

REVISTA
**ESCUELA COLOMBIANA
DE INGENIERIA**

Año 3 Nº. 9 Vol. 3 Julio-Septiembre 1992



INTRODUCCION
A LA HIDROLOGIA
URBANA

E.C.I.

20 AÑOS 72-92



**REVISTA
ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERIA**

Año 3 No. 9 Vol. 3 - Julio-Septiembre - 1992

Licencia Mingobierno No. 1595 del 6 de Mayo de 1991
ISSN 0121-5132



INTRODUCCIÓN
A LA HIDROLOGÍA
URBANA

E.C.I.

Nuestra Portada
Sede de la E.C.I.
Fotografía: Antonio Nariño

S U M A R I O

- 2 EDITORIAL - 20 Años**
LUIS CARLOS SARMIENTO ANGULO
- 4 INSTINTO DE CONSERVACIÓN**
GERMÁN URDANETA HERNÁNDEZ
- 6 BIODISCOS**
JAIRO ROMERO ROJAS
- 10 AL INTERIOR DE UN SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**
SILVIA C. SALAMANCA P.
- 16 NUEVA FÓRMULA PARA PREDICCIÓN DEL CONCRETO
A 28 DÍAS CON BASE EN R_3 Y R_7**
RAMIRO CABAL S.
- 20 E.C.I. 20 Años**
*RECOPIADO POR: EDUARDO SILVA S., ALVARO GONZÁLEZ F.,
GERMÁN SANTOS G. Y CARLOTA LÓPEZ A.*
- 25 OBRAS PÚBLICAS POR CONCESIÓN**
M.O.P.T.
- 30 INTRODUCCIÓN A LA HIDROLOGÍA URBANA**
ALLEN BATEMAN PINZÓN
- 37 ¿CÓMO CONSEGUIR UNA MALA CONVIVENCIA?**
JOSÉ MARÍA FORCADA
- 38 NOTICIAS**

DIRECTOR
ING. GERMÁN RICARDO SANTOS G.

CONSEJO EDITORIAL
MAT. CARLOTA LÓPEZ ARANGO
ING. RICARDO LÓPEZ CUALLA
ING. MARÍA CRISTINA CORREAL
ING. RAMIRO CABAL SANCLEMENTE
ING. ALVARO GONZÁLEZ FLETCHER

EDITORA
ING. BLANCA VILLAMIL DE ALVAREZ

CIRCULACIÓN
ECO. LUISA FERNANDA QUINTANA

ASESOR ESPECIAL
ING. HERNANDO ALVAREZ RINCÓN

COMERCIALIZACIÓN Y DISEÑO
ALVILL & CIA. LTDA.

DIAGRAMACIÓN
WILLIAM MONTENEGRO C.

TRANSVERSAL 6A. No. 51A-43
TEL: 2871005
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA

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 INGENIERÍA

PRESIDENTE
ING. IGNACIO UMAÑA DE BRIGARD

VOCALES
ING. LUIS GUILLERMO AYCARDI BARRERO
ING. JORGE EDUARDO ESTRADA VILLEGAS
ING. MANUEL GARCÍA LÓPEZ
ING. ALVARO GONZÁLEZ FLETCHER
ING. ALBERTO MONTAÑÉS PEÑA
ING. ARMANDO PALOMINO INFANTE
ING. RICARDO QUINTANA SIGHINOLFI
ING. ARTURO RAMÍREZ MONTÚFAR
ING. JAIRO ROMERO ROJAS
ING. RICARDO SALAZAR FERRO

RECTOR
ING. EDUARDO SILVA SÁNCHEZ

SECRETARIO
ING. ALBERTO SALAMANCA PINZÓN

KM 13 AUTOPISTA NORTE TEL: 6760077
FAX: (571) 6760479 A.AEREO: 14520
SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

20 AÑOS

POR : ING. LUIS CARLOS SARMIENTO ANGULO

MIEMBRO BENEFADOR FUNDADOR . . .



Hace 20 años un grupo de amigos nos reunimos para desarrollar una idea que resultaba apasionante. Fundar una nueva Universidad, cuyo énfasis principal se centraría en la enseñanza de la Ingeniería. Estaban dadas todas las condiciones para que esta meta que

nos proponíamos resultara exitosa.

En primer lugar, los desórdenes en la Universidad Nacional, habían hecho que muchos de sus mejores Profesores anhelaran la oportunidad de encontrar nuevos escenarios, en los cuales pudieran desarrollar a cabalidad su capacidad de enseñanza, para la cual se habían preparado con intensidad, sin tener que estar permanentemente preocupados por factores ajenos al de lograr la excelencia Académica, que era en verdad lo que constituía la razón de ser de su profesión.

Paralelamente un grupo de estudiantes, ávidos de aprender y a quienes su formación personal les impedía participar del caos que se trataba de implantar en otras Universidades, esperaba con ansiedad que surgiera una nueva Universidad en la cual imperaran los principios morales y académicos que vehementemente reclamaban sus convicciones.

Por estas circunstancias el esfuerzo en que nos empeñamos resultaba particularmente oportuno y conveniente. La estrecha unión de voluntades entre Profesores y Benefactores y la mística que impregnaba las acciones debían ser garantía de éxito. Ahora que han pasado 20 años, el País entero y especialmente sus Ingenieros son excepcionales testigos de que así ha sido, para bien de Colombia y de todos los Colombianos que creemos en nuestro país y nos

alegramos con sus avances y con las nuevas y mejores oportunidades que se ofrecen a la Juventud Nacional.

Como siempre ocurre en las grandes Empresas de los hombres, no todo ha sido fácil y sin problemas. Después de un modesto aporte económico inicial, pero ya claramente definidos los derroteros y las normas éticas y morales que deberían guiar ésta cruzada, fue necesario atender las prosaicas pero indispensables labores de proveer una estabilidad económica, que garantizara el cumplimiento de los programas y la subsistencia futura de la Escuela.

También allí tuvimos la oportunidad de colaborar en el estudio de soluciones financieras, en el planeamiento de estrategias y en la búsqueda de albergue. Empezando por la minuciosa investigación de todas las posibilidades, hasta encontrar el terreno que hoy ocupamos y que pertenece a la Escuela, como representación pragmática de su patrimonio, avanzando luego en la definición de metas y objetivos, continuando con los diseños arquitectónicos y finalmente ofreciendo el financiamiento que ha hecho posible la concreción de los objetivos propuestos.

Al completar estos primeros 20 años, sin poderlo evitar ha venido a nuestra memoria el recuerdo de todos estos hechos, que hemos querido compartir con ustedes, con algo de nostalgia pero con mucha alegría, porque los resultados que tenemos a la vista, constituyen la mejor retribución para premiar los esfuerzos desinteresados.

La Escuela Colombiana de Ingeniería es un patrimonio de los Colombianos, que está ahí presente, para dar cabal testimonio del logro conseguido mediante los esfuerzos conjuntos de Profesores, Estudiantes y Benefactores y para enseñarnos que estos primeros 20 años son apenas el despertar de una larga vida que por derecho propio corresponde a nuestra Universidad.

¿Instinto de Conservación?

Por : GERMÁN URDANETA HERNÁNDEZ

INGENIERO CIVIL UNIV. DE LOS ANDES, 1960.

Casi todas las especies animales, al menos aquellas que consideramos superiores, tienen un especial cuidado en la tutela de sus cachorros. Sólo los libran a sus propios recursos cuando son autosuficientes y pueden acometer con éxito las actividades que les son propias.

Quienes dominan las ciencias biológicas llaman a esta conducta animal el "instinto de conservación de la especie".

La especie humana no es una excepción a esta ley natural. Incluso, se ocupa de un aspecto que a las demás especies no les es necesaria: La educación de la mente. Algunas de las profesiones que sirven a las necesidades humanas responden mejor que otras a este instinto. No hay médico que no haya hecho su internado al lado de colegas de mayor experiencia y luego deba medir sus capacidades, ya por sí mismo, en el servicio rural. Los odontólogos asisten a prácticas clínicas desde muy temprano en su carrera. Los abogados hacen un turno de judicatura antes de salir al ejercicio de su profesión.

Pero una vez que se ha egresado, el nuevo profesional desconoce esta tendencia y se entrega al afán cotidiano de la lucha por la subsistencia y de su desarrollo personal. Con las contadas excepciones de aquellos que optan por el apostolado de la docencia, el contacto con las nuevas generaciones se reduce a la rela-

ción de tipo social con sus condiscípulos o al eventual contacto laboral con nuevos egresados, expresando siempre su convencimiento de que "antes éramos mejorcitos".

Nunca reflexionamos sobre lo que está pasando en las escuelas cada día. Acumulamos personalmente una buena dosis de experiencia, la cual nos permite destacarnos en el campo profesional, pero este esfuerzo se pierde para la profesión cuando estos valiosos conocimientos ganados arduamente en la práctica profesional nos tienen que acompañar a la tumba.

La ingeniería civil acusa una seria crisis en este aspecto. Nuestros retoños se ven privados, por esta actitud de un acendrado egoísmo, de la oportunidad de compartir la experiencia de sus mayores, y más aún de la posibilidad de conocer personalmente la realidad del país que desesperadamente reclama sus servicios. El ingeniero practicante siente que una vez que ha logrado egresar, su obligación es sólo para consigo mismo. Los ingenieros deben completar su preparación en la práctica y obviamente experimentan desviaciones provocadas por la incompetencia del medio para formar a quienes supuestamente recibe ya formados.

Tal vez se pueda pensar que la intervención docente, un poco puntual y por desgracia esporádica, de ingenieros practicantes, cumple con la necesidad de aportar el componente profesional al proceso de for-

mación. Pero esta actividad, por el contrario, no solamente suele lesionar la docencia, ya que no siempre el buen profesional es buen docente, sino que a veces el buen docente se encierra en el medio académico y desconoce la realidad del mundo que le rodea, convirtiéndose en un profesional desubicado.

El estudiante egresa dotado de un voluminoso diccionario profesional, cada vez más lleno con la jerga de un avance tecnológico apresuradamente involucrado en los siempre cambiantes programas académicos, pero desconociendo las más simples reglas de la gramática profesional y más aún, desconoce

A *ccumulamos personalmente una buena dosis de experiencia, la cual nos permite destacarnos en el campo profesional, pero este esfuerzo se pierde para la profesión cuando estos valiosos conocimientos ganados arduamente en la práctica profesional nos tienen que acompañar a la tumba.*

por completo los métodos de una buena sintaxis y de la más elemental prosodia. Es así como trata de hablar el idioma de la Ingeniería, con el obvio resultado de solamente emitir vacilantes balbuceos generados por las fallas expresadas anteriormente.

El resultado de esta tendencia no puede ser más desalentador. Con la excepción, que apenas confirma la regla, del grupo de estudiantes de algunas Universidades que han acogido la llamada "Opción por Colombia", el recién egresado se enfrenta a una realidad que desconoce.

Cuan costoso resulta para el país esta desubicación de quienes se inician en nuestra profesión. ¡¡Y qué tan fácil es corregirlo!!

Para dar el contacto previo con el país, bastaría con establecer para la ingeniería un período de servicio a la comunidad como requisito previo al grado. El mecanismo usado para lograr esta meta podría ser

muy variado y dependería de las escuelas.

Pero por otro lado, los profesionales en ejercicio pueden tomar parte activa en la formación de los nuevos ingenieros.

Aplicando el adagio de "...enseñar a pescar, no solamente servir el plato de pescado", no se trata de solventar los programas académicos con pequeñas donaciones de carácter ocasional, sino de "apadrinar" profesionalmente a un estudiante desde los primeros semestres de su carrera, apoyándolo en su desarrollo, compartiendo experiencias, facilitándole oportunidades de ver el mundo profesional, asesorando sus trabajos, abriéndole su biblioteca y brindándole su amistad.

La institución de la consejería existe desde tiempo atrás en algunas escuelas. Pero ha tenido un carácter meramente nominal, impuesto por deberes académicos y no es bien vista ni por estudiantes ni consejeros.

El mecanismo propuesto, que podría propiciarse de manera voluntaria a través de las asociaciones de egresados, daría un tremendo impulso a la formación académica de los aspirantes a ingenieros, vincularía a los egresados con la universidad, mantendría vivo el espíritu del estudio y redundaría en innegables beneficios para todos los interesados.

Lanzada la idea, solamente basta con recoger el guante y aceptar el reto. ¿Será posible que usted, amigo lector, deje pasar de largo esta oportunidad para restablecer el perdido instinto de conservación gremial que ostenta nuestra profesión?

NOTA: Si usted decide recoger el guante, el autor está reclutando voluntarios en la sede de ACOFI, Carrera 50 No. 27-70, Asociaciones Científicas Of. 7-301 A.A. 59285. Una notita indicando cómo contactarle, y le haremos saber cómo va el programa.

CONSTRUCTORES CIVILES INGENIEROS LTDA.

OBRAS CIVILES - CARRETERAS
MONTAJES - ESTRUCTURAS
URBANISMO

Cr. 31 No. 95-99
Tels.: 226 8712 - 611 1785
Fax: (91) 618 1705 Santafé de Bogotá

CONSTRUCTORA
VILLA CALASANZ S.A.



- Formaleta para Entrepiso
- Andamios Tubulares
- Equipos para Construcción

259 2155 - 259 4555
236 3317 - 257 6218

Cl. 134 No. 14-57 - Fax: (91) 259 3848

BIODISCOS

Por : **ING. JAIRO ROMERO ROJAS**

INGENIERO CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MASTER DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE RENSSLAER POLYTECHNIC INSTITUTE, PROFESOR DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA, PROFESOR ASOCIADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

1. INTRODUCCION. Los biodiscos son un sistema de tratamiento de aguas residuales del tipo de crecimiento adherido o reactor de película fija. Las lamas o películas biológicas crecen sobre discos, en rotación a través del agua residual, montados sobre un eje horizontal. La primera instalación fue hecha en Alemania Occidental en 1960; en E.U. existían 59 plantas de biodiscos en 1978, 308 en 1980 (1) y más de 600 en 1988, para caudales de menos de 0.04 m³/s y más de 2.2 m³/s. En el mundo, a 1988, existían más de 3.000 plantas de biodiscos.

Entre las ventajas de los biodiscos se señalan:

- Simplicidad
- Alta eficiencia de remoción de carbono y nitrógeno.
- Confiabilidad (con pretratamiento apropiado, generalmente sedimentación), resisten a cargas choques y tóxicas.
- Tiempos de retención cortos.
- Consumo energético bajo, costos bajos de operación y mantenimiento.
- Lodos de buena sedimentabilidad.
- Generalmente no hay recirculación de efluente ni de lodos.
- Construcción modular.

Entre las desventajas se pueden señalar:

- Fallas en los discos, los ejes y los motores.
 - Fugas de lubricantes.
 - Criterios de diseño muy disímiles.
- Entre los principales factores de in-

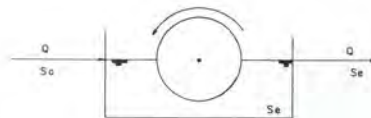
fluencia sobre el proceso se indican:

- Características del agua residual.
- Carga hidráulica.
- Carga orgánica.
- Velocidad rotacional de los discos.
- Profundidad de sumergencia.
- Tiempo de retención.
- Temperatura del agua residual.

2. MODELO CINETICO (7). Si se suponen las siguientes hipótesis:

- Reactores de una sola etapa.
- Reacción bioquímica uniforme sobre toda el área superficial del disco
- Concentración uniforme en el tanque, es decir mezcla completa.

Se tiene:



La tasa específica de remoción de **DBO** o de **DQO** se puede definir así:

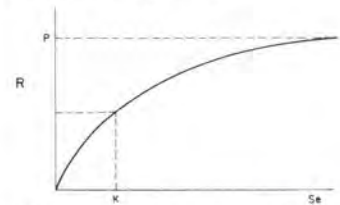
$$R = Q (S_o - S_e) / A \quad (1)$$

Donde:

- R= Tasa de remoción de DBO por unidad de área de disco, g/d.m²
- Q= Caudal de aguas residuales, m³/d
- A= Área del disco, m²
- So= DBO o DQO afluente, g/m³
- Se= DBO o DQO efluente, g/m³

La relación entre la tasa específica de remoción de **DBO** o **DQO** y la **DBO** o **DQO** del efluente se ilustra

en la figura siguiente:



La forma de la curva indica una cinética de primer orden para **DBO** o **DQO** baja y de orden cero para concentraciones altas de **DBO** o **DQO**. Por lo tanto,

$$R = p [S_e / (K + S_e)] \quad (2)$$

Donde:

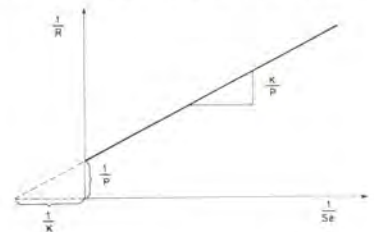
- R= tasa de remoción de DBO o DQO por unidad de área de disco, g/d.m²
- p= tasa específica máxima de remoción de DBO o DQO, g/d.m²
- K= concentración de DBO o DQO para la cual la tasa específica de remoción es igual a la mitad de la tasa máxima, g/m³

Los valores numéricos de **p** y **K** se obtienen gráficamente así:

De la ecuación 2:

$$(1/R) = (1/p) + (K/p)(1/S_e) \quad (3)$$

La ecuación anterior es la ecuación de una recta con **(1/R)** como ordenada y **(1/Se)** como abscisa.



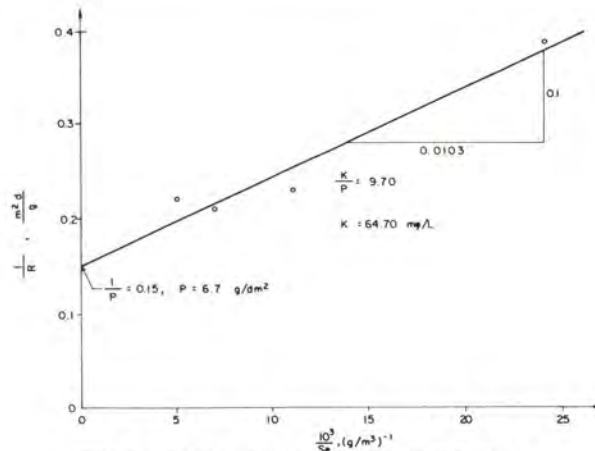


Fig 1 DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES CINETICOS P y K

Para $(1/Se) = 0; (1/p) =$ ordenada en el origen, y para $(1/R) = 0; (1/K) =$ abscisa en el origen.

La eficiencia de remoción de materia orgánica es función de la carga hidráulica y de la carga orgánica aplicada.

Los resultados obtenidos, para el tratamiento de un agua residual de una planta de procesamiento de carnes, con una planta piloto de biodiscos de laboratorio, de 5 etapas, 4.23 m² de medio de contacto (A= 4.23 m²), se presentan en la tabla 1.

Los valores de los coeficientes cinéticos p y K , usando dichos resultados, se muestran en la figura 1.

3. MODELOS DE Wu (1)

$$Se = 14.2 q^{0.5579} So^{0.3163} / e^{0.32N} T^{0.2477}$$

Donde:

- Se= DBO soluble del efluente, mg/L.
- So= DBO soluble del afluente, mg/L.
- q= carga hidráulica, caudal / área superficial discos, gpd/pie²
- T= temperatura del agua residual, °C.
- N= número de etapas de biodiscos.

El modelo anterior es aplicable al tratamiento de aguas residuales municipales, biodiscos con rotación mecánica, en serie, velocidad rotacional menor de 4 RPM y existencia de transferencia adecuada de oxígeno a la biopelícula.

La ecuación anterior también puede expresarse así:

$$Se = 84.7 q^{0.5579} So^{0.3163} / e^{0.32N} T^{0.2477}$$

Donde:

- Se= DBO soluble del efluente, mg/L
- So= DBO soluble del afluente, mg/L
- q= carga hidráulica, caudal/área superficial discos, m/d.
- T= temperatura del agua residual, °C.
- N= número de etapas de biodiscos

4. TIPOS DE BIODISCOS. En las figuras 2, 3 y 4 se ilustran diferentes tipos de unidades de biodiscos y el diagrama de flujo típico de una planta de biodiscos.

Los sistemas de biodiscos tratan aguas residuales crudas así como aguas residuales pretratadas. A medida que el agua residual pasa a través del sistema de tratamiento, el sustrato es removido como resultado de la oxidación y síntesis biológica. No se usa recirculación porque la experiencia indica que no contribuye apreciablemente a incrementar la eficiencia del proceso. El exceso de biomasa es continuamente desprendido de la superficie de los discos como resultado del esfuerzo cortante originado por la rotación de los discos dentro del agua residual y por la descomposición celular.

TABLA 1. RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA REFERENCIA 7

EXP No.	DQO, afluente So	mg/l efluente Se	carga orgánica gDQO/m ² .d	carga hidráulica m/d	eficiencia de remoción %	1/Se (g/m ³) ⁻¹	1/R (m ² /g)
1	299	42	3.06	0.01	86	0.024	0.39
2	304	91	6.13	0.02	70	0.011	0.23
3	298	142	9.18	0.03	52	0.007	0.21
4	303	187	12.25	0.04	38	0.005	0.22

LAS GRANDES OBRAS TIENEN ALGO EN COMUN ...



LOS PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION QUE HAN DEMOSTRADO SU ALTA CALIDAD, AL SER UTILIZADOS EN MAS DE 40 AÑOS POR LAS COMPAÑIAS CONSTRUCTORAS MAS GRANDES DEL PAIS.

TOXEMENT HA BRINDADO ESTA EXPERIENCIA, A TRAVES DE SU ASESORIA TECNICA A TODOS LOS CLIENTES QUE LO HAN REQUERIDO Y CADA DIA BUSCA LA PERFECCION POR MEDIO DE LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS .

PORQUE USTED Y ... TOXEMENT CONSTRUYEN SOLIDEZ

Carrera 43 A No. 20-01 Tel.: 244 46 06 268 09 00 244 59 58 FAX 268 56 30 A.A.4972 Santafé de Bogotá D.C.

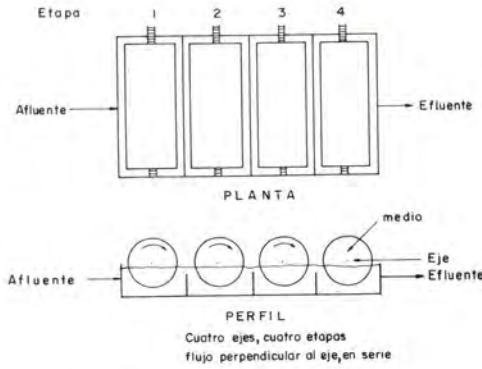
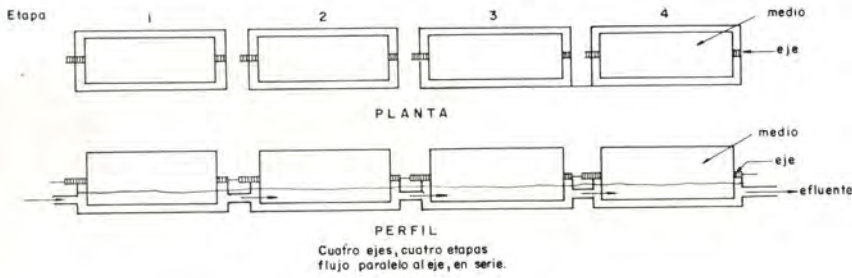
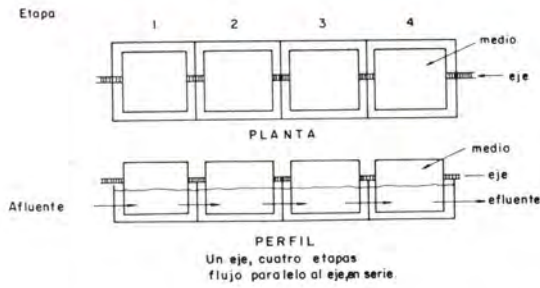


Fig. 2 TIPOS DE UNIDADES DE BIODISCOS

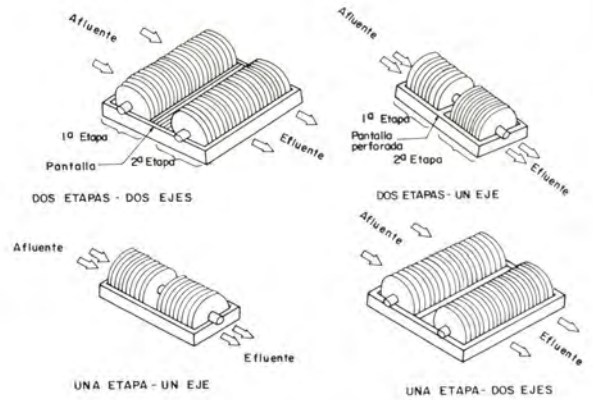


Fig. 3 TIPOS DE UNIDADES DE BIODISCOS

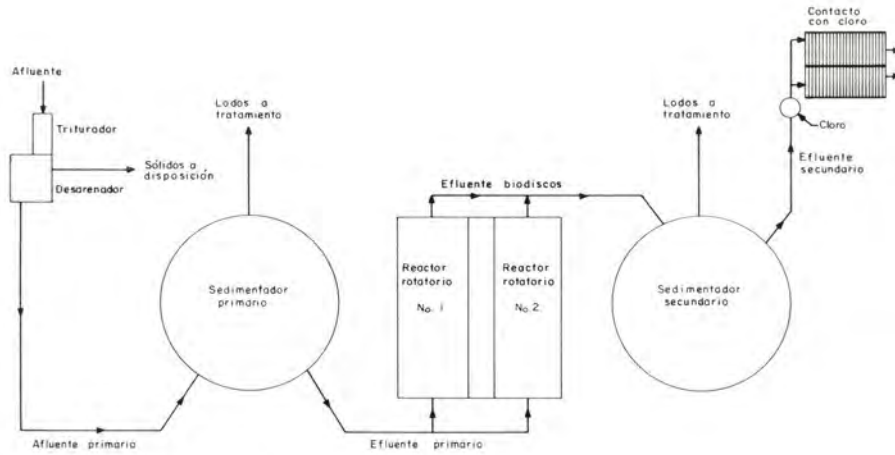


Fig. 4 PLANTA DE TRATAMIENTO CON BIODISCOS

5. CARACTERISTICAS TIPICAS DE LOS DISCOS BIOLOGICOS

AFLUENTE	SEDIMENTADO	
CARGA HIDRAULICA	0.02-0.10 m/d (2,3,4)	
Para remoción de DBO, DBO <30j SS<30mg/L	0.08-0.16 m/d	(5)
Para remoción de N Para DBO <15; SS<15 mg/L Y Nitrificación	0.06-0.07 m/d	
	0.03-0.08 m/d	(5)
CARGA ORGANICA primera etapa	10-30 g DBO/m ² .d (4) g DBO/m ² .d 12-20 g DBO soluble/m ² .d 29-39 g DBO total/m ² .d <100 g DBO/m ² .d (3) 50-60 g DBO/m ² .d (2)	
TIEMPO DE RETENCION	50-70 minutos	(4)
COEFICIENTE DE TEMPERATURA	1.02-1.04	
EJES		
Velocidad de rotación	1-2 RPM	(2,6)
Longitud	<7.5m	(6)
DISCOS		
Número de Discos por eje	40-60	
Número de etapas en serie	4-5	
Diámetro	2.0-3.6 m.	
Espesor	10 mm	(2)
Material, planos o corrugados	Poliestireno o polietileno	
Sumergencia	40%	(3,6)
Velocidad de rotación periférica	20-30 cm/s	(7)
Separación	3-4 cm	(2)
Número de discos por etapa	4-10	
SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Carga de sólidos para caudal pico	147-176 Kg/m ² .d	(4)
Tiempo de retención	4 h	
Carga superficial	33 m/d	(2)
EFLUENTE		
DBO Total	15-30 mg/L	
DBO Soluble	7-15 mg/L	
NH ₃ -N	1-10 mg/L	
NO ₃ -N	2-7 mg/L	
LODOS		
Producción	0.4-0.5 kg/kg DBO removida	(5)
Concentración de sólidos	2-5%	
EFICIENCIA		
Remoción de DBO	80-95%	
ENERGIA		
Consumo	0.6 W/m ²	(7)
COSTO	US\$ 3.2 - \$5.4/m ²	(7)

6. REFERENCIAS

1. Wu Y.C. y Smith E.D., Rotating Biological Contactor System Design, Journal EED, ASCE, Vol. 108, No. EE3, Junio de 1982.
2. Steel E.W., Mc Ghee T.J., Water Supply and Sewerage, McGraw Hill, 1979.
3. Wilson F., Design Calentations in Wastewater Treatment, E F.N. SPON Ltd., 1981.
4. Tchobanoglous G. Wastewater Treatment for Small Communities, Part One, Public Works, Julio de 1974.
5. ASCE, WPCF, Wastewater Treatment Plant Design, 1977
6. Ramalho R. S., Intervaluation to Wastewater treatment Processes, Academic. Press, 2a. Ed, 1983
7. Malina J.F., Biodisc Treatment, Univ. of Texas, Austin, 1982.
8. Escobar M.T. y Rodríguez H., Influencia de la Carga Hidráulica y la Carga Orgánica sobre la eficiencia en la remoción de la materia orgánica en el sistema de Discos Biológicos Rotatorios, Trabajo de Grado, Facultad de Ingeniería U.N., Bogotá, 1989.



Al Interior de un Sistema de Información Geográfica

Por: SILVIA C. SALAMANCA P.(*)

INTRODUCCION. No es nada nuevo en el campo científico el estudio de los sistemas de información, ya que sus orígenes se remontan a la década del 50, con la utilización de sistemas para manejo de contabilidad, seguidos en 1962 por su aplicación para realizar trabajos administrativos. El uso en gran escala de los sistemas de información comenzó unos ocho años más tarde, y desde 1977 los sistemas de información se han convertido en una poderosa herramienta para los planificadores y para los que tienen en sus manos la toma de decisiones. Los más recientes conceptos en esta área involucran los sistemas expertos, y la tecnología de inteligencia artificial. En el presente artículo se presentarán los Sistemas de Información para el manejo de datos Geográficos, se darán definiciones básicas, componentes principales y tópicos interesantes relacionados con esta área de estudio todavía en desarrollo.

Se puede definir formalmente un sistema de información como una combinación de recursos humanos y técnicos, en concordancia con una serie de procedimientos de organización que proveen información con el fin de apoyar las gestiones directivas.

Un conjunto de hechos en bruto forma los datos, pero para convertirlos en información, deben ser procesados, de tal manera que los pueda entender el usuario, que es quien to-

ma las decisiones.

El siguiente diagrama muestra algunas categorías de los sistemas de información:



Un sistema de información geográfica (SIG) incluye la obtención y el manejo de datos espaciales georeferenciados; su procesamiento, almacenamiento y mantenimiento; y su recuperación, análisis y difusión.

El SIG debe suministrar una descripción de objetos sobre la superficie terrestre que incluye los siguientes componentes:

1. Su posición geográfica respecto a un sistema de referencia relativo o

absoluto (Dónde está).

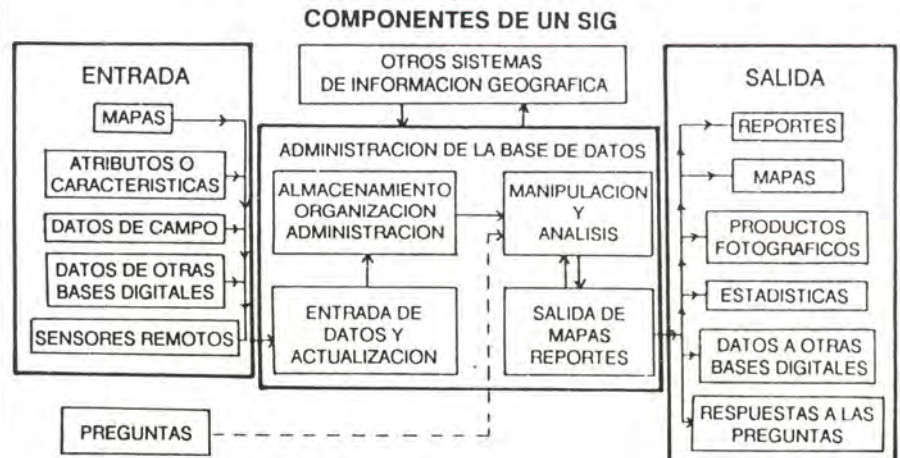
2. Información no posicional, sus atributos y datos asociados que describen el elemento (Qué es).

3. Información acerca del elemento con otros. Incluye relaciones de tipo espacial y topológico.

4. Información temporal.

Muchas técnicas desarrolladas para sistemas de información no geográfica son también aplicables a los SIG. El manejo de los datos espaciales requiere, sin embargo, instrumentos especializados y complejos para obtener, almacenar, recuperar y presentar información. Además, el origen de distintas fuentes de datos espaciales representa un reto para integrarlos y hacer un efectivo uso de ellos.

COMPONENTES DE UN SIG. Con el propósito de entender los distintos procesos y posibles instrumen-



tos en los SIG, se considerarán aquí como temas separados, que realmente pueden formar parte de diversos sistemas de información, bases de datos geográficos, software, etc.

1. SUBSISTEMA DE MANEJO. La información geográfica, como cualquier otra información, exige un cuidadoso manejo para obtener el máximo de sus beneficios potenciales.

Este subsistema consiste en recursos humanos y computacionales, necesarios en la implementación del sistema. Los recursos humanos incluyen la gente requerida durante la fase de diseño e implementación, o sea aquellos que ejecutan las operaciones diarias y algunos representantes de los grupos de usuarios. El objetivo es asegurar que el sistema refleje lo mejor posible las especificaciones del diseño y los requerimientos para el usuario.

Las labores incluirán el duplicado, mantenimiento e integridad de los datos, así como el mantenimiento de los equipos y de los programas.

2. SUBSISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS. Este subsistema se enfrenta al problema de obtener todos los datos para el SIG, constituido por un sistema de adquisición de información (para satisfacer las necesidades del usuario), una metodología para la obtención de información y una evaluación de distintas fuentes de datos.

Un sistema de información que sirva a grupos heterogéneos de usuarios que se enfrenten a diversas situaciones debe ser flexible y adaptable, en términos de permitir fácilmente la inclusión y la recuperación de datos. Lo anterior requiere estandarización de conceptos y formatos para la obtención de datos.

Una organización nacional podría utilizar su influencia para asegurar que haya la mejor fuente para cada tipo de información, y que ésta sea disponible para todos. Hay dos puntos que se deben mencionar aquí:

a) Técnicas cartográficas y de levantamientos. Las fuentes primarias de información para los SIG son la fotogrametría, el levantamiento de campo y la percepción remota, en el marco de obtención, registro y presentación de datos espaciales. Cada una posee una serie de herramientas que difieren en el principio de medición y en el pragmatismo, si bien deben considerarse como complementarias, según los casos.

b) Esquemas de referencia espacial. Para que sea valioso un SIG debe tener la capacidad de combinar y comparar muchas clases de información. Esta es la razón por la cual es conveniente unificar los sistemas de referencia espacial, así como también el sistema de unidad espacial.

3. SUBSISTEMA DE ENTRADA DE DATOS, VERIFICACION Y ALMACENAMIENTO. Se relaciona con aquellas operaciones técnicas para convertir los datos obtenidos a forma digital.

a) Entrada de datos. Así como se explicó antes, un SIG tiene datos espaciales y no espaciales y, en consecuencia, la entrada de datos es diferente.

• Entrada de datos espaciales. Existen varios métodos:

Digitalización

Manual

Digitalización usando
barredores

Registro automático

Registro semi-automático

Datos ya digitalizados en
forma raster

• Entrada de datos no espaciales, asociados con atributos denominados códigos distintivos.

• Consolidación de datos espaciales con atributos asociados.

Los componentes espaciales de atributos deben ser integrados sólidamente y normalmente se utilizan identificadores únicos para referenciar cada elemento.

La entrada manual de identificadores como parte de una digitaliza-

ción normal es relativamente fácil. Para un mapa que ha sido elaborado por un registro raster la adición de identificadores únicos del usuario se debe realizar bajo una condición interactiva.

b) Verificación y corrección de datos. El siguiente es el tipo de errores que se esperan durante la entrada de datos:

• Los datos espaciales están incompletos y repetidos.

• Los datos espaciales están en un lugar errado.

• Los datos espaciales están en escala equivocada.

• Los datos espaciales están distorsionados.

• Los datos espaciales se encuentran enlazados de manera inconsistente con los no espaciales.

• Los datos no espaciales están incompletos.

• Los datos pueden estar sobreestimados.

Las funciones más empleadas para mantener y manipular los datos en esta fase son las siguientes:

AGREGAR/BORRAR/CAMBIAR
TRASLADAR/ROTAR
TRANSFORMAR ESCALA
TRANSFORMAR LA PROYECCION
AMPLIAR/VENTANA
RECORTAR
SOBREPOSICION DE POLIGONOS Y
COMBINACION
PROYECCION TRIDIMENSIONAL
RASTER A VECTOR
VECTOR A RASTER
GENERALIZACION Y SUAVIZACION
RECUPERACION DE DATOS Y APOYO

c) Problemas de almacenamiento. En esta área existen diferentes niveles que deben ser considerados. Respecto al almacenamiento físico actualmente existe una variedad de discos magnéticos y ópticos capaces de almacenar gran cantidad de información.

Es conveniente saber, de todas maneras, sobre el volumen y complejidad de información que el SIG va a manejar, lo mismo que sobre la seguridad que requieren los datos.

Respecto al nivel lógico de organización de los datos se considera

como todo un subsistema de fundamental importancia en un SIG.

4. SUBSISTEMA DE MODELOS ESPACIALES Y ANALISIS DE DATOS.

La forma de concebir un Modelo del Mundo real o Modelo conceptual de datos para poder realizar sobre él análisis y consultas, constituye la parte más compleja de un SIG. El lograr capturar dentro del computador las relaciones funcionales básicas que definirán una aplicación o modelo dependerá en gran medida de las herramientas disponibles en el mercado de la computación.

A continuación se describen algunas de las herramientas utilizadas para facilitar la tarea de estructuración y modelamiento de información geográfica.

a) Sistemas Manejadores de Base de Datos (SMBD). Se puede definir un sistema de base de datos como un registro computacional que tiene archivos relacionados, capaz de almacenar, guardar y administrar la información.

Los objetivos básicos del uso de Sistemas Manejadores de Bases de Datos son el control de las repeticiones, el compartir la información, el uso de reglas y la normalización de datos, la capacidad de generar escenarios (views), asegurar la integridad de los datos y la independencia de los mismos.

En un SMBD la perspectiva del usuario se encuentra completamente aislada de la estructura física de almacenamiento de datos. Los SMBD son los que actúan como unión o intermediarios entre las aplicaciones y el procesamiento de datos (creación, almacenamiento, recuperación, modificación, acceso, etc.). Los SMBD conforman el paquete de programas que permiten manejar los pedidos de los usuarios para entrar a la base de datos.

En el mercado hay muchos SMBD disponibles, en algunos casos se aconseja ir hasta el nivel de los archivos del computador, utilizando la estructura de datos e im-

plementando el modelo de datos conceptual faltante.

b) Modelamiento de datos espaciales. Es preciso formalizar el mundo real para representarlo de una manera computacional, organizándolo en distintos niveles.

Realidad: el mundo real tal como es, incluyendo todos esos aspectos que pueden o no ser percibidos por la gente.

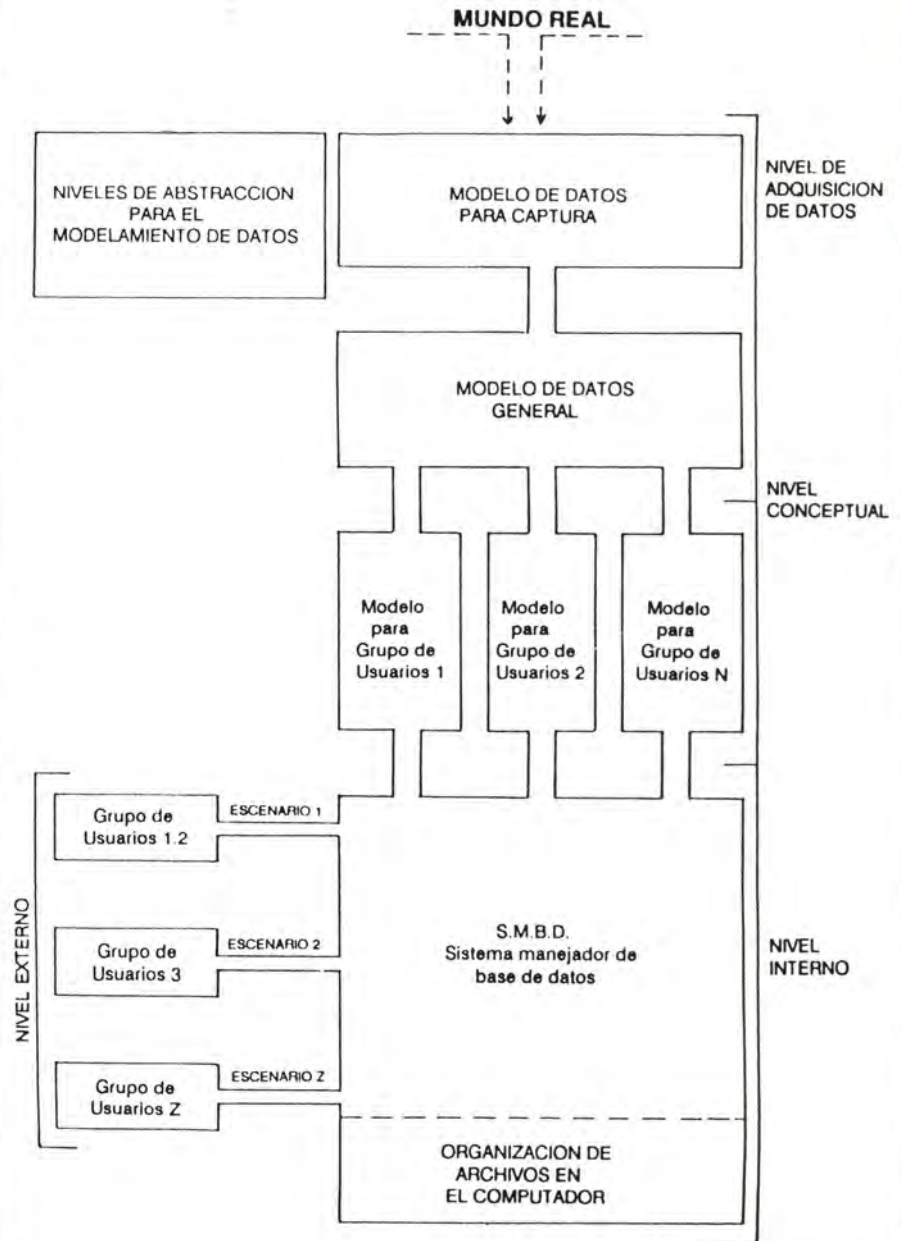
Modelo de datos: conceptualización de la realidad. Suministra la forma en la cual el mundo real se puede reconstruir en términos formales.

Estructura de datos: representación del modelo de datos que permite su manipulación en el computador.

Estructura de archivos: representación de los datos en los archivos del computador y disposición del almacenamiento de datos.

Los objetos en el terreno poseen características temáticas y geométricas. Se debe, entonces, definir un modelo de datos conceptual para ambas, así como un enlace establecido a nivel de los rasgos del terreno (objetos).

Se debe diseñar el modelo para bases de datos geográficos toman-



do en cuenta los usuarios, sus requerimientos para información geográfica y la naturaleza de los procesos espaciales involucrados. La flexibilidad es indispensable para habilitar posibles cambios sin tener que re-estructurar el contenido de la información; no se puede olvidar que es conceptual y que no es susceptible de cartografiarse completamente en un medio computacional.

Hay dos tendencias para derivar modelos de datos:

- **Diseño basado en un fenómeno:** tiende a representar la realidad lo más exactamente posible. Conduce por lo general a modelos de datos muy complejos y a una subsecuente estructura de datos complicada. Este modelo será fuerte y flexible en términos de aplicación, pero no eficiente en un contexto computacional.

- **Diseño orientado a la aplicación:** debe orientarse según la intención de uso, y excluir cualquier clase de relación que no sea pertinente. El resultado será una representación bastante alejada de la realidad, pero en cambio muy eficiente en capacidad de almacenamiento y muy fácil de aplicar para casos particulares.

c) Estructura para representaciones de datos espaciales. El cerebro humano puede reconocer fácilmente figuras y formas, pero el computador requiere instrucciones exactas para manejar patrones espaciales y desplegarlos. Existen dos formas contrastantes -pero complementarias- para representar los datos espaciales en el computador:

- **Celdas (Raster):** Conjunto de celdas localizadas por coordenadas e independientemente señaladas con el valor de una atributo (forma explícita).

- **Estructuras basadas en datos vectoriales.** Se hace una abstracción de los rasgos del terreno, empleando como medio de representación polígonos, líneas y puntos. Se agregan luego los atributos

a estos conjuntos de coordenadas interconectadas. Hasta hace pocos años el conocimiento convencional señalaba que las estructuras de datos raster y vectoriales eran alternativas irreconciliables, ya que los métodos raster exigen gran capacidad de memoria para almacenar y procesar imágenes, al nivel de la resolución espacial obtenida por las estructuras vectoriales.

Ciertas clases de manipulación de datos, tales como la intersección de polígonos o promedios espaciales, presentaban enormes problemas tecnológicos con los métodos vectoriales. El usuario se enfrentaba al dilema de escoger los métodos raster, que facilitaban los análisis espaciales pero producían mapas feos, o los métodos vectoriales, que suministraban bases de datos manejables y elegantes pero de difícil análisis espacial.

Ambos son métodos válidos para representar datos espaciales, a la vez que son estructuras interconvertibles. La conversión de vector a raster es relativamente fácil, aunque es inevitable la pérdida de pequeñas cantidades de información. La conversión de raster a vectorial es, sin embargo, más complicada; el primer paso es adelgazar las líneas hasta una anchura equivalente a un pixel, y luego se deben buscar los vectores de mejor ajuste. En ocasiones esto puede conducir a uniones erradas de puntos y a un excesivo número de vectores cortos.

En la actualidad se están desarrollando métodos más elegantes y eficientes para integrar las estructuras raster y vectorial. Un verdadero sistema de información geográfica integrado que implica una estructura jerárquica de datos basada en un sistema ramificado (quadrees), combina las características comunes de los dos tipos de datos, generando la posibilidad de tener una resolución variable, una estructura compacta de datos y una gran flexibilidad en el análisis de datos.

Los sistemas basados en quadrees han recibido recientemente considerable atención en la estruc-

tura de datos para el SIG. El sistema en mención representa datos espaciales en dos dimensiones de tal manera que aprovecha la coherencia espacial del fenómeno bajo representación. Un cuadrado que abarca una región de interés se divide en cuatro cuadrantes, los que a su vez se subdividen hasta que queden uniformes respecto al fenómeno. Esta descomposición se representa convenientemente por una raíz de árbol de profundidad n (la resolución del parámetro).

VECTORIAL

Ventajas

1. Estructura de datos compacta
2. Proporciona gráficos más aproximados a mapas de línea convencionales.
3. Al almacenar explícitamente la Topología, permite una implantación eficiente de operaciones que la requieren: análisis de redes, contigüidad....

Desventajas

1. Estructura de datos compleja.
2. Operaciones de superposición son difíciles de implementar.
3. Difícil representar datos con variación espacial alta.
4. No se pueden manipular ni mejorar efectivamente imágenes digitales.
5. No es posible realizar análisis espacial y filtración dentro de un área.
6. La visualización y la presentación gráfica en alta calidad resulta costosa.
7. Difícil simulación porque cada unidad tiene una forma topológica diferente.

RASTER

Ventajas

1. Estructura de datos simple.

2. Operaciones de superposición son fáciles de implementar.
3. Es más fácil realizar varios tipos de análisis espacial.
4. Datos que tienen alta variabilidad espacial pueden ser representados eficientemente (ej. DTM).
5. Muy eficiente para procesamiento de imágenes y combinación con imágenes de sensores remotos.
6. Fácil realizar simulaciones.
7. La tecnología para visualización y presentación gráfica es altamente desarrollada.

Desventajas

1. Grandes volúmenes de datos (Pueden usarse mecanismos de compresión).
2. Ciertas relaciones espaciales (ej. redes) son más difíciles de representar.
3. Las salidas gráficas pueden ser menos agradables visualmente.

Se espera que con el uso de estructuras de datos vectoriales y raster, como componentes complementarios de un sistema de información geográfico, se pueda mantener una alta resolución, se reduzca el volumen de datos y se aumente el poder de análisis de información.

d) Métodos de análisis de información. El problema general de análisis de información se establece como sigue:

- El usuario tiene una pregunta.
- La base de datos posee información que puede ayudar al usuario.
- La integración entre la base de datos y el producto requerido dá la respuesta.

La interfase es cualquier función que se puede utilizar para convertir datos de uno o más mapas de entrada en un mapa de salida.

Se podría decir que la diferencia

básica entre los paquetes SIG y CAG (cartografía asistida por computador) o sistemas de procesamiento de imágenes, es la manipulación y la capacidad de análisis de datos.

Es un poco difícil describir todas las diversas posibilidades que puede ofrecer un sistema de análisis de datos. En resumen, puede operar sobre aspectos espaciales de datos geográficos, atributos no espaciales de estos datos, o combinando los dos.

Las relaciones topológicas de datos, generalmente almacenados en sistemas vectoriales, se refieren a la localización de objetos, en relación con los demás, dentro de una estructura relacional no métrica. Las relaciones de proximidad, conectividad y contenido, que se derivan de la información topológica, se utilizan con frecuencia para:

- **Análisis de redes:** la vía más corta, acceso de emergencia, etc.
- **Análisis espaciales:** continuidad de unidades adyacentes, determinación de puntos según distancia, funciones de una superficie continua (pendientes, perfiles, etc.).

Las siguientes son algunas de las operaciones básicas que pueden apoyar una estructura de datos:

- **Combinar objetos:** significa en sentido restringido borrar líneas y combinar identificadores de polígonos.
- **Dividir objetos:** crear varios objetos a partir de un original.
- **Proceso de superposición:** creación de nuevos polígonos existentes. Hay, ciertamente, muchas operaciones para modificar la superposición.

5. SUBSISTEMAS DE SALIDAS DE DATOS. En relación con la salida de datos es conveniente que el usuario la analice, y que se relacione el más adecuado paquete y equipo. Hay varias formas de salida.

a) Formas de salida. Existen diversas formas de presentar los resultados:

- **Documentos impresos:** tales como mapas, gráficos o cuadros.
- **Salidas compatibles de com-**

putador: cintas magnéticas, disquetes o transmisiones electrónicas de datos sobre sistemas de comunicación, líneas telefónicas o enlaces de radio.

• **Sistemas temporales:** como el despliegue en la pantalla.

b) Instrumentos de salida. La información debe presentarse al usuario por medio de los siguientes instrumentos o equipos:

• **Impresoras o graficadoras:** producen imágenes copias sobre papel, plástico, material fotográfico, etc. Pueden operar en modo vectorial, tipo caligráfico, o en modo raster, tipo matricial, independientemente de la estructura de la base de datos.

• **Unidades de despliegue visual (VDU) y terminales gráficos:** producen despliegues momentáneos. Las pantallas vienen en dos formas: tubos de almacenamiento (alta resolución) y tipo "refresh" (tecnología de televisión).

6. SUBSISTEMA PARA USO DE INFORMACION. Los SIG son generalmente programas complejos capaces de realizar diversas clases de operaciones, y una interacción fácil con el usuario exige un sistema bien diseñado, un lenguaje de interpretación o cualquier otra interfase.

Se considera como muy importante la interacción con el usuario y es posible mediante la disponibilidad de interfases adecuadas para diferentes niveles de usuarios que desean acceder al sistema.

a) Tipos de acceso a la base de datos. El subsistema para uso de información le permite al usuario tener acceso al sistema, bien en forma directa (un sistema muy "agradable") o con la ayuda de un técnico. Una tercera opción sería la de no tener acceso sino únicamente a través de informes o gráficos solicitados.

El sistema de manejo de base de datos efectúa la comunicación entre la estructura general de datos y los varios grupos de usuarios. Algunos de éstos pueden utilizar la base de

datos original, mientras que otros necesitan una interfase para crear su propio escenario (view) de trabajo.

Es conveniente, además, analizar los requerimientos de los usuarios así como los recursos existentes, al diseñar un escenario de trabajo para usuarios, el cual no se almacena físicamente sino que se mantiene como un archivo virtual. Estas operaciones tienen que ejecutarse a través de un **SMBD** y actualmente sólo pocos sistemas comerciales pueden manejar íntegramente datos gráficos y alfanuméricos por medio de este sistema.

b) Comandos de lenguaje natural. Al usuario del **SIG** no le interesa el método exacto para organizar los datos en el computador; más bien él desea manifestar sus pensamientos en un lenguaje muy similar al que emplea en su trabajo cotidiano. Sigue el mismo principio de los comandos de interpretación de lenguaje.

Un comando de lenguaje consiste de tres componentes:

- **Los verbos.** Se refieren a acciones que el sistema debe ejecutar, tales como mover, rotar, añadir, etc.

- **Los sustantivos.** Se refieren a las clases de elementos de la base de datos sobre los cuales se está actuando. Ejemplo: línea, texto, sobreposición, etc.

- **Los modificadores.** Modifican la acción del verbo sobre el sustantivo. Ejemplo: distancia, promedio, región, etc.

Una serie ejecutable de comandos se puede escribir en un archivo denominado **MACRO** o **BATCH**. Es posible en algunos sistemas incluir todo en un programa convencional. El mismo principio se aplica para combinaciones de datos espaciales y no espaciales; de esta manera es posible crear un sinnúmero de opciones para facilitar el procesamiento de mapas, lo que haría el sis-

tema más operable.

NUEVAS TENDENCIAS EN LOS SIG.

Los más recientes enfoques en la investigación del procesamiento de información geográfica sugieren la necesidad de buscar maneras más adecuadas para describir los caprichos del mundo, y nuevos métodos para tratar la imprecisión de los juicios que forman parte integrante del pensamiento humano.

Estos enfoques o rumbos también invitan a analizar seriamente las nuevas ideas derivadas de una lógica confusa y de métodos de inteligencia artificial, para así hacer frente a los problemas técnicos, resultantes de nuestras limitaciones conceptuales de hoy día.

a. Sistemas Expertos. Existen varias posibilidades para utilizar sistemas expertos en los **SIG**, bien sea en aplicaciones particulares -como generalización cartográfica- o un sistema que responda las preguntas qué, dónde, cuándo y porqué, sobre objetos georeferenciados, además de los procedimientos para responder tales preguntas.

Un técnico experimentado podría ayudar a traducir los problemas del usuario en una estrategia de subrutinas y de establecer parámetros óptimos de procesamiento.

Los sistemas expertos tienen un estilo de escritura en el programa que permiten una aproximación más flexible en el lenguaje de preguntas, un fácil mantenimiento de la base de datos y la posibilidad de manipular datos dudosos o parcialmente perdidos.

b. Incertidumbres en los SIG. Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy sets). Dos de los más grandes problemas en **SIG**-datos inciertos y modelos inciertos- se pueden resolver combinando la teoría de los conjuntos confusos (fuzzy set theory)

con los sistemas expertos.

Tanto en los **SIG** como en otras aplicaciones que emplean datos y modelos existen maneras para resolver las dudas respecto a los datos y modelos. La solución digital tradicional, que no tiene en cuenta los errores en los datos de los modelos, es la teoría más frágil.

Al trabajarse con entidades que tienen límites bien definidos se pueden ejecutar operaciones con algebra booleana, con el fin de determinar la regla que maneje la unidad de tierra, el polígono, etc. Emplea factores conocidos y resuelve las dudas de los expertos en relación con "sus" datos y modelos. Quien utilice el **SIG** hará preguntas al experto y él las contestará en términos de sus propios factores de certeza.

Si se quiere incluir la incertidumbre en el modelo, las mismas reglas deben tener factores de probabilidad asociados a ellas. Se tendrá, en consecuencia, un resultado y su factor de probabilidad.

El empleo de la teoría de los conjuntos tiene ciertas características potenciales. Hay por ejemplo, algunas propiedades de las probabilidades que no están sujetas a los factores de probabilidad; la principal ventaja estriba sin embargo, en el hecho de que permiten el manejo digital de las ideas sin la subjetividad de los expertos. Representan, en todo caso la única información cualitativa disponible.

Un aspecto que facilita la implementación de un sistema práctico en una base de datos es tener el reconocimiento de un experto, en términos de factores de probabilidad.

(*) INGENIERA CIVIL, E.C.I. POSTGRADO EN FOTOGAMETRÍA Y MÁSTER EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA INTEGRADA Y PRODUCCIÓN DE MAPAS, ITC. ENSCHEDE HOLANDA. EX-ASESORA DEL SUBDIRECTOR CARTOGRAFICO IGAC. ESPECIALISTA EN GEOPROCESOS IBM DE COLOMBIA.

Todos los seres, todos los acontecimientos de tu vida, están ahí porque tú los has invocado. De tí depende lo que resuelvas hacer con ellos.

Richard Bach

Nueva Fórmula para Predicción de Resistencia del Concreto a 28 Días

Por: RAMIRO CABAL S.

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.

A

raíz de la publicación del "Estudio Comparativo de Cinco Cementos Colombianos", (Revista ECI, No.3, Vol. 1, Dic. 1990 - Feb. 1991), me asaltaba la mente con frecuencia el siguiente interrogante: ¿Por qué no ha de existir una fórmula para la predicción de la resistencia del concreto a 28 días, que combine las resistencias a 3 y a 7, una vez conocida esta última?

El solo hecho de contenerlas, pensaba, hará que dicha fórmula sea más aproximada por tener una mejor correlación, aun cuando no dejará de estar afectada también, como las ya existentes, pero aisladas, con base en R_3 y R_7 , por un factor K que refleje el comportamiento de cada cemento (tipo, marca) utilizado en la mezcla.

¿Qué forma tendría esa nueva expresión de R_{28} ? ¿Sería tan compleja que llegaría a tener poco valor práctico? ¿Sería también una fórmula empírica? ¿Y qué tan amplio sería el margen de variación de ese nuevo factor K ? ¿Y cómo abordar el problema?. Todo, incógnitas.

Comencé a pensar que debería tener una base matemática y que la mejor (¿o la única?) no podría ser otra que la ecuación

$$Y = A + B \ln X,$$

representativa de la curva logarítmica que mejor nos recuerda el progresivo desarrollo de la resistencia del concreto en función del tiempo (X).

Tal ecuación contiene los valores A y B , constantes en un caso determinado, pero compuestos a su vez de elementos X y elementos Y , al estudiar la curva como curva de ajuste en el caso de una regresión. Apelando, pues, a esa valiosa herramienta que nos ofrece el método estadístico, puede escribirse:

$$B = \frac{n \sum \ln X \cdot Y - \sum \ln X \cdot \sum Y}{n \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2}, \quad y \quad A = \frac{\sum Y - B \sum \ln X}{n}$$

Además, el coeficiente de correlación está dado por:

$$r = \frac{n \sum \ln X \cdot Y - \sum \ln X \cdot \sum Y}{\sqrt{[n \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2] [n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Para el caso que nos interesa, $n = 2$, número de parejas de datos: 3 y R_3 , 7 y R_7 . Cada una de las resistencias es el resultado promedio del ensayo a compresión de 3 cilindros $\phi 10 \times 20$ cm.

DEDUCCION DE LA FORMULA DISPOSICION DE DATOS

$(\ln X)^2$	$\ln X$	$X \quad Y$	Y^2	$\ln X \cdot Y$
1.20695	1.09861	3 R_3	R_3^2	1.09861 R_3
3.78657	1.94591	7 R_7	R_7^2	1.94591 R_7
4.99352	3.04452	$R_3 + R_7$	$R_3^2 + R_7^2$	1.09861 $R_3 + 1.94591 R_7$

$$n \sum \ln X \cdot Y = 2(1.09861 R_3 + 1.94591 R_7)$$

$$\sum \ln X \cdot \sum Y = 3.04452 (R_3 + R_7)$$

$$n \sum (\ln X)^2 = 2 \cdot 4.99352$$

$$(\sum \ln X)^2 = (3.04452)^2 = 9.26910$$

De las igualdades anteriores resulta,

$$B = 1.18018(R_7 - R_3)$$

y después,

$$A = \frac{R_3 + R_7}{2} - 1.79654(R_7 - R_3),$$

con las cuales obtenemos finalmente

$$Y = \frac{R_3 + R_7}{2} + (R_7 - R_3) (1.18018 \ln X - 1.79654)$$

Al aplicarla para $X = 28$ y dotarla de su correspondiente factor K según cada cemento, llegamos a la fórmula de predicción asombrosamente sencilla

$$\text{Probable } R_{28} = K \left[\frac{R_3 + R_7}{2} + 2.1(R_7 - R_3) \right]$$

No es pues, una fórmula empírica sino científica, por tener fundamento matemático y, a la inversa de las anteriores, empíricas, serán los datos experimentales los que vendrán a confirmar su validez. Ochenta y nueve mezclas de concreto ejecutadas en el Laboratorio de La Escuela para diseños destinados a gran número de empresas constructoras y a las prácticas de los estudiantes del curso de Materiales, nos han permitido hacer esa comprobación, así como también el estudio de los factores K de siete cementos con los cuales hemos trabajado los diseños. En algunos casos el número de mezclas ejecutadas con un cemento determinado es muy pequeño, pero hemos resuelto incluirlas, por considerar que este estudio no debemos darlo por terminado.

FACTORES K. Una vez conocido el valor real de R_{28} , su relación con el contenido del paréntesis angular, es decir, con la predicción, nos permite conocer el valor "experimental" del factor K . Esta relación se ha determinado para cada una de las mezclas ejecutadas con los diferentes cementos y se ha estudiado en forma independiente, desde el punto de vista de la cuantía del cemento, (kg/m^3), y desde el punto de vista de la relación A/C en peso. Del proceso seguido en el análisis y de los resultados del mismo, puede apreciarse la legitimidad de ambos. De paso, vale la pena aclarar que A es la cantidad de agua en la unidad de volumen de mezcla, correspondiente a agregados en estado saturado seco. Unas veces los valores de K han resultado menores que la unidad; en otras, mayores y en no pocas, han coincidido con ella. Las siguientes ecuaciones han sido deducidas como representativas de las variaciones del factor K según otras tantas regresiones lineales para cada uno de los cementos.

CEMENTO	BASE C	BASE A/C
1. Diamante	$K = 1.2092 - 6.7694 \times 10^{-4} C$	$K = 0.58758 + 0.74846 A/C$
2. C. P. R.	$K = 1.17239 - 4.88926 \times 10^{-4} C$	$K = 0.69647 + 0.60015 A/C$
3. Samper	$K = 1.28291 - 9.0344 \times 10^{-4} C$	$K = 0.5527 + 0.84258 A/C$
4. Boyacá	$K = 1.21398 - 7.43315 \times 10^{-4} C$	$K = 0.58922 + 0.75556 A/C$
5. Tolcemento	$K = 1.10131 - 5.917 \times 10^{-4} C$	$K = 0.7278 + 0.32503 A/C$
6. Rioclaro	$K = 1.1864 - 7.6696 \times 10^{-4} C$	$K = 0.70769 + 0.45418 A/C$
7. Nare	$K = 1.1631 - 5.58557 \times 10^{-4} C$	$K = 0.75036 + 0.40266 A/C$

Ver tablas y gráficos.

Los cuadros que siguen muestran una tabulación de los valores de K para cuantías de cemento entre 250 y 500 Kg. e independientemente, para relaciones A/C entre 0.40 y 0.60.

Haciendo uso de estos factores K , se ha procedido

en cada caso a hacer una "predicción" de la resistencia a 28 días, con base en R_3 y R_7 , cuyo valor se ha comparado con la resistencia realmente obtenida en el ensayo a los 28 días.

Los cuadros que siguen a continuación muestran el resultado de esa comparación para cada cemento y para cada una de las mezclas y la deducción de un coeficiente que hemos llamado coeficiente de aproximación, que queda expresado como porcentaje de la resistencia real a 28 días.

Por último se hace un estudio estadístico de estos coeficientes (frecuencias, ver gráficos de curvas de probabilidades) para cada cemento y se hace una síntesis en la forma de un promedio ponderado general.

FACTORES K CON BASE EN LA CUANTIA DE CEMENTO EN Kg / m³

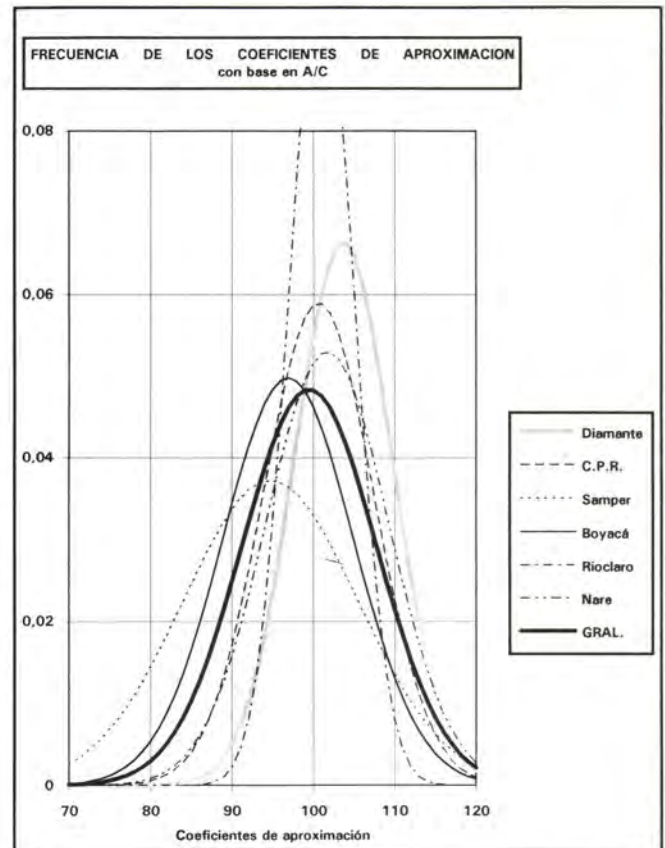
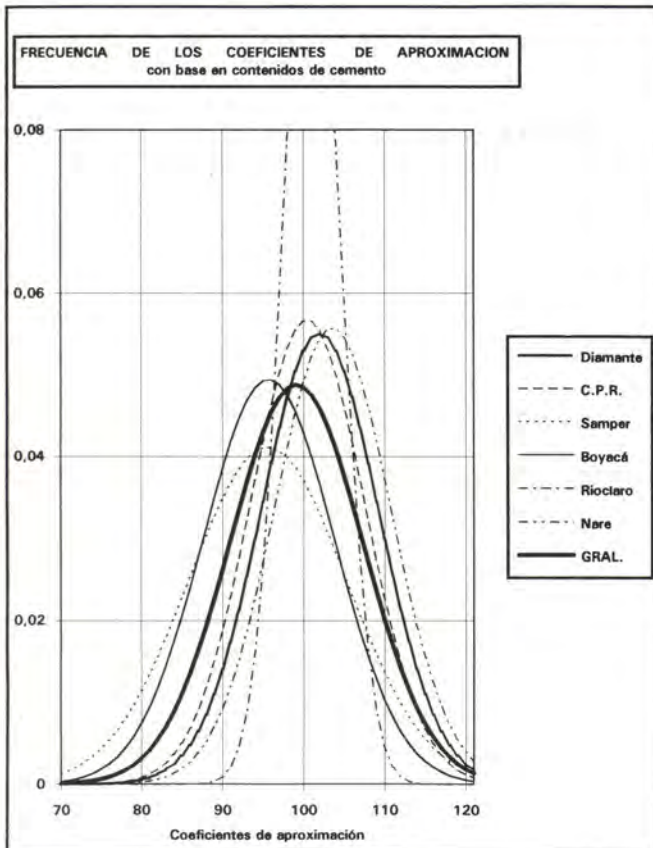
C	1 Diaman	2 C.P.R.	3 Samper	4 Boyacá	5 Tolcem	6 Riocl	7 Nare
250	1.04	1.05	1.06	1.03	0.95	0.99	1.02
300	1.01	1.03	1.01	0.99	0.92	0.96	1.00
350	0.97	1.00	0.97	0.95	0.89	0.92	0.97
400	0.95	0.98	0.93	0.92	0.87	0.89	0.95
450	0.90	0.95	0.88	0.88	0.84	0.84	0.91
500	0.87	0.93	0.83	0.84	0.81	0.80	0.88

FACTORES K CON BASE EN LA RELACION A/C EN PESO

A/C	1 Diaman	2 C.P.R.	3 Samper	4 Boyacá	5 Tolcem	6 Riocl	7 Nare
0.40	0.89	0.94	0.89	0.89	0.86	0.89	0.91
0.45	0.92	0.97	0.93	0.93	0.87	0.91	0.93
0.50	0.96	1.00	0.97	0.97	0.89	0.93	0.95
0.55	1.00	1.03	1.02	1.00	0.91	0.96	0.97
0.60	1.04	1.06	1.06	1.04	0.92	0.98	0.99

CONCLUSIONES. Disponemos pues, Ingenieros, Arquitectos y Constructores de una fórmula sencilla, práctica y fácil de memorizar, para el cálculo de la resistencia probable del hormigón a los 28 días, una vez efectuados los ensayos de compresión a 3 y a 7, ensayos que deberán ser el resultado promedio de 3 probetas para cada edad, con el objeto de hacer más confiable la predicción. En la gran mayoría de los casos, como lo revela el estudio estadístico, que no se incluye aquí en aras de la brevedad, el coeficiente de aproximación está comprendido entre 90 y 105, o lo que es lo mismo, el factor K , por el cual habrá de multiplicarse el contenido del paréntesis angular, variará entre 0.90 y 1.05. Tiene además la ventaja de que puede ser aplicada, sin necesidad de ninguna modificación, sea que las resistencias se expresen en el sistema métrico como Kg/cm^2 , o en el sistema inglés como Lb/pulg^2 , a diferencia de las fórmulas empíricas, aisladas, basadas en R_3 y en R_7 , que necesitan factores diferentes para uno y otro sistema.

Naturalmente, no es que se quiera excluir o menospreciar el cálculo de las predicciones con las fórmulas



que han sido ampliamente usadas hasta ahora; por el contrario, debe considerarse el resultado del presente trabajo como un aporte más al conocimiento de la parte de la Ingeniería Civil relacionada con el análisis de materiales y diseños de mezclas.

La misma técnica de análisis podría aplicarse para la deducción de fórmulas de predicción de resistencias a 3 meses, 6 meses o 1 año, con base en R_7 , R_{14} y R_{28} , o en R_{14} , R_{28} y R_{90} , útiles en el caso de los concretos de alta resistencia, en los cuales este material sólo estará exigido en sus máximas sollicitaciones (carga muerta y carga viva), mucho tiempo después de fundida la cimentación y el resto de la estructura.

La validez de tales fórmulas deberá estar respaldada por gran número de ensayos de Laboratorio ejecutados a lo largo de mucho tiempo. He aquí un amplio campo que se presenta a la investigación.

RECOMENDACIONES. Se refieren a todos aquellos que, en Laboratorios de Universidades o en Laboratorios particulares tengan oportunidad de poner en práctica la nueva fórmula, para que nos comuniquen sus resultados y observaciones. Sería de gran interés recibirlos, especialmente si se trata de experiencias con cementos diferentes de los incluidos en el presente estudio.

Alvill & Cia. Ltda.

FELICITA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA
"JULIO GARAVITO"
EN SUS 20 AÑOS

Tranversal 6 N°. 51A-43. Teléfonos: 2871005 - 2323318. Fax: 287 1005
Apartados Aéreos: 91391 y 54520. **Santafé de Bogotá, D.C.- Colombia**
Medellín: Calle 7A sur No. 35-55 Tel: 2689103

E.C.I. 20 Años

RECOPILADO POR : **EDUARDO SILVA S.**
ALVARO GONZÁLEZ F.
GERMÁN SANTOS G.
CARLOTA LÓPEZ A.

Escuela Colombiana de Ingeniería
 JULIO GARAVITO

Luis Guillermo Aycardi Barbero
 LUIS GUILLERMO AYCARDI BARBERO

Manuel García López
 MANUEL GARCÍA LÓPEZ

Ernesto Obregón Torres
 ERNESTO OBREGÓN TORRES

Ricardo Quintana Sighinotti
 RICARDO QUINTANA SIGHINOTTI

Alejandro Sandino Pardo
 ALEJANDRO SANDINO PARDO

Jairo Uribe Escamilla
 JAIRO URIBE ESCAMILLA

Jorge Eduardo Estrada Villegas
 JORGE EDUARDO ESTRADA VILLEGAS

Gonzalo Jiménez Escobar
 GONZALO JIMÉNEZ ESCOBAR

Armando Palomino Infante
 ARMANDO PALOMINO INFANTE

Ricardo Rincón Hernández
 RICARDO RINCÓN HERNÁNDEZ

Ignacio Umaña de Brigard
 IGNACIO UMAÑA DE BRIGARD

Los Firmantes.

SU ORIGEN. Los profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional que habían hecho sus cursos de especialización y que habían decidido dedicarse a la Academia en forma exclusiva observaban con enorme preocupación que el ambiente político de los años 70 no era propicio para esta consagración. Querían trabajar para la Universidad y para el País y analizaban las alternativas que lo hicieran posible y luego de muchos esfuerzos y reuniones concluyeron que era necesario establecer una

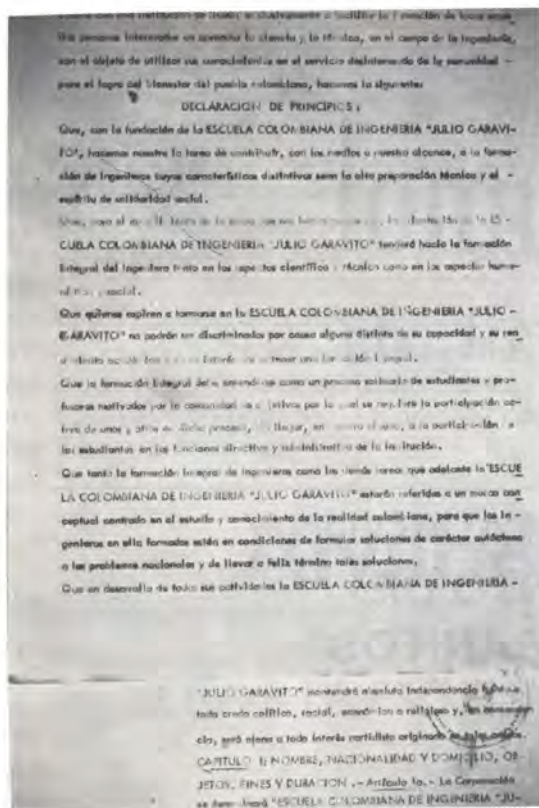
Escuela independiente y privada, una Escuela que estuviera totalmente dedicada al conocimiento en el campo de la Ingeniería, preservara los inmensos valores de la antigua Escuela Nacional y abriera el campo para poner en práctica las nuevas ideas de una manera ágil y dinámica.

Por fin, el 20 de Octubre de 1972 y gracias al apoyo de un grupo de Ingenieros del sector financiero e industrial liderados por los Doctores Ignacio Umaña De Brigard y Luis Carlos Sarmiento Angulo, se reunió la Asamblea de Constitución de la nueva Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", se firmó el Acta correspondiente y se tomaron decisiones fundamentales para el futuro de la Institución.

En primer lugar se adoptó el nombre de "Escuela" y se bautizó en honor al Ingeniero Julio Garavito Armero para identificarse con la tradición centenaria de la Ingeniería Colombiana que tuvo su cuna y desarrollo en la Universidad del Estado.

En segundo lugar, definió su campo de acción y su filosofía en una "declaración de principios" que se integró a sus Estatutos. Los firmantes de la "declaración" constituyeron la nómina de "Miembros Fundadores", todos ellos ligados al sector académico de la profesión y los representantes del Sector Industrial se denominaron "Benefactores Fundadores".

En tercer lugar, pero podría ser el hecho más notable de ese instante, la Escuela se funda como un centro de Educación Superior para buscar el desarrollo y la excelencia de la Ingeniería, sin ánimo de lucro, y sin accionistas ni dueños. De quién es la Escuela? De la Ingeniería Colombiana, del País Nacional. Este hecho parece no tener precedentes en Colombia.



INICIACIÓN DE LABORES

El primer periodo se iniciará el 20 de Marzo de 1973, para lo cual se ha formulado ante el ICFES la solicitud de concesión de la licencia correspondiente.

CONSEJO DIRECTIVO

Ing. Ignacio Umaña de Brigard, Presidente
 Ing. Luis Guillermo Aycardi B.
 Ing. Jorge Eduardo Estrada V.
 Ing. Manuel García López
 Ing. Gonzalo Jiménez Escobar
 Ing. Armando Palomino Infante
 Ing. Ricardo Rincón Hernández
 Ing. Alejandro Sandino Pardo
 Ing. Jairo Uribe Eicamilla
 Ing. Ernesto Obregón Torres

REVISOR FISCAL

Ing. Ricardo Quintana Sighinolfi



Julio Garza

INFORMATIVO



Bogotá, Colombia - Primer Periodo 1.973

Primer boletín informativo.

SUS PRIMEROS AÑOS. Gracias a la trayectoria académica de los profesores fundadores, a su experiencia universitaria y al apoyo incondicional de sus benefactores, en menos de seis meses la idea se hizo realidad: tenía nuevos profesores ingenieros del campo de las ciencias y de las matemáticas, tenía sede, personería jurídica y autorización del Gobierno para iniciar labores en Ingeniería Civil.

El 20 de Marzo de 1973 inició labores académicas con 88 estudiantes en el Edificio contiguo a la Iglesia de Usaquén que había sido construido para la comunidad de los padres Eudistas y había sido adaptado como seminario y colegio con el correr de los años. La disposición arquitectónica colaboró inmensamente en la generación de un estilo de trabajo de puertas abiertas, de trato personal, de encuentro fácil de los estudiantes con sus profesores.

La organización de la Escuela era sencilla, ágil y con una gran dinámica. Los fundadores conformaron el primer Consejo Directivo en el cual con reuniones frecuentes analizaban el desarrollo y proyectaban el futuro. Con escasos recursos pero con el talento y la iniciativa de sus profesores se diseñaron y construyeron sus primeros equipos y laboratorios, se sistematizaron los procedimientos de inscripción de estudiantes, se fundó la biblioteca y se iniciaron los primeros proyectos de investigación.

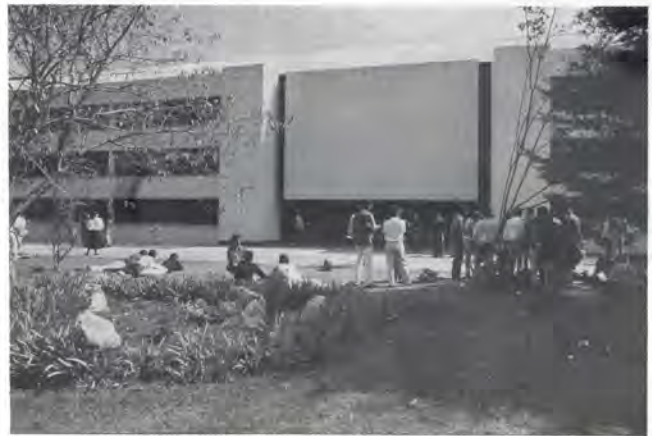
Toda la experiencia de los primeros años

creó un estilo de trabajo, donde cada ingeniero profesor es un innovador, un generador de ideas, un profesional creativo que respeta las ideas de los demás, que transmite un profundo sentido ético y que en conjunto constituye la "Cultura de la Escuela" y que se ha mantenido hasta nuestros días.

EL CAMPUS. La idea de la Sede Propia y el desarrollo de un campus universitario se debe al Ingeniero Luis Carlos Sarmiento quien, con su visión y el entusiasmo de los Arquitectos Germán Rodríguez y Julio Figueroa, logran su concreción en 1980.

Paso a paso la idea toma forma, se inicia la primera construcción en el terreno de la antigua hacienda de El Otoño, comprada a Bavaria S.A. con plazos y condiciones excepcionales, y se planea el traslado de la institución de Usaquén a la nueva y definitiva sede.

Desde 1982 las clases se dictan en el primer edificio que aún se encontraba en la etapa



de "acabados". Con el tiempo se ha logrado configurar un campus que si bien se encuentra permanentemente en construcción posee un ambiente de parque natural, con aire puro, buena arborización y todas las comodidades de estar al tiempo en el campo y en la ciudad.

EL FUTURO. En el pasado y en el presente se han construido las bases para el porvenir de la Escuela. Los sólidos principios establecidos en su fundación y guardados intactos a través de estos veinte años garantizan su futuro.

No obstante lo anterior y aún siendo hoy en día la Escuela un centro docente de excelencia, el complemento a su desarrollo está en la investigación. Una investigación aplicada a la solución de los problemas nacionales. Buscando con ello, contribuir al mejor estar de las gentes, como también el adelanto técnico y científico, a la actualización y optimización de los conocimientos y a su transmisión a través de la enseñanza.

Para llevar a cabo esta etapa se hace necesario crear un centro de investigación que encierre las disciplinas de la Escuela y que constituya un núcleo, alrededor del cual se desarrollen sus actividades científicas y docentes.

Por otra parte aquí se abre la puerta para estructurar y consolidar las especializaciones y los cursos de postgrado y la apertura de nuevas carreras profesionales.

MIEMBROS FUNDADORES



- (1) LUIS GUILLERMO AYCARDI BARRERO
- (2) JORGE EDUARDO ESTRADA VILLEGAS
- (3) MANUEL GARCIA LOPEZ
- (4) GONZALO JIMENEZ ESCOBAR
- (5) ERNESTO OBREGON TORRES
- (6) ARMANDO PALOMINO INFANTE
- (7) RICARDO QUINTANA SIGHINOLFI
- RICARDO RINCON HERNANDEZ
- (8) ALEJANDRO SANDINO PARDO
- IGNACIO UMAÑA DE BRIGARD
- JAIRO URIBE ESCAMILLA

MIEMBROS BENEFADORES FUNDADORES

BANCO DE COLOMBIA S.A.
 COMPAÑIA COLOMBIANA DE SEGUROS S.A.
 ETERNIT COLOMBIANA S.A.
 LA NACIONAL DE SEGUROS S.A.
 TRIPLEX PIZANO S.A.

PRIMERA PROMOCION INGENIEROS CIVILES (78-1)



HERNANDO AGUIRRE REYES
 LUCIO CABAL ESCANDON
 MAURIZIO DE MILLERI PEPERLE
 ERNESTO ESCOBAR NEUMAN
 JOHANN HEINSOHN MONTERO
 TRINO LOPEZ ORTIZ
 JOSE YESID OSPINA LEON
 MARIANA SANDINO ULLOA
 RODOLFO SERNA LIRA

PRIMERA PROMOCION INGENIEROS ELECTRICISTAS

JORGE LUIS AGUDELO YEPES
 FERNANDO LEE HURTADO
 GUILLERMO DE JESUS MARQUEZ BRICEÑO
 EFRAIN MOJICA RUBIO
 FERNANDO PEÑA HERNANDEZ

PRIMERA PROMOCION INGENIEROS DE SISTEMAS

JUAN CARLOS ALVAREZ QUINTERO
 MARCELA CHAVES MANTILLA
 WALTER DELGADO HINCAPIE
 ORLANDO RAFAEL HERNANDEZ ROMERO
 ANTONIO MARIA MEDALLA GOMEZ
 MARIA DEL ROSARIO MONTEJO PERRY
 MARITZA MOSQUERA GOMEZ
 DIANA MARIA NAVARRETE MUÑOZ
 FRANCISCO JOSE QUINTANA RAMIREZ
 SANDRA FELISA VALDERRAMA GALINDO

PRIMEROS CURSOS

Asignatura	Gr.	Profesor	h/s
PRIMER NIVEL			
Física Aplicada I	1	Gonzalo Jiménez	4 $\frac{1}{2}$
	2	Eduardo Silva	4 $\frac{1}{2}$
Matemática Aplicada	1	Gustavo Perry	4 $\frac{1}{2}$
	2	Gustavo Perry	4 $\frac{1}{2}$
Métodos Gráficos I	1	Alejandro Sandino	4 $\frac{1}{2}$
	2	Ricardo Rincón	4 $\frac{1}{2}$
Métodos de Manejo de Información I	1	Ernesto Obregón	4 $\frac{1}{2}$
	2	Jorge E. Estrada	4 $\frac{1}{2}$
Técnicas Contables	1	Fernando Quintana	4 $\frac{1}{2}$
	2	Manuel Uribe	4 $\frac{1}{2}$
NIVEL BASICO			
Métodos Gráficos I	3	Alejandro Sandino	4 $\frac{1}{2}$
Métodos de Manejo de Información I	3	Ricardo Quintana	4 $\frac{1}{2}$
Técnicas Contables y Trigonometría	3	Anselmo González	4 $\frac{1}{2}$
Algebra y Trigonometría	1	Jairo Uribe	4 $\frac{1}{2}$
Geometría	1	Ricardo Rincón	4 $\frac{1}{2}$

PROFESORES CON MAS DE 25 SEMESTRES EN LA ECI

LUIS JORGE AGUDELO
 JORGE BATEMAN
 ALBERTO BOADA
 JUANA INES CARO
 GUILLERMO CASTILLO
 ARMANDO CHAVES
 PEDRO CHOCONTA
 MANUEL DELGADO
 MAX FARIAS
 JUAN B. GOMEZ
 DANIEL GONZALEZ B.
 ALVARO GONZALEZ F.
 PABLO LEDERMAN
 GUIOMAR LLERAS
 DIEGO LOPEZ A.
 CARLOTA LOPEZ A.
 GUILLERMO MEJIA
 ALBERTO MONTAÑES
 JUAN MONTERO
 OSCAR PEÑA
 GUSTAVO PERRY Z. (†)
 FERNANDO QUINTANA S.
 RICARDO QUINTANA S.
 ARTURO RAMIREZ M.
 HECTOR REYES R.
 ROBERTO RIOS M.
 CARLOS A. RODRIGUEZ F.

JAIME RODRIGUEZ
 JAIRO ROMERO
 RICARDO SALAZAR
 JORGE SEGURA F.
 EDUARDO SILVA S.
 JAIRO URIBE E.

ALGUNAS FECHAS IMPORTANTES

- 20 Oct. 72** Firma Acta de Constitución de la E.C.I.
- 7 Dic. 72** Nombramiento del Ingeniero Gonzalo Jiménez como Rector y del Dr. Jairo Uribe Escamilla como Secretario.
- 20 Mar. 73** Iniciación de Clases
- 3 Ago. 73** Elección del Ingeniero Eduardo Silva Sánchez como Secretario.
- 24-29 Sep. 73** Se inicia la Educación Continuada.
Seminario Nacional sobre Edificios de Gran Altura.
- May. 75** Primeras Investigaciones: Ensayo de la Primera placa reticular celulado dentro de un convenio de investigación con la Universidad de Lehigh.
- May. 75** Se inicia el Servicio Externo: El Laboratorio de Hidráulica. Prestará sus servicios a la universidad de la Salle y a la Universidad Santo Tomás.
- Nov. 75** Fundación de la Academia de la ECI, con la idea de incentivar actividades extracurriculares. Creación del Círculo de Ingenieros, Asociación de Exalumnos. Creación de la Cooperativa COOPECI.
- Dic. 76** Autorización para comprar el lote de la nueva sede.
- Feb. 78** Traslado de los laboratorios a la nueva sede.
- Oct. 78** Reconocimiento Oficial del Programa de Ingeniería Civil por parte del Ministerio de Educa-

ción Nacional.
Aprobación por parte del Consejo Directivo de las primeras solicitudes de grado.

Ago. 80 Aprobación de la iniciación de labores en Ingeniería Eléctrica.

Oct.-Nov. 81 Viaje por Europa.

Abr. 82 Finalizó el traslado a la nueva sede.

5 Jul. 85 Reconocimiento oficial del programa de Ingeniería Eléctrica. Aprobación por parte del Consejo Directivo de las primeras solicitudes de grado de Ingenieros Electricistas.

Dic. 85 Aprobación de la iniciación de

labores en Ingeniería de Sistemas.

Feb. 88 Reconocimiento oficial del programa de Ingeniería de Sistemas. Primera promoción de Ingenieros de Sistemas.

11 Dic. 89 Nombramiento de Eduardo Silva como Rector y Alberto F. Salamanca P. como Secretario.

Jun. 90 En circulación el 1er. Número de la Revista de la E.C.I.

Oct. 90 Reforma de los estatutos.

Feb. 91 Nombramientos de Vicerrector, Decanos y Consejo Académico dentro del nuevo Estatuto de la E.C.I.

Mar. 92 Terminación de la construcción del Bloque B: oficinas de profesores, biblioteca, laboratorios de informática, fotogrametría y física.

Jun. 92 Iniciación de la construcción de la cafetería.

RECORDANDO...



Fundación de la Academia de la E.C.I.



Equipo de Microfútbol Profesores 1976

Visita Técnica Ingeniería Ambiental. Planta de Tratamiento Subachoque. 1978-2

Obras Públicas por Concesión (*)

ANTECEDENTES.

A.

La definición del contrato de concesión de obra pública se encuentra en el artículo 102 del Decreto 222/1983: "Mediante el sistema de concesión una persona, llamada concesionario, se obliga por su cuenta y riesgo a construir, montar, instalar, mejorar, adicionar, conservar, restaurar o mantener una obra pública, bajo el control de la entidad concedente, a cambio de una remuneración que puede consistir en los derechos o tarifas que, con aprobación de la autoridad competente, el primero cobre a los usuarios por un tiempo determinado, o en una utilidad única o porcentual que se otorga al concesionario en relación con el producido de dichos derechos o tarifas."

El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Obras Públicas y Transporte ha llevado a cabo la construcción de carreteras para satisfacer la demanda de comunicación terrestre en el contexto de la apertura económica. Sin embargo, ante la urgencia de incrementar la capacidad carretera a un ritmo acelerado para lograr la modernización socio-económica y cultural del país, el Ministerio de Obras Públicas ha establecido un programa de construcción y ampliación de carreteras de peaje, que por su demanda representada en el volumen de tráfico, y sus costos de construcción y/o rehabilitación, se hacen financieramente

atractivas para la inversión privada y son, por lo tanto, proyectos concesionables.

De esta forma se logra la ejecución de vías de comunicación de vital importancia para el desarrollo del país y la participación de la iniciativa privada en el financiamiento, construcción, explotación y conservación de proyectos viales.

La complementariedad financiera que demanda el esquema de concesión, no debe ser tomada como una usurpación de las obligaciones del Gobierno Nacional por parte del sector privado, sino como una ponderación de las necesidades y beneficios de todos los sectores de la economía. Es necesario entonces, concertar un acuerdo entre todos los sectores involucrados en el desarrollo del programa de concesiones: el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Obras Públicas, del Departamento Nacional de Planeación y del Ministerio de Hacienda, los gremios de la construcción, los gremios financieros, los comerciantes y las comunidades sociales, de tal forma que la iniciativa privada sea estimulada con creatividad para que se convierta en un porcentaje importante de la solución y obtener así un instrumento dinámico y eficiente para la ejecución de proyectos de gran envergadura.

El papel principal del empresario privado en el esquema de concesiones debe ser fundamentalmente el de analista de riesgos, promotor de recursos internos y externos y

administrador eficiente. Pero para que esto pueda darse, deben tenerse dos elementos básicos: normatividad clara y confiable y rentabilidad atractiva.

Para lograr la reglamentación que exige el esquema, se requiere necesariamente una decidida voluntad política y una eficaz concertación sectorial. Para lograr la rentabilidad esperada, deben establecerse criterios elásticos para que las tarifas cobradas por el concesionario, reflejen el grado de dificultad de cada una de las obras.

Cuando de los análisis financieros que se realicen para cada uno de los proyectos, resulten tarifas mayores que las que económica o socialmente se puedan cobrar, se recurrirá a los aportes estatales sin retorno para que incrementen la rentabilidad de la inversión privada, con menores tarifas; aumentando de esta forma el espectro de proyectos concesionables.

Para la industria de la construcción, el esquema de concesiones puede ser el inicio del camino de la estabilidad y el crecimiento. Para la industria financiera es un gran paquete de proyectos de alta rentabilidad que incrementarán notablemente el mercado de capitales. Estos dos aspectos redundarán, induda-

(*) INFORME PRELIMINAR PARA EL M.O.P.T. ELABORADO POR VELNEC LTDA. DENTRO DEL MONTAJE DEL MARCO TÉCNICO, JURÍDICO Y FINANCIERO DE CONTRATOS DE OBRA PÚBLICA POR EL SISTEMA DE CONCESIÓN

blemente en un mejor nivel de vida de todos los Colombianos. Es por eso que, dentro de sus posibilidades y limitaciones, todos los sectores deben participar con voluntad y optimismo.

Se prevee que los contratos de obra pública por el sistema de concesión estén apoyados en el actual estatuto de contratación administrativa. Sin embargo, se está evaluando, conjuntamente con la Oficina Jurídica de la Presidencia de la República, la alternativa de permitir al Fondo Vial Nacional la realización de contratos de Fiducia, con el encargo de construir, mantener y operar los proyectos viales concesionados.

B. CONFIGURACION DEL ESQUEMA DE CONCESIONES PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS PUBLICAS

1. INTRODUCCION. La figura que mejor se ajusta, desde el punto de vista funcional, a los contratos de tipo BOT (Construir, Operar y Transferir), por sus siglas en Inglés, es

que el concesionario sea una persona jurídica, que se constituye una vez se le haya adjudicado el contrato y cuyo objeto social sea exclusivamente la construcción y operación del proyecto. Con la propuesta se presentaría una relación de las personas jurídicas y naturales que participarían como accionistas en esta sociedad, en caso de que sea beneficiaria de la concesión.

El accionista mayoritario de la sociedad concesionaria, deberá ser una compañía constructora con suficiente capacidad técnica y financiera para la construcción de la obra. En el caso de proponentes nacionales, la constructora deberá estar inscrita, clasificada y calificada en el registro de constructores del MOPT; en el caso de participantes internacionales, el MOPT evaluará la capacidad del constructor, de acuerdo con los parámetros ya establecidos.

La incorporación en el país de esta figura, inspirada en el modelo de concesiones utilizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México, choca con lo establecido en el Estatuto de Contrata-

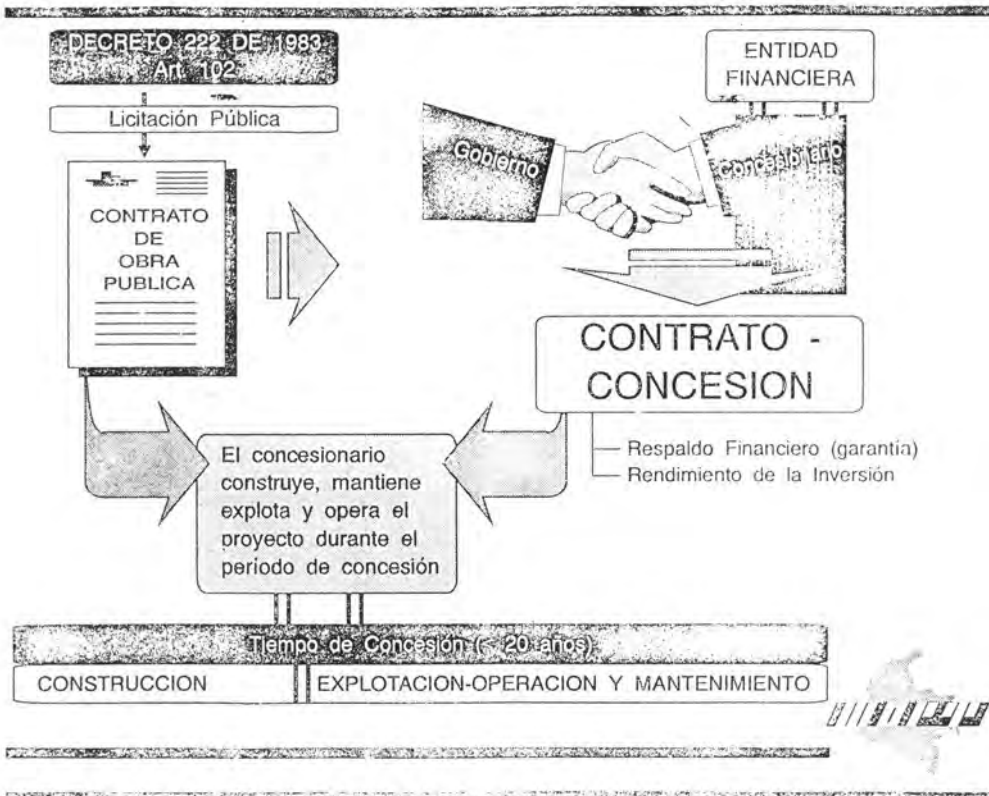
ción Administrativa, Decreto 222 de 1983 :

Artículo 7º, De la manera de acreditar la existencia y representación legal. - "...las personas jurídicas nacionales o extranjeras deberán haber sido constituídas por lo menos seis (6) meses antes de la fecha de apertura de la respectiva licitación..."

Artículo 8º, De las inhabilidades.- "No podrán celebrar contratos... quienes con anterioridad a la apertura de la licitación... no estuvieren inscritos, calificados y clasificados en los correspondientes registros..."

Con el objeto de ajustar la figura de concesionario, inspirada en el modelo mexicano, a los reglamentos por los que se rige la Contratación Administrativa en Colombia, el esquema de concesiones en el país debe ajustarse al siguiente modelo:

2. CARACTERISTICAS DEL PROponente. PERFIL DEL CONCESIONARIO. El aspirante a obtener el título de concesión debe ser una persona jurídica, constituida por lo



menos seis (6) meses antes de la fecha de apertura de la Licitación, (Art. 7° del Título II Decreto 222 - 1983), cuyo objeto social contemple la Construcción, Explotación y Mantenimiento de carreteras, túneles y puentes por el sistema de concesión". Deberá estar inscrita, clasificada y calificada en el registro de constructores del MOPT, antes de la fecha de apertura de la Licitación. (Art. 1°, decreto 1522 - 1983).

El proponente favorecido, una vez se le haya notificado la adjudicación deberá realizar una reforma a sus estatutos de constitución en lo referente a:

- **Capital social:** El capital social de la compañía, debe ser como mínimo el 7 % del costo total de la obra. El capital debe estar suscrito y pagado en el momento de la firma del contrato.

- **Duración de la Sociedad:** Para cumplir lo establecido en el decreto 222/83, la duración de la sociedad no podrá ser inferior al plazo de concesión más un año.

Los participantes en la Licitación deben presentar una relación de todas las personas naturales o jurídicas que tendrían participación en la sociedad concesionaria en la que se especifique el monto de su participación; este compromiso debe ir acompañado de cartas de intención, con autenticación notarial.

Los proponentes deben estar respaldados por una, o varias entidades financieras con suficiente capacidad de crédito, que se comprometa(n) a aportar los recursos faltantes para la construcción de la obra con un adecuado flujo de fondos. La financiación o la captación de los recursos de las entidades financieras, debe ser una operación independiente a los desembolsos que se necesiten.

La Sociedad favorecida con el título de concesión, se compromete a constituir un fideicomiso en una institución financiera, debidamente autorizada, al que aportará como mínimo, el 20% del costo previsto de la obra. El ciento por ciento restante, deberá ser aportado por una o varias entidades financieras, en for-

ma de crédito al fideicomiso. El Gobierno Nacional a través del Fondo Vial Nacional participará, en caso de ser necesario, con un aporte que no podrá ser superior al 30 % del costo estimado de las obras.

3. REGIMEN FISCAL. El régimen fiscal al que estarán sometidas las sociedades concesionarias, deberá ajustarse a lo que establezca el decreto reglamentario del Ministerio de Hacienda y Crédito Público sobre concesión de carreteras. Los puntos que se han acordado, contemplará este decreto son los siguientes:

a. En los contratos de obra pública por el sistema de concesión, el concesionario podrá deducir de su renta bruta, las inversiones amortizables que haya capitalizado una vez termine la etapa de la construcción y comience a percibir ingresos.

Para tal efecto, la deducción no podrá exceder del 80% de los ingresos percibidos por el concesionario en el respectivo período, hasta amortizar el 100% del valor capitalizado.

b. Para efectos de la determinación de la renta presuntiva del patrimonio, en los contratos de obra pública por el sistema de concesión, el período improductivo comprenderá además de las etapas de prospectación y construcción, también la etapa de ensayos y puesta en marcha, la cual podrá tener una duración máxima de 48 meses.

4. ESQUEMA FINANCIERO. El esquema financiero propuesto para la financiación de la construcción de las obras públicas por el sistema de concesión es el siguiente:

Los recursos que demanda la financiación de las obras públicas construídas mediante el sistema de concesión, contempladas en el documento DNP-2597 UNIF-MOPT, aprobado por el CONPES el 15 de Junio de 1992, según los presupuestos preliminares del MOPT, son de US\$284 millones, de los cuales los concesionarios aportarán cerca de US\$57 millones (el 20%) y el Estado aportará (en principio) cerca de US\$18 millones que corresponden al 30% del costo de construcción de los túneles Buenavista y Bijagal y sus accesos.

Para la consecución de los recursos faltantes se debe acudir a las entidades financieras y de crédito, de las cuales se espera que, con fondos propios y/o fondos conseguidos mediante la emisión de papeles de en-



**plinio navarro
y cia. ltda.**

ingenieros

s.c.i.

instalaciones hidráulicas,
sanitarias, vapor y gases.
acueductos y alcantarillados.

carrera 43.A No. 21-35 Int. 4.
tel: 2 682311 fax: 269 5391
santafé de bogotá - colombia

deudamiento colocados en el mercado de capitales, financien cerca de US\$210 millones faltantes para completar el monto de la inversión requerida.

Para el manejo de los recursos, el concesionario debe constituir un Fideicomiso en una institución financiera, al que Estado, concesionario y entidades financieras aportarán los recursos correspondientes: el aporte del Estado en forma de Capital sin Retorno, el del concesionario como Capital de Riesgo, y el de las entidades financieras en forma de Crédito al fideicomiso con condiciones financieras fijas.

Las propuestas que hagan los posibles concesionarios, deben estar acompañadas de una carta-compromiso, debidamente autenticada en Notaría Pública, de la o las entidades financieras que aportarán los recursos faltantes para la construcción de las obras.

El Fideicomiso será quién administre los recursos durante toda la concesión, canalice los aportes para la construcción de las obras, controle los egresos por concepto de mantenimiento y operación del proyecto y se encargue de las amortizaciones del crédito y del capital de riesgo. Será en cabeza del Fideicomiso en quien recaigan los derechos de la concesión del proyecto hasta que se hayan amortizado la totalidad de los créditos.

El aporte de recursos de las entidades financieras al fideicomiso, no estará supeditado a la colocación de los papeles de endeudamiento entre el público inversionista. De esta forma se garantiza plenamente la financiación de la obra de acuerdo al cronograma de inversiones respectivo.

La Superintendencia Bancaria debe reglamentar lo pertinente a la conformación del Fideicomiso en las entidades financieras y los requisitos legales para el aporte de cada una de las entidades comprometidas:

1.0 Autorizar a las entidades financieras para que acepten como garantía real para sus aportes al fidei-

comiso, la "pignoración" de los ingresos derivados de los derechos de recaudo de peaje y explotación de áreas conexas del concesionario.

2.0 Autorizar a las corporaciones financieras a hacer inversiones en los fideicomisos que se constituyan para la construcción de obras públicas por el sistema de concesión y/o a participar como inversionistas con capital de riesgo.

3.0 Reglamentar la afectación del cupo de endeudamiento de las entidades financieras cuando otorguen crédito a los fideicomisos.

5. PROMOCIONES. Se está promoviendo, por parte del Ministerio de Obras Públicas, ante las entidades correspondientes, la reglamentación acerca de los temas de su competencia, con el fin de tener una normatividad clara acerca del esquema de concesiones. Las respectivas reglamentaciones se incluirán en los pliegos de condiciones.

De igual forma, una vez se identifique plenamente el esquema, se iniciará la promoción a nivel nacional e internacional, de la construcción de obras públicas por el sistema de concesión en el país, con el fin de conseguir el apoyo de los gremios de la construcción, de las entidades financieras, y de las comunidades sociales para la incorporación del esquema de concesiones en la construcción de obras de infraestructura.

Dentro del gremio de la construcción, debe promoverse, la constitución de sociedades cuyo objeto social contemple la construcción, el mantenimiento, la operación y la explotación de proyectos de obra pública por el sistema de concesión; de igual forma se debe promover la inscripción de estas sociedades en el registro de constructores del MOPT.

6. REGISTROS. Dentro del registro de constructores del MOPT, debe generarse una subestructura que cobije a los posibles proponentes a contratos de obra pública por el sistema de concesión. Esta subestruc-

tura es necesaria puesto que los parámetros de clasificación y calificación dentro del registro, deben ser enfocados de acuerdo a las características especiales que demanda un contrato de concesión.

Debe diseñarse un sistema de calificación y clasificación que mida, dentro de los posibles proponentes, además de su capacidad técnica para la construcción de la obra, que es el objeto principal del contrato, su respaldo financiero y su capacidad administrativa para la operación y administración de la concesión.

Este registro debe evaluar:

a. Capacidad Organizacional y Técnica:

- Estructura organizacional.
- Estructura de personal.

b. Experiencia en construcción de proyectos viales:

- Monto de obras ejecutadas.
- Años de experiencia operativa.

c. Capacidad de Planeación y Administración:

- Características de los modelos y recursos de Planeación.

- Experiencia en contratos de orden administrativo.

- Estructura administrativa de la sociedad.

d. Capacidad financiera:

- Capacidad financiera de la sociedad.

- Respaldo de instituciones financieras.

- Estructura y costo de capital de la sociedad.

El modelo contempla la constitución de una nueva sociedad, por lo tanto, los diferentes parámetros de evaluación se aplicarían sobre los socios, ponderando el peso de sus respectivos aportes.

7. COMPROMISOS DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES DENTRO DEL ESQUEMA DE CONCESIONES

7.1 PREDIOS Y SERVIDUMBRES.

El Ministerio de Obras públicas y Transporte, debe entregar saneados los predios que conformen el corredor vial del proyecto. Es la administración quién posee las herramien-

tas necesarias para la negociación con los propietarios. Dejar esta tarea a cargo del concesionario produciría una de las dos (o las dos) situaciones:

a. El entorpecimiento en las negociaciones que produciría un retraso en la construcción de las obras, situación que se reflejaría en un detrimento inmediato de la rentabilidad del proyecto.

b. El pago exagerado por los predios adquiridos, situación que afectaría las proyecciones financieras que se hayan hecho.

El MOPT debe diseñar un esquema en el cual, se garantice la posibilidad de ocupar el predio a medida que el proceso de negociación o expropiación avanza.

Tratamiento similar debe darse tanto a las fuentes de material, como a las servidumbres, para evitar abusos por parte de propietarios y/o autoridades locales, que entorpecerían la construcción y/o el mantenimiento de las obras.

7.2 ANTEPROYECTOS. El Ministerio de Obras Públicas debe realizar los anteproyectos y/o diseños de todos los proyectos, a un nivel de detalle tal que permita al posible concesionario evaluar con razonable precisión tanto los costos de construcción como los costos de mantenimiento, sin comprometerse con un diseño detallado y específico, cantidades de obra o presupuestos detallados.

Esto exige un nivel muy alto de responsabilidad del concesionario al elaborar su propuesta.

7.3 VOLUMENES DE TRAFICO. El Ministerio de Obras Públicas debe garantizar en el contrato de concesión, un volumen mínimo de utilización del proyecto concesionado, durante todo el tiempo de operación.

Este compromiso del Ministerio se convierte en una garantía estatal que ampara al concesionario de todos los factores socio-económicos o técnicos que de una u otra forma afectarían el flujo vehicular por el proyecto y su manejo y control se

saldrían de las manos del concesionario.

Debe diseñarse un sistema que permita mantener constante la rentabilidad del proyecto, durante el período de operación, en caso de que el volumen de tráfico difiera en forma considerable, con el volumen inicialmente proyectado.

7.4 MECANISMOS DE CONTROL.

El éxito o fracaso de cualquier programa que involucre la filosofía de la privatización está en gran medida determinado, por la capacidad de control y regulación que tenga el estado sobre las actividades privadas.

Esto ilustra la necesidad de diseñar mecanismos de control del servicio prestado, que sean lo suficientemente objetivos y cuantificables, para evitar vacíos de interpretación a las normas. Por esto se hace énfasis en la importancia de diseñar unas normas que permitan calificar el estado físico de un proyecto vial, en forma permanente y objetiva para garantizar un nivel de servicio determinado durante toda la concesión.



***Diseño y construcción
Obras civiles
Estructuras metálicas
Instalaciones hidráulicas
sanitarias y eléctricas
Piscinas***

Dirección:
Cra. 41 No. 77-10
Santafé de Bogotá

Teléfonos:
240 0747
225 0995 311 4729

Fax:
225 0959
A. Aéreo: 0 94335

Introducción a la Hidrología Urbana

POR : ALLEN BATEMAN PINZÓN

INGENIERO CIVIL, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA. ESPECIALIDAD EN MÉTODOS NUMÉRICOS, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA. DOCTORADO EN INGENIERÍA HIDRÁULICA (U.P.C.)

1.

GENERALIDADES. El masivo crecimiento de la población mundial y especialmente de la que se concentra en las ciudades, ha provocado cambios considerables en el ciclo del agua en la tierra, conocido como el ciclo hidrológico. Recordemos que la Hidrología se define como la ciencia física que trata del estudio del agua en la tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades químicas y físicas y su reacción con el medio ambiente, incluidos los seres vivos. Su particularización en un ambiente urbano, la Hidrología Urbana, puede definirse como el estudio de los procesos hidrológicos que ocurren dentro de ese entorno urbano.

Las acciones del hombre sobre el medio ambiente se han acrecentado en las últimas décadas y siguen aumentando cada día más. Sus consecuencias no se han hecho esperar. En la zonas urbanas donde la aglomeración de gente es tan grande, las alteraciones del medio natural alcanzan su punto culminante y es allí donde el ciclo vital del agua cambia de forma más sustancial y su estudio requiere de un tratamiento diferente, a escala más reducida y más detallado que en el caso rural. Esta cuestión ha sido retrasada en el tiempo, hasta que los problemas han comenzado a someter a la sociedad a una gran presión y el estudio y dedicación al problema se han hecho inevitables.

2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA.

Entre los primeros sistemas de evacuación de aguas pluviales que descubrimos en la historia se encuentran los de las ciudades cretenses y romanas, algunos siglos antes de Cristo. De las muestras más significativas destacamos la cloaca máxima, construida para la evacuación de aguas pluviales en el foro romano. Sin embargo, en esa época aún no se utilizaban las alcantarillas como evacuación de aguas residuales por desconocimiento de los criterios de salud pública, utilizándose en su lugar el pozo ciego o pozo séptico, práctica que llega hasta nuestros días y que en el siglo pasado fue causa de la propagación de epidemias en las ciudades. Este hecho se producía por la extracción de las aguas subterráneas para abastecimiento, aguas que eran contaminadas por la filtración de aguas provenientes de los pozos ciegos cercanos. Las consecuencias desastrosas de esta situación conducen a una transformación de la legislación sobre la disposición de las aguas residuales de las viviendas, iniciándose una campaña para conectar las salidas de las viviendas a la red de drenaje pluvial, trabajo que comenzó a efectuarse a principios del siglo pasado. En la Europa continental se inicia a partir de 1830 y en la ciudad de Londres en particular hacia la mitad del siglo. La falta de alcantarillado en esta ciudad contribuyó a la difusión de la gran epidemia de cólera asiática que ocasionó miles

de muertes, cerca de 25.000 sólo en el año 1848, quedando relacionadas todas estas muertes con el suministro de agua contaminada.

Las alcantarillas construidas hasta ese momento no tenían ningún concepto de cálculo hidráulico en su diseño, por lo que se podían encontrar grandes colectores desaguardo en pequeñas alcantarillas, o bien colectores que tenían pendientes adversas con lo cual los residuos tenían que discurrir cuesta arriba. También los canales de evacuación de pozos se encontraban en ocasiones por encima de la cota de los mismos. Las precarias condiciones sanitarias de la mayoría de las viviendas y sus sistemas de evacuación fueron un tremendo obstáculo para la extinción de las grandes epidemias de peste que asolaron algunas ciudades europeas en el siglo pasado.

En los Estados Unidos se encontraban diseños de grandes alcantarillas con pendientes pequeñas, del orden del 3%. Estas grandes alcantarillas y el bajo caudal de residuales no permitían desarrollar grandes velocidades, tanto así que las excreciones se acumulaban produciendo molestias (malos olores) cuando éstas se detenían y descomponían.

No abundan los documentos y testimonios sobre el drenaje urbano en la América precolombina. Es co-

(*)PRESENTADO EN EL CURSO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN CONTINUADA "HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA DEL DRENAJE URBANO" ECI-ETSICCP-IAHR, REALIZADO EN SEPTIEMBRE 1992

nocido el caso del drenaje del valle de México, la antigua Tenochtitlán situada sobre una laguna y conectada mediante un sistema de canales con el territorio exterior al valle en que se asentaba, canales que servían a la vez de vía de comunicación y de elemento de drenaje del terreno. La situación general del resto de Latinoamérica no es más halagüena. Como muestra sirvan los pensamientos de Juvenal Urbino, protagonista de la novela de Gabriel García Márquez "El amor en los tiempos del cólera" sobre la vieja ciudad colonial en que vivía "... Su obsesión era el peligroso estado sanitario de la ciudad. Apejó a las instancias más altas para que cegaran los albañales españoles, que eran un inmenso vivero de ratas, y se construyeran en su lugar alcantarillas cerradas cuyos desechos no desembocaran en la ensenada del mercado, como ocurría desde siempre, sino en algún vertedero distante. Las casas coloniales bien dotadas tenían letrinas con pozas sépticas, pero las dos terceras partes de la población hacinada en barracas a la orilla de las ciénagas hacía sus necesidades al aire libre. Las heces se secaban al sol, se convertían en polvo, y eran respiradas por todos con regocijos de pascua en las frescas y venturosas brisas de Diciembre...", y en otro párrafo "...Era consciente de la asechanza mortal de las aguas de beber. La sola idea de construir un acueducto parecía fantástica, pues quienes hubieran podido impulsarla disponían de aljibes subterráneos donde se almacenaban bajo una espesa nata de verdín las aguas llovidas durante año..."

A mediados del siglo XVIII con el comienzo de la revolución industrial, el casco urbano comienza a crecer de forma desenfrenada y los problemas sanitarios y de inundaciones se incrementan. En esa época se realizan los primeros diseños de alcantarillado, utilizando formulaciones matemáticas que aún hoy en día se hacen servir, (fórmula de Manning en 1881). Sin embargo ahora se conocen más y mejor los criterios

y limitaciones para su aplicabilidad. Aunque las aguas residuales sean por sí sólo un tema de interés de gran amplitud dentro de todo el estudio hidrológico urbano, no será objeto de análisis en este artículo, concentrándonos en el tema de las aguas pluviales y en la forma como el hombre y la urbanización modifican el ciclo del agua en las ciudades.

3. TRANSFORMACION DEL CICLO HIDROLOGICO.

Un buen diseño de una red actual podrá presentar problemas por actuaciones futuras, dado que la ciudad es un elemento cambiante en el tiempo, crece y se expande. Lo usual es que zonas que actualmente no están impermeabilizadas, en un futuro se conviertan en áreas impermeables, como consecuencia del desarrollo urbano. Habitualmente en las ampliaciones de las zonas urbanas los nuevos ramales drenantes son conectados directamente a la antigua red de drenaje. El continuo entroncamiento de nuevas aportaciones hace sucumbir a la capacidad de drenaje inicial que poseía la red y los problemas no se hacen esperar.

Con la urbanización de grandes zonas, los cauces naturales de drenaje de la cuenca son alterados y suplantados por alcantarillado o canales que aumentan la eficiencia hidráulica. La mayor eficiencia hidráulica hace que las aguas discurren con mayor velocidad, aumentando en general el caudal circulante por los conductos y disminuyendo el tiempo de escurrimiento. Por otro lado, se han modificado las cuencas naturales, uniendo y separando diferentes áreas drenantes, consiguiendo grandes superficies impermeables formadas generalmente por construcciones como edificios, calles, casas, parqueaderos, etc. La impermeabilización contribuye a un incremento sustancial en el volumen de aguas que tendrá que ser escurrido por los conductos respecto a lo que escurría en el caso de cuencas rurales. Con estas modificaciones se anula casi por completo el

trabajo de la vegetación como interceptora de agua y del terreno como elemento natural drenante por infiltración, repercutiendo por tanto en una significativa variación de la cantidad de agua en el subsuelo, cuyos niveles freáticos se verán disminuidos. El incremento de la velocidad del agua de escorrentía y el aumento de volumen desaguado, unido a la disminución del tiempo de concentración aumenta el caudal pico, incrementando las posibilidades de inundación y la problemática de las crecientes en la zona urbana.

Cambios sustanciales en la composición química y física de la atmósfera a causa de los humos de las fábricas, coches y demás mecanismos que utilizamos para la vida diaria moderna, son origen de afecciones y transformaciones en el ciclo hidrológico. Estas actividades tienden a aumentar apreciablemente la temperatura en las ciudades y contribuyen a la lluvia ácida, en detrimento de la calidad del agua lluvia. Por otra parte, la propia agua lluvia durante su escorrentía lava las superficies de las calles, arrastrando consigo materiales proveniente de las partículas más pesadas de los humos de los coches y de la industria que se descantan en las superficies, plomo, suciedad en general, etc. deteriorando la calidad del agua circulante, que en definitiva va a parar directamente a los ríos o al mar. Es por ello que algunas redes de drenaje se diseñan con elementos para recoger el volumen de agua de escorrentía de los primeros minutos de lluvia para llevarlo luego a una estación depuradora en donde será tratado antes de entregarlo al río o al mar.

Muchas partículas provenientes de las emisiones de las industrias y los coches, se quedan suspendidas en el aire que envuelve a las ciudades. Adicionalmente la actividad diaria de una ciudad desprende agua en forma de vapor aumentando el nivel de humedad del aire en las zonas urbanas. Esta mezcla produce cambios físicos y químicos en el comportamiento de la atmósfera ur-

baña respecto a las rurales. En primer lugar la humedad puede aumentar (aunque por otro lado la impermeabilidad de las superficies de la ciudad puede provocar efectos contrarios, dependiendo si los aportes de vapor de agua predominan o no sobre la evaporación), cuestión que incide en una mayor cantidad de agua en la atmósfera y por tanto mayor cantidad de agua precipitable. En segundo lugar la concentración de partículas sólidas aumenta, generando una capa sobre las ciudades, (muchas veces visibles desde lugares alejados de la ciudad). Esta capa modifica el balance de radiación solar disminuyendo la cantidad de luz solar recibida en el día y provocando un efecto invernadero a nivel local, al retener radiaciones de calor procedentes de la superficie de la tierra. El posible aumento de humedad en las ciudades unido a las partículas en suspensión que actúan como núcleos de condensación, aumenta la probabilidad de lluvia dentro del casco urbano. También puede aumentar algo la cantidad de nubes en la zona y la cantidad de niebla.

La mayor capacidad calorífica y la alta conductividad térmica de las construcciones urbanas, comparado con las zonas de vegetación, hace que las propiedades térmicas de las zonas urbanas contrasten fuertemente con las zonas rurales. Estas marcadas diferencias hacen que la temperatura necesariamente tenga que cambiar. Las observaciones en este aspecto indican un leve aumento de temperatura en las ciudades, tanto que Oke observa una isla de calor en el entorno urbano, fenómeno propio de las aglomeraciones urbanas.

De los cambios advertidos en la composición atmosférica se pueden extraer varias conclusiones: Aumenta la frecuencia de lluvia en la zona, por lo que es de esperar más crecidas y sobrecargas en la red de drenaje y por tanto el diseño estándar de la red debe cambiar y mejorar. El agua de lluvia precipitará con más contaminantes por lo que es de esperar tratamientos extras en la adecuación de las aguas y por lo tanto aumento

de los costos en la adecuación de los vertidos.

A medida que la población crece, la demanda de agua para abastecimiento lo hace también, y dicho crecimiento se acelera a medida que el nivel de vida va mejorando. La adecuación de estas aguas para su posterior utilización es uno de los mayores problemas hidrológicos. La mayor demanda del agua se traduce en un incremento de caudales de aguas residuales y su tratamiento se hace cada día más costoso.

4. PROBLEMAS ESPECIFICOS DE LA HIDROLOGIA URBANA.

En conjunto la hidrología urbana se enfrenta a tres graves problemas: suministrar agua para las diferentes actividades que realiza el hombre en las ciudades como consumo, higiene, industria, distracción, ornamentación, etc; controlar y evitar las inundaciones causadas por lluvias torrenciales que producen daños materiales y que en alguna ocasión se traducen en pérdidas humanas; control y saneamiento de las aguas residuales, producto de los desechos residuales e industriales.

El segundo de los aspectos es el que más nos interesa en este artículo, el diseño de una evacuación rápida y segura de las aguas pluviales, es decir del sistema de drenaje. Este aspecto se puede dividir en cuatro actuaciones diferentes:

- Cuánto llueve y cómo se distribuye la lluvia (aspecto hidrológico)
- Recolección del agua en la red, (obras de captación).
- Transporte de agua en la red, (problemas hidráulico).
- Evacuación del agua de la red en los puntos de entrega, (estaciones de bombeo y obras de desagüe).

Los cuatro aspectos han de tenerse en cuenta de forma global y conjunta en el diseño de la red de drenaje.

4.1 Precipitación en zonas urbanas: Uno de los aspectos más desconocidos por el hidrólogo y que mayor importancia tiene a la hora de realizar un estudio hidrológico, es prever cuánto va a llover y en qué

forma lo hará (distribución espacial y temporal de la lluvia). Las complejas características que envuelven a los fenómenos atmosféricos están todavía en etapa de investigación y por ello los datos hidrológicos se siguen tratando en forma estadística empírica, sin ninguna ley determinista que explique todos los fenómenos.

El tratamiento estadístico de los parámetros importantes de una precipitación de un área urbana se realiza de igual forma que con los obtenidos de una cuenca rural. Dos tipos de datos es necesario analizar en el estudio hidrológico: los datos de tipo puntual como precipitaciones en forma de hietograma y en segundo lugar la información sobre la frecuencia de aparición de las precipitaciones. Todo estudio hidrológico se basa pues en una buena recolección de datos históricos de las precipitaciones en la zona objeto de análisis.

Una cuenca urbana responde mucho más rápido a un impulso de precipitación que una cuenca rural, en otras palabras, el tiempo de concentración disminuye apreciablemente. Por ello la toma de datos y la selección de los mismo ha de realizarse a una escala de tiempo distinta que para una cuenca rural. En el caso urbano ha de tenerse en cuenta la mayor sensibilidad de la cuenca y por ello se requiere una mayor precisión de los datos de precipitación y un menor intervalo en la toma de los mismos. Es por ello que los hietogramas se realizan cada 5 minutos o menos. Esta precisión es importante a la hora de considerar la tormenta de diseño. Para realizar una toma de datos fiable, es posible aprovechar las facilidades técnicas en las ciudades, pues la conexión de los aparatos registradores (pluviómetros) puede hacerse a la red telefónica directamente sin dificultad alguna para así disponer de datos de lluvia incluso en tiempo real. También es posible almacenar datos mediante la instalación de data-logger (aparatos registradores de bajo costo) para registrar la información que será recogida periódicamente por un operario.

El área de captación urbana es por lo general pequeña y su sensibilidad de respuesta (hidrogramas de salida) es mayor que la de una cuenca grande ante cualquier cambio. Por ello las variaciones en la dirección de movimiento de la tormenta (cinemática de la tormenta) y la variación temporal de la misma se hacen sentir especialmente. Una buena distribución de pluviógrafos en la cuenca urbana y una mayor frecuencia de muestreo facilitan la determinación y conocimiento de la cinemática de la tormenta.

4.2 Métodos de cálculo de la transformación lluvia-escorrentía.

Los mismos métodos conocidos para la transformación lluvia-escorrentía son aplicables a las cuencas urbanas, con las condiciones pertinentes acerca de la permeabilidad del terreno. Distintas ciudades tienen diferentes características drenantes. Por ejemplo ciudades como Barcelona donde la cantidad de zonas verdes es reducida y las edificaciones tienen una media de altura de 10 a 12 pisos y una densidad de habitantes por hectárea muy grande, contrastan con ciudades realmente planas y de baja densidad como Bogotá en donde la mayoría de casas habitables contemplan un espacio verde aumentando el porcentaje de infiltración por unidad de área. Estas diferencias han de tenerse en cuenta en el cálculo de volumen real de agua que ha de escurrir por la red de drenaje prevista.

En los últimos años se ha desarrollado una serie de modelos para el estudio de la transformación lluvia-escorrentía en zona urbana. Dichos modelos reproducen de manera muy esquemática el proceso físico que se desarrolla, lo que se denomina modelación conceptual. Es prácticamente imposible describir de forma matemática con ayuda de ecuaciones la transformación lluvia-escorrentía. Deberíamos incorporar la realidad ciudadana, la geometría de las calles, casas, terrenos naturales, etc. Por eso se recurre a una esquematización simple, reemplazando la realidad por mecanis-

mos de depósitos, planos inclinados, etc. Muchos modelos, algunos de los cuales se describirán en este curso, HEC-1, RUNOFF, etc. son herramientas habituales en el estudio de este proceso.

4.3 Recolección de agua en la red.

Las obras civiles destinadas a la recolección de agua en las redes, son los denominados imbornales. Si la ciudad no está preparada para recoger las aguas en forma rápida y eficiente, estas discurrirán por la superficie externa sin llegar a entrar en la red prevista de drenaje. Por muy bueno que sea el diseño hidráulico de la red de drenaje, si el agua no penetra en la misma, el problema de inundaciones persistirá. Se pueden encontrar casos de redes de drenaje que bajan a media carga, en tanto que en superficie se observan auténticos ríos que bajan por la calles. Los imbornales son de diseños diferentes y cada uno de estos se adecúa a la propia geometría de la superficie del terreno.

Los imbornales han de ser de tamaño adecuado, situados en las zonas cóncavas de las superficies y ser sometidos a limpieza y mantenimiento. Es conocido el hecho de tener imbornales tapados por los desperdicios y desechos que bajan por la red.

Otro problema que puede presentarse para que el agua no llegue a la red de drenaje, es que la red entre en carga e impida que el agua externa se introduzca en la red, produciéndose el efecto contrario: tener aportaciones de la red al exterior. Este es un claro problema de insuficiencia de capacidad drenante de la red.

4.4 Diseño hidráulico de la red de drenaje.

Desde el último cuarto de siglo se pueden encontrar por primera vez sólidos diseños de los conductos de la red de alcantarillado. Se puede decir que es el momento en que se comienzan a utilizar los primeros modelos numéricos hidráulicos para el diseño del sistema de alcantarillado. Chadwick, no hacía mucho, indicaba la importancia

de la red de alcantarillado como un sistema que transportará tanto las aguas pluviales como las aguas negras fuera de la ciudad, llevándolas directamente al río o al mar. Es la primera idea que se tiene de acueducto, pues por lo general se utilizaba la extracción de aguas subterráneas. Visto lo sucedido con la contaminación de las aguas subterráneas y su relación con la epidemia del cólera asiático esta idea fue muy tenida en cuenta.

La fórmula de Manning fue de las primeras utilizadas para el diseño de las alcantarillas, pero aún los criterios de aplicación eran muy rudimentarios, pues en realidad la cantidad de agua que iba a circular por los drenajes artificiales era desconocida. Tuvieron que pasar algunas décadas para empezar a utilizar la fórmula del método racional y el concepto estadístico del período de retorno, como compromiso entre seguridad y economía. Ahora es uno de los criterios más utilizados y en los que se basa la mayoría de los cálculos hidrológicos. Un período de 10 años es el más utilizado mundialmente para cualquier diseño de alcantarilla aunque sin embargo en casos especiales como en colectores de grandes dimensiones, períodos de 20 a 25 años son aceptados.

Un estudio detallado del período de retorno debería realizarse utilizando la relación costo/daños contra el período de retorno. Basta con observar que a mayor período de retorno, los volúmenes esperados, las intensidades esperadas, etc, son mayores, por lo que el costo del diseño y ejecución de una obra aumentará inevitablemente, aunque los daños disminuirán en gran proporción. En la figura que a continuación se presenta se observa la línea de variación costo/período de retorno y daños período de retorno. La curva representada por la línea a trazos presenta un estudio que minimiza los daños ocasionados con el mínimo costo para el período de retorno que deberá ser utilizado para el diseño. Es importante tener en cuenta que estas curvas varían según la

obra que se diseñará, por lo que en cada caso es importante analizar los riesgos y los costos para la determinación del período de retorno que ha de utilizarse para el diseño de la obra. En la realidad es difícil valorar económicamente los daños producidos por una inundación por lo que se usan criterios empíricos en la elección de una frecuencia aceptable de inundación (5, 10 años, etc.)

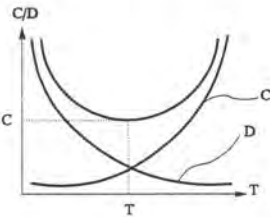


Figura 1 Curva Costo-Daños en función del periodo de retorno (T)

En relación con el diseño hidráulico, las alcantarillas se dimensionan para que trabajen en lámina libre, es decir, que la superficie del agua este a la presión atmosférica. Esta situación es obvia, puesto que trabajar a presión implicaría que en algunas zonas la cota piezométrica podría sobrepasar la rasante del terreno y el agua saldría expedida por los propios imbornales. Sólo en ocasiones especiales se permite el trabajo en presión del agua en ciertos tramos, cuando la disponibilidad de espacio impide que el agua discorra libremente. Por ejemplo en el paso bajo una vía subterránea de tren u otro viaducto, se puede salvar la situación utilizando un sifón.

Para el diseño hidráulico de las redes ahora contamos con metodologías más sofisticadas que la propia ecuación de Manning, aunque ésta sigue siendo muy utilizada. Las alternativas de diseño cuentan con: en primer lugar utilizar la formulación del flujo permanente uniforme (ecuación de Manning) que puede ser una primera aproximación para el diseño del colector; en segundo lugar, utilizar las formulaciones del régimen gradualmente variado, esto es flujo permanente no uniforme. Estas ecuaciones permiten obtener diseños más sofisticados y con

él puede describirse mejor el funcionamiento de la red. Este último procedimiento es muy utilizado en nuestros días y de él se puede encontrar una serie de paquetes o programas con diferentes opciones de cálculo que contemplen estructuras y geometrías variadas. Por último, la modelación matemática más sofisticada se encuentra en el análisis de las ecuaciones del flujo gradualmente variable.

Del flujo gradualmente variable se encuentran los métodos hidrológicos que se basan única y exclusivamente en la ecuación de continuidad, como por ejemplo el método de Muskingum. Por otro lado una serie de métodos se deriva del empleo tanto de la ecuación de continuidad como de la utilización de una simplificación de la ecuación de cantidad de movimiento y de ellas se desprenden muchos modelos numéricos del mercado. Entre estos métodos se encuentra el de la onda cinemática que se basa en la simplificación casi total de las ecuaciones de equilibrio dinámico de Saint-Venant, manteniéndose únicamente el término de pendiente motriz y pendiente física. También nos encontramos con el de la onda difusiva que incluye el término del gradiente de presiones en la ecuación dinámica, y la onda completa que incluye todos los términos de las ecuaciones de Saint-Venant.

La onda cinemática ha sido utilizada por ejemplo en modelos numéricos de cálculo de redes de drenaje como el módulo TRANSPORT del SWMM de la agencia americana de protección del medio ambiente (EPA). La onda difusiva no es tan aproximada como la onda completa, pero su solución es más rápida y ha sido utilizada en el modelo MIT Catchment model así como en el modelo HVM desarrollado por Dorchs Consult para el estudio de redes de alcantarillado. No obstante, con los avances de la hidráulica computacional las ecuaciones completas se utilizan cada vez más. El modelo de la E.P.A (Environmental Protection Agency), el SWMM, des-

de 1981 dispone de un módulo de cálculo, EXTRAN, módulo que incorpora la solución de las ecuaciones completas de Saint-Venant. Otros modelos comerciales, como los desarrollados en el SHE (Systeme Hydrologique European) llevados a cabo conjuntamente por el Danish Hydraulic Institute, SO-GREAH y el Wallingford Hydraulic Institute, incorporan modelos completos de propagación desde la escorrentía superficial hasta la propagación en cualquier cauce. El modelo MARA elaborado en la Sección de Hidráulica e Hidrología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, incorpora la onda completa o ecuaciones de Saint-Venant. También ofrece la posibilidad de seguir un resalto hidráulico móvil que aparezca en la red de drenaje.

En resumen, se dispone en la actualidad de un grupo de modelos de cálculo hidráulico que garantizan a un costo asumible un diseño ajustado de la red.

4.5 Evacuación del agua de la

red. Una vez se logra captar el agua y transportarla lejos de la ciudad, esta se debe entregar a un río o al mar. Si el agua es de lluvia se puede entregar directamente sin ningún problema de contaminación, considerando que existe un grado de dilución suficiente (10 a 1,20 a 1, etc) excepto en los primeros instantes de lluvia (lavado de la ciudad), donde la carga contaminante es muy alta. Por otro lado, las aguas residuales deben ser primero tratadas en una estación depuradora para luego ser entregadas a la red natural de drenaje, o bien al medio receptor (mar, río, etc.)

Independizar la red de drenaje del río o mar donde se vierten las aguas residuales y pluviales, es una actuación en ocasiones necesaria. En la historia de las ciudades se han sucedido problemas a este respecto. Recordemos por ejemplo cómo los habitantes de Londres de finales del siglo pasado, casi tuvieron que aban-

donar la ciudad a causa de la independencia entre el río Támesis y la red de drenaje de la ciudad. Una creciente en el mismo río produjo un reflujo de las aguas negras por la red de drenaje inundando la ciudad de una pestilencia que para muchos resultó insoportable, teniendo que abandonar la ciudad.

La entrega puede ocasionar ciertas dificultades en el buen comportamiento de la red de drenaje, por ejemplo en el caso de entregar a un río a la misma cota. El problema aparece cuando el nivel del agua en el río en caso de creciente, es superior a la cota de desagüe de la red, con lo que influencia la capacidad de desagüe. Cuando se trata de ríos encauzados, donde la cota de encauzamiento puede ser superior a la del terreno natural, la comunicación de la red de drenaje con las aguas del río puede causar la inundación de zonas de la ciudad. En estos casos la solución puede ser la instalación de estaciones de bombeo, que independizan el régimen hidráulico de la red de drenaje y del río.

Las estaciones de bombeo se ponen de moda a principios de siglo en muchas ciudades de Norteamérica y Europa. En los Estados Unidos de Pasó de una cifra de menos de 200 estaciones en el año 1910, a las 36.900 estaciones de bombeo de aguas residuales en 1972.

5. AVANCES Y TENDENCIAS ACTUALES. Las actividades en las ciudades y la expansión constante de las mismas, que incrementan el área de impermeabilización y por tanto la escorrentía superficial, implican modificaciones de las redes de drenaje: actualización, recrecimiento, ampliaciones y nuevos conductos. Esto no es una gran esperanza para las ciudades pues el costo de mantenimiento y regeneración es alto. Por ello hay que intentar atacar el problema de otra forma.

La ciudad debe crecer en armonía con el ciclo hidrológico. Me refiero a que las casas, edificios, parques, calles y demás construcciones, deben contribuir de una u

otra forma a la laminación de la onda de avenida, ayudando y evitando los riesgos de inundación y minimizando las pérdidas económicas cuando este tipo de sucesos acaece. La integración de la estructura urbana con los procesos físicos de la atmósfera debe ser un objetivo de toda gran ciudad, y su práctica puede beneficiar tanto a la calidad del agua como a la minimización de inundaciones.

Es posible realizar una serie de intervenciones a medida que el crecimiento de la ciudad se produce. Entre ellas tenemos la canalización de cursos naturales dentro de las zonas urbanas, las lagunas de laminación o retención, la detención en los tejados y la utilización de pavimentos porosos.

5.1 Canalización de cursos naturales. La canalización de los diferentes conductos naturales en principio supone una evacuación más rápida de las aguas pluviales al aumentar la eficiencia hidráulica (capacidad de desagüe). Aunque esto parece ventajoso a primera vista, puede ocasionar una serie de problemas propios de una canalización.

Desde el punto de vista de la conservación ambiental, las modificaciones esenciales que genera la canalización son: la eliminación de la vegetación, la profundización del cauce y el alineamiento de los cauces eliminando los meandros y las zonas de estancamiento.

La vegetación controla la temperatura del agua y su eliminación repercute de forma directa en un aumento de la temperatura de la misma. Inmediatamente la capacidad de retención de oxígeno disuelto disminuye y la flora y la fauna comienzan a mermar.

La vegetación controla por otra parte el transporte de sedimentos y contribuye a la transformación de los sólidos suspendidos en formas solubles de nutrientes, de los que depende la subsistencia de diferentes formas vivas. En definitiva la eliminación de la vegetación disminuye enormemente la capacidad

de producción de invertebrados y peces.

La eliminación de los meandros implica una reducción de la longitud del cauce, aumentando entre dos puntos la pendiente del mismo e incrementando su capacidad de transporte. El drenaje más eficiente aumenta el peligro de crecidas comprometidas y también la erosión local y global del cauce. La eliminación de las zonas de estancamiento tiene las mismas consecuencias que la eliminación de meandros, y además con disminución del tiempo de retención y con un incremento de la velocidad del flujo, en detrimento de la calidad del agua.

Alternativas a la canalización las proponen Keller y Hoffman (1976), los cuales insinúan cambiar este tipo de acciones, sustituyéndolas por una restauración del cauce sin comprometer al mismo, mejorando por otro lado su aspecto visual. Por un lado se elimina cualquier tipo de vegetación muerta, árboles, arbustos y desechos urbanos. Se disminuyen también los taludes de los hastiales aumentando su estabilidad y aliviando en parte el peligro de inundaciones, incorporando protecciones de escollera en los hastiales externos de las curvas para asegurar la estabilidad de los taludes si es necesario.

5.2 Lagunas de laminación o retención. Las lagunas de laminación se pueden clasificar de acuerdo a la localización de las mismas en los tramos de los canales o ríos, dependiendo si se encuentran fuera de la corriente o dentro de las mismas. La principal característica de las lagunas de retención es el control de las avenidas mediante el almacenamiento del flujo, disminuyendo el caudal pico a costa de aumentar el tiempo de retención, mejorando indirectamente la actividad biológica.

Las lagunas pueden contener agua todo el tiempo debido al nivel freático de la zona o bien ser drenadas una vez pasa la creciente. Por ello se las puede clasificar en húmedas o secas. Las húmedas pierden

capacidad de almacenamiento debido a que siempre tendrán una cantidad de agua en todo momento; las lagunas secas pueden ser integradas en el paisaje de la ciudad como parques o zonas verdes de recreo. Los criterios que controlan la capacidad de una laguna de laminación son de tipo hidrológico e hidráulico. Hidrológico porque las lagunas de retención se diseñan con miras a disminuir el caudal pico resultante de una determinada precipitación de una tormenta para un período de retorno específico. Hidráulico, porque el diseño debe capacitar a la laguna para retener el agua durante un período de tiempo. Su capacidad debe estar en concordancia con la eficiencia de evacuación del canal situado aguas abajo y de la disponibilidad de terrenos en el entorno urbano para su instalación.

Un ejemplo de este tipo de actuaciones se encuentra en Cornellá de Llobregat, una ciudad situada junto al tramo final del río Llobregat en las cercanías de Barcelona (España), donde su área urbana recoge las aguas pluviales de zonas situadas aguas arriba de la misma. Esta ciudad se ha visto sometida últimamente a un fuerte crecimiento de su casco urbano y las tormentas han provocado continuas inundaciones. La situación se ve fuertemente agravada cuando las avenidas en el propio río Llobregat coinciden con lluvias en la propia ciudad, y los desagües de la red al río se ven obstruidos por el propio nivel del río. Un canal que recoge las aguas provenientes de diferentes áreas drenantes de la cuenca de la ciudad las transporta hacia el río. Entre las actuaciones de prevención de inundaciones se diseñó una balsa de laminación cuya área en planta es cerca de 50.000 m² y admite un calado máximo de 4 m. Las aguas se transportarán al río por gravedad cuando los niveles respectivos de la balsa y el río lo permitan y se hará por bombeo en caso contrario. Se utilizó un hidrograma pro-

veniente del estudio hidrológico de la cuenca, para un período de retorno de 10 años, estimando un caudal pico de 130 m³/s, a la entrada de la balsa de laminación. El efecto laminador de esta balsa se traduce en una reducción notable del caudal máximo de diseño de la estación de bombeo. En el diseño de la capacidad de bombeo se estimó necesario, en el caso más desfavorable, disponer dos grupos cuya capacidad de bombeo era de 7 m³/s cada uno. Para fijar la operación de bombeo, se analizó la estrategia de puesta en marcha y parada de los grupos en función de los niveles en la balsa y en la estación de bombeo.

Muchas veces es posible tener esquemas de varias lagunas en serie. Es importante destacar la pérdida de eficiencia de las lagunas en serie. Algunos autores como Wycoff y Singh (1976), Mein y Woodhouse (1977), han realizado una serie de estudios en esta dirección. De sus trabajos se desprende que dos lagunas de retención en serie cada una con la mitad de capacidad que una gran laguna, tienen menos efectividad en la disminución del caudal punta resultado de una tormenta que esta última. Así mismo, tres en serie tienen menos efectividad que dos en serie, considerando ambos grupos con igual capacidad de almacenamiento.

5.3 Aumento de la infiltración y la retención. Dada la impermeabilización que se crea por la creciente urbanización de las ciudades, un control que se puede realizar a medida que la ciudad crece es aumentar las áreas permeables y las zonas de retención. Esto puede ser llevado a cabo utilizando pavimentos porosos en las calles, parqueaderos pavimentados con bloques dispuestos de manera que el agua pueda infiltrarse entre sus uniones. Esta práctica es muy favorable para tormentas pequeñas y para el control de la calidad del agua. No es muy efecti-

va en el caso de grandes tormentas pues una vez el suelo se encuentre saturado, la escorrentía superficial tendrá comienzo.

Por otro lado, las nuevas construcciones pueden ser adaptadas para retener una cantidad de la lluvia caída. Esto puede realizarse en los techos o azoteas de las casas y edificios. También las aguas recogidas en los techos pueden evacuarse a zonas más permeables y no hacerlo directamente a las alcantarillas, aumentando la posibilidad de infiltrarlas en el terreno y aumentando también su tiempo de escorrentía.

En resumen, es posible utilizar unas técnicas de drenaje íntimamente ligadas al diseño urbano de la ciudad, dando una importancia más relevante al tema del drenaje urbano e incluyéndolo como un aspecto más que debe considerarse en los planes de desarrollo urbano de una ciudad.

BIBLIOGRAFIA

- BENDIENT, P.B.; Huber Waynw. 1988. Hydrology and Floodplain Analysis. Ed. Addison-Wesley Publishing Company.
- CHOW, V.T.; Maidment D.R.; Mays, L.W. 1988 Applied Hydrology. McGraw-Hill.
- DOLZ, J. 1992. Grandes Colectores. Curso de Criterios Hidráulicos de diseño. Curso: Inundaciones y Redes de Drenaje Urbano. Ed. José Dolz, Juan Pedro Martín, Manuel Gómez.
- GUTIERREZ C. 1992. La Gestión de la Infraestructura de Drenaje Urbano. Curso: Inundaciones y Redes de Drenaje Urbano. Ed. José Dolz, Juan Pedro Martín, Manuel Gómez.
- HALL, M.J. 1986. Urban Hydrology. Elsevier Applied Science Publisher.
- MOFFA, P.E. 1990. Control and Treatment of Combined Sewer Overflows. Ed Peter E. Moffa.
- UDT'91 1991. New Technologies in Urban Drainage. Ed. C. Maksimovic. Department of Hydraulic Engineering. University of Belgrade. Yugoslavia.
- URBONAS, B.R. Scoot, L. 1992. Solving drainage and flooding problems in Denver, Colorado U.S.A. Curso: Inundaciones y Redes de Drenaje urbano. Ed. José Dolz, Juan Pedro Martín, Manuel Gómez.

¿Cómo Conseguir una Mala Convivencia?

POR : JOSÉ MARÍA FORCADA

ARTÍCULO PUBLICADO EN LA REVISTA:
RE # 28-29

No se escandalicen después de leer un elenco de barbaridades que vienen consignadas a continuación. Todas son reales. Debe advertirse que cada una de ellas es capaz de provocar terribles trastornos en la convivencia.

- No participar
- No compartir
- No ser tolerantes
- Criticar todo y si es posible en voz alta
- Reivindicar lo que uno hace como lo perfecto.
- Tener memoria de todo lo malo que te ha ocurrido y recordar aquello que te fastidia aunque ocurriera hace 36 años.
- Cuanto más quisquilloso y reivindicativo mejor.
- Repetir 328 veces al día que uno es el mejor y que los demás son ineptos.
- Discutirlo todo
- Vencer siempre a los demás.
- No sonreír nunca
- Fisgonear todo: cartas, gentes, especialmente por la rendija de la puerta, de la ventana, etc.
- Ser grosero
- Ser vago y hacer que los demás trabajen.
- Mentir
- Malpensar
- No amar
- No ver las realidades con ternura
- No llorar nunca
- No callar
- No respetar el silencio de los demás
- Ser duro
- No perdonar los errores de los demás.
- Gritar -en plan energúmeno- y mejor con puñetazos en la mesa, expresan-

do de esa manera aquello que uno es incapaz de decir con palabras normales.

- Usar y abusar de todos los poderes que da el sentirse superior a los demás.

Si se lleva a la práctica un 25% de estas anti-normas, puede estar absolutamente seguro que se ha ganado el título - bien merecido- de repelente. Cuando se alcanza un 50%, se merece el calificativo de insociable (sin paliativos). Más de un 75%, puede considerarse en la zona irrecuperable que raya la perfecta estupidez. Es un milagro que las gentes que se hallan a su alrededor no le envenenen con cicuta o cualquier otro venenoso brebaje.

Si se encuentra al 100%, me atrevo a pedirle que piense. Eso, que piense, que es lo propio de los humanos. La mayor parte de las bestias -con perdón- no alcanzan el 100% de esas incongruencias.

Y... ¿cómo conseguir una sensata convivencia?...

No es necesario transcribir esas malévolas proposiciones en positivo. Lo im-

portante es entenderlas y con magnífica limpieza de espíritu revisar hasta qué punto uno hace el juego a esas esperpénticas apuestas.

Quizá, sólo conviven de verdad los que saben ser y, cómo no, saben estar. (Lo dramático estriba en que apenas se enseñan esas dos cualidades).

Por razones obvias, en ese elenco de atrocidades, no se hace referencia ni a los pecados capitales, ni a cualquier referencia a lo trascendente.

 **Constructora
Ingecar Ltda**



CARDONA GUTIERREZ LTDA.
INGENIERIA - CONSTRUCCION

Jorge E. Arbeláez H.
gerente

Av. Estación No. 5CN-72
Tels.: 688 905-44 - 679 885-86 Cali