

Tlaloc AMH

Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C.

Febrero-Octubre 2007

No. 39



Publicaciones

Semblanza

Reseñas

Toma de Posesión del XXVIII Consejo Directivo Nacional de la Asociación Mexicana de Hidráulica

Ing. Jorge Malagón Díaz. Presidente

Gilberto Borja Navarrete (1929-2007)

Fundación Gonzalo Río Arronte, I. A. P.

Publicaciones

Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México

Dr. Polioptro Martínez Austria



Frente a Nuevos Retos Impulsando a la Ingeniería Mexicana..



**CONSTRUCTORA DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
LA YESCA, S.A. DE C.V**



www.ica.com.mx

www.grupolanacional.com.mx

EDITORIAL

Tláloc AMH No. 39

El pasado mes de mayo tuve el honor de asumir la Presidencia del XXVIII Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH) y con ella el compromiso de trabajar de inmediato en un programa de acciones, consensuado con el gremio, para fortalecer la capacidad de convocatoria de nuestra Asociación y de esta manera participar e incidir, con mayor determinación, en el desarrollo y aplicación tanto del Programa Hídrico Nacional como en la formulación y aplicación de la política hidráulica nacional, toda vez que buscaremos afanosamente las condiciones para que la AMH sea siempre punto de referencia técnico en la toma de decisiones relacionadas con nuestra materia. En mi discurso de toma de protesta, publicado en la página 28. De este mismo número, presento a su consideración las propuestas concretas, que ahora reitero, formuladas en el programa antes mencionado, mismas que se resumen en tres grandes líneas de acción:

- Modernizar nuestra Asociación en cuanto a su organización, administración y medios de financiamiento.
- Aumentar la presencia de la AMH en los foros nacionales e internacionales, favoreciendo e impulsando una participación concertada entre gobiernos, sociedad organizada e instituciones tanto del país como extranjeras
- Fortalecer al gremio incrementando el número de profesionistas provenientes tanto del campo de la hidráulica como del de otras disciplinas; impulsando el reconocimiento de los profesionistas relacionados con la hidráulica, y fomentando la formación de nuevos especialistas en las diversas instituciones educativas del país.

Por otra parte seguiremos trabajando con entusiasmo para lograr una administración eficiente, confiable y honesta cuyos resultados estén a la vista de todos. Para ello fortaleceremos la actual política de comunicación, valiéndonos tanto de los medios electrónicos como

tradicionales disponibles, para mantener a nuestra comunidad al tanto de los pormenores relacionados con la Asociación Mexicana de Hidráulica.

Sin lugar a dudas los elementos fundamentales que utilizaremos para vincular al gremio al que orgullosamente pertenecemos son, tanto el sitio web de la AMH, actualmente en operación, como nuestra revista *Tláloc*, AMH, que ahora retomamos y que en esta ocasión publicamos, en la modalidad de número especial de transición, para informarles que contamos con un ambicioso programa editorial que consiste, básicamente, en una edición de números monográficos que comenzará a circular a partir del próximo mes de noviembre. Huelga recordarles que este medio de comunicación es hecho por y para todos nosotros, por lo que estoy seguro recibiremos su respuesta entusiasta para que juntos la construyamos ya sea con ideas, trabajos técnicos, reportajes, publicidad o aportaciones de toda índole que tengan relación con nuestra vida institucional.

Desde luego que la responsabilidad de llevar a buen puerto los trabajos del presente Consejo Directivo es de su Presidencia, pero sería imposible su desarrollo sin contar con la participación puntual tanto de los miembros de la AMH como de la Asamblea General, de la Junta de Honor y de la nueva mesa directiva a quienes desde ahora les doy la más entusiasta bienvenida y agradezco de antemano la dedicación y esfuerzo que estoy seguro invertirán en este proyecto.

Finalmente no me queda sino reiterarles mi mejor disposición para servir a los socios de la AMH y de esta manera, a través de nuestras acciones, a la Nación, buscando siempre las mejores soluciones a la problemática del agua considerada como tema prioritario en la nueva agenda del País.

Ing. Jorge Malagón Díaz
Presidente del XXVIII Consejo Directivo Nacional.
Asociación Mexicana de Hidráulica.

Consejo Editorial

Director • • • • • *Dr. Humberto Marengo Mogollón*

Editor • • • • • *Dr. Nahúm H. García Villanueva*
Técnico

Coordinador • • • *Lic. Jesús Hernández Sánchez*
Editorial

Miembros del Consejo Editorial

Dr. Felipe I. Arreguín Cortés
Comisión Nacional del Agua

Dr. Jaime Collado Moctezuma
Consultor

Ing. Juan Calos Valencia
Comisión Nacional del Agua

Ing. Luis Athié Morales
Comisión Federal de Electricidad

Ing. Miguel Ángel Córdova Rodríguez
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Dr. Polioptro F. Martínez Austria
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Biol. Ramón Pérez Gil Salcido
Fundación Gonzálo Río Arronte

Ing. Roberto Olivares
Asociación Nacional de Empresas de Agua
y Saneamiento

M. en I. Víctor J. Bourguett Ortiz
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Tláloc AMH

Tláloc AMH, No. 39, Enero - Agosto 2007

ÓRGANO DE COMUNICACIÓN DE LA
ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA, A.C.

XXVIII Consejo Directivo de la AMH

Presidente

Jorge Malagón Díaz

Vicepresidente

Humberto Marengo Mogollón

Tesorero

Víctor J. del Razo Tapia

Primer Secretario

Martín Hidalgo Wong

Segundo Secretario

Roberto Olivares

Vocales

Agustín Félix Villavicencio

Óscar Hernández López

Ventas y Publicidad:

Ing. José Aarón Campos R.

Director de Promoción

Tels. 5580 4782

5557 1505

aaroncampos@prodigy.net.mx

Tláloc AMH. Es una publicación cuatrimestral de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C. Para otros intereses dirigirse a Camino Santa Teresa 187, Colonia Parques del Pedregal, C.P. 14010, México, D.F., tel. y fax (55) 5666 0835. Certificado de licitud de título núm. 12217 y de contenido núm. 8872. Reserva de derechos al uso exclusivo en trámite. El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de los autores y no necesariamente representa la opinión de la AMH. Ninguna parte de esta revista puede ser reproducida en medio alguno, incluso electrónico, ni traducida a otros idiomas sin autorización escrita de sus editores.

El tiraje es de 2,500 ejemplares incluyendo los de reposición. Impresa en los talleres de Editores e Impresores FOC, S.A. de C.V., Los Reyes 26, Col. Jardines de Churubusco, Delegación Iztapalapa, C.P. 09410, México, D.F., Tel. 5633 2872.

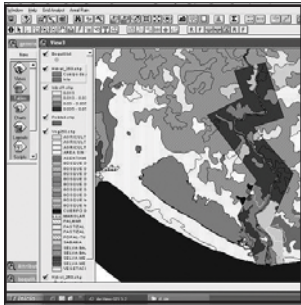
Editor Responsable: Humberto Marengo Mogollón

Certificado de circulación pagada (o gratuita), cobertura geográfica y estudio del perfil del lector, ante la Secretaría de Gobernación con el número DGMI 397.

www.amh.org.mx

INDICE

ARTÍCULOS



- P**onderación del coeficiente n de Manning de las márgenes de un río 4
Maritza Liliana Arganis, Óscar A. Fuentes Mariles y Víctor Franco

- M**itigación del riesgo por inundación 9
Juan C. García Salas

- I**dentificación del coeficiente de escurrimiento en siete cuencas de cabecera de la Región Hidrológica No. 18 (río Balsas) 16
Daniel Francisco Campos Aranda

NOTICIAS Y RESEÑAS

- I**nforme Final 24
Dr. Polioptro F. Martínez Austria
Presidente del XXVII Consejo Directivo

- T**oma de posesión del XXVIII Consejo Directivo Nacional de la Asociación Mexicana de Hidráulica 28

PUBLICACIONES Y SOFTWARE ESPECIALIZADOS

- S**imulación de flujos a superficie libre en obras hidráulicas 31
M.I. Héctor Alexis Espinosa

- S**imulación de flujos a superficie libre en obras hidráulicas 32
M.I. Héctor Alexis Espinosa

- I**nfoworks WS 33

- A**plicación del modelo de simulación hidráulica empleando la plataforma Infoworks WS 34

SEMBLANZA

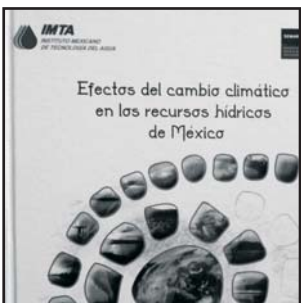
- G**ilberto Borja Navarrete (1929-2007) 36

INSTITUCIONES DEL SECTOR

- F**undación Gonzalo Río Arronte, IAP 38

SITIOS WEB

- N**uevo sitio web del IMTA 39



Ponderación del coeficiente n de Manning de las márgenes de un río

Maritza Liliana Arganis Juárez

Óscar A. Fuentes Mariles

Víctor Franco

Instituto de Ingeniería, Facultad de Ingeniería UNAM

Resumen

Se presenta un ejemplo de la estimación del coeficiente n de Manning en las planicies de inundación de un río considerando el uso de suelo así como tablas que sugieren el valor de la n de Manning y un *software* de sistemas de información geográfica para la estimación de las áreas según el uso. El valor obtenido del coeficiente n se puede considerar satisfactorio para fines prácticos.

Palabras clave: Ecuación de Chezy, n de Manning, planicies de inundación, uso de suelo, sistemas de información geográfica.

Introducción

El coeficiente n de Manning es un dato importante en el análisis tanto de planicies de inundación anegadas ya sea por los gastos descargados durante la operación de un embalse, como de los posibles efectos que se presentarían aguas abajo ocasionados por la ruptura de la cortina de una presa. Tradicionalmente se propone un valor de n , el cual se selecciona de acuerdo con el uso de suelo y la ayuda de tablas convencionales que se reportan en la literatura especializada; existen distintos procedimientos para estimar el valor del coeficiente n , tanto dentro del cauce, como en las planicies de inundación; también se han realizado metodologías que se han intentado aplicar en algún país en particular o que pretenden ser una guía para cualquier sitio (Osio et al, 2000, Landson et al, 2002, Arcement y Schnider, 1989).

Por otra parte, en los últimos años se ha incrementado el uso de sistemas de información geográfica en la solución de distintos problemas de hidrología e

hidráulica, que van desde la ubicación de estaciones climatológicas e hidrométricas en una cuenca determinada hasta la obtención de las características fisiográficas de una cuenca, el cálculo de polígonos de Thiessen, y el establecimiento de secciones transversales de cauces naturales, etcétera.

En este documento se plantea el uso combinado de un software para manejar sistemas de información geográfica con las cartas del uso de suelo de la región en estudio, para obtener una estimación ponderada del coeficiente n de Manning.

Antecedentes

La ecuación de Chezy aplicada en hidráulica de canales y válida para flujo uniforme para el cálculo de la velocidad en una sección del canal está dada por:

$$V = C \sqrt{R_h S} \quad (1)$$

donde

V velocidad del agua en la sección, en m/s

R_h radio hidráulico, en m

S pendiente del cauce, adimensional; como la ecuación 1 es aplicable solo a flujo uniforme la pendiente de fricción y del agua son iguales a la del cauce.

C coeficiente fricción de Chezy, en m^{1/2}/s

El coeficiente de fricción de Chezy se puede estimar con la ecuación de Manning-Strickler a partir de la expresión siguiente

$$C = \frac{R_h^{1/6}}{n} \quad (2)$$

n se conoce como el coeficiente de Manning, para algunos autores tiene dimensiones [TL-1/3], pero dichas dimensiones pueden englobarse en la constante igual a uno de la ecuación y

el coeficiente n , por tanto, ser adimensional (Chow, 1994) ; la selección de su valor se relaciona con la estimación de la resistencia al flujo en un canal (Sotelo, 1989).

Sustituyendo la ecuación (2) en (1) se obtiene la ecuación de Manning, cuyo uso es fundamental en la hidráulica de canales

$$V = \frac{1}{n} S^{1/2} R_h^{2/3} \quad (3)$$

Sitio de estudio

El sitio de estudio corresponde al área alojada en las márgenes del río Papagayo, ubicado en el estado de Guerrero, México; en cuyo cauce se construirá el Proyecto Hidroeléctrico La Parota, Gro. (ilustración 1). Resulta de especial interés para la Comisión Federal de Electricidad el análisis de los posibles efectos ocasionado por una eventual ruptura de la cortina o incluso la presencia de probables inundaciones durante la construcción de dicha presa. Para efectuar la simulación del caudal descargado al cauce se requieren distintos parámetros hidráulicos, entre ellos la n de Manning.

Metodología

Para la estimación de la n de Manning, con ayuda del software ARC VIEW y el manual de su extensión HEC-GeoRAS, se hizo una descripción detallada del uso de suelo de la región analizada, utilizando

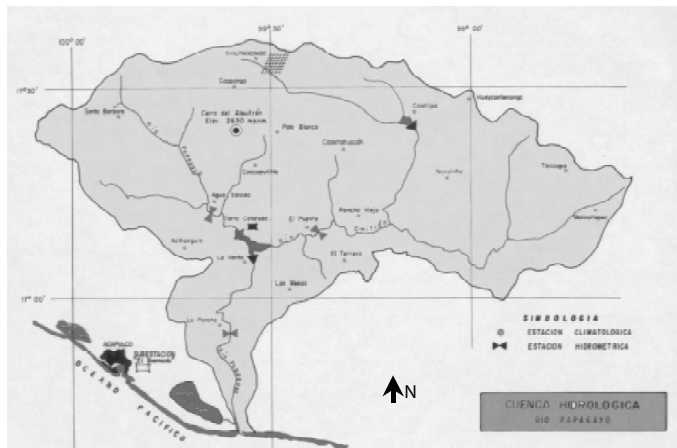


Ilustración 1 Sitio del Proyecto Hidrológico La Parota, Gro., México.

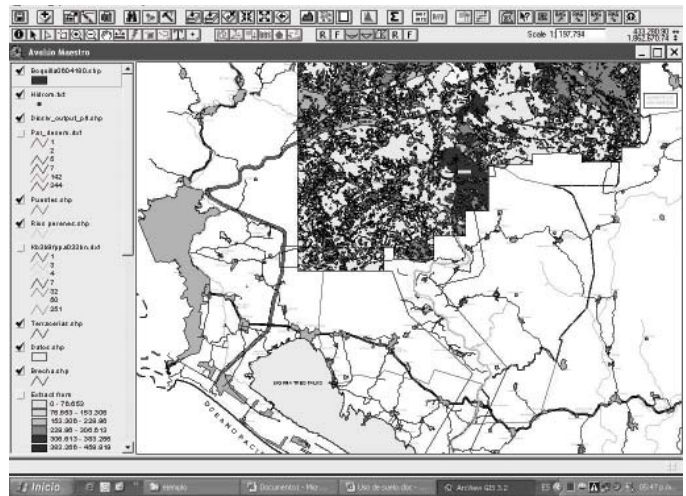


Ilustración 2 Uso de suelo proporcionado por CFE. Escala 1:50 000 (Hasta la Población Las Parotas).

información digital proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad.

Posteriormente, se efectuó el uso combinado de Tablas del coeficiente n de Manning con la estimación ponderada del área por cada uso de suelo tomando en cuenta los cuerpos de agua y sin considerarlos; lo mencionado se expresa en el siguiente apartado de resultados.

Resultados

Estimación de la n de Manning en las regiones cercanas a las márgenes del río Papagayo

- a) Tomando en cuenta la descripción anterior y considerando la Tabla 2.4 b y 2.4 c de Sotelo (1989), se propone usar una n de Manning de 0.035 en zonas de agricultura de temporal, cultivos permanentes y no permanentes y una n de Manning de 0.050 en la zona de selva baja caducifolia; las cuales corresponden a los usos de suelo que mayormente predominan en el sitio analizado. Al calcular el promedio aritmético, el valor de n es de 0.0425
- b) Si se toman en cuenta la información de CFE (ilustración 2, escala 1: 50 000); dando el valor de la n de Manning según el uso de suelo y con el área de cada uso de suelo, así como el área total se estimó un valor ponderado de la n de Manning de 0.0484; en este caso se considera toda el área de la cual se tenía información del uso de suelo (Tabla 1)

Sin considerar cuerpos de agua, se obtiene una n ponderada de 0.0485 (Tabla 2)

c) Al tomar en cuenta el uso de suelo, con ayuda de un plano digital escala 1 250 000 del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI, proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad (ilustración 3); haciendo un recorte de la zona de interés (alrededor del cauce, desde la boquilla hasta la desembocadura) y utilizando un promedio ponderado considerando el área y el valor de la n de Manning, incluyendo los cuerpos de agua, se obtiene un valor de n ponderado igual a 0.0448 (Tabla 3).

Sin considerar las corrientes de agua se obtiene una n ponderada de 0.0455 (Tabla 4)

Finalmente, al tomar en cuenta los valores de n obtenidos en a), b) y c); sin incluir a los cuerpos de agua, se obtiene una n promedio de 0.0455; valor que se considera adecuado para efectuar el análisis de las planicies de inundación cercanas a las márgenes del río Papagayo, aguas abajo de la presa La Parota, Guerrero.

Conclusiones

Se obtuvieron distintos valores del coeficiente n de Manning, desde su estimación mediante un promedio aritmético hasta su cálculo ponderado de acuerdo con las distintas áreas que comprenden distintos usos de

suelo en las márgenes de un río, a partir de mapas digitales con distintas escalas disponibles utilizando el software ArcView.

Los valores obtenidos fueron finalmente promediados para determinar un valor representativo de la n de Manning que puede utilizarse para fines prácticos en problemas de flujo no permanente con miras a obtener las posibles planicies de inundación debidas a la ocurrencia de una avenida aguas arriba del cauce analizado; también se tiene la opción de asignar un valor de la n de Manning a cada celda de la malla de cálculo en un análisis de flujo bidimensional que es indispensable en estudios relacionados con los riesgos asociados a la época de avenidas en nuestro país.

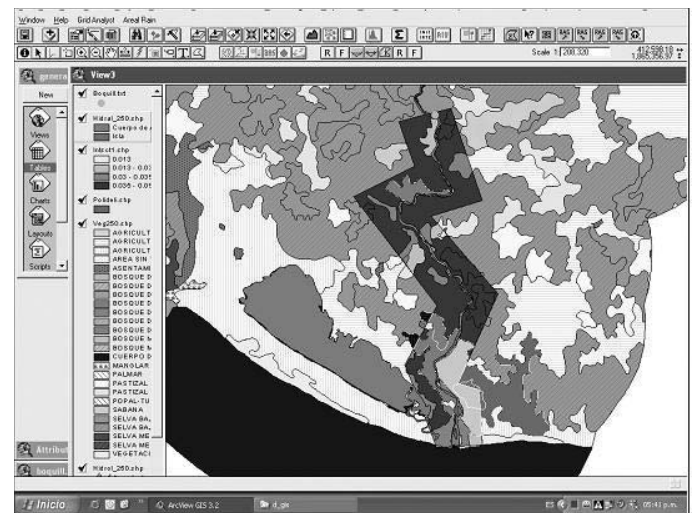


Ilustración 3 Uso de suelo alrededor de las márgenes del río Papagayo. Escala 1: 250 000.

Clase	Contador	Área (m ²)	valor de n	valor de n * Área
Acahual	2372	55697232.98	0.05	2784861.649
Cuerpo de Agua	181	5093488.014	0.03	152804.6404
Banco de Arena	432	5143118.862	0.03	154293.5659
Bosque de Curatella	1008	49353095.54	0.1	4935309.554
Carretera	29	475310.1485	0.013	6179.031931
Cultivo	2500	37077078.77	0.035	1297697.757
Cultivo o Pastizal	6483	98733467.74	0.035	3455671.371
Plantacion	750	3705977.571	0.035	129709.215
Roca	137	932797.5592	0.035	32647.91457
Selva Baja Caducifolia	10008	307504088.6	0.05	15375204.43
Selva Mediana	2138	72059182.61	0.05	3602959.13
Suelo Desnudo	370	7242552.027	0.025	181063.8007
Urbano	199	9117059.263	0.013	118521.7704
Vegetacion de Galeria	3019	35813701.95	0.035	1253479.568
Vegetacion Sabanoide	219	12999956.87	0.035	454998.4904

Área total (m²) 700,948,108.46 n ponderada 0.0484
 Tabla 1 Estimación de la n de Manning (considerando cuerpos de agua).



Clase_	Contador	Área (m ²)	valor de n	valor de n *Área
Acahual	2372	55697232.98	0.05	2784861.649
Banco de Arena	432	5143118.862	0.03	154293.5659
Bosque de Curatella	1008	49353095.54	0.1	4935309.554
Carretera	29	475310.1485	0.013	6179.031931
Cultivo	2500	37077078.77	0.035	1297697.757
Cultivo o Pastizal	6483	98733467.74	0.035	3455671.371
Plantacion	750	3705977.571	0.035	129709.215
Roca	137	932797.5592	0.035	32647.91457
Selva Baja Caducifolia	10008	307504088.6	0.05	15375204.43
Selva Mediana	2138	72059182.61	0.05	3602959.13
Suelo Desnudo	370	7242552.027	0.025	181063.8007
Urbano	199	9117059.263	0.013	118521.7704
Vegetacion de Galeria	3019	35813701.95	0.035	1253479.568
Vegetacion Sabanoide	219	12999956.87	0.035	454998.4904

Área total (m²) 695,854,620.44 n ponderada 0.0485

Tabla 2 Estimación de la n de Manning (sin considerar cuerpos de agua).

Comunidad	Área (m ²)	valor de n	valor de n *Área
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	51349656.38	0.05	2567482.82
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	470396.563	0.05	23519.83
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	20178478.89	0.05	1008923.94
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	8980.788	0.05	349.04
CUERPO DE AGUA	3570074.146	0.03	107102.22
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	2240175.947	0.05	112008.80
PASTIZAL INDUCIDO	2432.029	0.03	72.96
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	38557.099	0.05	1927.85
PASTIZAL INDUCIDO	2801433.381	0.03	78043.00
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	3090237.739	0.035	108158.32
SABANA	15822.899	0.03	474.69
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	2744687.439	0.035	96064.06
CUERPO DE AGUA	43622.44	0.03	1308.67
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	4772265.012	0.035	167029.28
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	16624.043	0.05	831.20
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	1391575.574	0.035	48705.15
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	7236.182	0.035	253.27
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	46578.93	0.05	2328.95
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	3018.436	0.05	150.92
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	2350.489	0.05	117.52
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	628887.546	0.05	31444.38
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	5463.857	0.035	191.23
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	5552.096	0.035	194.32
PASTIZAL INDUCIDO	9505.653	0.03	285.17
PASTIZAL INDUCIDO	971488.684	0.03	29144.66
PASTIZAL CULTIVADO	1138665.934	0.035	39853.31
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	1566496.609	0.035	54477.38
ASENTAMIENTO HUMANO	213965.849	0.013	2781.56
PASTIZAL INDUCIDO	2321454.889	0.03	69643.65
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	4053819.625	0.05	202690.98
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	231163.401	0.035	8090.72
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	287238.184	0.035	10053.34
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	1664326.645	0.035	58251.43
CUERPO DE AGUA	2656.569	0.03	79.70
CUERPO DE AGUA	360.282	0.03	10.81
CUERPO DE AGUA	750177.236	0.03	22505.32
PASTIZAL CULTIVADO	1209033.828	0.035	42316.18
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	400855.727	0.05	200492.79
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	2688940.559	0.035	94112.92
ASENTAMIENTO HUMANO	289359.624	0.013	3761.68
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	8888347.55	0.035	310392.16
CUERPO DE AGUA	2228764.648	0.03	66862.94
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	10647423.49	0.05	532371.17
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	7384747.706	0.05	369237.39
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	15001.354	0.035	525.05
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	593978.84	0.035	20789.26
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	2887566.566	0.05	144878.33
ASENTAMIENTO HUMANO	360809.5	0.013	4690.52
SSELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	429633.342	0.05	21481.67
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	1565717.488	0.035	54800.11
VEGETACION DE DUNAS COSTERAS	975018.049	0.03	29250.54

Área total 150,597,625.74 n ponderada 0.0448

Tabla 3 Estimación de la n de Manning (considerando cuerpos de agua)
Carta INEGI escala 1:250 000.

Comunidad	Area (m ²)	valor de n	valor de n *Área
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	51349656.38	0.05	2567482.82
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	470396.563	0.05	23519.83
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	20178478.89	0.05	1008923.94
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	6980.788	0.05	349.04
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	2240175.947	0.05	112008.80
PASTIZAL INDUCIDO	2432.029	0.03	72.96
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	38557.099	0.05	1927.85
PASTIZAL INDUCIDO	2601433.381	0.03	78043.00
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	3090237.739	0.035	108158.32
SABANA	15822.899	0.03	474.69
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	2744687.439	0.035	96064.06
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	4772265.012	0.035	167029.28
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	16624.043	0.05	831.20
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	1391575.574	0.035	48705.15
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	7236.182	0.035	253.27
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	46578.93	0.05	2328.95
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	3018.436	0.05	150.92
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	2350.489	0.05	117.52
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	628887.546	0.05	31444.38
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	5463.857	0.035	191.23
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	5552.096	0.035	194.32
PASTIZAL INDUCIDO	9505.653	0.03	285.17
PASTIZAL INDUCIDO	971488.684	0.03	29144.66
PASTIZAL CULTIVADO	1138665.934	0.035	39853.31
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	1556496.609	0.035	54477.38
ASENTAMIENTO HUMANO	213965.849	0.013	2781.56
PASTIZAL INDUCIDO	2321454.889	0.03	69643.65
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	4053819.625	0.05	202690.98
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	231163.401	0.035	8090.72
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	287238.184	0.035	10053.34
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	1664326.645	0.035	58251.43
PASTIZAL CULTIVADO	1209033.828	0.035	42316.18
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	4009855.727	0.05	200492.79
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	2688940.559	0.035	94112.92
ASENTAMIENTO HUMANO	289359.624	0.013	3761.68
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	8868347.55	0.035	310392.16
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	10647423.49	0.05	532371.17
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	7384747.706	0.05	369237.39
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	15001.354	0.035	525.05
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	593978.84	0.035	20789.26
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBACEA	2897566.566	0.05	144878.33
ASENTAMIENTO HUMANO	360809.5	0.013	4690.52
SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y SUBCADUCIFOLIA	429633.342	0.05	21481.67
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	1565717.488	0.035	54800.11
VEGETACION DE DUNAS COSTERAS	975018.049	0.03	29250.54
Área total	144,001,970.41	n ponderada	0.0455

*Tabla 4 Estimación de la n de Manning (sin considerar cuerpos de agua)
Carta INEGI escala 1:250000*

Referencias

- Arcement G. J., Schneider, V.R (1989)., Guide for selecting Manning's Roughness Coefficients for natural channels and flood plains. Unites States Geological Survey Water Supply. Paper 2339.
- Chow, V.T. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. Mc Graw Hill.Bogotá, Colombia.
- Landson, A., Anderson B. y Rutherford I. (2002), Towards an Australian handbook of stream roughness coefficients. University of Melbourne, Australia.
- Osio Y. M.G., Valencia Ventura, F.F. y Guevara E., Cartanya (2000), Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" de Manning en los grandes ríos de Venezuela. Vol. 7 No. 2. H. Revista Ingeniería U C. Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Sotelo A. G. (1989), Apuntes de Hidráulica de Canales II. Facultad de Ingeniería, UNAM
- U.S. Army Corps of Engineers (2002). HEC-GeoRAS User's Manual. USA.



Mitigación del riesgo por inundación en los centros urbanos de México a través de un esquema integral

Juan C. García-Salas,
Nahún H. García-Villanueva,
José M. Rodríguez-Varela
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Resumen

Se presenta la problemática asociada a las inundaciones en México así como un modelo conceptual cuya finalidad es la mitigación sostenida, en el tiempo y en el espacio, del riesgo por inundación en los centros urbanos de México. El modelo propuesto se basa fundamentalmente en la creación de un Programa Integral de Manejo de Inundaciones Urbanas (PIMI – U) que no es más que el texto rector que permite establecer las estrategias de acción antes, durante y después de una situación de crisis. Según el modelo propuesto, el documento deberá estar conformado por cinco grandes componentes que garantizan su aplicabilidad: contexto institucional (leyes, reglamentos y programas de desarrollo para el manejo y aprovechamiento de las aguas nacionales); contexto físico (área de aplicación del PIMI-U, nivel de riesgo y grado de exposición de los habitantes o vulnerabilidad); acciones no estructurales; acciones estructurales que modifican la topología del sistema de macro drenaje y, medidas de recuperación.

Palabras clave: inundación, mitigación, riesgo, centro urbano, México, esquema integral.

Introducción

Las inundaciones son consideradas desastres naturales que han afectado, desde siempre, la actividad humana y se asocian comúnmente a eventos pluviales extremos que ocurren sobre una cuenca, sin considerar forzosamente las actividades antrópicas.

Estos fenómenos pueden ocurrir en cuencas rurales (condiciones “naturales”) o en cuencas urbanas con impactos sensiblemente diferentes.

Se ha constatado un aumento sensible del número de inundaciones en el mundo: de ochenta eventos registrados durante el periodo 1960–1964 se presentaron 750 durante el periodo 2000 – 2004 (ilustración 1). En virtud de lo anterior, este fenómeno ocupa hoy en día el primer lugar de ocurrencia de catástrofes naturales. (Young et al., 2006; WWC, 2006).

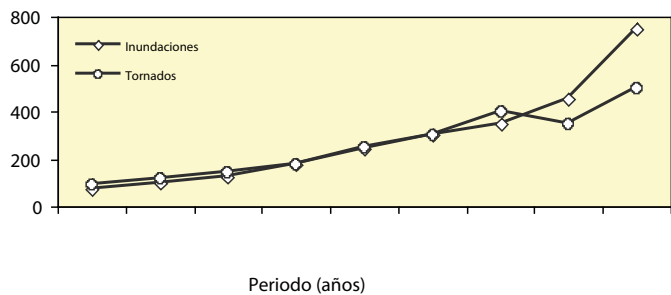


Ilustración 1 Tendencia global de las inundaciones en el periodo 1960 - 2004. Fuente original: Centro para la Epidemiología de Desastres (OFDA-CRED) en Louvain Bélgica. Análisis realizado por el Instituto de Investigaciones en Trabajos Públicos de Tsukuba, Japón, 2005.

En México alrededor de ocho millones de personas estuvieron expuestas a inundaciones entre los años 1980 y 2000. Es decir, un promedio anual de cuatrocientas se vieron afectadas por acumulaciones de agua, registrándose alrededor de cien decesos, debido a factores asociados: deslaves, ahogamientos, epidemias, etc. Para un número similar de personas expuestas (400,000), en Alemania se presentaron en promedio menos de una muerte por año. Bajo esta perspectiva, la UNESCO cataloga a México como un país cuya vulnerabilidad frente al riesgo por inundación es relativamente alta, (Young et al., 2006).

En las ciudades mexicanas la vulnerabilidad al riesgo por inundación se ha incrementado considerablemente en los últimos años, tanto en poblaciones rurales como urbanas. Ello se debe fundamentalmente a tres aspectos inducidos, en gran medida, por el crecimiento de la población urbana del 43% en 1950 al 76% en 2005: extensión de fronteras agrícolas, impermeabilización incorrecta del suelo urbano y urbanización (espontánea o no) de los cauces naturales, (Chocat, 1997; Delleur, 2003).

La Comisión Nacional del Agua, Conagua, estima que para el 2030, la población urbana representará cerca del 80% de total de los habitantes del país, (Conagua, 2006). En ese sentido, es posible afirmar que un elevado porcentaje de mexicanos está expuesto a niveles de vulnerabilidad elevados como consecuencia de las inundaciones.

A continuación presentamos un modelo conceptual que permita establecer, en este contexto, la problemática asociada a las inundaciones en los centros urbanos de México, con la finalidad de mitigar, de manera sostenida, el riesgo correspondiente.

Inundaciones urbanas

Aludir aisladamente de las inundaciones, resulta hablar de un fenómeno que puede ser positivo o negativo. El primer signo se presenta cuando las características naturales de las zonas inundables no han sido afectadas por la actividad humana. En ese

sentido, las aguas anegadas permiten, entre otras acciones, la reproducción de especies animales y vegetales, el enriquecimiento del suelo, la recarga de acuíferos, la recreación, etc. Cuando nos referimos al impacto negativo de una inundación, lo hacemos respecto de una afectación a las actividades humanas o una afectación ambiental a ciertos ecosistemas. En este orden de ideas, el concepto de riesgo asocia las características intrínsecas, tanto del régimen de lluvias como de las fisiográficas, de una cuenca con el grado de exposición a un asentamiento humano o a un ecosistema. Este grado de exposición se caracteriza por la vulnerabilidad, (Chocat, 1997).

Tipos de inundación

Las derivadas del macro drenaje

Se caracterizan por el desbordamiento horizontal de la red hidrográfica natural que atraviesa una ciudad;



Ilustración 2 Efectos de la deforestación y del cambio de uso del suelo posterior al huracán Stan (2005) en una cuenca tributaria a Tapachula Chiapas.

Cortesía: M. I. Horacio Rubio Gutiérrez. Subgerente Regional Técnico. Gerencia Regional Frontera Sur, CONAGUA.



el impacto en superficies urbanas relativamente grandes; y la permanencia prolongada de la lámina de agua. Las inundaciones de este tipo, también llamadas fluviales, están asociadas al macro drenaje de una cuenca urbana y se presentan, fundamentalmente, como consecuencia de:

- La urbanización de lechos mayores o sobre el cauce principal durante un periodo relativamente largo de años secos. Es decir, al no ocurrir eventos extraordinarios en la cuenca urbana, o en

donde no existe urbanización de su parte alta, se pierde la memoria colectiva y se favorece así el asentamiento en lugares con riesgo elevado.

- Falta de legislación municipal que se traduce en la carencia de mapas de riesgo por inundación, de códigos urbanísticos y arquitectónicos y, en su caso, en la falta de un contexto jurídico adecuado que regule la forma de urbanizar las zonas aledañas a un cauce.

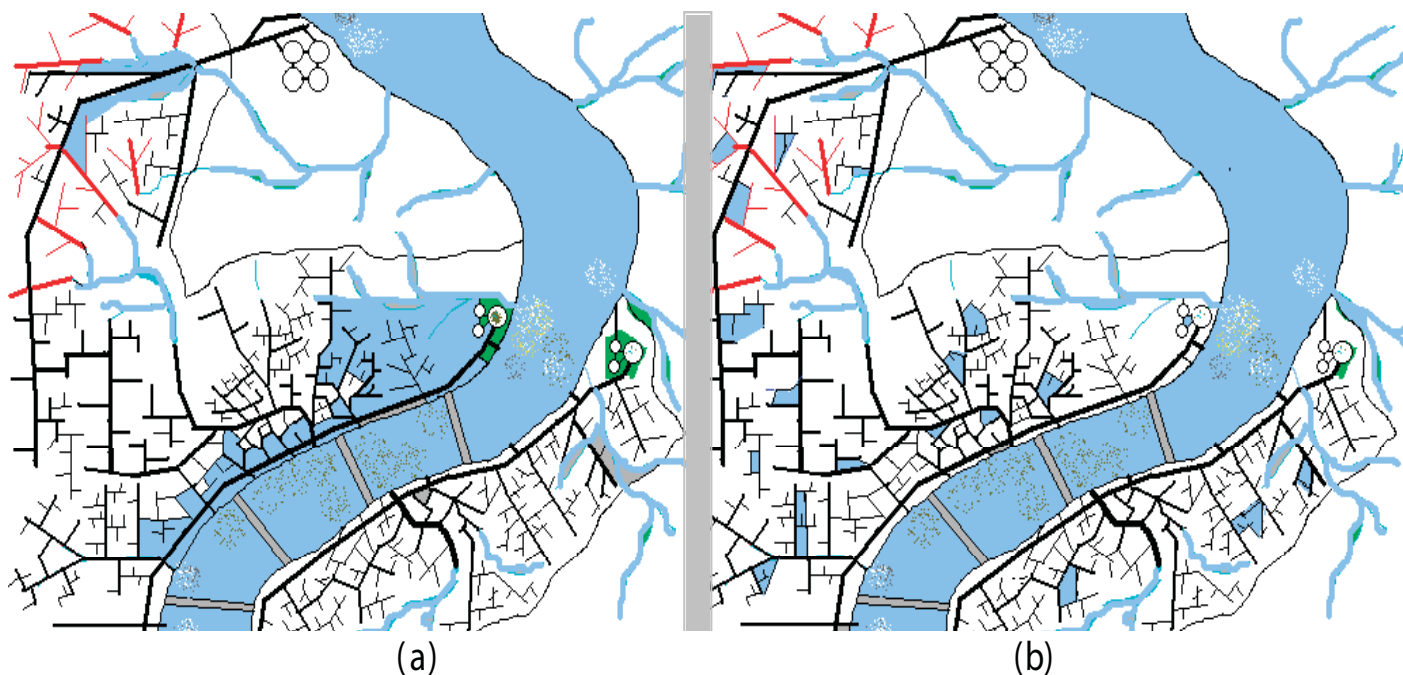


Ilustración 3 Esquema de dos tipos de inundación urbana.

(a) Macro drenaje con desbordamiento horizontal. (b) Micro drenaje con desbordamiento o acumulación vertical.

Las derivadas del micro drenaje

Se caracterizan por el desbordamiento vertical de la red de colectores pluviales o combinados; la acumulación de lluvia y escurrimientos en una calle; la duración relativamente corta de la lámina de agua; la afectación de áreas urbanas un tanto reducida. Las inundaciones de este tipo, también llamadas pluviales y/o encharcamientos, están asociadas al micro drenaje (red de tubos y red de calles) de una cuenca urbana y se presentan, fundamentalmente, como consecuencia de:

- Conexión de las redes pluviales y/o combinadas de sectores urbanos nuevos a redes de colectores situados aguas abajo.

- Impermeabilización del suelo urbano incrementando los volúmenes de escurrimiento hacia aguas abajo.
- Construcción de obras urbanas que obstaculizan el paso de los escurrimientos superficiales.
- Subdimensionamiento de obras hidráulicas.

Las derivadas de la red hidrográfica global

Combinan las características y las causas de los dos tipos de inundación anteriores, diferenciándose de las primeras en que éstas alteran, de manera aún más drástica, el funcionamiento del sistema urbano general, es decir, colapsando las vías de comunicación, y de los servicios públicos distribuidos por red como

el agua, la energía eléctrica, el saneamiento, la recolección de desechos sólidos, el teléfono, etc.

Prácticas comunes

Las prácticas de drenaje de las cuencas urbanas, no solo en México sino en los países en vías de desarrollo, se sustentan en prácticas de higiene que privilegian la evacuación rápida de las aguas pluviales y municipales. De esta manera se trasfieren, con todo y sus consecuencias, los escurrimientos pluviales y sanitarios no tratados a zonas localizadas aguas abajo, así como la responsabilidad del manejo de dichos escurrimientos a la esfera pública como la municipalidad en el caso de los centros urbanos. Es decir, el que impermeabiliza no es el responsable de los escurrimientos.

De la misma forma, en las cuencas tributarias a la cuenca urbanizada (cuencas cabecera), las consecuencias del cambio de uso de suelo y la deforestación no son atribuibles a las personas que alteran el estado original de dichas cuencas; por consiguiente los responsables de manejar los excedentes ahí generados y que impactan las zonas urbanas o rurales, son normalmente las entidades estatales y/o federales.

Durante la década de los años setenta, en los países “desarrollados” las prácticas higiénicas evolucionan

a prácticas ambientalistas que privilegian por un lado, el manejo de los excedentes en el lugar donde se originan y por otro lado, la preservación de los cuerpos receptores para garantizar los diferentes usos: agua potable, recreación, navegación, pesca, etc. Este esquema, que data de la década de los años sesenta, no es aplicable en su totalidad en países como México debido principalmente a la falta de legislación municipal, estatal y federal que contextualice y regule las transformaciones y los impactos ambientales en las cuencas urbanizadas así como en sus cuencas tributarias.

Esta práctica ambientalista conlleva a un manejo preventivo -correctivo – preventivo antes, durante y después de las inundaciones que se basa en tres aspectos fundamentales: explotación (adquisición y actualización) continua de información; interacción de los actores involucrados en el manejo de las aguas urbanas y en la aplicación de tecnologías pertinentes (Rivard, 1998).

En México, el manejo de las inundaciones normalmente es correctivo y se ejecuta después de pasada la emergencia bajo un esquema correctivo – preventivo. El carácter preventivo se da únicamente cuando se ejecutan obras defensivas después de una crisis severa (bordos, presas rompe picos, interceptores, etc.). Adicionalmente, el fun-



*Ilustración 4 Aumento de la vulnerabilidad por invasión de cauces.
(a) Sobre el lecho mayor; (b) sobre el lecho menor o cauce principal.*

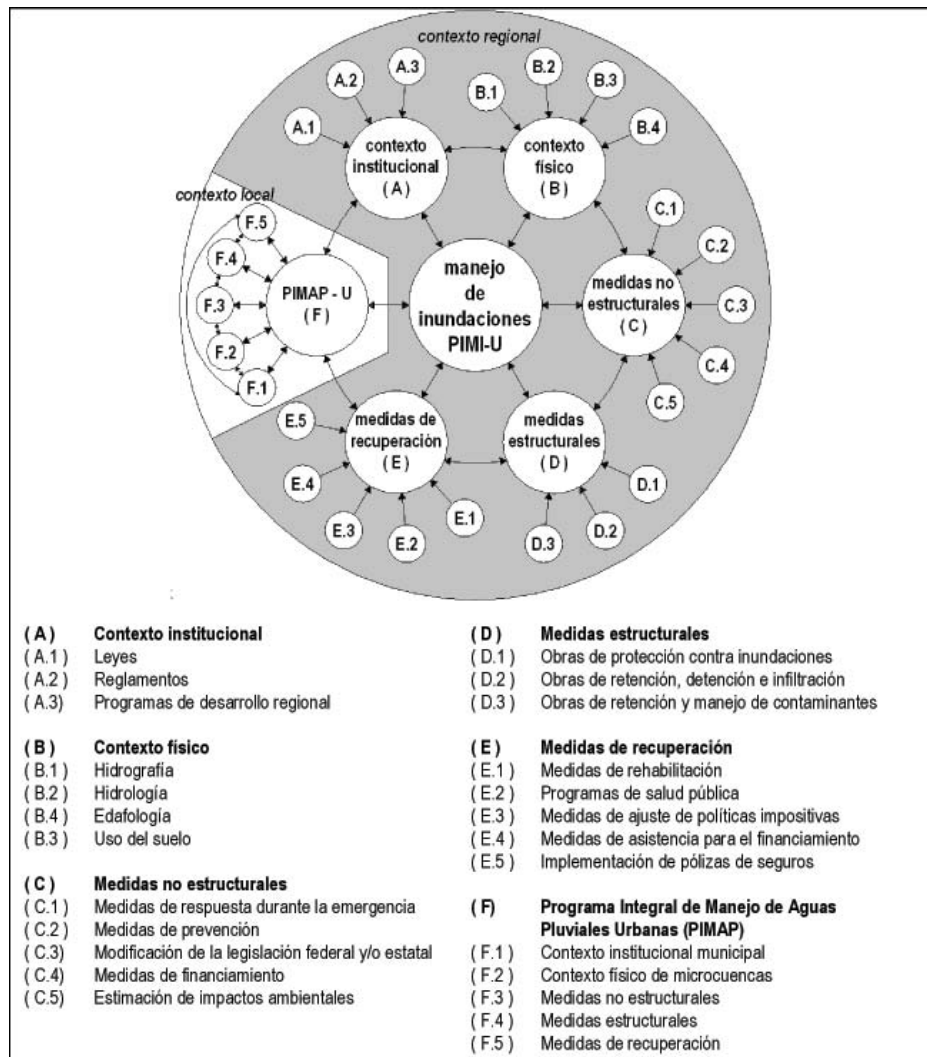


Ilustración 5 Esquema conceptual para mitigar el riesgo por inundación. Donde PIMI – U: Programa Integral de Manejo de Inundaciones Urbanas. El sentido de las flechas indica el flujo de información.

cionamiento de estas obras se ve alterado a los pocos años de su construcción debido a que se trata sólo de paliativos, y a que se aplican tecnologías que necesariamente no son las más adecuadas (Andjelkovic, 2001).

Por lo tanto la pregunta es ¿De qué forma se puede prevenir y mitigar el riesgo por inundación y manejar adecuadamente una situación de crisis? La respuesta ha sido respondida por varios autores que privilegian los esquemas integrales (mejor adaptados a problemas complejos) que permiten el manejo de los escurrimientos en el sitio mismo donde se generan, a través de medidas estructurales y no estructurales integradas en un contexto jurídico favorable. Este manejo centra la detención y regulación hidráulica

y la conservación (y/o restauración de las cuencas y por consecuencia de los cuerpos receptores) como eje rector de las estrategias por emprender para la mitigación del riesgo por inundación. Cabe destacar que la aplicación correcta de una práctica integral (como la que se aborda aquí) converge, en la preservación y remediación del medio ambiente, aspecto no considerado en este artículo.

Modelo conceptual

El modelo propuesto (ilustración 5) pretende ordenar de manera inteligible el conjunto de acciones necesarias para garantizar en el tiempo y en el



espacio la mitigación del riesgo por inundación y se basa, fundamentalmente, en la creación de un Programa Integral de Manejo de inundaciones Urbanas (PIMI-U) que es el documento rector que establece las estrategias de acción antes, durante y después de una situación de crisis. Este documento está conformado por seis grandes componentes que garantizan su aplicabilidad.

El primero de ellos es el contexto institucional que encuadra las leyes, reglamentos y programas de desarrollo para el manejo y aprovechamiento de las aguas nacionales. Dicho contexto permite identificar al conjunto de actores que determinan a su vez sus responsabilidades, identificando así el principal de ellos. Un contexto institucional favorable no solo permite garantizar la aplicación del PIMI-U sino también fortalecer sus atribuciones.

El contexto físico permite delimitar y conocer: el área de aplicación del PIMI-U, el nivel de riesgo de los asentamientos humanos, así como el grado de exposición de los habitantes (vulnerabilidad). Para ello es necesario realizar estudios de ingeniería básica que permitan establecer, de manera razonada, el diagnóstico de la situación actual por cada una de las principales subcuencas del sistema de macro drenaje en estudio. Un buen diagnóstico permite delimitar pertinentemente los objetivos específicos y alcances del PIMI-U.

Una vez elaborado el diagnóstico, se deben definir tanto las acciones no estructurales como las estructurales. Las primeras deberán propiciar las medidas de restauración y preservación de cuencas, los planes de respuesta antes y durante la emergencia, la modificación de la legislación federal y/o estatal, las medidas de financiamiento de obras y estudios, así como la estimación de impactos ambientales.

Por su parte las acciones o medidas estructurales —que por su naturaleza modifican la topología del sistema de drenaje, aumentan o disminuyen la capacidad de regulación en la red hidrográfica (natural y artificial) de la cuenca en estudio— deberán estar encaminadas a incrementar el grado de protección de la población sin afectar a los asentamientos situados aguas abajo de la cuenca. Por otra parte, estas acciones deberán estar: ordenadas por subcuenca, priorizadas

para su ejecución y asociadas a los diferentes actores involucrados (matriz de corresponsabilidades). Esto implica el empleo de modelos de ayuda a la decisión basados en criterios múltiples.

Por otra parte, las medidas de recuperación deberán permitir, en una situación de crisis, el regreso a una cierta normalidad en el menor tiempo posible. Esta acción se basa en medidas de rehabilitación, programas de salud pública, medidas de ajuste de políticas impositivas para los afectados, medidas de asistencia para el financiamiento e implementación de pólizas de seguros, entre otras.

El PIMI-U deberá ser aplicado, cuando las condiciones fisiográficas así lo determinen, a una escala global implicando con ello que las fronteras de su influencia abarcarán el macro drenaje de las cuencas tributarias a la cuenca urbana, es decir en el contexto regional. Dicho plan deberá, por un lado, estar coordinado por organismos supra municipales y por otro lado deberá enmarcar el o los Programas Integrales de Manejo de Aguas Pluviales Urbanas (PIMAP-U), que a su vez determinan las políticas de urbanización en las ciudades. El PIMAP-U estará a cargo de los municipios o en su caso, de organismos intermunicipales autónomos. Todo ello con la finalidad de repartir la responsabilidad en función del tipo de evento y del tipo de emergencia.

Un aspecto fundamental en el éxito de un PIMI-U es que el flujo de la información se realice de manera transversal y también sobre uno o varios ejes principales. Este flujo de información deberá garantizar año con año la actualización de cada uno de los componentes del Plan. En ese sentido el PIMI-U, estará sometido a procesos retroactivos y de auto aprendizaje cuyo principal motor de retroacción es la experiencia acumulada a lo largo de su aplicación en una macro cuenca y en las respectivas subcuencas y microcuencas urbanas. Esta característica retroactiva deberá también emerger y ser garantizada en el PIMAP-U.

Oportunidades de aplicación

La oportunidad de aplicación de un modelo como el que se presenta depende de varios factores entre los



que destacan la voluntad de los responsables políticos de realizar y poner en marcha un programa que va más allá de una administración, la sensibilización de la población en lo relativo a la urbanización de zonas bajas, el empleo de técnicas y tecnologías adecuadas para el conocimiento del contexto físico, los medios financieros suficientes. Los primeros dos rubros se están presentando por la combinación de dos factores interdependientes: el descontento social y la difusión masiva de la problemática. El tercer rubro es o será el producto de una formación académica ad hoc que permita por un lado una visión holística de la problemática y de la solución (lo que implica la ruptura de paradigmas) y por otro lado la conformación de un equipo multidisciplinario dirigido por aquel o aquellos que dispongan de la visión integral de la solución (para garantizar el carácter esencial del PIMI-U). El cuarto rubro es más difícil de obtener, debido a que gran parte de los recursos asignados para este tipo de esquemas provienen de programas que imponen la utilización de los recursos públicos en un lapso corto de tiempo.

Conclusión

El problema de las inundaciones urbanas en México se ha incrementado considerablemente debido al crecimiento de las ciudades. Esta dinámica obliga a expandir las ciudades de manera horizontal y a cambiar el uso del suelo de las cuencas tributarías a ellas. Hoy en día, las tres principales ciudades del país, y gran parte de las ciudades medias sufren las consecuencias de una mala planeación urbana. Estos sistemas urbanos, son primordiales para la supervivencia regional y global del país. Garantizar su correcto funcionamiento, frente a perturbaciones como lo son las inundaciones, ayuda al desarrollo regional y global.

En el presente artículo se ha planteado un modelo conceptual que, con base en la identificación de actores y en el flujo de información pertinente, permita mitigar por mucho tiempo el riesgo por inundación en los centros urbanos de México. El planteamiento es de naturaleza holística lo que favorece la interacción

de diversos especialistas sobre un problema común.

Como se muestra al inicio del presente artículo, el grado de desarrollo de un país está en función, también, del grado de protección de que disfrutaban sus asentamientos humanos contra riesgos de origen natural. Garantizar una protección adecuada a través de un esquema de acción ordenado, articulado y robusto, es una herramienta necesaria para asegurar la mitigación sostenida (y sustentable) del riesgo por inundación en un centro urbano.

Referencias

ANDJELKOVIC, I. (2001). Guidelines on non structural measures in urban flood management. International Hydrological Programme, Technical Documents in hydrology N°50. UNESCO, Paris, 2001, 87 p.

CHOCAT, B. (1997). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Lavoisier Tec & Doc. Paris, 1997, 1124 p.

CONAGUA, (2006). El agua en México. Subdirección General de Programación, CONAGUA. México, 2006, 36 p. Documento bilingüe (español – inglés).

DELLEUR, J. The evolution of urban hydrology: past, present and future. Journal of Hydraulic Engineering. 2003, vol. 129, n° 8, pp. 563-573.

RIVARD, G. (1998). Gestion des eaux pluviales en milieu urbain. Concepts et applications. Alias Communication Design. Québec, 1998, 314 p.

WWC, (2006). 4th World Water Forum. Official delegate publication. World Water Council – Comisión Nacional del Agua. Mexico City, 2006, 208 p. Documento bilingüe.

YOUNG, G.; Coord. (2006). Managing Risks: securing the gains of developments. In Water a shared responsibility. World Water Assessment Program. The United Nations World Water Development, Report 2. UNESCO – Berghahn Books. Paris – New York, 2006, pp. 342 -368.

Identificación del coeficiente de escurrimiento en siete cuencas de cabecera de la Región Hidrológica No. 18 (río Balsas)

Daniel Francisco Campos Aranda
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Resumen

Se comienza por destacar la importancia del calibrado del método del coeficiente de escurrimiento (C_e) para estimación de la aportación o disponibilidad anual, en esta zona geográfica del país, para acotar su magnitud y obtener verificaciones de su comportamiento real. En seguida se expone brevemente la teoría del método y se cita la información hidrométrica y pluviométrica anual analizada. Las áreas de cuenca de las siete cuencas rurales estudiadas variaron de 257 a 1,905 km² y en total se procesaron 83 años de registros simultáneos. Los volúmenes escurridos anuales se estimaron con cuatro procedimientos, basados en el C_e y el parámetro K , tanto constantes como variables. Por último se analizan los resultados numéricos y se formulan las conclusiones, las cuales establecen que el método del C_e constante reproduce bastante bien los escurrimientos anuales observados, en las seis cuencas con lluvia anual mayor de 1,000 mm.

Introducción

Toda cuenca hidrográfica es un sistema hidrológico que produce escurrimientos, de manera que éstos son el resultado de la interacción de las precipitaciones con la geología, geomorfología, suelos y vegetación de la cuenca; características que son modificadas con las actividades del hombre. En todo sistema hidrológico se interrelacionan la entrada, la operación del sistema y su salida (Dooge, 1973), es decir:

$$y(t) = h(t) - x(t) \quad (1)$$

donde

- es un símbolo que indica que la función de operación $h(t)$ y la función de entrada $x(t)$ son combinadas de alguna forma para producir la función de salida $y(t)$. Cuando se conocen dos de las tres funciones citadas, se puede obtener la desconocida; cuando ésta es la salida el problema es de predicción, cuando la función buscada es la operación del sistema se llama identificación y cuando la incógnita es la entrada, el problema se conoce como detección.

La enorme complejidad que está involucrada en la formación del escurrimiento en las cuencas, orienta a pensar que la calibración de los métodos disponibles para su estimación, con base en los registros históricos debe ser un enfoque muy conveniente, tanto para obtener verificaciones de su comportamiento real, como para acotar sus parámetros. El procedimiento más simple y quizás por ello el más difundido, es el Método del Coeficiente de Escurrimiento (C_e), el cual considera que una porción de la lluvia anual ocurrida en la cuenca origina su escurrimiento también anual, dicha porción es lógicamente el C_e .

El objetivo fundamental de este trabajo consiste en procesar la información hidrométrica y pluviométrica disponibles en siete cuencas rurales de cabecera de la Región Hidrológica No. 18 (Río Balsas), controladas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuyas áreas de cuenca variaron de 257 a 1,905 km², para obtener los valores anuales del coeficiente de escurrimiento y del parámetro K , con el propósito de acotar sus valores en esta zona geográfica del país y de verificar su desempeño como método de estimación del volumen escurrido anual, mediante dos enfoques de aplicación, con valor constante y variando anualmente.



Desarrollo

Cálculo del coeficiente de escurrimiento anual (C_e)

El valor adimensional del C_e será el cociente entre el volumen escurrido anual (VEA) y el volumen precipitado anual (VPA) ambos en millones de m^3 (Mm^3), esto es:

$$C_e = \frac{VEA}{VPA} \quad (2)$$

con

$$VPA = \frac{F_c \cdot PA_{eb} \cdot \Delta A}{1,000} \quad (3)$$

siendo

PA_{eb} es la precipitación anual (mm) en la estación base correspondiente al año analizado, A es el área de cuenca en km^2 y F_c es el factor correctivo o de transporte, igual al cociente entre la precipitación en el centro de gravedad de tal cuenca (P_{cg}), estimada con base en una carta de isoyetas medias anuales y la precipitación media anual (mm) en la estación cercana o base (P_{eb}) en el periodo que será utilizado, es decir, en el que existe simultaneidad de datos de escurrimiento y lluvia anuales, esto es:

$$F_c = \frac{P_{cg}}{P_{eb}} \quad (4)$$

Estimación del coeficiente de escurrimiento anual

La norma oficial mexicana (Diario Oficial, 2002) establece que el coeficiente de escurrimiento anual (C_e) se puede estimar en función del tipo y uso del suelo (parámetro K), en cuencas sin hidrometría, por medio de las expresiones siguientes:

$$C_e = \frac{K(P - 250)}{2,000}$$

cuando $K < 0.15$ (5)

$$C_e = \frac{K(P - 250)}{2,000} + \frac{(K - 0.15)}{1.50}$$

cuando $K > 0.15$ (6)

en las cuales, P es la precipitación anual (mm) y K toma los valores de la tabulación siguiente.

Uso del suelo:	Tipo de suelo:		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
Cultivos (en hilera, legumbres o rotación de pradera, granos pequeños)	0.24	0.27	0.30
Pastizal con más del 75% del suelo cubierto o de poco pastoreo	0.14	0.20	0.28
Pastizal del 50 al 75% del suelo cubierto o con pastoreo regular	0.20	0.24	0.30
Pastizal con menos del 50% del suelo cubierto o de pastoreo excesivo	0.24	0.28	0.30
Bosque, cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Bosque, cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Bosque, cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Bosque, cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Pradera permanente	0.18	0.24	0.30
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33

Los tipos de suelo A, B y C significan: suelos permeables, medianamente permeables y casi impermeables, respectivamente. Es importante destacar que el rango de valores de K fluctúa de 0.07 a 0.33 y que magnitudes menores de 0.15 sólo ocurren en suelos tipo A, con dos opciones de bosque y una de pastizal. El parámetro K de la cuenca corresponde al valor ponderado para los diferentes tipos y usos de suelo.

Información hidrométrica procesada

En la tabla 1 se presentan las características generales de las siete cuencas que fueron procesadas y en la tabla 2 sus datos disponibles de volumen escurrido anual en millones de metros cúbicos (Mm^3), información que fue tomada de los boletines de CFE (1976, 1981b, 1986). Las áreas de cuenca de las estaciones Los Limones y Chorros del Varal corresponden a las reportadas en las cartas hidrológicas del INEGI (1981). Según se observa en la Tabla 1, se procesarán 83 años de registros simultáneos de escurrimiento y lluvia anuales.

En la estación hidrométrica Tamazulapan se necesitó estimar un dato mensual de escurrimiento para obtener el valor anual de 1967 y dos para el de 1970, ello se realizó procesando estadísticamente, con base en la distribución Gamma Mixta, sus valores disponibles en cada mes para obtener la moda poblacional, la cual se adoptó como dato faltante (Campos, 2005).

Información pluviométrica procesada

En la tabla 2 se tienen los valores de precipitación anual (mm) disponibles en los boletines de CFE (1974, 1981a, 1987). Por otra parte, en la tabla 1 se

presentan los valores estimados para la precipitación en el centro de gravedad de cada cuenca (Pcg), los cuales proceden de las cartas de isoyetas medias anuales del INEGI (1980); además se tienen los valores promedio de precipitación en la estación base (Peb) durante los periodos simultáneos de datos.

En la estación pluviométrica Uruapan se estimó el mes de septiembre de 1975 con base en la mediana poblacional (Campos, 2005).

Cálculo del Ce y del parámetro K observados

En las tablas 3 y 4 se presentan datos y resultados correspondientes a la primera y última de las estaciones hidrométricas procesadas (Río Chiquito y Chorros del Varal), es decir la cuenca más pequeña y la más grande; por ello en las columnas 3 y 4 se presentan los volúmenes escurridos observados (Vo) y las precipitaciones transportadas; después en la columna 5 se tienen los valores del Ce calculados con la ecuación 2. En la parte inferior de estas tablas se tienen los parámetros estadísticos insesgados: media (), desviación estándar (S), coeficiente de variación (Cv) y coeficiente de asimetría (Cs) correspondientes a los valores de cada columna.

Para el cálculo del parámetro K se adoptó exclusivamente la ecuación 6, pues se consideró que ninguna de las cuencas estudiadas está constituida exclusivamente por suelos permeables tipo A. Entonces la expresión para el cálculo de K es:

$$K = \frac{Ce + 0.10}{0.0005 \cdot P_{cg} + 0.5416667} \tag{7}$$

evaluando el valor del Ce con la ecuación 2 y con la 4 el de Pcg. En la columna 7 de las Tablas 3 y 4 se presentan los valores del parámetro K observado.

Estimación de los Ve con base en Ce y K promedios

Los dos primeros procedimientos de estimación de los volúmenes escurridos anuales (Ve) están basados en los valores medios del Ce y de K. Por ejemplo para Río Chiquito con área de cuenca de 257 km² (Tabla 1) en 1967 la lluvia en la estación base fue de 1,241.3 mm (Tabla 2) y su factor de transporte será 1,000 entre 898.0 (Tabla 1), entonces con base en el Ce promedio se tiene:

$$Ve = Ce \frac{Fc \cdot PA_{eb} \cdot \Delta A}{1,000} = 0.295 \frac{1.1136 \cdot 1,241.3 \cdot 257}{1,000} @104.8 \text{ Mm}^3$$

en cambio, con base en el K promedio se obtiene:

$$Ve = \left[\frac{0.383 \cdot (1.1136 \cdot 1,241.3 - 250)}{2,000} + \frac{0.383 - 0.15}{1.50} \cdot \frac{1.1136 \cdot 1,241.3 \cdot 257}{1,000} \right] =$$

$$Ve = [0.372] \cdot 355.254 = 132.154 \text{ Mm}^3$$

Las diferencias numéricas entre los valores anteriores y los mostrados en las columnas 6 y 8 de las tablas 3 y 4, se deben al error de redondeo, principalmente en el valor medio de Ce y K.

Estimación de los Ve con base en Ce y K variables

La experiencia ha demostrado que de manera general, el Ce varía con las fluctuaciones de la lluvia anual, es decir que cuando ésta es abundante el Ce es mayor que el promedio y viceversa. Para tomar en cuenta lo anterior, al estimar los volúmenes escurridos anuales se puede considerar variable tanto el Ce como el parámetro K. La manera más simple de dar variabilidad a Ce y K es la lineal, entonces en un diagrama de dispersión con los valores de la lluvia anual en las abscisas y del Ce o K observados en las ordenadas, la recta que pasa por el origen y los puntos (Pcg,Ce) y (Pcg,K) definirá su variabilidad promedio con respecto a la lluvia anual.

En las tablas 3 y 4 se presentan en las columnas 9 y 11 los valores anuales del Ce y K obtenidos con la recta de pendiente promedio (m = Ce/Pcg y m = K/Pcg); finalmente en las columnas 10 y 12 se tienen los volúmenes escurridos anuales estimados con el procedimiento del Ce y K variables. Por ejemplo en Río Chiquito en el año de 1967 su cálculo es:

$$m = \frac{0.295}{1,000} = 0.000295 \quad ;$$

$$Ce = 1.1136 \cdot 1,241.3 \cdot 0.000295 @0.408$$

$$Ve = 0.408 \frac{1.1136 \cdot 1,241.3 \cdot 257}{1,000} = 144.944 \text{ Mm}^3$$

Análisis de resultados

En la tabla 5 se han concentrado los valores relevantes de los datos y de los cálculos descritos.



Tales valores se refieren a magnitudes anuales mínimas, promedio y máximas, así como a su coeficiente de variación (Cv), parámetro estadístico que fue adoptado para realizar las comparaciones y buscar las similitudes entre los volúmenes escurridos observados (Vo) y los estimados (Ve) con cada uno de los cuatro procedimientos descritos. Se observó que la similitud en los valores del Cv, conduce a una correcta estimación de los valores extremos del escurrimiento.

La tabla 5 tiene ocho columnas, la primera de ellas corresponde a la descripción de valor que se presenta y las siete restantes a cada una de las estaciones hidrométricas estudiadas. En los renglones 1 y 2 se tienen los datos básicos de cada estación de aforos, su área de cuenca y su precipitación media anual en ésta. Los renglones 3 a 6 y 7 a 10 muestran los valores representativos de los escurrimientos y las precipitaciones observadas, respectivamente. En cambio, en los renglones 11 a 14 y 19 a 22 se presentan los valores relativos al Ce y K observados. En negritas se han destacado las magnitudes que se utilizaron en los cálculos, Ce y K medios anuales, así como las que serán empleadas en las comparaciones posteriores, escurrimiento medio anual observado y su correspondiente Cv.

Los resultados en valores medios para Ce y K (renglones 12 y 20 de la tabla 5) presentan valores extremos de 0.042 y 0.358 para el primero y de 0.156 y 0.435 para el segundo, ocurriendo ambos en las estaciones hidrométricas Tamazulapan y Zitácuaro. Los valores medios regionales son: 0.239 y 0.319 para el Ce y K, respectivamente.

Una característica que es conveniente destacar, es la menor dispersión que muestran los valores medios de K contra los del Ce. K varía sólo del 49 al 136% del valor regional (0.319), en cambio Ce fluctúa del 18 al 150%. Lo anterior, es una ventaja durante el proceso de estimación en una cuenca sin hidrometría.

Otra característica también destacable de los valores medios de K, es que los máximos observados en las estaciones hidrométricas de Zitácuaro, Río Chiquito y Chorros del Varal, con magnitudes de 0.435, 0.383 y 0.381, respectivamente, superan ampliamente a los máximos tabulados de 0.32 y 0.33, en suelos tipo C para zonas urbanas y caminos. Para el

caso de las cuencas aquí procesadas se considera que tales valores máximos están asociados a la orografía de las cuencas, ya que todas ellas son de montaña.

En los renglones 15 y 16 de la tabla 5 se muestran el volumen escurrido medio anual estimado con el Ce constante y el coeficiente de correlación (rxy) entre éstos escurrimientos estimados y los observados. En este procedimiento de estimación del escurrimiento anual se presentó el rxy en lugar del Cv, porque este último resulta igual a de la precipitación anual observada (renglón 10). Además, como se observa en el último renglón de las Tablas 3 y 4, el valor del rxy no varía significativamente de un procedimiento a otro de estimación del Ve y por lo tanto no debe ser utilizado como parámetro estadístico de búsqueda de similitud.

En los renglones 17 y 18 se tienen los valores promedio y del Cv en los volúmenes escurridos anuales estimados con el Ce variable. Por último, en los renglones 23 a 26 de la tabla 5 se muestran las magnitudes promedio y su Cv, de los escurrimientos anuales estimados con el parámetro K constante y variable.

Conclusiones

Los resultados en valores medios para Ce y K presentan valores extremos de 0.042 y 0.358 para el primero y de 0.156 y 0.435 para el segundo, ocurriendo ambos en las estaciones hidrométricas Tamazulapan y Zitácuaro. Los valores medios regionales son: 0.239 y 0.319 para el Ce y K, respectivamente.

De acuerdo a los resultados de la Tabla 5, relativos a los contrastes del método del coeficiente de escurrimiento (Ce), se concluye que cuando tal procedimiento es aplicado con su valor promedio constante, conduce a estimaciones bastante aproximadas tanto del volumen escurrido medio anual como de su variabilidad, expresada ésta por medio del coeficiente de variación. Lo anterior en cuencas con precipitación media anual igual o superior a los mil milímetros, por ello en la estación hidrométrica Tamazulapa con lluvia media anual de 750 mm, el procedimiento que mejor reproduce su variabilidad es el del Ce variable.

Tabla 1
Características generales de las siete estaciones hidrométricas y pluviométricas base de la Región Hidrológica No. 18 (Río Balsas).

Estación hidrométrica Estación pluviométrica	Río	Latitud N.	Longitud W.G.	Altitud (m.s.n.m.)	Area de cuenca (km ²)	Periodo de registro simultáneo (años)	Centro de gravedad Latitud Longitud		P_{cg} (mm)	P_{eb} (mm)
(1) Río Chiquito Presa Tuxpan	Chiquito	19°32' 19°33'	100°28' 100°29'	1,806 1,772	257	1967–1976 (10)	19°32'	100°20'	1,000	898.0
(2) Tamazulapan Tamazulapan del P.	Del Oro	17°42' 17°42'	97°35' 97°35'	1,903 1,770	325	1967–1976 (8)	17°41'	97°29'	750	633.9
(3) Zitácuaro El Bosque	Zitácuaro	19°26' 19°23'	100°22' 100°23'	1,750 1,751	350	1967–1976 (10)	19°29'	100°15'	1,050	915.4
(4) Río Grande Presa Tuxpan	Tuxpan	19°33' 19°33'	100°29' 100°29'	1,806 1,772	847	1967–1976 (10)	19°45'	100°35'	1,100	898.0
(5) Cupatitzio Uruapan	Cupatitzio	19°24' 19°25'	102°01' 102°02'	1,533 1,634	1,045	1967–1981 (15)	19°36'	102°05'	1,400	1,642.2
(6) Los Limones Los Limones	Itzácuaro	19°34' 19°34'	102°35' 102°35'	1,203 1,225	1,678	1967–1981 (15)	19°45'	102°28'	1,050	1,009.8
(7) Chorros del Varal Los Limones	Tepalcatepec	19°31' 19°34'	102°45' 102°35'	858 1,225	1,905	1967–1981 (15)	19°42'	102°28'	1,050	1,009.8

Tabla 2
Volúmenes escurridos y precipitaciones anuales en las estaciones hidrométricas y pluviométricas base indicadas de la Región Hidrológica No. 18 (Río Balsas).

Año	Río Chiquito (Mm ³)	Río Grande (Mm ³)	Presa Tuxpan (mm)	Tamazu–lapan (Mm ³)	Tamazu–lapan de P. (mm)	Zitácuaro (Mm ³)	El Bosque (mm)	Cupatitzio (Mm ³)	Uruapan (mm)	Los Limones (Mm ³)	Chorros del Varal (Mm ³)	Los Limones (mm)
1962		151.186		28.011		100.684		271.450		317.341	559.808	
1963	89.457	222.956		25.185		124.663		254.402		338.936	538.195	
1964	71.668	196.966		16.861		106.870		271.754		305.165	520.798	
1965	109.810	255.492		13.072		136.167		255.948		376.854	577.656	
1966	80.130	256.600		15.384		140.028		241.328		354.198	545.755	
1967	102.281	333.075	1,241.3	8.214	704.9	162.545	1,289.4	303.532	2,243.1	483.188	774.444	1,265.4
1968	72.580	233.103	895.9	7.044	390.5	135.085	896.5	334.917	1,575.0	405.062	651.481	879.5
1969	54.137	163.853	629.0	–	832.9	99.439	741.1	296.902	1,465.4	326.181	536.808	863.4
1970	62.663	183.259	854.0	–	582.5	107.496	1,003.3	273.312	1,837.0	434.438	671.016	1,109.0
1971	73.616	245.052	986.9	7.864	545.5	134.215	952.3	277.698	1,883.0	410.427	651.241	924.0
1972	61.484	209.936	828.6	7.745	606.9	141.073	770.2	272.938	1,552.5	408.246	617.316	1,099.9
1973	104.998	293.748	1,169.7	8.321	669.9	146.071	1,034.0	313.266	1,924.5	382.795	700.474	1,321.6
1974	76.678	212.875	836.6	16.247	780.0	108.679	731.8	349.806	1,630.4	341.588	613.758	848.8
1975	71.333	238.558	780.7	15.384	726.0	131.768	948.0	354.161	1,709.3	381.064	632.995	945.2
1976	74.923	244.454	757.2	12.155	647.5	132.021	787.1	319.506	1,827.3	436.981	743.108	1,124.5
1977			852.2		765.7		738.4	294.400	1,459.3	351.571	566.329	1,017.9
1978			909.6				818.5	301.997	1,341.0	358.613	558.997	975.2
1979			665.2				698.9	288.062	1,163.1	286.640	448.207	835.1
1980			824.1				1,091.4	246.332	1,349.8	273.369	441.212	1,036.7
1981							989.3	256.408	1,672.4	292.933	455.360	901.1
1982							606.4		1,030.3			797.5
1983							701.7		1,682.7			1,244.2
1984							970.5		1,704.8			1,249.8
1985							1,003.2		1,367.5			1,019.3
\bar{x}	78.983	229.408	873.6	13.961	659.3	127.120	882.7	288.906	1,601.0	363.279	590.248	1,024.1
C_v	0.213	0.206	0.193	0.478	0.190	0.146	0.193	0.114	0.179	0.153	0.157	0.157
C_s	0.648	0.409	0.951	1.015	–0.805	–0.050	0.512	0.543	0.073	0.296	0.210	0.447

Tabla 3
Volúmenes escurridos observados (V_o) y estimados (V_e) anuales en la estación hidrométrica
Río Chiquito de la Región Hidrológica No. 18 (Río Balsas).

No.	Año	V_o (Mm^3)	P_{eb} (mm)	Ce observado	V_e (Mm^3) Ce constante	K observado	V_e (Mm^3) K constante	Ce variable	V_e (Mm^3) Ce variable	K variable	V_e (Mm^3) K variable
1	1967	102.281	1,382.3	0.288	104.690	0.315	132.092	0.407	144.712	0.529	196.170
2	1968	72.580	997.7	0.283	75.559	0.368	76.464	0.294	75.383	0.382	76.225
3	1969	54.137	700.4	0.301	53.049	0.449	43.446	0.206	37.158	0.268	25.039
4	1970	62.663	951.0	0.256	72.025	0.350	70.706	0.280	68.496	0.364	66.044
5	1971	73.616	1,099.0	0.261	83.234	0.331	89.708	0.324	91.474	0.421	101.385
6	1972	61.484	922.7	0.259	69.883	0.358	67.319	0.272	64.482	0.353	60.284
7	1973	104.998	1,302.6	0.314	98.651	0.347	119.365	0.384	128.499	0.499	165.608
8	1974	76.678	931.6	0.320	70.558	0.417	68.377	0.275	65.734	0.357	62.065
9	1975	71.333	869.4	0.319	65.843	0.429	61.147	0.256	57.243	0.333	50.241
10	1976	74.923	843.2	0.346	63.861	0.463	58.221	0.248	53.848	0.323	45.695
\bar{x}	-	75.469	1,000.0	0.295	75.735	0.383	78.685	0.295	78.703	0.383	84.876
S	-	16.452	208.7	0.030	15.805	0.052	27.690	0.061	33.813	0.080	54.819
C_v	-	0.218	0.209	0.103	0.209	0.137	0.352	0.209	0.430	0.209	0.646
C_s	-	0.947	0.775	0.146	0.775	0.380	1.048	0.775	1.114	0.775	1.315
r_{xy}	-				0.895		0.903		0.905		0.907

Tabla 4
 Volúmenes escurridos observados (Vo) y estimados (Ve) anuales en la estación hidrométrica
 Chorros del Varal de la Región Hidrológica No. 18 (Río Balsas).

No.	Año	Vo (Mm ³)	P _{eb} (mm)	Ce observado	Ve (Mm ³) Ce constante	K observado	Ve (Mm ³) K constante	Ce variable	Ve (Mm ³) Ce variable	K variable	Ve (Mm ³) K variable
1	1967	774.444	1,315.8	0.309	761.473	0.341	895.384	0.381	954.217	0.478	1,185.468
2	1968	651.481	914.5	0.374	529.252	0.474	489.100	0.265	460.960	0.332	403.509
3	1969	536.808	897.8	0.314	519.564	0.418	474.690	0.260	444.238	0.326	381.075
4	1970	671.016	1,153.1	0.305	667.357	0.363	716.633	0.334	732.916	0.419	808.613
5	1971	651.241	960.8	0.356	556.031	0.446	529.987	0.278	508.786	0.349	469.404
6	1972	617.316	1,143.7	0.283	661.881	0.344	706.824	0.331	720.938	0.415	789.330
7	1973	700.474	1,374.2	0.268	795.292	0.299	964.305	0.398	1,040.858	0.499	1,342.890
8	1974	613.758	882.6	0.365	510.778	0.473	461.798	0.255	429.341	0.320	361.364
9	1975	632.995	982.8	0.338	568.788	0.424	550.012	0.284	532.401	0.357	502.849
10	1976	743.108	1,169.3	0.334	676.684	0.385	733.491	0.338	753.547	0.424	842.106
11	1977	566.329	1,058.4	0.281	612.536	0.356	621.365	0.306	617.450	0.384	627.966
12	1978	558.997	1,014.0	0.289	586.841	0.371	578.953	0.293	566.733	0.368	552.497
13	1979	448.207	868.3	0.271	502.534	0.380	449.854	0.251	415.593	0.315	343.409
14	1980	441.212	1,078.0	0.215	623.850	0.291	640.491	0.312	640.468	0.391	663.023
15	1981	455.360	937.0	0.255	542.250	0.352	508.752	0.271	483.880	0.340	434.773
\bar{x}	-	604.183	1,050.0	0.304	607.674	0.381	621.442	0.304	620.155	0.381	647.218
S	-	103.034	155.7	0.044	90.100	0.056	156.711	0.045	190.065	0.057	301.108
Cv	-	0.171	0.148	0.146	0.148	0.148	0.252	0.148	0.306	0.148	0.465
Cs	-	-0.213	0.814	-0.135	0.814	0.254	0.996	0.814	1.043	0.814	1.218
r_{xy}	-	-	-	-	0.620	-	0.623	-	0.623	-	0.624



Tabla 5
Valores anuales mínimo, promedio, máximo y coeficiente de variación (C_v) de las variables indicadas en las estaciones hidrométricas procesadas de la Región Hidrológica No. 18 (Río Balsas).

Concepto:	Río Chiquito	Tamazulapán	Zitácuaro	Río Grande	Cupatitzio	Los Limones	Chorros del Varal
A (km ²)	257	325	350	847	1,045	1,678	1,905
P_{cg} (mm)	1,000	750	1,050	1,100	1,400	1,050	1,050
min V_o (Mm ³)	54.137	7.044	99.439	163.853	246.332	273.369	441.212
med V_o (Mm ³)	75.469	10.372	129.839	235.791	298.882	371.540	604.183
max V_o (Mm ³)	104.998	16.247	162.545	333.075	354.161	483.188	774.444
C_v del V_o	0.218	0.357	0.149	0.210	0.106	0.163	0.171
min P_{ob} (mm)	629.0	390.5	731.8	629.0	1,163.1	835.1	835.1
med P_{ob} (mm)	898.0	633.9	915.4	898.0	1,642.2	1,009.8	1,009.8
max P_{ob} (mm)	1,241.3	832.9	1,289.4	1,241.3	2,243.1	1,265.4	1,265.4
C_v de la P_{ob}	0.209	0.192	0.188	0.209	0.168	0.148	0.148
min C_e	0.256	0.030	0.267	0.207	0.152	0.151	0.215
med C_e	0.295	0.042	0.358	0.254	0.209	0.212	0.304
max C_e	0.346	0.055	0.456	0.311	0.253	0.264	0.374
C_v del C_e	0.103	0.240	0.146	0.115	0.177	0.141	0.146
med Ve^1 (Mm ³)	75.735	10.307	131.691	237.003	305.717	374.055	607.674
r_{xy} de V_o-Ve^2	0.895	0.702	0.653	0.876	0.189	0.576	0.620
med Ve^2 (Mm ³)	78.703	10.641	135.869	246.289	313.726	381.737	620.155
C_v del Ve^2	0.430	0.344	0.395	0.430	0.337	0.306	0.306
min K	0.315	0.136	0.323	0.272	0.168	0.216	0.291
med K	0.383	0.156	0.435	0.328	0.253	0.295	0.381
max K	0.463	0.190	0.566	0.409	0.364	0.364	0.474
C_v del K	0.137	0.106	0.178	0.148	0.203	0.135	0.148
med Ve^3 (Mm ³)	78.685	10.954	136.460	247.380	320.105	383.452	621.442
C_v del Ve^3	0.352	0.397	0.319	0.365	0.308	0.263	0.252
med Ve^4 (Mm ³)	84.876	12.470	144.952	267.912	339.293	401.012	647.218
C_v del Ve^4	0.646	0.803	0.591	0.668	0.555	0.497	0.465

Simbología:

A	área de cuenca	¹ estimado con C_e constante.
P_{cg}	precipitación en el c.g. de la cuenca	² estimado con C_e variable.
P_{ob}	precipitación en la estación base	³ estimado con K constante.
V_o	volumen escurrido observado	⁴ estimado con K variable.
Ve	volumen escurrido estimado	
C_e	coeficiente de escurrimiento observado	
K	parámetro observado	

Referencias

- Campos A., D. F. Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos. Capítulo 4: Análisis de la precipitación, páginas 97–120. Editorial Trillas. México, D. F. 2005. 320 páginas.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). CLIMA-TOLOGIA. Cuenca del Río Balsas. Datos climato-lógicos del periodo 1967–1974. México, D. F. 1974. 258 páginas.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). Boletín Climatológico No. 15. Datos climatológicos del periodo 1975–1980. México, D. F. 1981a. 413 páginas.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). Boletín Climatológico No. 17. Datos climatológicos del periodo 1981–1985. México, D. F. 1987. 273 páginas.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). Boletín H3'. Cuenca del Río Balsas. Datos hidrológicos del periodo 1962–1976. México, D. F. 1976. 339 páginas.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). Boletín Hidrométrico No. 14. Datos hidrológicos del periodo 1977–1980. México, D. F. 1981b. 294 páginas.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). Boletín Hidrométrico No. 16. Datos hidrológicos del año 1981. México, D. F. 1986. 151 páginas.
- Diario Oficial. Norma Oficial Mexicana NOM–011–CNA–2000, Conservación del recurso agua–Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Miércoles 17 de abril de 2002. Primera Sección. 17 páginas.



Informe Final de Labores Dr. Polioptro F. Martínez Austria Presidente del XXVII Consejo Directivo

Dr. Polioptro F. Martínez Austria

Presidente del XXVII Consejo Directivo AMH

Con el objeto de cumplir con lo establecido en los estatutos que rigen a nuestra organización, me permito presentar a esta Honorable Asamblea el Informe Final de Labores correspondiente al XXVII Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH, que me honro en presidir.

En primer término, quiero reconocer públicamente a todos los integrantes del XXVII Consejo Directivo, que a lo largo de estos dos años se sumaron a las distintas tareas desarrolladas por la AMH, con el fin de cumplir los objetivos para los que fue creada. Hago extensivo este agradecimiento a los coordinadores y presidentes de las secciones regionales y locales con quienes, desde el inicio de nuestra gestión, establecí diversas prioridades.

Resultados

Comunicación

Dentro de las diferentes líneas de trabajo del presente Consejo Directivo destacó la tarea de comunicación que nos permitió difundir y mantener un estrecho contacto entre todos los agremiados, aprovechando para ello las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías.

En este sentido, de acuerdo con lo que propuse en el mensaje de mi toma de posesión, se puso en marcha el Boletín Electrónico que hizo posible, tanto informar oportunamente a nuestros agremiados acerca de las principales acciones que durante este periodo fueron construyendo nuestra vida institucional, como complementar el contenido de la Revista Tlaloc-AMH, principal órgano de comunicación del gremio hidráulico, al generar una mayor variedad de temas que eran retomados y analizados con mayor profundidad por la revista.

El Boletín Electrónico, además de disponer de un formato sencillo que permite agilizar su lectura, es un producto cuyos costos de envío por correo electrónico a todos los socios y de consulta en la página de Internet de la Asociación son prácticamente gratuitos. Su elaboración estuvo a cargo de Diego Paulino Rosas.

Me complace informarles que la Asociación dispone ya de un sitio de Internet nuevo, atractivo y moderno pero, sobre todo, amigable, el cual es susceptible de enriquecer rápidamente con información oportuna y confiable, además de brindarnos la posibilidad de establecer ligas con otros sitios de interés para todos nosotros. Entre las novedades que ahora podemos encontrar en la página de Internet de la Asociación se encuentran los Estatutos; el acceso en línea a la revista Tlaloc-AMH; el directorio de socios y el Boletín Electrónico. Además, los usuarios disponen de los números atrasados de la revista Tlaloc-AMH en formato PDF, así como de otras informaciones que dan cuenta del quehacer institucional de nuestra asociación. Lo anterior, sin duda alguna, aumentó el atractivo del sitio, como lo muestran las más de 12,690 visitas que tiene registradas a partir de septiembre de 2005, fecha en que inició su operación.

En materia editorial, les informo que, en este contexto de mejora continua, decidimos modificar el Consejo Editorial de la revista Tlaloc-AMH, cuya coordinación se encuentra a cargo del Ing. Jorge Malagón Díaz, Vicepresidente de la Asociación y próximo Presidente del XXVIII Consejo Directivo. Juntos definimos, previa consulta con diversos agremiados y especialistas en el campo de la producción editorial, una nueva estructura de diseño y contenido, a fin de privilegiar y brindar un mayor espacio a los artículos técnicos que gentilmente nos hacen llegar nuestros colegas, a quienes nunca agradeceré lo suficiente su tiempo, dedicación e interés por nuestra revista. Además se crearon espacios para noticias relevantes y desde luego, un apartado para resaltar la semblanza de personajes notables dentro de la ingeniería hidráulica de nuestro país.

Cabe señalar que los anteriores cambios de ninguna manera impactaron los costos de nuestra publicación, ni se perdió de vista su calidad autofinanciable, ya que se logró una participación equilibrada de los anunciantes que decidieron publicitarse en este instrumento de comunicación.

Otra de las aportaciones importantes en materia editorial para nuestra Asociación ha sido la colaboración con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para continuar con la publicación de la serie “Avances en hidráulica”. En esta ocasión se editó el libro *Análisis Probabilístico Univariado de Datos Hidrológicos*, cuyo autor es el Dr. Daniel Francisco Campos Aranda (primera edición 2006). Cabe destacar que nuestra Asociación siempre ha buscado la forma de reconocer e impulsar a sus agremiados distinguidos y sobresalientes en el campo de la hidráulica, por ello, es un gran orgullo y satisfacción que esta obra sea producto de un socio de la Asociación.

En mi calidad de Presidente del XXVII Consejo Directivo, participé en diferentes entrevistas de radio y prensa para dar a conocer, entre la población en general, la posición que asume la Asociación Mexicana de Hidráulica en torno a diversos temas que en materia hidráulica han resaltado en estas fechas los medios de comunicación.

Instauración del Premio José Luis Sánchez Bribiesca

En otro orden de ideas, la AMH, por conducto de sus consejos Directivo y Editorial, acordó establecer el Premio José Luis Sánchez Bribiesca con la finalidad de difundir los logros científicos y tecnológicos alcanzados en materia hidráulica por nuestros socios sobresalientes, al tiempo de reconocer su trayectoria profesional, experiencia, conocimiento y aportaciones a este sector.

La distinción de referencia se otorgará cada dos años al mejor artículo técnico publicado, durante ese periodo, en la revista *Tlaloc-AMH*. La ceremonia de premiación se realizará en el marco de los eventos realizados con motivo de la Asamblea Anual de la AMH realizada (en años pares) durante el mes de mayo correspondiente, como se prevé en los estatutos.

Eventos

Una de las tareas primordiales de nuestra Asociación ha sido la de promover encuentros y reuniones que favorezcan el intercambio de experiencias y conocimientos en diversos temas relacionados con la hidráulica.

Por lo anterior, la AMH, con el apoyo de la Comisión Nacional del Agua, realizó el 8 de diciembre de 2005 el Simposio sobre Riesgos Hidrometeorológicos en Zonas Urbanas, para analizar esta problemática y elaborar recomendaciones para su mejor atención.

El evento, que se realizó en las instalaciones del Colegio de Ingenieros Civiles, reunió a un grupo de reconocidos expertos en la materia, provenientes de los sectores público, privado y académico de nuestro país.

De igual forma, en noviembre de 2005, la Asociación participó en la organización y desarrollo de los trabajos del Foro Latinoamericano y del Caribe Sobre Agua y Asentamientos Humanos, que llevó a cabo la Secretaría de Desarrollo Social y la Organización de las Naciones Unidas, a través del Programa Habitat.

Posteriormente en febrero de 2006, la Sección Jalisco de la AMH organizó un encuentro en el que se analizó la infiltración y manejo de las aguas superficiales en la zona metropolitana de Guadalajara, el cual contó con la participación de los más reconocidos especialistas hidráulicos de esa región del país. En esta ocasión el Consejo Directivo fue representado por el Ing. Agustín Félix Villavicencio.

En el periodo febrero-marzo de 2006, se formalizó la integración de la Coordinación Regional de la AMH en Chiapas, con el compromiso de trabajar en forma organizada en beneficio del sector hidráulico y mantener una relación profesional con las instituciones públicas y privadas, vinculadas al recurso agua. Esta Coordinación Regional abrió su propio sitio de Internet en la página de nuestra Asociación.

Asimismo, deseo destacar la colaboración de la AMH en la organización y promoción de los trabajos del IV Foro Mundial del Agua, así como en las diversas sesiones que se llevaron a cabo durante los siete días que se desarrolló este importante encuentro.

Como parte de sus actividades, la AMH participó en diversos foros y eventos, a fin de ampliar y estrechar sus relaciones con organizaciones vinculadas a la hidráulica. De esta manera, la Asociación reactivó su participación en el Comité Técnico del Colegio de Ingenieros Civiles, en el Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua y se sumó a la firma del Pacto de Chapultepec que busca alcanzar, entre otros objetivos, fomentar el desarrollo científico y tecnológico, así como promover e impulsar la construcción de la infraestructura que requiere el país.

Padrón de socios

Por otra parte, quiero informarles que le brindamos atención prioritaria al problema que representaba el no disponer de un padrón actualizado y confiable. A su solución se abocó la Ing. Claudia Henández Martínez, Secretaria de la AMH, quien instrumentó una estrategia para poner al día el padrón de socios que a la fecha registra 1,819 afiliados. Vale la pena destacar que el esfuerzo para conservarlo vigente es necesario realizar una labor permanente.

En apoyo y seguimiento de esta actividad, se llevó a cabo una campaña de actualización de datos por medio de internet, la cual se complementó con llamadas telefónicas a, prácticamente, todos nuestros agremiados. Al día de hoy, la AMH dispone de una base confiable de datos, programada en ACCES, con un total de 1,800 registros de los 1,819 con que cuenta el padrón. Los datos personales de cada uno de los socios se encuentran depurados y actualizados. Este importante avance permitirá disponer de una mejor herramienta de comunicación más ágil y precisa.

Instalación de comités

Otro de los compromisos adquirimos durante la toma de posesión del presente Consejo Directivo, fue la revisión de los Estatutos que rigen a nuestra organización. En tal sentido, quiero informar que fue creado el Comité revisor de los Estatutos, el cual realizó diversas reuniones de trabajo en las que, previo análisis, discusiones y creación de consensos, se establecieron modificaciones en diferentes capítulos:

- Cap. I Del Objeto de la Asociación
- Cap. II Del Carácter Jurídico de la Asociación
- Cap. III De los Socios

- Cap. IV De los Derechos, Obligaciones, Suspensión y Exclusión de los Socios
- Cap. V De las Cuotas
- Cap. VI Del Patrimonio de la Asociación
- Cap. VII De la Organización de la Asociación
- Cap. VIII De las Asambleas
- Cap. IX Del Consejo Directivo Nacional
- Cap. X De los Comités y Secciones
- Cap. XI Del Consejo Consultivo Nacional y la Junta de Honor
- Cap. XII De las Elecciones y Referenda
- Cap. XIII De los Reglamentos y Códigos
- Cap. XIV De la Modificación de los Estatutos, Reglamentos y Códigos
- Transitorios De la Disolución de la Asociación

Corresponde al siguiente Consejo Directivo evaluar y proseguir la tarea de renovación de nuestros Estatutos.

Por otra parte, se constituyó el Comité de Análisis Estratégico que, de acuerdo con el Consejo Consultivo de la Asociación, apoya a nuestra agrupación en el cumplimiento de sus objetivos, particularmente en propiciar la colaboración de los asociados en la solución de problemas nacionales relacionados con la hidráulica mediante una visión estratégica. De esta manera, la Asociación participó en la solución de diversas problemáticas de importancia nacional, regional y local relacionadas con la hidráulica y sirvió de órgano permanente de consulta conforme se requirió, a solicitud expresa de las instituciones de los tres niveles de gobierno y de la sociedad en su conjunto.

Congreso Nacional de Hidráulica

Uno de los eventos de la mayor importancia de nuestra Asociación es, sin duda, la celebración del Congreso Nacional de Hidráulica el cual se realizó del 7 al 10 de noviembre de 2006 en la ciudad de Cuernavaca, Morelos.

Para tal efecto, se instaló el Comité Organizador que se integró con un grupo de representantes de



instituciones públicas y privadas, así como del sector académico del más alto nivel, con la finalidad de cumplir los objetivos que se persiguen en este encuentro, cuyo tema central fue “La Gestión Integral del Agua”.

Como parte de las tareas de organización y promoción, les informo que una vez diseñada la imagen del Congreso y determinadas las fechas de celebración, se procedió a diseñar un primer anuncio del encuentro, en el que se incluyeron las especificaciones técnicas de las ponencias, mismas que se pudieron consultar en nuestra página de Internet.

También, se solicitó el apoyo de otras instituciones vinculadas con el sector hidráulico, a fin de que el aviso del Congreso fuera promovido en sus portales y se establecieran ligas con nuestro sitio web.

Otras actividades importantes previas a la realización del magno evento de la Asociación, fueron las reuniones pre-congreso realizadas en las coordinaciones regionales de la AMH. En esta ocasión se contó con el apoyo de la Coordinación Morelos instalada en la ciudad de Cuernavaca, Morelos; la Coordinación Yucatán en la ciudad de Mérida, Yucatán; la Coordinación Veracruz, con sede en la ciudad y estado del mismo nombre, la Coordinación Jalisco en la ciudad de Guadalajara y la Coordinación Nuevo León, ubicada en Monterrey, Nuevo León.

En cuanto a la realización de los cursos Pre-congreso, se promovió la impartición de tres cursos relacionados con técnicas experimentales, normatividad del sector agua y modelación de redes de agua potable. De ellos, solo se llevó a cabo el primero en las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, por falta de quórum en los restantes.

El XIX Congreso Nacional del Hidráulica fue inaugurado por el. Gobernador del Estado de Morelos, el Director General de la Comisión Nacional del Agua, y diversas autoridades federales, estatales, municipales y de nuestra Asociación, lo cual brindó un realce especial a nuestro evento. A pesar de la situación política del país y de los cambios de gobierno que se suscitaron en este periodo, se logró un gran éxito e impactos técnico, social y político, tanto en la localidad y en la región, así como en todo el país. Más de 700 participantes se dieron cita en

el Congreso, pertenecientes todos ellos a las más diversas ramas relacionadas con la hidráulica y provenientes de instituciones públicas y privadas. Además contamos con la presencia de estudiantes y miembros distinguidos del sector académico.

Se presentaron diez mesas panel sobre diversos temas nacionales e internacionales, 204 ponencias técnicas en temas relacionados con obras hidráulicas; hidrología; agua y medio ambiente, gestión del agua y gobernabilidad, así como también una sesión especial sobre hidrología urbana, una conferencia internacional y dos sesiones de innovaciones tecnológicas en el mercado, a cargo de los proveedores que presentaron las características y ventajas que ofrecen sus productos y servicios. Se realizó simultáneamente una Exposición de Proveedores y Servicios, en la que, por cierto, se vendieron todos los espacios disponibles para stands y hasta se necesitó improvisar lugares adicionales. Los resultados que se obtuvieron del Congreso los podemos considerar como exitosos y de gran beneficio para la Asociación, tanto en lo económico como en lo social, refiriéndonos específicamente al ámbito de la investigación y el desarrollo tecnológico.

Con relación a la información de los ingresos a nuestra Asociación, el tesorero y la cantadora de la Asociación me ha comunicado que las finanzas, contabilidad y obligaciones fiscales de la AMH, se encuentran al corriente y al día. Actualmente la Asociación cuenta con un activo total de \$1 '506, 023.00.

Como pueden observar, la Asociación Mexicana de Hidráulica ha buscado en todo momento fortalecer sus lazos de comunicación, pero sobre todo su presencia como una organización civil con la capacidad de convocar a los más destacados especialistas en hidráulica del país. De ahí la importancia que reviste el que todos aportemos nuestro mayor esfuerzo para que la AMH continúe a la vanguardia en el análisis, la discusión y el diseño de las propuestas más viables que permitan delinear la política hídrica nacional.

La Asociación nos necesita a todos con nuestra participación, aportación e innovación, en las diferentes disciplinas de la hidráulica y, en su representación, les agradezco todo su apoyo y solidaridad para alcanzar los retos que juntos nos planteamos al inicio de la presente administración que hoy concluye exitosamente.



Toma de posesión del XXVIII Consejo Directivo Nacional de la Asociación Mexicana de Hidráulica

Ing. Jorge Malagón Díaz

Presidente del XXVIII Consejo Directivo Nacional de la Asociación Mexicana de Hidráulica

Antecedentes

La tradición hidráulica en México data de la época Prehispánica, donde la relación con el agua no era solamente de índole religiosa, sino que también estuvo asociada al diario devenir de sus pueblos. La vinculación del desarrollo socioeconómico con la obra hidráulica queda de manifiesto en los acueductos y los sistemas de riego que nos legaron nuestros antepasados.

En tiempos recientes, la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH, ha reunido a los más distinguidos profesionistas y especialistas del agua en nuestro país, y desde su creación como gremio, ha tenido una destacada participación en el desarrollo de la infraestructura hidráulica nacional.

En la actualidad y ante los retos que la sociedad nos demanda, en un contexto globalizado, se debe impulsar una participación concertada con una visión más amplia, entre gobiernos, sociedad organizada y organismos nacionales e internacionales, para la gestión integrada de los recursos hídricos, en busca de soluciones efectivas en torno a los nuevos problemas del agua, como escasez, contaminación, sobreexplotación de acuíferos, inundaciones y sequías, por solo mencionar algunos.

Hoy en día el tema del agua, en los contextos mundial y nacional, es uno de los que reviste mayor importancia y requerirá de una atención creciente en los años venideros. Por lo anterior, y considerando que el agua es un recurso que involucra a distintos intereses y actores sociales, la AMH, debe convertir su esfera de acción en un espacio incluyente y representativo, en



Ing. Jorge Malagón Díaz, quinto de derecha a izquierda.

donde se sumen esfuerzos y voluntades, se debatan las ideas y se generen propuestas con acciones concretas en materia hidráulica que consideren que, para resolver los problemas del agua, cada vez es necesaria una mayor interrelación con otras disciplinas, por lo cual nuestra Asociación debe de ampliar su campo de acción.

Asímismo, es necesario reconocer la importancia de los asuntos relacionados con la asignación del recurso para el desarrollo de las diversas actividades económicas, así como el interés de la sociedad para participar en la toma de decisiones.

No debemos olvidar las experiencias recientes que nos ha dejado el IV Foro Mundial del Agua, el cual permitió responder a coyunturas particulares, agendas institucionales específicas, temas emergentes y problemas urgentes, todos ellos coincidentes con los retos que enfrenta el sector hídrico de nuestro país.

Bajo estas consideraciones, es menester que nuestra AMH asuma una posición comprometida y emita una opinión razonada, sin dejar de retomar su misión social, comprometiéndose a la acción concertada con organismos no gubernamentales, empresas privadas, instituciones educativas y de gobierno, encausando de la mejor manera las recomendaciones de políticas públicas, declaraciones de intención, acuerdos voluntarios, aspectos financieros, declaraciones ministeriales y parlamentarias, programas de acción específicos y proyectos locales.

También, es importante tener presentes las alteraciones del ciclo hidrológico que han impactado en los escurrimientos en diversas regiones de nuestro país, lo cual implica considerar medidas preventivas y correctivas para proteger a la población y asegurar el suministro de agua potable.



Retos y expectativas

Es para mí un privilegio y un gran honor el haber sido elegido, primeramente, vicepresidente y ahora, de acuerdo a los estatutos, a partir de ahora fungir como presidente de tan prestigiada Asociación, presidencia que asumo con mucho orgullo y, sobretodo, con el gran reto de mantenerla en los más altos niveles de participación en los planes y políticas que favorezcan el desarrollo hidráulico de nuestro país.

Mi expectativa con todos ustedes, compañeros agremiados, es la de lograr que cada uno de nosotros sintamos el orgullo de pertenencia a nuestra querida Asociación, que juntos podamos discutir los grandes problemas hidráulicos que afronta nuestro país, y que logremos concretar propuestas efectivas que contribuyan al más adecuado aprovechamiento y preservación del agua.

Mi compromiso con ustedes, con la sociedad y con mi país, es la de trabajar de inmediato en un programa de acciones, para que en un plazo de tres meses sea presentado para el consenso de todo el gremio.

Las grandes líneas que incorporaremos al programa deberán, entre otras acciones, propiciar la modernización de nuestra Asociación; lograr una mayor presencia en los foros nacionales e internacionales; incrementar nuestra participación activa en las soluciones de la problemática hidráulica, y fortalecer el gremio, incrementando el número de profesionistas en todas las disciplinas vinculadas con la hidráulica, con el fin de diversificar el conocimiento y propiciar sinergias que enriquezcan la formulación de propuestas viables, con puntos de vista incluyentes en el ámbito económico, social, político y fundamentalmente técnico. Por lo pronto:



- Propiciaremos la participación de manera directa y activa en la formulación del Programa Hídrico Nacional.
- Buscaremos alianzas con agrupaciones gremiales involucradas en aspectos inherentes al agua, como es el caso de El Colegio de Ingenieros Civiles a fin de que se considere a la AMH en la certificación de peritos en hidráulica.
- Reforzaremos la estrategia de constituirnos en un órgano de consulta permanente para las instituciones de los tres órdenes de gobierno y de la sociedad en general, así como con las asociaciones relacionadas con el agua como la Asociación Nacional de Usuarios de Riego, ANUR, y la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, ANEAS.
- Concertaremos con las comisiones que analizan los aspectos hidráulicos en las cámaras de senadores y diputados para que la AMH sea considerada en los aspectos de opinión técnica que se requieran.
- Daremos continuidad a la propuesta, que hoy se presentó, de reformas a los estatutos de nuestra Asociación para que en el menor tiempo posible se lleve a cabo su análisis y aprobación por parte de los agremiados, así como su implementación en este mismo año.
- Promoveremos la conveniencia de que nuestra Asociación cuente con un aparato administrativo sólido y de apoyo permanente que le permita una continua operación para impulsar las actividades de la Asociación.
- Fomentaremos en forma intensiva, el intercambio de ideas e información científica y técnica, fortaleciendo las actividades de investigación, docencia y ejercicio profesional relacionadas con la hidráulica.
- Incidiremos en políticas públicas que permitan mantener servicios confiables de suministro de agua y protección de la población contra inundaciones, que considere inversiones en la conservación y modernización de la infraestructura hidráulica, aprovechándola eficientemente, y desarrollar nuevas obras que sean compatibles con el medio ambiente.



- Impulsaremos el reconocimiento de los profesionistas relacionados con la hidráulica, fomentando la formación de nuevos especialistas en las diversas instituciones educativas del país, a fin de asegurar la continuidad de esta valiosa profesión que se ha visto disminuida en los últimos años y tan necesaria hoy en día, para lograr la sustentabilidad del recurso agua, al cual, como todos sabemos, es considerado un bien público estratégico y de seguridad nacional.
- Propondremos actividades gremiales en las que tengan mayor participación todas las secciones regionales de la Asociación
- Buscaremos los espacios y el apoyo de los municipios y de los organismos operadores, para llevar a cabo eventos patrocinados de carácter técnico, sobre aspectos como el abastecimiento de agua, plantas de bombeo y tra-tamiento de aguas residuales.
- Negociaremos apoyos financieros y alianzas estratégicas con diversas organizaciones y grupos de interés para fondear proyectos de investigación y experimentación hidráulica, así como recuperar los apoyos gubernamentales, para que un mayor número de funcionarios formen parte de nuestra Asociación.
- Pugnaremos por que nuestra AMH continúe siendo honesta y transparente en su admi-

nistración, comprometiéndonos a mantener debidamente informados a nuestros agremiados en forma periódica de los avances y resultados de las acciones y de los estados financieros de la Asociación.

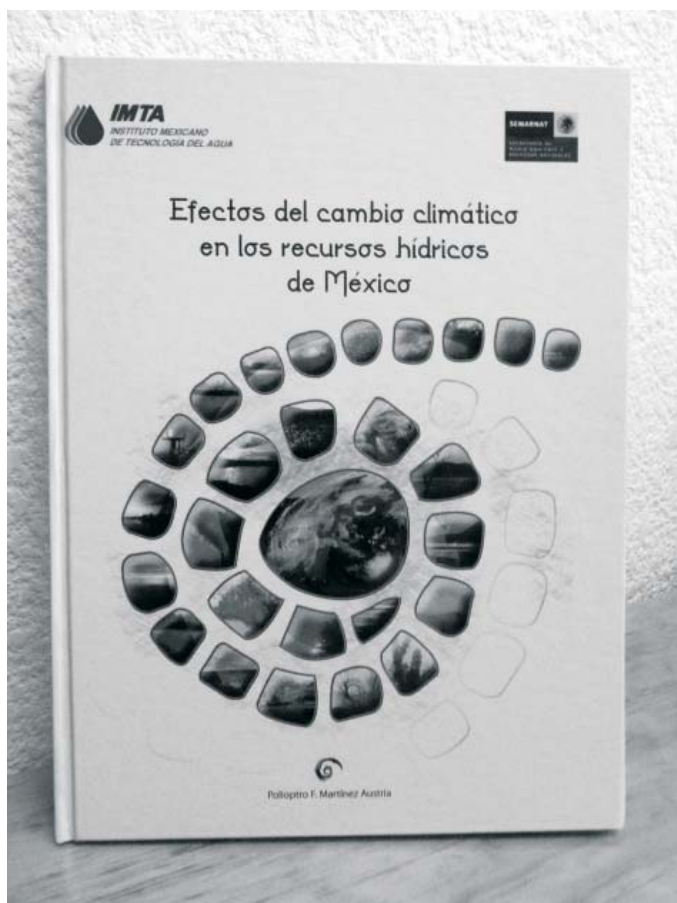
Para el logro de todas estas grandes líneas, es necesario contar con el apoyo de todos ustedes, por lo que los exhorto a que se sumen a este nuevo proyecto y era de la Asociación, que nos volvamos promotores del quehacer del gremio, y que nos comprometamos a lograr se incorpore un nuevo miembro por cada uno de nosotros, con lo cual estaremos en posibilidad de duplicar el número de socios.

Estoy plenamente convencido de que juntos, Asamblea General, Consejo Directivo, Junta de Honor, y Consejo Consultivo, podremos erigir una Asociación moderna, cambiante y competitiva que vaya a la vanguardia como líder de opinión en materia hidráulica y que sea reconocida por todos los actores sociales, con el fin de posicionarnos como la instancia de la cual puedan emanar propuestas de desarrollo científico y tecnológico que sigan enorgulleciendo a la ingeniería mexicana.

Enhorabuena para todos los integrantes del nuevo Consejo Directivo Nacional, equipo con el que estoy seguro, trabajaremos muy intensamente para el fortalecimiento de nuestro gremio y por el bien de la ingeniería hidráulica nacional.



Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México



por sus siglas en inglés) y que son, también, materia de esta publicación.

No obstante la exposición en estas páginas de una contundente cantidad de evidencias sobre la presencia y consecuencias del cambio climático en los recursos hídricos del mundo y de México, el doctor Martínez Austria comenta que no existe un texto que resuma el conocimiento actual de efectos, vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos y su gestión. El presente documento tiene como propósito ayudar a subsanar esta carencia y, de este modo, acercar la información que necesitan los constructores de políticas públicas y tomadores de decisiones para la planeación de medio plazo.

Por lo pronto, subraya el autor, existe la necesidad de llevar a cabo estudios detallados susceptibles de aplicarse en las zonas de nuestro país que aquí se evidencian como más vulnerables al cambio climático y urge, también, a realizar estudios regionales que mitiguen la incertidumbre en los pronósticos, localizar los efectos, definir las medidas de adaptación y priorizar su aplicación. Para concluir, el doctor Martínez Austria apunta que es necesario desarrollar una estrategia específica para el agua en el Programa Especial de Acción Climática.

Principales aspectos tratados en este interesante documento:

- El calentamiento global
- Escenarios de cambio climático
- Efectos del cambio climático en los recursos hídricos
- Efectos en los recursos hídricos de México

Costo \$185.00
 Disponible en el área de Comercialización del IMTA.
 Teléfono (52) (777) 329 36 52.
comercializa@tlaloc.imta.mx

El 4 de octubre del presente año el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, publicó el libro Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de México cuyo autor es el Dr. Polioptro Martínez Austria, director general del propio Instituto. Este texto, prologado por el doctor Fernando Tudela, subsecretario de Planeación Política y Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y documentado en una sólida información técnica, nos va presentando en forma sencilla y clara la realidad de las condiciones climatológicas que prevalecen hoy día en el planeta, particularmente en México, así como su relación con el valioso recurso agua y la manera en que impactará nuestro entorno, de acuerdo a los diferentes escenarios de cambio climático a futuro, desarrollados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC,

Simulación de flujos a superficie libre en obras hidráulicas

M.I. Héctor Alexis Espinosa

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

La solución de flujos a superficie libre —interfase entre dos fluidos de diferente densidad— es de gran interés para aplicaciones en hidráulica. En el caso de la atmósfera, la densidad del aire es mucho más baja que la de un líquido como el agua. El flujo en canales abiertos y el flujo en obras de excedencia, constituyen dos ejemplos clásicos en los que resulta importante conocer con más detalle el movimiento de un fluido a superficie libre y la dinámica de sus propiedades.

El flujo en canales y sus obras de aforo ha sido largamente estudiado en forma teórica y experimental; sin embargo, el contar con una herramienta que muestre la dinámica tridimensional de los flujos que ocurren en dichas instalaciones puede ser de mucha ayuda en ciertas aplicaciones. Uno de tantos casos podría ser la definición de puntos de instalación de sistemas electrónicos de medición estudiando la uniformidad de los perfiles de velocidad en distintas secciones.

Para el diseño de obras de excedencia también se cuenta con un nivel de conocimiento acumulado notable y se sabe, en buena medida, el comportamiento general del flujo en dichas instalaciones. Sin embargo, para el diseño de presas y sus respectivas obras de excedencia, siempre es necesario corroborar las propuestas iniciales mediante modelos físicos a escala. El uso de una herramienta numérica que permita salvar ciertas etapas constructivas de los modelos físicos, y que pueda estimar el flujo con dimensiones reales y a escala disminuiría los costos del proyecto.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua ha realizado estudios con modelos físicos de distintas obras hidráulicas. Actualmente cuenta también con la posibilidad de llevar a cabo estudios numéricos de dichas estructuras y tiene la capacidad de modelar flujos a superficie libre mediante el uso del código Flow-3D (www.flow3d.com) cuya virtud consiste en calcular la evolución de la superficie libre a lo largo del tiempo así como los campos de velocidad, presión, densidad, viscosidad turbulenta, entre otros. Por ejemplo, en la figura 1 se observa la aplicación del código Flow-3D para modelar el flujo en uno de los modelos físicos que se estudiaron para el diseño del vertedor de la presa El Carrizo.

El evolución de la superficie libre se calcula mediante la técnica de Volumen de Fluido desarrollada en el laboratorio de Los Álamos a principio de los años ochenta. (Hirt y Nichols, 1981). En esta formulación, se resuelve la evolución de la fracción de fluido F definida como 1.0 dentro del fluido y 0.0 fuera de él (en forma estándar, el movimiento del aire atmosférico no se resuelve y se consideran como “inertes” a las

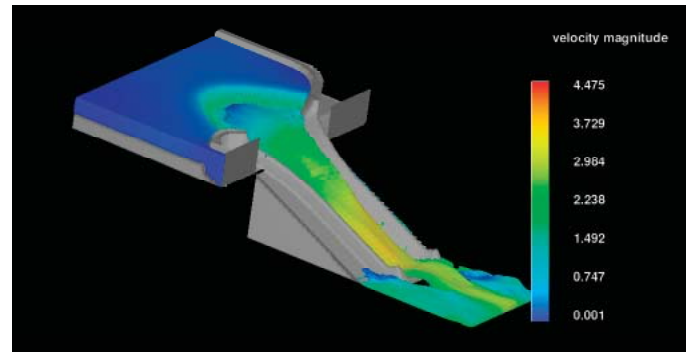


Figura 1. Graficación de la superficie libre y la magnitud de velocidad calculadas para un modelo físico de la presa “El Carrizo”

celdas con $F=0$). Los valores de F no son discretos, es decir, la fracción de fluido puede tomar valores reales entre 0 y 1 para las celdas de cálculo, que operan como volúmenes de control.

La ecuación cinemática para el cálculo de la fracción de fluido es:

$$V_f \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial (F A_x u)}{\partial x} + \frac{\partial (F A_y v)}{\partial y} + \frac{\partial (F A_z w)}{\partial z} = 0$$

donde V_f es el volumen no ocupado por algún objeto sólido (volumen libre). A_i son las áreas libres en cada dirección, (u,v,w) son las componentes de la velocidad. Como condición de frontera en la superficie libre se utiliza un esfuerzo tangencial nulo. (Brakhdarov, 2004).

La evolución de la fracción de fluido se resuelve junto con las ecuaciones de conservación de masa y de cantidad de movimiento mediante un método de volumen finito explícito en el tiempo. El modelo incluye el uso de modelos de turbulencia y la definición de fronteras sólidas inmersas. (Rodríguez, 2004).

Con este tipo de herramientas numéricas se pueden mejorar los procesos de diseño de obras hidráulicas reduciendo tiempos y costos y aumentando el detalle de los cálculos en zonas de interés.

Bibliografía

- Barkhdarov M.R., 2004, Lagrangian VOF advection Method for FLOW-3D. Technical Note FSI-03-TN63-R, FlowScience.
- Hirt C.W. y Nichols B.D., 1981, Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries” J. Comp. Phys., 39, p.201-225.
- Rodríguez J.F., Bombardelli F.A., García M.H., Frothingham K.M., Rhoads B.L. y Abad J.D., 2004, High-resolution numerical simulation of flow through a highly sinuous river reach, Water Resources Management, 18: p.177-199.



Infoworks CS

Víctor Alcocer Yamanaka
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

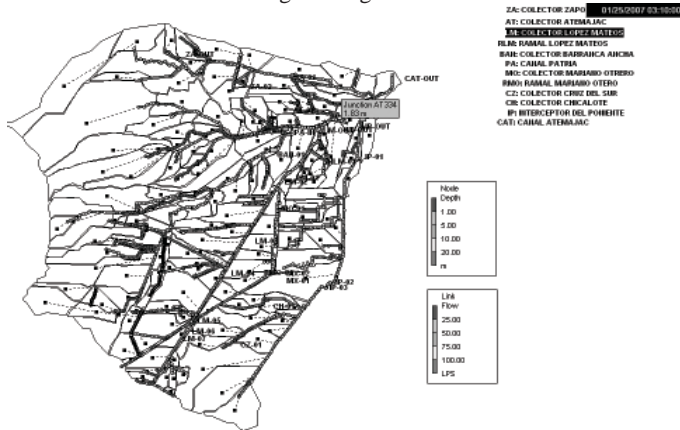


Ilustración 1 Red de colectores de la cuenca Atemajac, localizada en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara.

El software InfoWorks CS es el programa de simulación de redes de alcantarillado pluvial y sanitario con mayor auge a nivel mundial, gracias a su estabilidad, robustez y capacidad para simular redes de colectores con un número de nodos ilimitado. Debido a lo anterior y a que el tema del control y desalojo de aguas pluviales cobra cada vez más importancia en el país, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua adquirió la licencia del software para realizar aplicaciones en redes de colectores de ciudades como la Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco (Ilustración 1) y la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Entre las principales características del modelo de simulación InfoWorks CS destacan las siguientes:

- El motor de cálculo de Infoworks CS resuelve las ecuaciones de Saint Venant a través de un esquema implícito de primer orden. Este esquema de solución numérica lo hace más estable (numéricamente) y con una convergencia numérica más rápida reduciendo así el tiempo de cálculo de modelos relativamente grandes.
- Infoworks CS simula el proceso lluvia escorrentimiento a través de cinco diferentes modelos de depósito: Doble lineal (Wallingford), lineal sencillo (SPRINT), lineal sencillo (Desbordes), No lineal sencillo (SWMM), Onda Cinemática.
- Para el cálculo de las pérdidas iniciales, Infoworks CS dispone de modelos que permiten simular las pérdidas por almacenamiento en depresiones, la evapotranspiración y la infiltración. Esta última a partir de los modelos de Horton y de Green-Ampt.

- Permite la modelación tanto de una red enterrada (red de tubos) y en una red superficial (red de calles). Este tipo de representación permite considerar las zonas de inundación afectadas en alguna área de la ciudad.
- Infoworks CS posee un Sistema de Información Geográfica propio lo que permite la fácil gestión de datos estructurales de grandes redes.

La estructuración básica de Infoworks CS es a partir de módulos hidráulicos, hidrológicos de calidad del agua, de control en tiempo real, etc. interconectados por interfaces gráficas que permiten administrar la información de una base de datos compartida por dichos módulos gracias a un módulo central. A este módulo central pueden conectarse los módulos RS (sistemas de ríos) y el módulo WS de distribución de agua potable.

Este programa es desarrollado desde finales de la década de 1980 por la empresa Wallingford Software cuya casa matriz se localiza en Inglaterra y se especializa en el desarrollo de Software para ingeniería hidráulica. El programa Infoworks CS es el producto de la evolución de diferentes programas de diseño y simulación de redes de drenaje urbano. Infoworks CS es el producto de la fusión de HydroWorks y de tecnologías de administración de datos en un ambiente SIG desarrollados exclusivamente por Wallingford Software. Este programa de modelación es compatible con ArcGIS y Autocad (Ilustración 2).

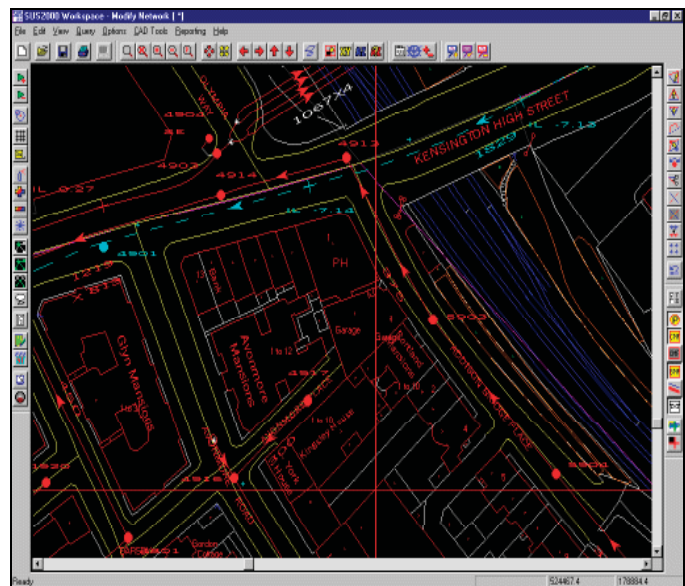


Ilustración 2. Interfase del Infoworks CS con autocad y SIG.

Aplicación del modelo de simulación hidráulica empleando la plataforma Infoworks WS

El modelo de simulación InfoWorks es uno de los programas de cómputo con mayor robustez en el mercado. Es por ello que la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de la ciudad de Chihuahua, solicitó al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua la construcción, calibración e implementación del modelo de simulación que considere la red de distribución de agua potable de la ciudad, incluyendo tuberías secundarias mayores a dos pulgadas de diámetro. Entre las principales aplicaciones del modelo de simulación, empleando como base la plataforma InfoWorks WS, destaca lo siguiente:

- Módulo de Análisis dinámico de la demanda de agua potable en periodos extendidos. El modelo dispone de la capacidad para simular la variación de las demandas según la presión en la red, además que favorece una adecuada modelación de las fugas y de su variación con la presión.
- Módulo de análisis dinámico de la calidad del agua. El programa incluye un módulo dinámico de calidad de agua. Además de los cálculos de concentración (conservativos y no conservativos), también contempla los cálculos de edad del agua y análisis de trazado del origen en redes. El módulo de calidad de aguas está completamente

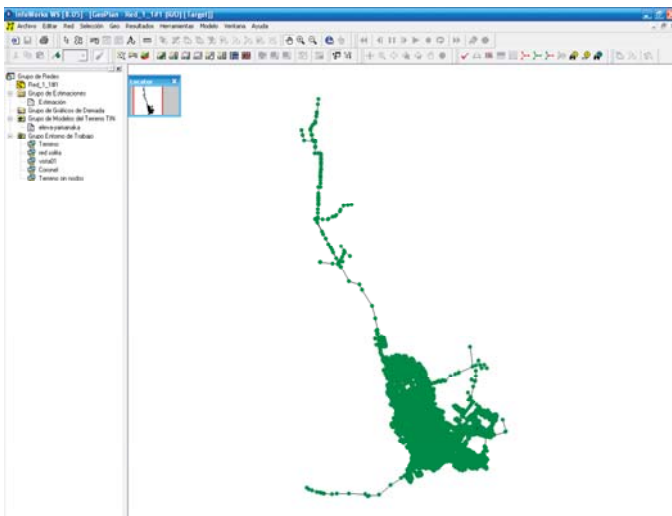


Ilustración 1 Introducción de planimetría al modelo de simulación en formato InfoWorks®.

integrado en el simulador hidráulico para mejorar la eficiencia y la velocidad de cálculo.

- Módulo de autocalibración. El software permite usar información grabada desde cualquier dispositivo de medida portátil común: Spectrascan, Radcom, Technology Wessex; o mediante el uso del SLI (Standard Logger Interface) que posibilita la importación de datos de mediciones definidos por el usuario. Lo anterior consiente la comparación de los resultados de la simulación del modelo y las medidas efectuadas en la red para llevar a cabo la autocalibración del modelo.
- Simulación en tiempo real a través del manejo de medición de gasto y presión por telemetría y SCADA. Esta situación se presenta en la ciudad de Chihuahua debido a que la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS), cuenta con un centro de control (telemetría), a partir del cual se operan tanques y pozos, así como la obtención del comportamiento hidráulico (nivel, presión, caudal) en distintos puntos de la red de distribución de la ciudad.
- Sistema de información geográfico, que facilita el manejo y captura de información de una manera más eficiente, por medio de bases de datos, lo que ayuda a disminuir los tiempos en la captura y análisis de la información, además hace factible la carga de archivos con diversos formatos como DWG, SHP, y DXF.
- Manejo de diversos escenarios bajo diferentes condiciones de simulación dentro de un mismo archivo lo que faculta la comparación de varios resultados al mismo tiempo.
- Interacción en el manejo de bases de datos en formato SQL entre otros, lo que crea las condiciones para hacer comparaciones entre diversas configuraciones de una red, manejar diversos comportamientos de demanda de agua potable y comparar resultados para diversos simulaciones.



- Simulación de los diferentes componentes de una red de distribución, como son: equipos de bombeo, tanques, reservorios, válvulas de diversos tipos, etcétera.
- Modelación del control de la red: el modelo incluye medios adecuados para la simulación de las estrategias de control de:

Bombes: según caudal bombeado en el tiempo, según el nivel en un depósito o la presión en un punto, según un cierto horario, etcétera.

Válvulas: reductoras de presión, sostenedoras de presión, reguladas según la presión en un punto o según el caudal en un punto, reguladas según un horario, etcétera.

Caudales excepcionales en un punto de la red.

Válvulas de flotador, de puntos de altura fija (embalses, etc.) o variable con el tiempo, de puntos de transferencia de caudal hacia la red o de extracción de caudal, etcétera.

- Módulo de control en tiempo real, para programar reglas complejas basadas en un control lógico para operación de equipos de bombeo y válvulas, con el fin de simular la automatización de dichos elementos.
- Comparación de datos simulados con el software y datos medidos en campo.
- Módulo de tarifas de energía eléctrica, para determinar los horarios de operación óptimos de los equipos de bombeo y reducir los costos de consumo de electricidad.
- Módulo de simulación de fugas, para estimar el impacto de las fugas en la variación de la presión y el gasto en la red de distribución.

Para el caso de estudio de la ciudad de Chihuahua, se revisaron las interconexiones de la red, así como la detección de posibles errores o inconsistencias en el plano otorgado por el organismo operador. La red de agua se conformó por 40,465 tramos y 35,829 nodos de los cuales 15,429 son nodos secundarios, esto es, que no incluyen una demanda establecida

o calculada. En cada tramo se tiene el diámetro, longitud y coeficiente de rugosidad.

Introducida la topología de la red de distribución en el modelo de simulación, compuesta por tramos y nodos, el siguiente paso es colocar la elevación correspondiente a cada uno de los nodos que componen la red. Para ello nuevamente con el apoyo del Departamento de Fotogrametría se obtuvo un plano con las curvas de nivel a cada cinco metros.

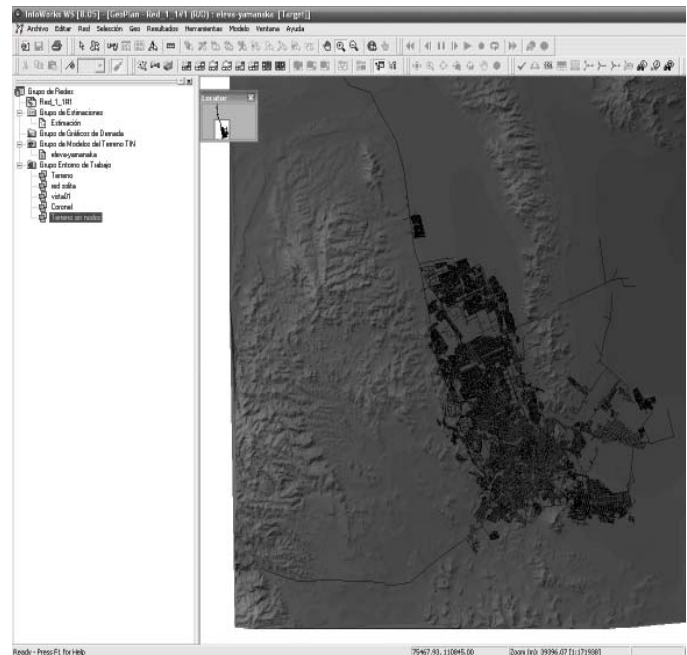


Ilustración 2 Modelo digital de elevaciones dentro del modelo de simulación en formato InfoWorks®.

Empleando los programas de cómputo ArcView® y GISRED® el plano con curvas de nivel se transformó en un archivo con formato TIN, el cual representa el modelo digital de elevaciones (MDE). A partir de ello se realiza la interpolación entre curvas y con ello el cálculo directo de la elevación en cada uno de los nodos.

En resumen, el modelo de simulación en formato InfoWorks integra las capacidades de un modelo tradicional (submodelo hidráulico y de calidad del agua) acoplado con las aplicaciones de los sistemas de información geográfica y otros, como en formato CAD. Finalmente, el modelo incorpora otras aplicaciones como el módulo de control en tiempo real y su compatibilidad con la información grabada desde cualquier dispositivo de medida portátil común.

Gilberto Borja Navarrete (1929-2007)

Con su participación en obras como el drenaje profundo de la Ciudad de México, la Ciudad Universitaria y el Metro, entre otras grandes construcciones, algunas de ellas hidráulicas, Gilberto Borja Navarrete es un ejemplo a seguir en la ingeniería nacional.

“La trayectoria y el impacto de los huracanes se pueden prever. Si se sabe cuáles zonas ataca, habría que hacer una verdadera planeación de las comunicaciones, las carreteras, la dotación del agua, los cauces de los ríos, para que cuando llegue un fenómeno al que uno viene observando de lejos, puedan salvarse vidas y muchas cosas. Deberíamos sentarnos a hacer las cosas mejor, planear y trabajar mejor”

El ingeniero Gilberto Borja Navarrete nació el primero de septiembre de 1929 en el barrio de Mixcoac de la ciudad de México; egresó de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, como ingeniero civil; se incorporó a los 21 años a la empresa Ingenieros Civiles Asociados, ICA, como ingeniero auxiliar; fue designado jefe de frente y jefe de obra, posiciones desde las cuales realizó varios trabajos de urbanización en la Ciudad de México. Ya con el cargo de superintendente y superintendente general, participó en la construcción de carreteras, puentes, distritos de riego, presas de almacenamiento, así como en los proyectos hidroeléctricos Río Cupatitzio, Cóbano y El Infiernillo, mismos que construyera ICA para las comisiones del Tepalcatepec, Río Balsas y Federal de Electricidad, respectivamente, en el estado de Michoacán.

En 1961 fue nombrado subgerente de ICA y, posteriormente, gerente de Equipos Nacionales, S.A., ENSA. A partir de 1964 inició su actividad industrial como subdirector y director general en las empresas de bienes de capital del Grupo ICA en Querétaro. Por su destacada actuación profesional, en 1974 ocupó el cargo de vicepresidente de Construcción, y a partir de 1977, vicepresidente ejecutivo. Desde 1984 y hasta diciembre de 1994 fungió como presidente del Consejo de Administración Común del Grupo ICA, fundado en 1947 y constituido por empresas dedicadas a la construcción,



Ingeniero Gilberto Borja Navarrete al ser condecorado con la Medalla Belisario Domínguez.

ingeniería, bienes de capital, turismo, auto partes, electrónica, minería y petroquímica.

De esta manera, fue relevante su participación en grandes obras y proyectos de infraestructura como presas de riego, hidroeléctricas, termoeléctricas, autopistas; puentes como los de Coatzacoalcos, Tampico, Metlac y Mezcala. Asimismo, trabajó en el tendido de vías férreas, en la construcción de puertos, ductos, oleoductos, poliductos, plataformas marinas, ingenios azucareros, siderúrgicas y plantas industriales y petroleras. También intervino en la edificación de la nucleoelectrica de Laguna Verde, así como en la apertura del puerto Calica, especializado en la explotación y exportación de roca caliza en Quintana Roo. Para la Ciudad de México, edificó unidades habitacionales, realizó trabajos de equipamiento urbano y participó, de manera destacada, en las obras del sistema de transporte colectivo, Metro, y en las del drenaje profundo.

Bajo su dirección ICA fue la primera empresa constructora latinoamericana que cotizó tanto en la Bolsa Mexicana de Valores como en la Bolsa de Nueva York (NYSE, por sus siglas en inglés) que es el mayor mercado de valores del mundo en volumen monetario y el primero en número de empresas adscritas.

Además el ingeniero Borja Navarrete fue consejero y asesor de bancos, fundaciones, patronatos, universidades y



canales de televisión, para mencionar apenas una mínima parte de sus actividades. También fue miembro de cámaras, comités, fundaciones, patronatos, e incluso entre sus aficiones perteneció a la Comisión Taurina del Distrito Federal.

Comprometido con la educación y el deporte, la UNAM siempre estuvo entre sus prioridades, por lo que, en aras de contribuir en su desarrollo, se desempeñó como presidente del Patronato Universitario y de los Pumas, su querido equipo de fútbol. De la misma manera perteneció a la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, A.C., SEFI, y participó en prácticamente todo aquello que requirió de su entusiasmo y liderazgo para construir y operar bibliotecas, proyectos editoriales y entidades de vanguardia, como el Centro Para la Innovación Tecnológica y el Centro de Docencia de la Facultad de Ingeniería que, ahora, lleva su nombre.

Siempre buscó reivindicar el ejercicio de la ingeniería, pero ante todo guardaba enorme gratitud por su alma máter, la cual —decía— “...me dio la oportunidad de conocer, la libertad de convivir con la diversidad social y cultural de México y de acercarme a los problemas de nuestro país”.

Sus participaciones gremiales no se limitaron a sociedades y uniones mexicanas, como la Academia de Ingeniería, sino que fue conocido y reconocido en diversos países europeos así como en toda América Latina, en donde se le distinguió con membrecías en prestigeadas asociaciones científicas y tecnológicas.

Tras su retiro de ICA, fue llamado al servicio público como director general de Nacional Financiera. También fue miembro de la Junta de Gobierno del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, presidente del Fondo Patrimonial del Colegio de México, presidente de la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P., vicepresidente del Consejo Nacional de Directores de la Cruz Roja Mexicana y del Consejo Nacional

Para Prevenir la Discriminación. Adicionalmente, sobresalieron su labor filantrópica en acciones relacionadas con la salud, el agua, las adicciones, así como su aportación en beneficio de la educación, la cultura, y su encomiable labor en apoyo de los institutos técnicos y científicos de nuestro país.

En reconocimiento a su destacada trayectoria profesional, recibió una serie de merecidos y significativos reconocimientos, entre los que destacan:

- **Valor Mexicano de la Ingeniería** por Fundación ICA. 9 de octubre de 2003.
- **Presea Adolfo López Mateos** por la Sociedad Mexicana de Ingenieros. 5 de noviembre de 2003.
- **Asesor del C. Presidente de la República para Proyectos Especiales** por el Presidente Ernesto Zedillo Ponce de León. 19 de diciembre de 1994.
- **Premio Nacional de Ingeniería Civil 2005** por el Colegio de Ingenieros Civiles de México. 1° de julio de 2005.
- **Medalla Belisario Domínguez** por el Senado de la República. 11 de octubre de 2005.

Durante este emotivo acto, le pidió al entonces presidente Vicente Fox usar a su “ejército” de ingenieros para construir todo aquello que el país necesite en los próximos 25 años: “Apóyelos, ayúdelos, crea en ellos (...) los ingenieros no sólo sabemos construir, también pensamos otras cosas, y también ayúdenos a que no nos vuelvan a descapitalizar”, dijo entonces en referencia al rescate carretero, pues estaba convencido que en ese quebranto “no falló la construcción ni la ingeniería; lo que falló fue la economía”.

Resumir la vida de un ser humano exitoso y emprendedor como Gilberto Borja Navarrete en unas cuantas líneas es tarea imposible. Si la grandeza de los hombres se dibujara por el número de retos llevados a buen puerto, el conocimiento, la disciplina, la pasión, se convertirían en factores matemáticos. Lo trascendente de todo lo que logró el Ingeniero Gilberto Borja Navarrete no cobra solamente sentido por el pasado, sino por todos los conocimientos y el prestigio que le legó a la ingeniería nacional.

Sea este un modesto homenaje a la memoria de tan ilustre y distinguido mexicano, el Ing. Gilberto Borja Navarrete.

Nota: Semblanza elaborada a partir de información que la Universidad Nacional Autónoma de México generó con motivo del Premio Nacional de Ingeniería Civil 2005 y complementada con una actualización documental llevada a cabo por la Fundación Gonzalo Río Arronte y el Consejo Editorial de la AMH.

Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP

Con sede en la ciudad de México pero con un ámbito de acción que abarca a todo el país, La Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP, FGRA, es una institución de asistencia privada sin fines de lucro y sin filiación de partido, raza o religión, fundada en el año 2000 con la finalidad social de otorgar donativos en efectivo o en especie a instituciones públicas y privadas que realizan proyectos de beneficio social en materia de salud, adicciones y agua, conforme a las políticas y reglas establecidas por su Patronato y sus comités técnicos. La Fundación nació gracias a la generosidad de Don Gonzalo Río Arronte, quien en 1993 ordenó, mediante testamento público abierto, crear a partir de su legado la institución que hoy lleva su nombre.

El Programa Agua de la FGRA tiene como finalidad incidir en la revalorización del agua a partir del apoyo a proyectos impulsados por organizaciones públicas o privadas que, con propósitos de beneficio social, desarrollen actividades de promoción de una cultura del agua, de cuidado de cuerpos, cauces y cuencas, de control-corrección u optimización del uso del agua, y en proyectos comunitarios de agua. La visión que orienta sus acciones es la de aspirar a un México sostenible en agua, es decir, una sociedad mexicana autosuficiente en agua como resultado de una nueva cultura y por ende nuevas actitudes, conscientes, informadas y responsables en torno al vital recurso.

En el Programa Agua de la FGRA, creemos que alcanzar la sostenibilidad de los recursos hídricos del país exige un manejo participativo de las cuencas con un enfoque ecosistémico¹ integral y una visión de largo plazo. Las cuencas hidrográficas constituyen los espacios más adecuados para dar sentido integral a la planeación, administración y manejo responsable del recurso agua y de los ecosistemas asociados. Es fundamental reconocer también que tan solo el agua que fluye dentro del ciclo hidrológico es renovable, de ahí que un manejo sostenible del recurso requiera de un manejo integral de los ecosistemas naturales donde dicho ciclo tiene lugar (empezando por la vegetación en las partes altas de una cuenca y a lo largo de su recorrido hasta su drenado, en humedales quizá, en su partes bajas).

Estamos convencidos que los valores del agua (de uso, de cambio, intrínsecos y potenciales) sobrepasan la importancia que actualmente le hemos reconocido. Debemos transitar a una nueva cultura del agua, de valoración integral del recurso por parte de todos los sectores de la sociedad. El Programa Agua de la FGRA tiene actualmente cuatro líneas estratégicas que se complementan:

- **CULTURA DEL AGUA:** Impulsar una nueva visión en torno a la gestión integral del recurso agua, reivindicando los valores e importancia de la misma en la vida y en la cultura nacionales. Propiciar el intercambio de experiencias e información entre grupos y organizaciones, así como la construcción de alianzas, sinergias y arreglos interinstitucionales para el desarrollo de proyectos.
- **GESTIÓN SUSTENTABLE DE CUERPOS, CAUCES Y CUENCAS:** Contribuir a consolidar o intensificar las acciones encaminadas a rescatar, rehabilitar y recuperar cuencas, cauces de ríos y cuerpos de agua. Impulsar tareas para manejar de manera sostenible los recursos hídricos. Los proyectos dentro de esta línea estratégica comprenden al menos tres elementos: a) protección

de las fuentes de agua (conservación de los recursos naturales), b) prácticas para la disminución del consumo y del desperdicio, así como abatir la degradación del agua (optimización del uso del agua) y c) mecanismos financieros para la continuidad en el tiempo del proyecto (sustentabilidad financiera).

- **TECNOLOGÍA: EFICIENCIA Y OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL AGUA:** Contribuir a aumentar nuestra comprensión y conocimiento en torno al uso eficiente del agua, promover la optimización del uso del agua así como las formas de protegerla, tratarla y conservarla a través de la promoción y aplicación de las mejores prácticas, conocimientos y tecnologías disponibles. En particular, fomentar la optimización del uso del agua en el sector agrícola.
- **AGUA PARA COMUNIDADES MARGINADAS:** Contribuir a que se desarrollen y mantengan prácticas de utilización integral participativa, equitativa y responsable del agua. Incluyendo esquemas de captación, conducción, almacenamiento, uso eficiente, reutilización, desinfección, procesos de tratamiento, saneamiento y disposición del agua. Apoyar el desarrollo de capacidades para la prevención, control, mitigación, adaptación y seguimiento de emergencias asociadas a los recursos hídricos en comunidades rurales.

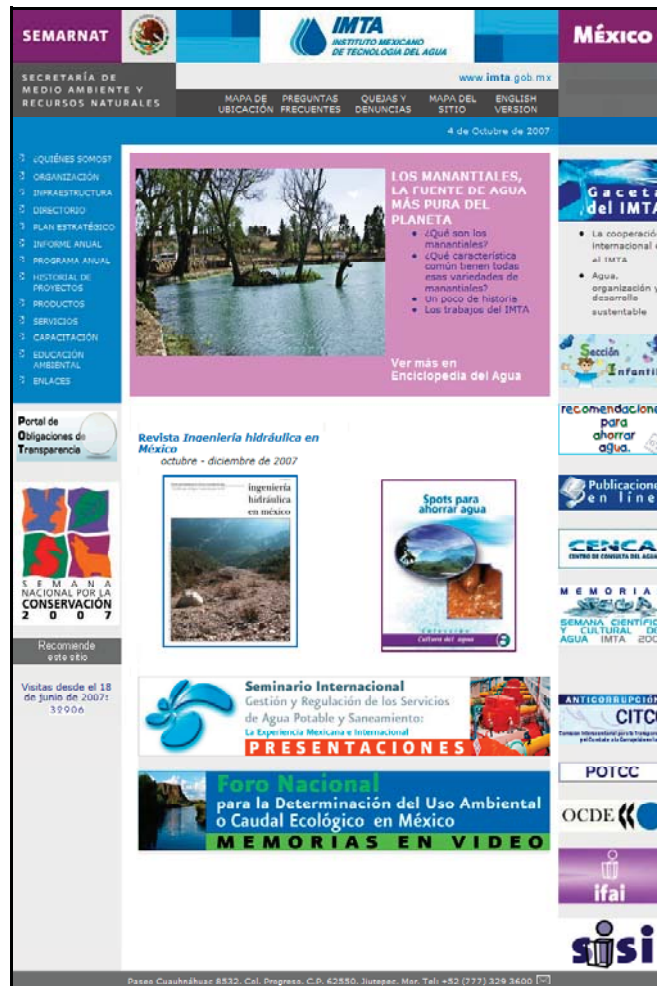
Actualmente, el Programa Agua de la FGRA cuenta con 11 proyectos vigentes y 4 por iniciar, cuya cobertura en algunos casos abarca todo el territorio nacional, mientras que otros comprenden las siguientes 18 entidades de la República Mexicana: Baja California Norte, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sonora, San Luis Potosí y Veracruz.

El 62% de los donativos otorgados por la FGRA han sido destinados a organizaciones no gubernamentales, seguido de un 19% a instituciones de gobierno, un 13% a la Academia y el 6% restante a organizaciones internacionales. Los proyectos tienen una duración que oscila entre los 12 y 36 meses (solo 16% de los proyectos duran más de tres años) El 80% de los recursos destinados a los proyectos en materia de agua financiados por la FGRA, son aportados por organizaciones contraparte. En el 61% de los proyectos apoyados se han realizado obras de toda índole.

Para este año la FGRA invitó a las asociaciones mexicanas legalmente constituidas a presentar propuestas de proyectos en la línea estratégica "Agua para comunidades marginadas". Aunque la vigencia de la convocatoria prescribió recientemente, vale la pena consultarla para analizar las características, condiciones y requisitos que se habrán de cumplir para solicitar apoyos en el futuro. Para ello visite el portal de la propia Fundación fundacion@fgra.org.mx o el del Centro Virtual de Información del Agua agua.org.mx en donde encontrará también una gran cantidad de información relacionada con el agua y que seguramente será de su interés.

¹ El enfoque ecosistémico es una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, promoviendo su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa donde se ponen al hombre y sus necesidades en el centro. Comprende 12 principios y es el esquema principal para la acción bajo el Convenio para la Diversidad Biológica (CDB) del cual nuestro país también es signatario.

Nuevo sitio web del IMTA



El sitio web del Instituto Mexicano de Tecnología del agua (IMTA) ha renovado su imagen en apego a los lineamientos de identidad gráfica que el Sistema de Internet de la Presidencia (SIP) ha emitido con el fin de homologar los sitios web de la Administración Pública Federal.

Al igual que la mayoría de las iniciativas gubernamentales, el IMTA comenzó incursionando en el ciberespacio mediante un sitio meramente presencial, dando cuenta de su organización, infraestructura y quehacer. Posteriormente, el sitio evolucionó para ofrecer al usuario mayor información sobre los programas y proyectos del Instituto, así como para dar cumplimiento a la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental.

Actualmente, la nueva estructura del sitio permite una mayor oferta de contenido e interactividad mediante ligas a microsítios, donde el usuario puede encontrar información útil y práctica, descargar archivos, hacer búsquedas bibliográficas, leer libros en línea y enterarse de eventos relacionados con el agua.

Una de las innovaciones es la inclusión de artículos sobre diversos temas relacionados con los recursos hídricos, que irán conformando una Enciclopedia del agua. Asimismo, se irán integrando videos sobre diferentes aspectos de la gestión del recurso; la sección se ha iniciado con una serie de spots para ahorrar agua. Además, atendiendo al compromiso establecido en diversos foros internacionales, el sitio ofrece una nueva sección infantil interactiva donde



Enciclopedia del agua

LOS MANANTIALES, LA FUENTE DE AGUA MÁS PURA DEL PLANETA

¿Qué son los manantiales?

En términos generales, puede decirse que son nacimientos o brotes naturales de aguas subterráneas. Más precisamente, se trata de puntos o zonas de un terreno en los que una cantidad apreciable de agua fluye a la superficie de modo natural, procedente de un acuífero o depósito subterráneo. O sea que son vertedores o desagües por los que emerge la recarga recibida por el acuífero que se encuentra bajo ellos.



Spots para ahorrar agua

La diversión de otros



xico.

es partes más
erficie de los
a a cursos de

los niños aprenden divirtiéndose y se divierten aprendiendo sobre el agua. Se trata de un módulo interactivo en el que se explica de manera gráfica, sencilla y clara el ciclo del agua; se ofrecen 8 experimentos que los niños pueden realizar en su casa o escuela, y se instruye sobre los diferentes cuerpos de agua.

Consciente de que internet es la gran herramienta de comunicación de nuestros tiempos, el IMTA da, mediante la renovación gráfica de su sitio, el primer paso de partida hacia un proyecto más ambicioso, a fin de cumplir de manera cada vez más eficiente su misión social de diseminar conocimiento para el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos del país.

Como parte de la atención que se ha dado a los lineamientos gubernamentales, la dirección del sitio incorpora ahora la extensión “.gov” que nos identifica como parte del gobierno. Visítenos en www.imta.gob.mx.





32 años
en el mundo
de la
CONSTRUCCIÓN

ISO 9001:2000



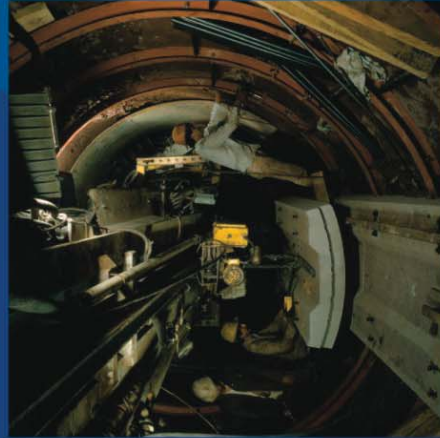
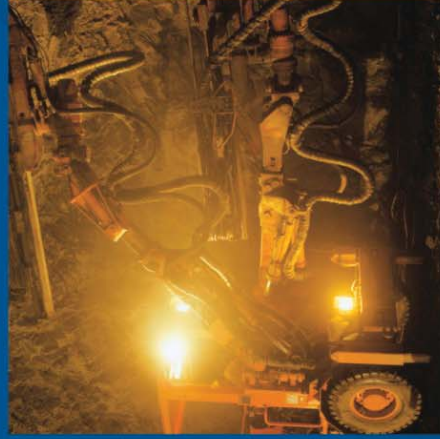
Construcciones y Trituraciones S.A. de C.V.
Canadá # 110

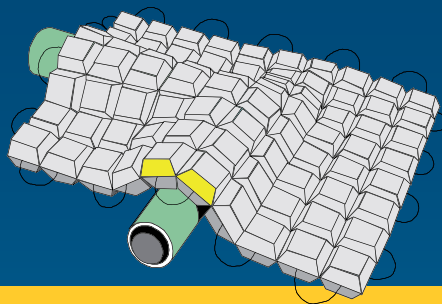
México, D.F. 04040

Tel.: 52 (55) 5544 5200

Fax: 52 (55) 5549 8124

www.cotrisa.com.mx





Tapetes flexibles de concreto **SUBMAR-ELHER**
La única respuesta que Usted y su inversión necesitan

SUBMARELHER

Control de Erosión – Protección de Ductos
Tapetes flexibles de concreto

Son de
rápida instalación

Detienen
la erosión

Son
reutilizables

Vida útil superior
a los 20 años

Completamente
ecológicos



EN CONCRETO
SOMOS LA RESPUESTA
A SU PROBLEMA DE EROSION

01800-0120277

erosion@grupoelher.com

Distrito Federal

Tel. (55) 5396-0651
Fax: (55) 5396-0691

Coatzacoalcos

Tel. / Fax:
(921) 2158-017
(921) 2158-018

www.grupoelher.com