiasmo y lo interioriza. Es

conveniente cambiar de una cultura de obediencia a una cultura de compromiso, que satisfaga adecuadamente las necesidades de los interesados.

•Las empresas de los 90 implantarán el control por resultados en forma más acentuada. Aplicarán más motivación que autoridad. El empleo del futuro será especializado y trabajará en equipos multidisciplinarios. Si la cultura de la empresa no se adapta a formas democráticas de autocontrol, serán inocuos y hasta frustrantes todos los adelantos tecnológicos que se aventuren.

•La oficina en el futuro se desplazará y permitirá efectuar el trabajo a control remoto, a causa de la incorporación de la TI que permita el desempeño de los trabajadores de una manera no presencial.

•Se cultivará la creatividad y la innovación. Se invertirá en la capacitación permanente del personal. Este énfasis en el recurso humano, será el más importante factor de producción en los tiempos venideros.

•La TI no tendrá el efecto esperado si no se tienen bases metodológicas consistentes, prácticas y probadas en la organización. La tecnología deberá soportar a la metodología y no lo contrario. Pretender utilizar herramientas I-CASE sin metodología, podrá incrementar los riesgos en los proyectos de desarrollo. Entendemos por I-CASE las ayudas computacionales integradas para soportar las fases de desarrollo de nuevos proyectos informáticos: Planeación, Análisis, Diseño y Construcción.

•El personal de informática deberá hacerse entender más fácilmente con las diferentes áreas de la administración. Deberá actuar cada vez más como hombre de negocios que como técnico, que de hecho lo es. El uso de las herramientas I-CASE será fundamental para el cumplimiento de este objetivo.

•Para las Empresas que posean amplia trayectoria en materia de informática, la "Ingeniería del Redesarrollo" (Redevelopment Engineering), nueva tendencia de la informática, será una excelente alternativa para mantener, modernizar y renovar sus sistemas de información.

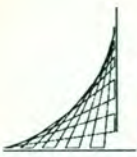
## Cómo intervendrá el auditor de sistemas:

La informática, tendrá un impacto directo en cada una de las normas que rigen la actuación de un profesional de la auditoría.

Dados los planteamientos anteriormente expresados en relación con la Tecnología de la Información, se considera de suma importancia trascender como auditores los actuales marcos de participación en una actividad que, aunque es antigua por sus orígenes, presenta nuevas dimensiones y horizontes.

\* Gabriel Gómez Mantilla. Director General V Simposio. Ingeniero de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander -UIS-. Vicepresidente de ACDAS. Auditor de Sistemas de Codi Mobil. Profesor de Auditoría de Sistemas de la Escuela Colombiana de Ingeniería.





Para ello es importante entre otras cosas, la ejecución de las siguientes acciones:

- El Auditor de Sistemas (AS) actuará como un agente catalizador para el cambio, no sólo de las instancias y actividades propias de la Administración, sino en las demás ramas de la Auditoría. Mientras que convencionalmente el área de informática da cuatro pasos, Auditoría solo alcanza a dar uno.

- Velará porque no se implante la TI por el solo hecho de ir con la tecnología.

- El AS participará cada vez más en áreas no tradicionales y actuará como consultor de la administración. Esto es, participará en actividades relacionadas con el desarrollo de proyectos conservando su independencia, donde podrá actuar como asesor de la Administración y podrá observar más fácilmente la implantación de sus recomendaciones.

- El AS deberá especializarse cada vez más en informática, para lograr mayor receptividad de los auditados. Dentro de sus planes de trabajo deberá considerar permanentemente la evaluación gerencial de la informática.

- Si los ejecutivos tienen más clara la función de control, más fácil será que lo implanten como parte de sus responsabilidades. El AS deberá intervenir en forma más acentuada en actividades de capacitación y asesoría al personal de informática, con relación al diseño de controles, seguridad y auditabilidad de los sistemas computarizados.

- La medida del control deberá establecerse en el punto más

cercano al inicio del proceso.

- No sólo será necesario tener autoridad formal sino moral. La primera se logra muy fácilmente, e incluso puede no ser muy determinante. La segunda se adquiere a través del comportamiento profesional del Auditor.

- Se incrementará la participación interdisciplinaria de las diferentes ramas de la Auditoría. El AS deberá capacitar a los Auditores Financieros u Operativos, para que utilicen la Tecnología de la Información en pro de un mejor desempeño de sus actividades cotidianas, y para que participen más activamente en proyectos de desarrollo como asesores expertos de las áreas usuarias y de auditoría.

- Determinar el momento evolutivo en que se encuentre la Auditoría a efecto de encontrar las áreas de oportunidad que promisoriamente se plantean, en vez de buscar culpas y culpables en los elementos que naturalmente pudieran presentar alguna limitación.

- Establecer la aplicación de técnicas y procedimientos de Auditoría con diversos grados de intensidad, para que con su concurrencia se logren los estándares de calidad necesarios en relación con el nivel de servicio requerido.

- Generar mecanismos de investigación y búsqueda que permitan identificar y valorar los diferentes recursos, es decir, conceptuales, metodológicos, otros, para que a través de una selección madura se integren los elementos de dirección, bibliográficos, de consultoría, y demás equivalentes, a fin de alcanzar paulatinamente, la autosuficiencia de la entidad.

## TERTULIA

El 1o. de noviembre, convocamos a los ingenieros Otto de Greiff, Arturo Ramírez Montúfar, Eduardo Caro Cayzedo, Jorge Bateman Weber y Alberto Montañés Peña a una mesa redonda sobre la evolución de la docencia en la Ingeniería Colombiana en los últimos 50 años, la cual sería coordinada por Eduardo Silva, Rector de la Escuela, y Luis Guillermo Aycardi, miembro del Consejo Directivo de la Escuela.

Quedamos gratamente sorprendidos con el desarrollo de la reunión, ya que debido a la familiaridad de todos los invitados, la "mesa redonda", se convirtió en una agradable tertulia que los remontó a sus primeros años de docencia. Queremos compartir con ustedes unas pocas de las numerosas anécdotas que surgieron durante este rato tan inolvidable.

En 1936, siendo secretario de la Escuela de Minas de Medellín Otto de Greiff, se realizó una ceremonia de graduación colectiva, para otorgar el título de ingeniero a todos los que habían terminado estudios hasta ese momento. Durante la ceremonia el Rector llamaba a cada graduando, quien se



*De izquierda a derecha Luis Guillermo Aycardi, Eduardo Silva, Arturo Ramírez, Otto de Greiff, Eduardo Caro, Jorge Bateman y Alberto Montañés.*

acercaba, contestaba "presente" y recibía el diploma de manos del secretario. Fue así como Otto de Greiff se otorgó el mismo el grado de Ingeniero después del reglamentario "presente".

Durante la construcción de la Normal de Honda, el Dr. Eduardo Caro recomendó entre otras cosas que el primer piso estuviera a 40 cm del nivel del suelo y columnas cada 3 metros. En una de sus inspecciones encontró que

el piso tenía una elevación de 1,20 m y las columnas una separación de 1,50 m. Muy sorprendido preguntó a que se debían los cambios, a lo cual el constructor muy serenamente respondió: "La altura del primer piso es necesaria, para poder entrar a sacar las gallinas cada vez que se metan debajo del edificio, Doctor", y añadió: "lo de las columnas es por si hay un terremoto y se caen las suyas, queden al menos las mías".





# RUTAS HACIA LA TURBULENCIA EN LOS FLUIDOS

Por: GERMAN R. SANTOS  
MSCE, PhD(\*)

## INTRODUCCION

**T**odos somos conscientes de la manera paradójicamente simple como el humo de un cigarrillo en su movimiento ascensional pasa de un estado ordenado, donde de todas las partículas de humo suben en trayectorias esencialmente paralelas (flujo laminar), a un estado de desorden total (turbulencia), donde es imposible describir dichas trayectorias. Este es un ejemplo de uno de los fenómenos físicos más interesantes: la turbulencia en los fluidos. Sin embargo, a pesar de los intensos esfuerzos de muchos investigadores durante más de un siglo no se ha podido explicar matemáticamente de una manera satisfactoria y completa su origen.

Debido a las manifestaciones cotidianas de este fenómeno, el problema de transición hacia turbulencia ha despertado interés en los científicos de todos los tiempos. Adelantos considerables se lograron en el siglo pasado cuando ayudado por los trabajos de Louis Navier (1793-1841), George Stokes (1819-1903) formuló el modelo matemático para describir el movimiento general de los fluidos viscosos, y Osborne Reynolds (1883) efectuó sus experimentos clásicos de turbulencia en tuberías.

El modelo matemático puede ser escrito en forma de un sistema de ecuaciones diferenciales parciales. Sin embargo, el sistema es no-lineal, por tanto, no existen métodos generales que nos permitan encontrar la solución de dichas ecuaciones para cualquier geometría, y como en muchos sistemas no-lineales, no podemos garantizar la existencia de una sola solución como ocurre en el proceso hacia turbulencia. Dicha no-linealidad explica la gran sensibilidad de los fluidos a pequeños cambios en sus condiciones iniciales o de frontera.

Una complicación más del problema, que puede

ser producto de la no-linealidad, es la inmensa variedad de escalas de longitud y de tiempo que intervienen en el proceso de turbulencia. Una de las características más notables de la naturaleza es la diversidad de escalas de longitud en la estructura del mundo. Un océano, por ejemplo, tiene corrientes que abarcan miles de kilómetros, pero también tiene olas con longitudes de onda que van desde pocos milímetros hasta varios metros, y con una resolución mayor encontramos moléculas de agua con longitudes características del orden de 10 metros. En la mayoría de las teorías físicas, unas pocas escalas se seleccionan y son adecuadas para describir el fenómeno estudiado. La interacción entre escalas puede ignorarse totalmente. Sería imposible explicar el movimiento de las olas si tuviera que conocerse exactamente la posición de cada molécula de agua. Desafortunadamente, en la turbulencia de los fluidos intervienen muchas escalas de longitud, haciendo de este problema un prototipo de los problemas más difíciles de resolver en física clásica.

En los últimos años, y gracias al desarrollo vertiginoso de las facilidades computacionales han surgido una serie de teorías para tratar problemas altamente no-lineales y problemas que involucren muchas escalas que nos dan una guía de como podríamos tratar de resolver el problema de turbulencia. Entre estas teorías están: la teoría del Caos Determinístico, los Fractales y los Grupos de Renormalización. Sin embargo, los resultados de estudios tratando de aplicar estos conceptos a turbulencia han sido hasta ahora solamente de tipo cualitativo buscando analogías matemáticas con problemas mucho más simples.

van formando.

El análisis aquí presentado sigue los métodos

## LA CASCADA DE INESTABILIDADES

El proceso por el cual se desarrolla el flujo turbulento (irregular) y reemplaza al flujo laminar (ordenado) se denomina transición y es el objeto del presente artículo. Tal como se entiende ahora, este proceso consiste en una secuencia de inestabilidades, en que flujos cada vez más complejos se

\* Es Ingeniero Civil de la E.C.I., MSc en Ingeniería Civil y PhD en Ciencias de la Ingeniería de Virginia Tech. Actualmente es profesor de la Escuela y Director de la REVISTA.



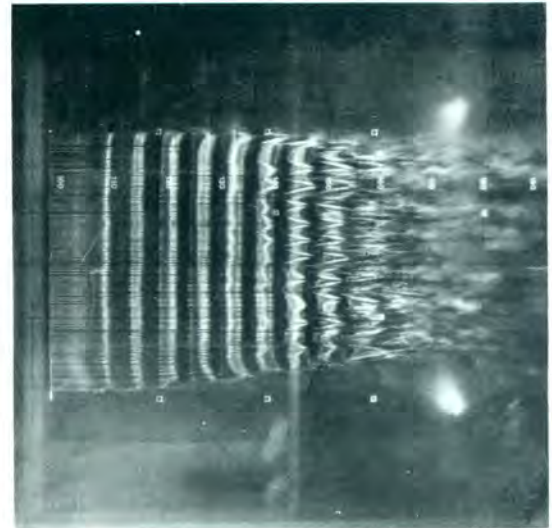


empleados por la teoría de estabilidad clásica que estudia el comportamiento de cualquier sistema cuando por alguna razón una perturbación infinitesimal se introduce en el movimiento. Puede suceder que la perturbación decaiga y el movimiento continúe siendo el original. O puede suceder (más interesante) que la perturbación crezca hasta alcanzar amplitudes que modifiquen substancialmente el movimiento dando origen a uno totalmente diferente. Si las perturbaciones crecen decimos que el flujo es inestable, y si decrecen, el flujo es estable. En la teoría de estabilidad clásica la perturbación se toma como una onda sinusoidal (una componente de Fourier), y se predice su crecimiento o decaimiento exponencial.

**FLUJO BASE.** El entendimiento del proceso de transición se facilita si se estudian flujos con geometrías simples, para los cuales se conozca una solución analítica del flujo laminar. Se ha escogido el flujo en las cercanías de una placa plana lisa producto de la incidencia de una corriente libre uniforme ( $U_0$ ) (capa límite de Blasius) que es el prototipo de flujos limitados por una frontera sólida. La principal componente de velocidad existente en el flujo laminar de Blasius es la que coincide con la dirección de la corriente libre ( $x$ ), y varía solamente en la dirección normal a la placa ( $y$ ). Experimentos cuidadosamente controlados efectuados en dicha capa límite han mostrado que la transición de flujo laminar a turbulento sigue una cascada de inestabilidades débiles (viscosas) y fuertes (vorticales). En cada nueva etapa de inestabilidad aparecen apreciables cambios en la estructura del flujo. Tres etapas fácilmente diferenciadas del proceso de transición han sido reconocidas.

**INESTABILIDAD PRIMARIA.** En la primera etapa de transición o de inestabilidad primaria aparecen ondas en dos dimensiones produciéndose el primer rompimiento en la simetría del flujo, ya que aparecen variaciones en el tiempo y la coordenada espacial ( $x$ ) además de las ya existentes en ( $y$ ). Actualmente, estas ondas bidimensionales se conocen como ondas TS, en honor de Tollmien (1929) y Schlichting (1933) quienes las descubrieron analíticamente. Schubauer y Skramstad en 1948 confirmaron experimentalmente la existencia de las ondas TS, dándole un empuje gigantesco a los esfuerzos teóricos para entender el proceso de transición. Observaciones experimentales muestran regiones de acumulación de humo sin variación a lo ancho de la placa tal como se aprecia en la parte izquierda de la **Figura 1**.

La teoría predice el crecimiento de estas ondas



**FIGURA 1:** Transición en una placa plana. Flujo de izquierda a derecha. Las inestabilidades primarias son ondas bidimensionales, inestabilidad secundaria, ondas tridimensionales. Experimentos de Saric y Otros. (1984).

TS, que son la inestabilidad primaria en el flujo de capa límite de Blasius, dependiendo del número de Reynolds ( $U_0 x / \nu$ ), (donde  $\nu$  es la viscosidad cinemática del fluido), la frecuencia y la longitud de la onda. Para una longitud de onda dada, hay un rango de números de Reynolds ( $R_{min} < Re < R_{max}$ ) para los cuales el flujo es inestable, por tanto, las ondas TS decaerán (estabilidad) si el "Re" del flujo es menor que  $R_{min}$  (Rama I) o mayor que  $R_{max}$  (Rama II). Por consiguiente, en el movimiento en la placa plana, donde se incrementa el número de Reynolds aguas abajo, las ondas TS crecerán únicamente entre  $R_{min}$  y  $R_{max}$ , y luego decaerán. Sin embargo, una nueva inestabilidad del nuevo flujo hace que haya crecimiento de ondas más allá de  $R_{max}$ .

**INESTABILIDAD SECUNDARIA.** La segunda etapa o inestabilidad secundaria se origina de inestabilidades paramétricas del flujo cuasiperiódico que se forma en la primera etapa: Capa Límite de Blasius mas ondas TS de amplitud finita. El flujo en esta etapa es tridimensional ya que aparece una variación sinusoidal en la dirección transversal del flujo ( $z$ ), cuya longitud de onda ( $l_z$ ) es del mismo orden de magnitud que ( $l_x$ ), como se ha demostrado experimentalmente. La estructura de estas inestabilidades es fácilmente reconocible en la forma de "V" producida por acumulación de partículas de humo en observaciones efectuadas experimentalmente como se ve en la **Figura 1**.

**INESTABILIDADES DE ORDEN SUPERIOR.** La tercera etapa o de inestabilidad terciaria se caracteriza por perturbaciones de alta frecuencia y de





pequeña escala de longitud. Actualmente se piensa que es una inestabilidad de carácter no viscoso producida por las características de inflexión del perfil de velocidad instantáneo, producto de la segunda etapa.

Nuestro estudio se centra principalmente en aspectos básicos de la segunda etapa de transición cuya importancia en el proceso de transición

resalta cuando se comparan las distancias (en la dirección del flujo) en que las diferentes etapas ocurren. Típicamente, la inestabilidad secundaria comprende cinco ondas TS, mientras que la inestabilidad terciaria lleva a turbulencia en una sola longitud de onda. Por tanto, entender el mecanismo de inestabilidad secundaria es esencial para predecir y controlar la transición.

## INESTABILIDADES SECUNDARIAS

**EL FUNDAMENTAL.** Las primeras y más influyentes observaciones indicando el carácter tridimensional de las inestabilidades secundarias fueron hechas por Klebanoff y Tidstrom (1959) quienes detectaron regiones con mayores amplitudes (picos) y regiones con menores amplitudes (valles). El flujo es doblemente periódico a lo largo y a lo ancho de la placa y se manifiesta como acumulaciones de humo en forma de "V" alineadas en los experimentos (Figura 1) y en las simulaciones

numéricas (Figura 2). Puesto que la longitud de onda en la dirección del flujo y su frecuencia son las mismas que las de la onda TS, este tipo de transición se conoce también como inestabilidad secundaria de tipo fundamental.

ric y Thomas (1984) y Corke (1987) han demostrado que existe otro tipo de inestabilidad secundaria. En este nuevo tipo, el flujo es también doblemente periódico y se observan acumulaciones de humo en forma de "V". Sin embargo, los picos y valles aparecen en forma intercalada como se puede ver en la simulación numérica (Figura 3). La longitud de onda de esta inestabilidad es el doble que la de la onda TS y los máximos en la velocidad tienen una frecuencia que es la mitad (de la onda TS). Por tanto, esta ruta hacia turbulencia se conoce como de tipo sub-armónico.

Además de los modos de tipo sub-armónico y fundamental, existen otros modos, los desintonizados, que pueden ser excitados paraméricamente. La importancia de estos modos radica en que son la conexión analítica entre los modos fundamental y sub-armónico, y su excitación es parte importante del ancho espectral de banda grande característico del flujo turbulento.

**MODELO TEORICO:** Tal como se ha mencionado, en el presente artículo se consideran las inestabilidades secundarias como inestabilidades paramétricas del flujo periódico producido por una onda TS con amplitud finita. Esta interpretación fue sugerida por Herbert y Morkovin (1980) y observada por Orzag y Patera (1983) en simulaciones con computador del flujo en canales planos, quienes atribuyeron el rápido crecimiento exponencial a un nuevo mecanismo de inestabilidad lineal. La aplicación de los conceptos de la teoría de inestabilidad clásica tomando este flujo periódico como nuevo flujo base resulta en un sistema de ecuaciones diferenciales parciales lineales con coeficientes periódicos, y por tanto la teoría de Floquet se puede emplear para su solución. Detalles de las ecuaciones se pueden encontrar en las referencias. Siguiendo este procedimiento, se obtienen resultados que coinciden, dentro de un margen de error aceptable, con los experimentos de Klebanoff y Cornelius en el tipo fundamental, y con Kachanov y Levchenko en el tipo sub-armónico.

**EL SUB-ARMÓNICO.** Experimentos más recientes tales como los de Kachanov y Levchenko (1984), Sa-

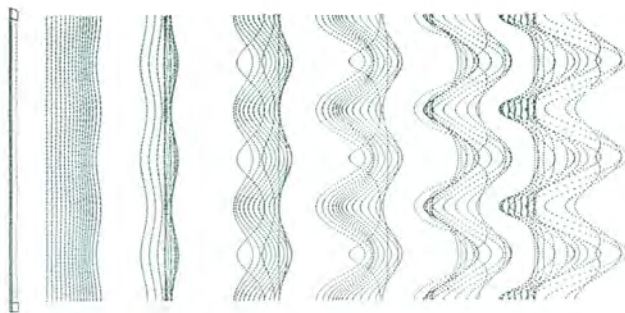


FIGURA 2: Patrón "alineado" del modo fundamental, formado por partículas dentro del campo tridimensional producido por las inestabilidades secundarias. (Generado por computador)

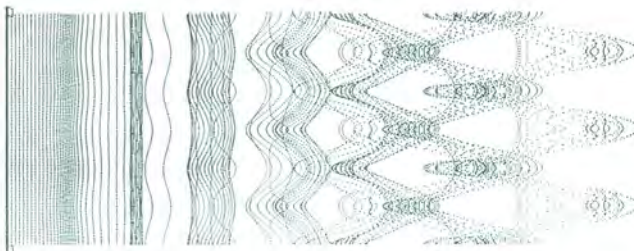


FIGURA 3: Patrón "intercalado" del modo sub-armónico, formado por partículas dentro del campo tridimensional producido por las inestabilidades secundarias. (Generado por computador)



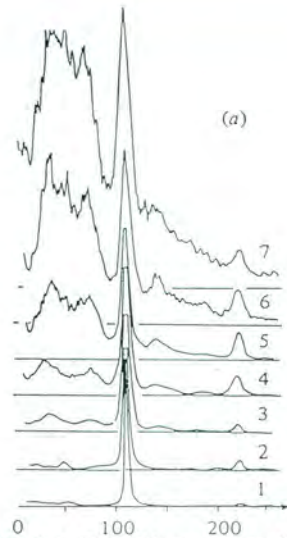


**ANÁLISIS DE LOS EXPERIMENTOS Y RESULTADOS TEÓRICOS**

En un experimento controlado, la capa límite se excita a una frecuencia determinada por medio de vibraciones forzadas con un parlante acústico, una cinta vibrante o una serie de elementos calentadores. La **Figura 4** tomada de los experimentos de Kachanov y Levchenko muestra la evolución típica del espectro de respuesta de la capa límite en la dirección del flujo. En la etapa inicial, la capa límite responde únicamente en la frecuencia en que ha sido excitada  $f=114.4$  Hz. Aguas abajo para un Re aproximadamente de 600, la respuesta incluye otras frecuencias más bajas y su espectro se caracteriza por tener un amplio ancho de banda centrado en la frecuencia sub-armónica.

Estas ondas de baja frecuencia crecen rápidamente y por esto un poco más aguas abajo, la amplitud de este paquete de ondas alcanza y sobrepasa la de la onda TS. La frecuencia sub-armónica es la más amplificada, aunque frecuencias próximas a ella alcanzan amplitudes comparables.

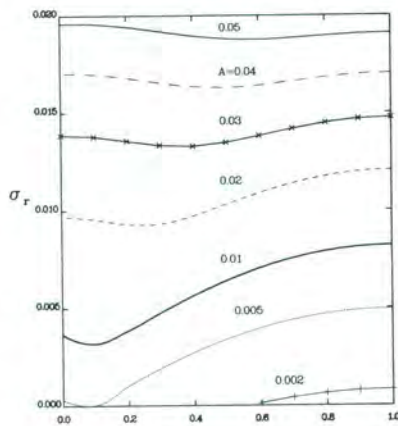
A partir de los análisis teóricos esbozados en el presente artículo se pueden calcular la tasas de crecimiento temporal "Sr", de los diversos modos (subarmónico ( $E=1$ ), fundamental ( $E=0$ ) e intermedios) para varios niveles de la amplitud de la onda TS. La **Figura 5** muestra dichas tasas obtenidas con una frecuencia adimensional  $F=124$ , un número de onda en la dirección principal del flujo " $a$ "=0.2033, un número de onda en la dirección normal " $B$ "=0.2 y un número de Reynolds  $Re=606$  (rama II), que



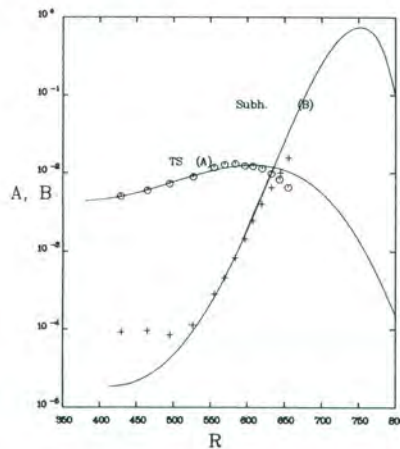
**FIGURA 4:** Evolución en la dirección del flujo del espectro de fluctuaciones para  $x= 300$  (1),  $480$  (2),  $600$  (3),  $640$  (4),  $680$  (5),  $720$  (6) y  $760$  mm (7).  $F=124$ . (Kachanov y Levchenko (1984).

corresponden a los experimentos de Kachanov y Levchenko mencionados. Para todos los niveles de amplitud de la onda TS, la rata de crecimiento máximo corresponde al sub-armónico, aunque modos próximos al sub-armónico tienen ratas de crecimiento comparables, evidenciando el ancho de banda grande característico de la inestabilidad secundaria. A pequeñas amplitudes (0.2%) solamente modos cercanos al sub-armónico son excitados y la inestabilidad fundamental es inexistente. Las ratas de crecimiento de todos los modos se incrementan con la amplitud de la onda TS. A amplitudes de 0.5% todos los modos son inestables, aunque las ratas de crecimiento de modos próximos al sub-armónico son mucho mayores que las del fundamental. Para amplitudes más altas todos los modos tienden a ser igualmente inestables y el mecanismo de selectividad es tan débil que los modos que se pueden observar físicamente dependen casi exclusivamente del contenido espectral del ruido de fondo presente y es posible observar físicamente una estructura mixta compuesta de varios modos. El crecimiento más rápido del modo sub-armónico a pequeñas amplitudes parece ser un resultado genérico para una amplia gama de los parámetros involucrados.

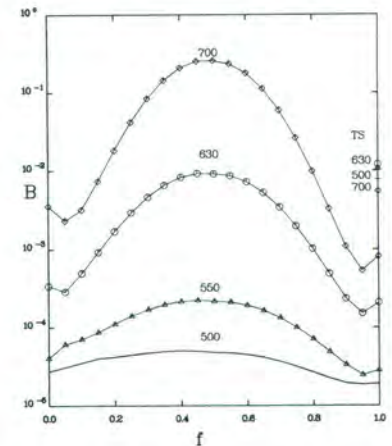
La integración de las ratas de crecimiento para los diferentes modos permite encontrar la evolución de su amplitud aguas abajo y el espectro



**FIGURA 5:** Ratas de crecimiento de los modos en función del parámetro de desintonización  $E$  para varias amplitudes de la onda TS.  $F=124$ ,  $R=606$ ,  $a=0.2033$ ,  $B=0.2$ .



**FIGURA 6:** Variación de las amplitudes de la onda TS, y del modo sub-armónico a lo largo de la placa. Comparación con los experimentos (+, 0).  $F=124$ ,  $A_0=0.0044$ ,  $B_0=0.0000186$ ,  $b=0.33$ .



**FIGURA 7:** Variación de las amplitudes de la onda TS y de los modos de inestabilidad secundaria a lo largo de la placa.  $F=124$ ,  $A_0=0.0044$ ,  $B_0=0.0000186$ ,  $b=0.33$  y  $a=335$ .





teórico de la inestabilidad secundaria. En la **Figura 6** se comparan los valores experimentales de Kachanov y Levchenko de dicha evolución para el modo sub-armónico con los valores teóricos obtenidos. Se puede apreciar como la onda TS empieza a crecer en la rama I y decae a partir de la rama II. Sin embargo, durante toda la región de inestabilidad su amplitud (rms) permanece prácticamente al mismo nivel de 0.01 (1% de la velocidad de la corriente libre), debido a las tasas de crecimiento pequeñas propias de la inestabilidad primaria puramente viscosa. Por otro lado, las inestabilidades secundarias crecen mucho más rápido, en una escala convectiva. Por tanto, aunque las amplitudes son inicialmente mucho más pequeñas (0.00001), rápidamente crecen en varios órdenes de magnitud, dominan la inestabilidad primaria y emergen como principal mecanismo de transición.

Aunque el modo sub-armónico es el que más se amplifica, modos espectralmente similares alcanzan amplitudes comparables como se observa en la **Figura 7** que muestra espectros correspondientes a varios Reynolds, todos con anchos de banda grandes.

Para concluir, en este artículo se han mostrado avances en el entendimiento de la cascada de inestabilidades que conduce a la turbulencia. Se ha logrado una consistencia casi que sorprendente

entre los experimentos controlados y el modelo teórico desarrollado para las primeras etapas del proceso de transición. Sin embargo, aún existen muchos interrogantes en las etapas posteriores, en flujos con no-linealidades fuertes y en flujos en geometrías complejas, que aún siguen siendo objeto de intenso estudio.

#### REFERENCIAS

1. Bertolotti, F.P., Santos, G.R., y Herbert Th. 1987 "Early stages of boundary-layer transition - an animated theory," película en 16 mm, VPI&SU.
2. Corke, T.C. y Mangano, R.A. 1987 "Transition of a boundary layer: controlled fundamental-subharmonic interactions," Proc. IUTAM Symposium on Turbulence Management and Relaminarization, ed. H.W. Liepmann y R. Narasimha, Bangalore, India.
3. Herbert, Th. 1988 "Secondary instability of boundary layers," Ann. Rev. Fluid Mech., vol 20, pp 487-526.
4. Kachanov, Y.S y Levchenko, V.Y. 1984 "The resonant interaction of disturbances at laminar-turbulent transition in a boundary layer," J. Fluid Mech., vol 138, pp 209-247.
5. Santos G.R. y Herbert Th. 1986 "Combination resonance in boundary layers," Bull. Am. Phys. Soc., vol 31, p.1718.
6. Santos G.R. 1990 "Estudios sobre la segunda etapa del proceso de transición de flujo laminar a turbulento en la capa límite de una placa plana lisa," IX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, pp 23-32.
7. Saric, W.S. y Thomas, A.S.W. 1984 "Experiments on the subharmonic route to turbulence in boundary layers," Turbulence and Chaotic Phenomena in Fluids, ed. T. Tatsumi, pp. 117-122, North-Holland.

## LE RESERVAMOS SU ESPACIO PUBLICITARIO



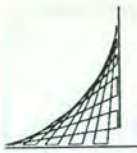
Comercializa:

**ALDO G. VILLAMIL A. Y Cia Ltda**

**Bogotá:** Trans. 6 No. 51 A 43 Tels: 2321886- 2871127 .

**Medellin:** Calle 7 A Sur No. 35-55 Apto 309 El Poblado Tel: 2688054.





# LA PARADOJA DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS

Ing. LUIS G. SANCHEZ B.  
M.S. Productiva

La declinación Industrial de países industrializados conduce a los economistas y especialistas a discutir más seriamente los obstáculos que se oponen a una difusión eficaz de los nuevos procedimientos y materiales en la producción de bienes y servicios.

Ciertas publicaciones, como las encuestas realizadas conjuntamente por la APEC y el BIPE<sup>(1)</sup>, hacen evidente que la evolución tecnológica es tan sólo uno de los factores determinantes del empleo, menos decisivo que la localización y el nivel de las actividades (muy ligados a las estrategias de rentabilidad y de mercados de las multinacionales).

Estas encuestas resaltan que en Francia, durante los años de crisis, la baja del empleo industrial ha acompañado una reducción de las ganancias anuales en productividad de 4,6% en 1973 a 3% en 1988. Por el contrario, durante los treinta años de crecimiento precedentes, el empleo industrial se había desarrollado al mismo tiempo que el sector terciario, y ésto a pesar de un fuerte crecimiento en la productividad.

## Nuevas tecnologías y empleo

Parece poco apropiado atribuir al efecto de las nuevas tecnologías el distanciamiento negativo de la caída del empleo industrial, como consecuencia de las tasas de crecimiento de la actividad económica y de la productividad. Sin duda, toca ver allí los efectos de medidas de racionalización a causa de un clima de competencia creciente, y del cierre

de las unidades de producción menos competitivas en un contexto de estancamiento de la actividad económica, para la cual las causas deben ser buscadas primero que todo en la crisis de los mecanismos de regulación de las economías de mercado... (los acuerdos de "quién" hace "qué"). En pocas palabras, el desempleo no proviene de las empresas que se modernizan sino de aquellas que no lo hacen.

En este clima de guerra económica, constatamos que las ganancias de productividad, independientemente del hecho de que aquellas provengan o no de las nuevas tecnologías, son consagradas únicamente al mejoramiento de la competitividad de las empresas en el marco de una competencia furiosa entre países industrializados. Tal tendencia no podrá sino provocar una contracción de la demanda relativa a nivel global. En consecuencia, la continuación del estancamiento de la actividad económica y del crecimiento del desempleo, y así, siguiendo en una tendencia convergente (de contracción); una especie de "Big-Bang" industrial!! Es decir, que la difusión de las nuevas tecnologías, elemento necesario de una hipotética reanudación del crecimiento, está lejos de ser la condición suficiente. Es necesario, entonces, hacer un mayor esfuerzo para la "diversificación"; concibiendo nuevos bienes y servicios, nuevas fuentes de trabajo.

Claro está que los análisis más interesantes conciernen a los aspectos cualitativos del empleo con respecto a las características de las funciones que aparecen, las nuevas calificaciones requeridas y las necesidades de formación. Pero en la mayoría de los casos se limitan a los ingenieros, ejecutivos y técnicos superiores. En efecto, el comportamiento de las empresas, en materia

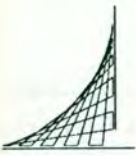
de empleo de ejecutivos, resultante de las evoluciones de los productos y transformaciones estructurales, tiene solamente una relación parcial, en el sentido estricto de la palabra, con el impacto de las nuevas tecnologías. La encuesta Apec-Bipe revela, sin embargo, que el 52% de las empresas que han "automatizado" sus productos han creado empleos específicos; que el 60% de las empresas que están equipándose en "productiva" han contratado más ejecutivos y; que más del 8% del efectivo de ejecutivos de la industria de materiales deberá ser reclutado cada año para asegurar el desarrollo y la difusión de nuevos materiales.

En la encuesta Apec-Bipe de 1986, que profundizaba el caso de la "productiva", podemos notar dos propiedades que diferencian los equipos programables con respecto a la mecanización tradicional que aquellos prolongan: de una parte, la polyvalencia y la flexibilidad de los equipos, y de otra la extensión (o integración) de su campo de aplicación más allá de la fabricación, al manejo de existencias, pedidos, aprovisionamientos, flujos diversos, etc...

Una conclusión muy interesante de esta encuesta es la siguiente: las **ganancias** de productividad de la productiva son de naturaleza organizacional. En la industria mecánica, a través del ciclo de fabricación, una pieza pasa 5% del tiempo sobre una máquina-herramienta y 95% del tiempo en las diversas áreas de almacenamiento. Recíprocamente, las máquinas son utilizadas con fines productivos sólo un 20% del tiempo. El problema de productividad no es tanto de transformar la materia sino de hacerla circular, y el simple sentido común permite concluir que hay más que ganar sobre el 95% del tiempo de almacenamiento que sobre el 5% del tiempo de máquina...

<sup>(1)</sup> La APEC (Asociación para el empleo Ejecutivo de Francia) y el BIPE (Oficina de Información Para el Empleo de Francia) realizaron en julio de 1986 la encuesta "Nuevas Tecnologías y el empleo de ejecutivos", y en el otoño de 1987 la encuesta "Nuevos materiales, Nuevos Oficios".





### Que es la productica?

Es muy corriente encontrarse con la idea errónea de que "productica" es simplemente sinónimo de "automatización". Esta sinonimia debe asimilarse con "optimización". Tenemos necesidad, primero que todo, de comprender el sistema y de optimizar la utilización de los recursos existentes. En seguida pensaremos en la introducción de nuevas tecnologías, para las cuales debemos evaluar sus aportes reales en el contexto del conjunto del sistema de producción. La formación del obrero, simultáneamente con los cambios, es parte integral del éxito de la transferencia de tecnología

ricación y, finalmente, el despacho.

Tales sistemas son relativamente fáciles de imaginar en su globalidad, pero presentan grandes dificultades en su definición precisa y realización.

La experiencia es aún escasa y numerosos hábitos (mentales y operativos) deben ser revisados.

### Posición frente a la productica o la gran aventura de la empresa moderna

El éxito de la actividad productica exige que esta indispensable etapa de modernización de la herramienta de producción sea pre-

la productica, son atractivas y frecuentemente presentadas como la única posibilidad de supervivencia. Que hay de real en aquello? Un cierto número de encuestas y observaciones sobre el terreno muestran que los resultados obtenidos son frecuentemente muy lejanos de las promesas y esperanzas. Así, en el área de los talleres flexibles, las escasas unidades que en el mundo funcionan de manera eficaz (a menudo construidas a título experimental, es verdad), han tenido dificultades y retardos en la puesta en marcha, muchas veces sin una comparación posible con las previsiones iniciales. Por otra parte, la rentabilidad financiera, de las grandes acciones de modernización de la herramienta productiva es raramente puesta en evidencia de manera clara y positiva.

Aquello se debe frecuentemente al hecho de que la introducción de esas nuevas tecnologías en la empresa ha sido insuficientemente preparada, tanto en el plano material como humano. En efecto, para que la actividad productica sea rentable se debe aplicar a un terreno preparado, sobre la base de realidades concretas de la producción y un análisis pragmático del existente: productos, recursos y flujo de producción.



La productica puede ser definida como el conjunto de técnicas orientadas a la concepción y puesta en marcha de sistemas de producción automatizados. Podemos entonces hablar de producción automática.

Preocupándose por la eficacia y rentabilidad, la productica busca:

- Un mejor seguimiento de la demanda. Que la producción no preceda al pedido y que las existencias se encuentren reducidas a cero, pero esto supone un funcionamiento flexible!

- La integración de las funciones de producción. No hay sino un sólo proceso seguido en permanencia por el computador omnipresente; desde el pedido hasta el mantenimiento, pasando por la concepción del producto (el prototipo), el diseño, la fab-

cedida por el mejoramiento, incluso la revisión, de la organización y métodos de trabajo de la empresa.

La producción en pequeñas y medianas series ha evolucionado considerablemente durante la última década, en particular en las industrias mecánicas, y presagia una verdadera revolución tecnológica y cultural que la empresa mecánica vivirá antes del fin de siglo.

Esta nueva situación ya está concretizada en grandes grupos industriales que disponen de medios financieros considerables, pero aplicaciones interesantes existen igualmente en empresas pequeñas.

Según numerosas publicaciones y comunicaciones hechas sobre este tema, las perspectivas ofrecidas a las empresas industriales por las nuevas tecnologías de información y automatización, fundamentos de

### El objetivo de la productica, esperanzas y realidades

Las presentaciones que se han hecho al respecto resaltan que una cierta confusión reina sobre el objeto y la finalidad de la productica.

La mayoría de las veces bajo ese término son presentadas y asociadas las técnicas de diseño y fabricación tales como CAD/CAM, la robótica, el comando numérico, etc. Esos son solamente medios que conviene implantar, mientras que la productica se define plenamente por su objetivo, el cual es incrementar la competitividad de las empresas.

Evidentemente, una parte importante del enfoque de la productica consiste en adquirir los medios de diseño y producción modernos y sofisticados, pero aquello no representa sino un aspecto limitado.

Más allá del mejoramiento de la









mún» y el «buzón de ideas» no deben ser despreciados y están frecuentemente al origen de ganancias importantes.

### Las nuevas tecnologías son necesarias, pero...

No es raro, y sería deseable encontrarse menos a menudo frente a reportes del estilo: «a pesar de la automatización, la introducción de nuevos productos es retardada. Los nuevos dispositivos no son explotados de manera óptima y se hace trampa. Las existencias reaparecen para compensar las fallas y con ellas los defectos de fabricación. En tal fábrica de componentes, la «montada en régimen» exigirá quince meses en lugar de los cuatro previs-

tos. Ello traerá consigo un rebasamiento del 25% del presupuesto consagrado a la modernización, ocasionará la duplicación del tiempo de entrenamiento y se traducirá en un alza del 10% de los costos de fabricación, cuando se contaba con una baja del 20 al 30% del tiempo de funcionamiento...»

Quizás debemos formularnos más a menudo las siguientes preguntas: ¿para qué sirve el trabajo de científicos y profesionales en un contexto de estancamiento de la actividad industrial? ¿quién busca únicamente mejorar la productividad de un sistema que «producirá cosas» si para ellas no habrá compradores?

Si consideramos que un «consumidor» es un «trabajador», que gana

un salario que le permite comprar, una actitud errónea podría engendrar «minusválidos comerciales» sin razón, y entonces, estaríamos «matando la gallinita a fuego lento».

Desafortunadamente, constatamos con frecuencia que aquellos que deciden, muy raramente, se dan cuenta que toda actividad humana (comprendida la industrial) está orientada a satisfacer al hombre, en una sociedad catalogada de «consumo».

*Ingeniero Civil de Escuela Colombiana de Ingeniería, 1980 MASTERE especializado en Productiva de Ecole Nationale Suérisse de Technique Avances de Paris, 1987  
Dea Informática y Automática aplicadas de la INSA de Lyon, 1989*

## CURSO DE POSTGRADO EN EL ESTUDIO DEL FLUJO EN LAMINA LIBRE

M. Gómez V., A. Bateman P., J. Dolz R., J.P. Martín V.

Sección de Ingeniería Hidráulica e Hidrología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona.

G. Santos G., A. Rodríguez, G. Acero.

Departamento de Hidráulica de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

El próximo mes de febrero de 1991, iniciando el convenio de colaboración académica entre la Escuela Colombiana de Ingeniería (ECI) y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (ETSICCP) de la Universidad Politécnica de Cataluña, se dictará el curso de Postgrado «MODELACION HIDRAULICA DEL TRANSITO DE CRECIENTES con aplicación al diseño y explotación de Canales de Aprovechamientos Hidroeléctricos y de Regadío, y Redes de Alcantarillado».

El tema se introducirá deduciendo las ecuaciones de Saint-Venant y describiendo los métodos numéricos más avanzados para el tratamiento de las mismas. Estas ecuaciones que gobiernan el flujo no permanente en canales fueron sugeridas por primera vez por A.J.C. Barre de Saint-Venant en el año de 1871. Matemáticamente hablando, forman un sistema de ecuaciones no lineales en derivadas parciales de tipo hiperbólico, cuya solución analítica no ha sido encontrada. Fueron resueltas en forma numérica por primera vez en la década de los cincuenta por Issacson, Stoker y Truesch, aplicando el modelo a tramos de los ríos Ohio y Mississippi.

La proliferación de grandes computadores en los últimos años ha permitido estudiar ampliamente el flujo no permanente en lámina libre y desarrollar programas comerciales para tratar los diferentes fenómenos que aparecen, dejando atrás conceptos de diseño de la Ingeniería Hidráulica Clásica.

Entre los problemas más generales en flujo gradualmente variable que pueden ser tratados por medio del software disponible comercialmente se encuentran:

- Estudio y modelación de avenidas en ríos.
- Prevención y predicción de avenidas.
- Diseño y análisis de redes de alcantarillado en grandes ciudades, que la ingeniería clásica aborda por métodos simplificados.
- Diseño y reforma de canales hidroeléctricos.
- Control y explotación de los canales hidroeléctricos.

•Control y explotación de canales de riego.

Dentro de los múltiples campos de aplicación destacaremos su empleo en el diseño de colectores. En el diseño clásico no se tiene en cuenta el efecto conjunto de diferentes hidrogramas por los colectores de la red que pueden provocar efectos de ondas de retroceso que anieguen los colectores por encima de la cota clave, provocando su entrada en carga con consecuencias desagradables en el buen funcionamiento de una gran ciudad.

Fenómenos más localizados pero igualmente importantes pueden ser modelados con la teoría del régimen rápidamente variable. Entre estos se encuentran la formación, seguimiento y desaparición de frentes de ondas y resaltes hidráulicos. Aunque estos fenómenos normalmente no se tienen en cuenta en el diseño, en ocasiones han producido grandes frentes de onda en canales de aprovechamiento hidroeléctrico por desconexión de la red (Cunge et al. 1980).

La experiencia muestra como año tras año se presentan problemas de insuficiencia en la capacidad de desagüe en los diferentes tipos de conducción. Este mal funcionamiento de las conducciones pueden ser la causa de cuantiosas pérdidas humanas y económicas, que con un buen conocimiento de los fenómenos hidráulicos se podría evitar.

En el curso se darán a conocer, además de los programas comerciales de cálculo más usados, los programas MARA y MECAH, desarrollados en la Sección de Hidráulica e Hidrología del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la ETSICCP de Barcelona. El MARA (Modelo de Análisis de Redes de Alcantarillado) es un programa para la simulación de transitorios en redes de alcantarillado que actualmente se está utilizando para el dimensionamiento de una gran parte del alcantarillado de Barcelona, particularmente para la zona donde se establecerá la Villa Olímpica. Por otra parte, el MECAH (Modelo de Estudio de Canales de Aprovechamiento Hidroeléctrico), es un programa para configurar canales hidroeléctricos empleando una gama extensa de características geométricas y de explotación. Actualmente se está validando con datos reales provenientes de dos campañas de ensayos. Las principales ventajas de ambos modelos son sus opciones de análisis gráfico de resultados que permiten incluso a usuarios no expertos, el estudio y diagnóstico de los problemas.





# LA TEORIA DE LAS ESCALAS

Por: BERNARDO LIEVANO LEON\*

**E**n el artículo anterior, se estudió la naturaleza del sonido musical, las propiedades que tienen las notas y las relaciones que existen entre ellas: recordemos ahora que la escala de Pitágoras ajustada por Ptolomeo corresponde a la estructura de dos tetracordios iguales entre sí y ligados por una distancia de un tono así:

primer tetracordio				segundo tetracordio			
DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
	1T	1T	1ST	1T	1T	1T	1ST

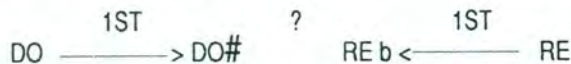
donde

IT = 1 tono  
 IST = 1 semitono

La estructura anterior se llama escala DIATONICA MAYOR y corresponde a la sucesión melódica que se escucha al tocar las teclas blancas de un piano desde la nota DO hasta la siguiente nota DO inmediatamente superior.

Olvidémonos por ahora de las relaciones matemáticas y consideremos que cada tono se subdivide en dos semitonos y el semitono no se subdivide más (en algunos sistemas musicales diferentes al occidental, el semitono se subdivide en microtonos: India, China, Arabia), es decir que el semitono es el ladrillo fundamental para la construcción de cualquier obra musical (los quarks de la música?).

En este orden de ideas, sigue entonces la conclusión de que entre dos notas que estén separadas por un tono, es posible encontrar otras notas intermedias simplemente, subiendo un semitono desde la nota más grave, o bajando un semitono desde la nota más aguda así:



Cuando se encuentra la nota al moverse un semitono hacia arriba, se llama nota SOSTENIDA, en el ejemplo sería DO SOSTENIDO y se le asigna el símbolo #; cuando el proceso es hacia abajo, el sonido o nota resultante recibe el nombre de nota BEMOL, en el caso del ejemplo sería RE BEMOL y se le asigna el símbolo b.

Vemos que entre la nota sostenida y la nota bemol hay un espacio que hemos llenado deliberadamente con un signo de interrogación (?); esto significa que la subdivisión de tono en dos semitonos no es exacta, pero este tema será tratado en detalle cuando se hable del tempera-

mento: por ahora asumimos que esta inexactitud es despreciable y por lo tanto, la nota sostenida suena igual a la nota bemol:

$$DO \# = RE \flat \quad (\text{aprox.})$$

Con el uso de los semitonos tenemos entonces que la escala descrita anteriormente está constituida en forma definitiva por doce "ladrillos" o semitonos así:

DO DO# RE RE# MI FA FA# SOL SOL# LA LA# SI DO  
 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST

o lo que es lo mismo

DO REb RE MIb MI FA SOLb SOL LAb LA Sib SI DO  
 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST 1ST

Ahora procedamos a construir otras escalas iguales a la escala que comienza en DO, pero comenzando desde otra nota, por ejemplo la nota SOL; lo primero es tener siempre presente la estructura básica de la escala diatónica:

T ----- T ----- ST ----- T ---- T----- T ----- ST

Nota inicial	: SOL		
Segunda	: LA	1 tono	ok
Tercera	: SI	1 tono	ok
Cuarta	: DO	1 semitono	ok
Quinta	: RE	1 tono	ok
Sexta	: MI	1 tono	ok
Séptima	: FA#	1 semitono!!!	y debe haber 1 tono

en este momento debemos construir una distancia de un tono lo cual lo logramos "corriendo" hacia arriba la nota FA que sigue al SOL y como entre el SOL y el FA ya existe un semitono, entonces debemos "correrla" otro semitono para así obtener el tono que se necesita, es decir que debemos usar la nota FA# y no FA:

Séptima : FA#

\* Ingeniero Civil de la Universidad Javeriana. Ha sido profesor en varias universidades. Director de Coros, actualmente es profesor del Departamento de Música de la Universidad del Cauca.





ahora bien, como entre la nota séptima y la octava se necesita un semitono (ver estructura de la escala), al usar la nota FA#, ya tenemos un semitono porque nos hemos acercado un semitono a la nota siguiente que es SOL: entonces la escala a partir de la nota SOL queda así:

SOL LA SI DO RE MI FA# SOL  
1T 1T 1ST 1T 1T 1T 1ST

que tiene la misma estructura de la escala diatónica mayor y por lo tanto producirá la misma melodía al tocarla en forma ascendente secuencial, pero con distinta frecuencia o distinta entonación.

Este ejercicio se puede hacer a partir de cada una de las DOCE notas de la escala, lo cual da origen a las DOCE escalas que se usan en la música occidental.

Si observamos ahora la estructura de la escala, vemos que podemos inventar muchas formas de "pasear" por entre los doce sonidos, por ejemplo:

1T ---- 1T ---- 1ST ---- 1ST ---- 1T ---- 1T

o también,

1ST ---- 1T ---- 1T ---- 1T ---- 1ST ---- 1T ---- 1T

etc.

Obviamente, cada una de estas formas o MODOS de recorrer las notas o sonidos fundamentales de la música, producirá una melodía diferente en cada caso; esto ha dado origen desde tiempos remotos a muchas escuelas estéticas y es lo que en la historia de los sistemas mu-

sicales se conoce con el nombre de MODOS, por ejemplo en la Grecia antigua (siglo de Pericles) había distintos modos según el origen: modo jónico, modo lidio, modo dórico, etc; posteriormente, al aparecer el cristianismo se usaron otros modos en forma similar y se llamaron modos eclesiásticos y están en uso actualmente en las abadías donde se practica el canto gregoriano.

De todos estos modos, que no son otra cosa que la manera de colocar los "ladrillos" o semitonos unos con otros, la música occidental (hasta comienzos del siglo XX), utiliza solo dos modos: EL MODO MAYOR y EL MODO MENOR.

El modo mayor corresponde a la escala que hemos venido presentando y al construir, con esta estructura, las escalas a partir de las doce notas básicas, obtenemos las llamadas ESCALAS EN MODO MAYOR o simplemente, ESCALAS MAYORES.

El modo menor resulta de recorrer las notas de la escala básica o escala natural, no a partir de la nota DO, sino a partir de la nota LA así (la sexta nota de la escala):

LA SI DO RE MI FA SOL LA  
1S 1ST 1T 1T 1ST 1T 1T

esta estructura, produce una melodía con un contenido estético y emocional totalmente diferente al de la estructura del modo mayor, y al aplicarla a cada una de las notas, obtenemos las doce escalas en MODO MENOR.

En el artículo siguiente, examinaremos detenidamente, el desajuste que existe al dividir el tono en dos semitonos, lo que ha determinado en gran porcentaje, la manera de escribir la música en cada período de la historia, EL TEMPERAMENTO.

## LA "LOGICA" DEL LENGUAJE

Carlota  
López  
Arango

En una de mis clases, preocupada por el bajo rendimiento académico de mis estudiantes, sostuve el siguiente diálogo con ellos:

**¿Hay algo que no hayan entendido?**  
•No hemos entendido **nada**.

*Muy satisfecha proseguí:*

**¿Han venido a todas las clases?**  
•No hemos faltado **nunca!**

*Ya no tan satisfecha, sino muy sorprendida con la respuesta pregunté:*

**¿Les gusta esta materia?**

A lo que uno de ellos, muy seguro contestó:

•No hay **ninguna** que me guste más.

Yo no salía de mi asombro: tenía en mi aula unos alumnos verdaderamente excepcionales: Aunque poco les gustaba la materia y a veces no iban a clase, algo entendían.

Ojalá todos los grupos fueran como este!, pensé. Pero... había algo muy extraño; si había algo de claridad en el contenido del curso, ¿a qué se debían las malas notas? Entonces, entendí: El problema era de lenguaje; todo parecía indicar que las tres frases que yo les había escuchado, significaban para ellos exactamente lo contrario que para mí. Es decir: Les gustaba el curso, siempre asistían a clase, pero a pesar de eso no entendían.

*Muy triste concluí, que mientras la **lógica** de nuestro lenguaje fuera diferente, **jamás** me entenderían!*





# REFLEXIONES SOBRE LA INICIACION DE LA ENSEÑANZA DEL ANALISIS EN LATINOAMERICA

*DISCURSO PRONUNCIADO POR EL INGENIERO ARTURO RAMIREZ MONTUFAR, PROFESOR DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, EN EL ILUSTRE CLAUSTRO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN MARCOS DE LIMA, CON OCASION DEL PRIMER COLOQUIO LATINOAMERICANO DE ANALISIS MATEMATICO.*

**A**l salir de Bogotá, con rumbo a esta grandiosa ciudad de Lima, nos enfrentamos a la sombría cumbre del Nevado del Ruíz, desde la cual bajaron hace cuatro años, la destrucción y el pánico a las ardientes llanuras de Lérida y Armero. Después seguimos bordeando las cumbres de los Andes, viendo a lo lejos el Puracé y el Galeras, todavía con inquietantes signos de actividad volcánica. Al pasar sobre el Ecuador percibimos las moles imponentes del Chimborazo y el Cotopaxi, y las alturas de Pichincha. Después al entrar al Perú, se inicia el largo recorrido del Marañón por la cordillera pasando detrás del Huascarán hasta acercarse al cerro de Pasco casi al final de nuestro viaje. Esa ruta que contemplamos desde los diez mil metros de altura, fue la que siguieron los Incas desde el Cuzco hasta Popayán. Por allí discurrieron a lo largo de carreteras que pavimentaron en forma semejante al sistema de Mac Adam, que hoy empleamos.

Por allí pasaron también los conquistadores del Perú, de Quito y de la Nueva Granada. Los fundadores de ciudades Cieza de León y Belalcázar, y fue más tarde la ruta de los libertadores. La de San Martín que tiene aquí en Lima la más hermosa estatua, donde lo vemos llegar a la plaza que lleva su nombre en ese caballo cansado de cruzar los Andes. Fue la ruta de Sucre y de Bolívar y también fue la ruta de Humbolt y Bompland, en los albores del siglo XIX. Pero se requerían virtudes lindantes con el heroísmo para seguirla, y durante mucho tiempo la inmensa cordillera separó nuestras Comarcas y no nos quedaron sino los recuerdos de un pasado glorioso como vínculo de unión. Hoy el vínculo son las rutas aéreas que borran las lejanías y las alturas y nos ponen en contacto directo con todos los reinos del antiguo imperio español. Para los bogotanos, Lima es una ciudad de leyenda. Contrasta su esplendor colonial con nuestro recatado y modesto pasado conventual. Hasta hace unos cuarenta años Bo-

gotá era una ciudad pequeña, amable y un poco triste que asustaba y ahuyentaba a los costeños alegres y jacarandosos, como García Márquez, pero que a otros viajeros atraía con su embrujo. Miguel Cané diplomático y poeta argentino al recorrer nuestra ciudad decía: "Bogotá melancólica, ¡cómo oprimes el alma!..." pero acabó queriéndola como ninguno, y nos dejó esos versos, que para nosotros contienen todo el espíritu esqui-vo de la antigua Santa Fé.

Hoy Bogotá es una ciudad monstruosa que ha perdido su melancolía y ha crecido tanto que se alcanzan a percibir diferencias notables de clima de un extremo a otro. Mientras en el sur se desata un vendaval de lluvias y granizos, en el centro puede estar brillando el sol y celebrándose un carnaval, en tanto en el norte el calor obliga a las muchachas a lucir trajes primaverales. Pero los bogotanos viejos seguimos viviendo en nuestra ciudad del recuerdo, la de los mantos de niebla y el sol de los venados y deslumbrándonos con el esplendor de las sedes de los grandes virreinos de la Nueva España y del Perú y en alguna forma, muy desvanecida a través de los siglos, nos queda la nostalgia de haber pertenecido a ese imperio.

Después de haber llegado del este, en el siglo XII, comandados por Manco Capac, los Incas extendieron su dominio hasta el sur de Colombia. En tiempos posteriores, en el siglo XVII, el Virreinato del Perú comprendía las audiencias de Panamá, Santa Fé, Quito, Buenos Aires, Chile y Charcas. Ese fue el siglo de oro de las letras, de las ciencias y de la consolidación territorial española. El Virreinato del Perú dejó una pléyade de filósofos, de santos, de marinos, de escritores, de sabios. Del Callao salían las flotas a descubrir y conquistar las islas de Oceanía, en tanto que la cultura salía de los conventos dando paso a las grandes concepciones políticas y humanistas. Por las calles de Lima, por los suburbios de la

picardía y de la miseria, transitaba Juan de Caviedes, que dejó a la posteridad la descripción exacta de toda esa vida miserable y grandiosa, burlándose de los médicos y relatando en ágil romance la muerte de una pobre ramera en el hospital de Lima, anticipándose varios siglos a las formas literarias de la actualidad. Frente al criterio de autoridad que desplegaban las viejas escuelas escolásticas, en las universidades de Reino y en la de los Jesuitas, se iniciaba el estudio de las ciencias naturales y nos encontramos con figuras tan extraordinarias como la de aquel don Pedro de Peralta y Barnuevo, cuya vida relata Catlos Majó Framis. Nació don Pedro promediado el siglo XVII y alcanzó a vivir en las cuatro primeras décadas del siglo de las luces. Era don Pedro de Peralta, escritor y poeta, rector magnífico de la Universidad de San Marcos. Fundó en Lima una academia de matemáticas y elocuencia, dos términos al parecer antitéticos, pero que sí le damos a la palabra elocuencia, un significado que nunca ha perdido, como de eficacia para convencer a oyentes y lectores, encontramos muy razonable que a la matemática se ligue esta condición. Don Pedro era ingeniero y cosmógrafo mayor del reino, hablaba ocho idiomas y en todos sabía versificar. Era químico, botánico, anatomista y médico, astrónomo y meteorólogo, publicaba cada año el "Conocimiento de los tiempos", con sus observaciones astronómicas. Era la época, que se extendió desde Tycho Brache y Kepler, pasando por Newton y por Euler hasta Einstein, en que la Matemática iba generalmente ligada a la astronomía. Entre las obras de don Pedro hay una sobre astronomía aplicada a la náutica. También produjo una aritmética especulativa y un tratado sobre el arte de la ortografía. En el campo de la ingeniería, dió a luz una obra titulada "Nuevo beneficio de metales" y planos para las fortificaciones de Lima y de Buenos Aires. Escribió una historia de España y de la Conquista del Perú. También





publicó algunos dramas, como "El triunfo de amor y poder" y "Afectos vencen finezas" y tradujo a Corneille.

"Al acercarse el fin de sus días y desasido ya de toda sabiduría terrena, escribió su "Pasión y Triunfo de Cristo".

Al considerar esta gran variedad de ramas de las ciencias y de las artes, que abarcó la mente privilegiada de don Pedro de Peralta, no podemos menos que pensar en los grandes genios del renacimiento y guardadas proporciones y circunstancias de tiempo y lugar en Leonardo, el gran arquetipo del hombre renacentista.

Los siglos XVII y XVIII fueron las grandes épocas de la universidad hispanoamericana. En el siglo XVII los Jesuitas lograron conferir títulos académicos a la par con las universidades reales. Este privilegio les fue concedido por el Papa Gregorio XV para Lima y Méjico. En todas las colonias españolas, en los colegios y en las universidades comenzó a difundirse la ciencia recuperada y recreada por el renacimiento europeo.

Al aproximarse el siglo de las Luces, Benito Díaz de Gamarra en Méjico se puso a contarles a los criollos quiénes fueron Leibniz y Descartes. Lo expulsaron de su cátedra. Baltasar de los Reyes Marreiro, en Caracas, descubría la existencia de un nuevo pensamiento Europeo, y también fue privado de emolumentos. Sin embargo, y pese a este espíritu de la contra-reforma, se abría paso la aurora humanística y en todas las capitales de los virreinos, presidencias y capitanías surgían estudiosos y sabios cuyo pensamiento confluyó en la lucha de emancipación. Fue la época grandiosa de la Botánica y la Geografía. El padre Gumilla escribió el "Orinoco Ilustrado", el Padre Maldonado la "Carta del Territorio Ecuatoriano", el Padre Juan de Velasco la "Historia del Reino de Quito", el Jesuita Chileno Juan Ignacio Molina el "Compendio de la historia geográfica, natural y civil del Reino de Chile". La provincia de Esmeraldas tuvo como gobernador un sabio matemático, don Andrés Vicente Maldonado que acompañó a La Condamine. También vinieron al Perú y Chile los ilustres sabios don Jorge Juan y don Antonio de Ulloa quienes eran Tenientes Generales de la Real Armada Española y miembros de la Real Sociedad de Londres y de las Reales Academias de París, Berlín y Estocolmo. Ellos acompañaron a los sabios franceses en la medición del grado de meridiano en el Ecuador, y luego enviaron a la Corona, las famosas "Noticias Secretas de América". A la Nueva Granada llegó a finales del siglo XVIII uno de los más ilustres hombres de ciencia que haya pi-

sado territorio americano, me refiero a don José Celestino Mutis, botánico y astrónomo quien creó la Expedición Botánica, fabuloso inventario de los recursos naturales de las Indias y construyó el observatorio astronómico de Bogotá. En su cátedra del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario explicó las leyes de Newton y Copérnico y abrió un inmenso ventanal por donde entraron las luces de la ilustración. Alejandro de Humbolt al conocer a Mutis quedó sorprendido por la vastedad y calidad de su obra.

Uno de los más preclaros discípulos de Mutis fue Francisco José de Caldas, astrónomo, botánico y matemático de la más noble condición moral e intelectual, prócer de la independencia, que murió en el cadalso un infausto día del terrible año de 1816, al término de su prisión en el claustro del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Por la amplia escalera de piedra del colegio, bajó ese día con el corazón destrozado y el alma conturbada.

Mil veces subí por aquella escalera para dar mi clase de Cálculo y mil veces me crucé con la sombra atormentada de Caldas. Los patriotas que fueron a recoger su humilde menaje hallaron las paredes de su celda, llenas de signos extraños, eran fórmulas matemáticas, signos de integración, letras griegas,... En la puerta vieron uno que llamó particularmente su atención, era la letra griega theta pintada con carbón que ellos en forma ingenua y poética interpretaron así: o negra y larga partida...

Sería prolijo, tan solo enumerar los hombres de ciencia venidos de España o que surgieron en las colonias españolas en el siglo XVIII. Antes de 1767 año de la expulsión de los Jesuitas, la mayoría pertenecían a esa orden, pero luego, en los tiempos de la Ilustración provenían de otras comunidades o simplemente eran laicos. No cabe duda que fueron ellos los que explicaron a los criollos las teorías de Galileo, de Thyco Brache, de Kepler, de Newton, de Leibnitz y Descartes, en pugna muchas veces con los últimos rezagos de la inquisición.

Solamente he tratado de esbozar el entorno histórico que antecedió, coexistió y siguió de cerca la vida de don Pedro de Peralta. Por eso no he nombrado al Brasil que tuvo una historia parecida pero sin conexión con la de las colonias españolas. Allí también hubo influencia Jesuítica, también hubo expulsión, en 1759, y también hubo gobierno de la Ilustración con el marqués de Pombal. Todas esas corrientes de pensamiento matemático de los siglos XVII y XVIII junto con los avances del siglo XIX vinieron a configurar esa ra-

ma de la ciencia que hoy se designa con el nombre de Análisis. Creí oportuno, dentro de este "Primer Coloquio" recordar así sea en forma breve y fragmentaria y rendir homenaje a estos ilustres antecesores de quienes hoy buscan profundizar en el estudio de esta parte de la matemática, en nuestros países.

La organización de este coloquio estuvo a cargo de muy eminentes profesores: Orlando Villamayor de la Universidad de Buenos Aires, Jaime Lesmes de la Universidad de "Los Andes" de Bogotá, Pedro Espinosa de la Universidad de San Marcos de Lima y César Carranza de la Universidad Católica del Perú, quien presidió el Comité Organizador. Para todos ellos va nuestro parabién y nuestra gratitud.

Ha querido el Comité honrar a algunos de los más ilustres maestros de Latinoamérica. Son ellos los profesores: José Tola del Perú, Luis Santaló de la Argentina, César Abvavad de Chile, Luis Masera del Uruguay y Mischa Cótlar de Venezuela, quienes como lo dice el primer aviso del Coloquio, son todos mayores de setenta años y han formado escuela en nuestros países contribuyendo en forma decidida al desarrollo y difusión de la matemática. El homenaje que hoy se les rinde es justa retribución a sus trayectorias académicas, pródigas, consagradas y esclarecidas.

Por alguna razón que no alcanzo a comprender, ha sido incluido mi modesto nombre junto al de estos insignes profesores. Esto se debe probablemente a la amistad indeclinable que me ha unido a antiguos discípulos que hoy son gloria de la matemática colombiana, entre quienes sobresale el profesor Jaime Lesmes, y que generosamente han olvidado mis faltas y limitaciones, recordando solamente lo bueno que en mi encontraron como es el haber permanecido en la cátedra, casi medio siglo, desde una remota mañana de marzo de 1941, cuando dí la primera clase en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, a las ocho de la madrugada, según solía decir un simpático catedrático español. Desde entonces he conocido más de dos mil estudiantes, buenos, excelentes y malos, a quienes también recuerdo con mucho cariño, porque comparto la opinión de un profesor francés que los consideraba nuestros mejores amigos porque "ellos son la sal de la tierra".

Al asociarme de todo corazón al homenaje que se rinde a mis eminentes colegas latinoamericanos de cátedra de Análisis, renuevo el profundo agradecimiento y la felicitación entusiasta a los organizadores y participantes de este trascendental encuentro.