

TLALOC

TLALOC-AMH. Órgano informativo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH • enero-abril, 1998 • Año V • No. 11

- **Ingeniero Francisco Torres Herrera
in memoriam
(1917-1997)**
- **El paso del huracán Pauline por Acapulco**
- **Inundaciones:
La otra cara de la moneda**



Montgomery Watson y México

Una Visión Conjunta al Futuro del Medio Ambiente

Montgomery Watson ha puesto a prueba su tradición de excelencia y empeño valiéndose del conocimiento de la nueva tecnología y de una visión del futuro de la industria.

Nuestro trabajo en México ilustra esta mezcla de tradición e innovación. La cuna de nuestras más antiguas y adelantadas civilizaciones es hoy día sede de la creciente población de México y de sus rápidos adelantos tecnológicos y sociales.

Es un honor, usando nuestro conocimiento y empeño, el poder traer la tecnología de Montgomery Watson a nuestros clientes de México. Nuestra experiencia y labor se concentra en los elementos esenciales de la vida - el agua y el medio ambiente.

Montgomery Watson está comprometida a compartir el conocimiento y la experiencia que hemos adquirido en nuestros proyectos alrededor del mundo con todos nuestros clientes. En cada uno de nuestros proyectos hemos adaptado ideas que reflejan la diversidad cultural de cada lugar. El contar con una experiencia tanto mundial como local nos ha permitido suministrar tecnologías de punta a todos nuestros clientes.



Administración, Ingeniería y Tecnología del Medio Ambiente



MONTGOMERY WATSON
México, S.A. de C.V.

Al Servicio De Las Necesidades Ambientales Del Mundo

Av. Insurgentes Sur 800, Piso 10
Colonia del Valle
03100, México, D.F.
Tel: (5) 543-0404
Fax: (5) 543-9967



TLALOC

TLALOC-AMH. Órgano informativo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH

Año V, Núm. 11, enero-abril 1998

XXIII CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE: César Herrera Toledo
VICEPRESIDENTE: Jesús Campos López
TESORERO: Héctor Merino Guevara
SECRETARIO: Julio Acosta Rodríguez
SECRETARIO DESIGNADO: Gustavo Paz Soldán Córdova
VOCALES: Francisco Javier Aparicio Mijares, Óscar Hernández

CONSEJO EDITORIAL

DIRECTOR: César Herrera Toledo
MIEMBROS: Felipe Arreguín Cortés, Moisés Berezowsky, Daniel Campos Aranda, Jaime Collado, Rubén Chávez Guillén, Óscar Fuentes Mariles, Humberto Marengo, Franz Rojas, María Rosa Sauri Riancho, Gilberto Sotelo Ávila, Rolando Springall

COMITÉ EDITORIAL

EDITOR: Polioptro Martínez Austria

COORDINADORES DE SECCIÓN:

Interiores: Gustavo Paz Soldán Córdova

Contextos: Leonor Pintado

Artículos técnicos: Nahun Hamed García Villanueva

POLÍTICA EDITORIAL

TLALOC-AMH es una revista destinada a servir a a los socios de la AMH, y en general a la comunidad involucrada con el agua en México, mediante la publicación de información relacionada con la AMH así como con temas de interés para el sector. En ella se podrán expresar opiniones y divulgar todo tipo de conocimientos vinculados con el agua. Además, se constituye en un medio para cultivar y estrechar aún más los lazos entre colegas y establecer una participación cada vez más entusiasta y comprometida con la sociedad y con la Asociación Mexicana de Hidráulica.

AUTORES: Las páginas de la revista estarán abiertas, tanto a los miembros de la AMH como a todas aquellas personas interesadas en la temática de la especialidad, independientemente de su formación académica, nacionalidad y lugar de trabajo.

CALIDAD: El Comité editorial evaluará los textos y aquellos que apruebe para su publicación se afinarán, de común acuerdo con el autor, en cuanto a su redacción y contenido.

TLALOC-AMH es una publicación cuatrimestral de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH. Camino Santa Teresa 187. Colonia Parques del Pedregal. C.P. 14010, México. D. F. Certificado de licitud de título Núm. 8279 y de contenido Núm. 5828. Reserva de derechos de autor Núm. 003525/94. Página Web: <http://atl.imta.mx/~amh/>
 Correo electrónico: amh@atl.imta.mx
 El tiraje es de 2000 ejemplares, incluyendo los de reposición. Diseño, originales, negativos e impresión: *Impresión y Diseño*. Avenida Río Churubusco Núm. 2005, Lote 15, Manzana 19. Colonia Rodeo, México, D.F.

Congresos Latinoamericano y Nacional de Hidráulica 2

Editorial 3

Interiores

Ingeniero Francisco Torres Herrera
in memoriam
 (1917-1997) 4

Curso-taller: Programas de cómputo para el análisis de flujo transitorio en conductos a presión y para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado 7

Primera reunión del Comité Editorial 7

II Consejo Directivo de la AMH en Aguascalientes 8

Reunión del XXIII Consejo Directivo con el gobernador de Oaxaca 9

Contextos

El paso del huracán Pauline por Acapulco
Leonor Pintado 11

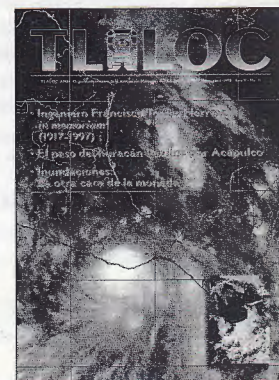
Artículos técnicos

Inundaciones: la otra cara de la moneda
Javier Aparicio 15

La seguridad sísmica de las presas en México
Raúl Flores Berrones
Xiangyue Li Liu
Venancio Trueba
Javier Avilés 21

La normalización hidráulica, pilar en el desarrollo sustentable
Franz Rojas Ortuste 28

Agenda 32



Portada:
 Imagen del huracán Pauline captada por el satélite GOES (cortesía del Servicio Meteorológico Nacional). En el recuadro se aprecia un aspecto de la magnitud de los daños que el fenómeno causó en Acapulco.



La sección latinoamericana de la
ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE
INVESTIGACIONES HIDRÁULICAS
y el

XXIII CONSEJO DIRECTIVO DE LA
ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA



invitan

a todos los ingenieros, especialistas, investigadores y público en general relacionados con la hidráulica
a participar en las reuniones siguientes:

XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica

y

XV Congreso Nacional de Hidráulica

que se realizarán simultáneamente del 13 al 16 de octubre de 1998
en la ciudad de Oaxaca, Oax., México

PONENCIAS CONGRESO LATINOAMERICANO

Se aceptarán trabajos originales en los siguientes temas:

- Mecánica de fluidos e hidráulica fundamental
- Hidrología superficial y subterránea
- Planificación de recursos hidráulicos
- Hidromecánica
- Hidráulica ambiental

Los trabajos deberán presentarse en original y dos copias conforme al siguiente formato:

- 10 páginas máximo, incluyendo figuras, fotografías y referencias.
- Tamaño carta (21.5 x 28 cm).
- Texto en procesador de palabras a espacio simple.
- Máximo cincuenta líneas por página.
- Márgenes laterales de 25 mm, superior e inferior de 30 milímetros.

En la primera página (dejar cinco líneas en blanco en la parte superior) se indicará el título de la ponencia, y los nombres del autor o autores, de la institución en que trabaja y el país de origen.

Abajo, en la misma página, se presentará un resumen en español o portugués y su traducción al inglés o al francés.

Se aceptan trabajos en español y portugués.

Se aceptará un máximo de tres artículos por autor.

Los trabajos deberán enviarse a más tardar el 15 de junio de 1998 al coordinador general del Congreso Latinoamericano.

Dr. Carlos Cruickshank.
Instituto de Ingeniería, UNAM.
Sección Hidráulica
Ciudad Universitaria
C.P. 04510 México, D.F.
Tel. (5) 622-33-25 y 26
email: ccv@pumas.iingen.unam.mx

PONENCIAS CONGRESO NACIONAL

Se aceptarán trabajos originales en materias relacionadas con:

Diseño, conservación y operación de infraestructura hidráulica; hidrología y diseño hidrológico, planeación y gestión del agua, agua y medio ambiente, hidráulica fluvial, hidráulica computacional, hidráulica experimental, enseñanza de la hidráulica y participación social en la gestión del agua. Las ponencias deberán tener las siguientes características:

- Enviar el texto en un disquete de tres y media pulgadas, en los programas *Word* o *Word Perfect* para *Windows*, junto con un original (listo para impresión) y dos copias, en papel bond tamaño carta.
- Utilizar letra *Courier* en 10 puntos con interlineado sencillo.
- El texto deberá respetar los siguientes márgenes: 2.5 cm a la derecha y a la izquierda y 3 cm en los extremos superior e inferior.
- El original debe tener un máximo de seis cuartillas, numeradas al centro en la parte inferior, impresas de un solo lado; incluyendo figuras, tablas, ecuaciones, fotografías y un resumen de trecientas palabras máximo.
- Después del título se deben indicar los nombres del autor, de la institución en que trabaja y del tema en el que desea participar.
- La primera página contendrá un resumen del trabajo.

Los trabajos deberán enviarse a más tardar el 15 de junio de 1998 al director técnico del Congreso Nacional.

Dr. Felipe Arreguín Cortés
Tel. y Fax (73) 19 43 81
E-mail: arreguin@tlaloc.imta.mx

CURSOS PRECONGRESO: La semana previa al Congreso se realizarán cursos cortos, cuyos temas y fechas se pueden consultar en la pág. 32 y los expositores y costos se anunciarán en el siguiente boletín.

EXPOSICIÓN: Durante los días del congreso se montará la tradicional exposición de productos y servicios de empresas del sector hidráulico, nacionales e internacionales.

E

l comportamiento del agua, muchas veces impredecible, en ocasiones causa graves daños que, desgraciadamente, resultan irreparables cuando se trata de vidas humanas. Los huracanes como el Pauline, que azotó las costas de Oaxaca y Guerrero el pasado mes de octubre, nos han obligado a reflexionar acerca de la importancia que reviste el conocimiento de las diversas ramas de la hidráulica y de la hidrología para pronosticar, estudiar, proyectar y construir las obras adecuadas para el control de los efectos perniciosos que el agua en exceso pueda ocasionar.

La Asociación Mexicana de Hidráulica, partícipe de la inquietud antes apuntada, colabora con la sociedad civil y el sector mediante diversas acciones. Entre ellas, destaca la organización de cursos de actualización como el de hidrología urbana, realizado del 11 al 13 de febrero, donde expertos nacionales disertaron acerca del diseño y la revisión de drenajes pluviales. Como conclusión práctica del curso, se exhibieron en un panel las secuelas y sus causas, que el huracán Pauline dejó a su paso, así como las medidas que deben adoptarse para que la magnitud de los daños no se repita.

Por otra parte, quiero extender una atenta invitación a los agremiados y, en general, a las personas interesadas en compartir sus conocimientos y experiencias sobre el agua, para que participen activamente en nuestro próximo Congreso, mediante propuestas relacionadas con cualquiera de los temas que se anotan en la convocatoria publicada en estas mismas páginas. Estoy seguro de contar con su colaboración, que mucho aprecio, ya que lo más valioso de estas reuniones se encuentra en las aportaciones técnicas que permitan a la sociedad enfrentar con éxito la problemática que representa el manejo y el aprovechamiento sustentable del agua, así como su comportamiento... en ocasiones impredecible.

Presidente del XXIII Consejo Directivo, AMH

CÉSAR HERRERA TOLEDO

INGENIERO FRANCISCO TORRES HERRERA

In memoriam (1917-1997)

El 16 de mayo de 1917, en Zamora, Michoacán, nació Francisco el segundo de seis hijos del matrimonio entre Aurelio Torres Ruiz e Isabel Herrera Mendoza, oriundos de esa misma ciudad.

Al niño Francisco Torres Herrera le tocó vivir la Revolución, de manera que sus estudios los realizó en diversas ciudades: parte de la primaria en Zamora de donde la familia, que por cierto gozaba de una posición acomodada, se vió forzada a emigrar por vicisitudes de la época; terminó la primaria en el Distrito Federal; cursó la secundaria en Guadalajara y la preparatoria, de regreso al Distrito Federal, en la Escuela de Ingenieros Municipales (incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM y ubicada en la colonia de Los Doctores), donde en 1940 eligió estudiar tres años por la comodidad del horario, ya que se vio en la necesidad de trabajar desde los 12 años. En los tiempos libres paulatinamente avanzaba en los estudios, aunque comprendía que debía ingresar a la UNAM y cursar la carrera de Ingeniería Civil que le permitiera tener un mejor porvenir.

En la universidad, como alumno

En 1944 el ingeniero Torres Herrera decidió continuar sus estudios en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde se graduó de ingeniero civil en 1947 con una tesis sobre el diseño de la estructura del puente-canal de San Miguel, del Sistema Cutzamala, que tiene 2.84 m de diámetro y 81 m de longitud, soportados por dos caballetes que permiten un claro central de 40 m. Cabe señalar que dicho puente-canal, en su época, fue el segundo más grande del mundo. Esto lo contaba el ingeniero Torres Herrera con orgullo, tanto por la importancia de esta obra, como por su magnitud y tamaño poco usuales. El más grande se localizaba en el estado de Wyoming, en los Estados Unidos de América.

Además, en la Facultad y en el Instituto de Ingeniería de la UNAM cursó estudios previos al posgrado, que entonces se denominaban materias especiales, indispensables para cursar el doctorado. Desafortunadamente una afección en la vista, que padeció desde la niñez, se lo impidió.

También, en sus tiempos libres, estudió algunas materias como Filosofía,



En 1958 el ingeniero Torres Herrera fue comisionado para realizar un viaje de estudios por distintas ciudades de Francia, Italia y Suiza.

Geopolítica, Ética y Estética en la Facultad de Filosofía y Letras. Fue alumno del filósofo español José Gaos.

Obras hidráulicas

Su primer trabajo como ingeniero fue en 1943, en la casa de Bertran Cusiné S.A, como calculista de estructuras de concreto, actividad que, por cierto, tenía poco que ver con la ingeniería municipal.

En 1944 el ingeniero Torres Herrera ingresó a la Comisión Federal de Electricidad, CFE, donde permaneció 14 años durante los que desarrolló una gran parte de su actividad profesional y se formó como ingeniero civil.

Siendo todavía pasante de Ingeniería Civil, le encomendaron el diseño de una planta hidroeléctrica, lo que significó un reto muy especial que le obligó a estudiar de una forma extraordinaria, ya que bajo sus órdenes colaboraron ingenieros recibidos, calculistas, pasantes y dibujantes, entre otro personal especializado.

No obstante que la planta era pequeña, como el ingeniero Torres Herrera lo mencionaba con modestia, de todas maneras la responsabilidad la percibió muy grande.

En 1946, la Comisión lo envió tres meses a los Estados Unidos de América para realizar una práctica sobre diseño de estructuras hidráulicas en el Departamento de Estructuras del Buró de Reclamaciones, del Departamento del Interior, en la ciudad de Denver, Colorado. Estudió compuertas y obras de toma; los sábados y domingos efectuó visitas técnicas a obras hidroeléctricas en diferentes estados de la Unión Americana. Hasta

1948 fungió como proyectista de estructuras hidráulicas.

Después, ocupó la jefatura de la Oficina de Proyectos y, en 1947, la de la Oficina de Estudios Civiles. En ésta última, su actividad consistió en recorrer toda la República Mexicana, ya fuera a caballo, en helicóptero o en avioneta, para explorar los desniveles de los ríos, conocer sus gastos y su potencial hidroeléctrico mediante estaciones de aforo. Con base en esos estudios se llevó a cabo una primera evaluación de la potencialidad hidroeléctrica del país.

En 1958, aprovechando un congreso de ingeniería civil organizado en París, la CFE y el Colegio de Ingenieros Civiles lo comisionaron para realizar durante tres meses un viaje de estudios por distintas ciudades de Francia, Italia y Suiza, en donde realizó visitas técnicas, principalmente a plantas hidroeléctricas que tuvieran cortina en arco —en ese tiempo la CFE tenía inquietud por ese tipo de cortinas— así como a los principales laboratorios de ingeniería experimental. Además, de 1947 a 1961 ocupó la dirección técnica de la Constructora Civil y Eléctrica S.A.

Trayectoria docente

En 1947 el ingeniero Torres Herrera al asumir la cátedra de la materia Concreto y Estructuras Hiperestáticas en la Escuela de Ingenieros Municipales, también inició una larga y brillante carrera como profesor.

“Parece mentira —solía comentar el ingeniero Torres Herrera— pero de los años dedicados a la docencia, cuarenta de ellos en la UNAM, los que más satisfacción me dejaron fueron los primeros.”

En 1953 fue catedrático en la Facultad de Ingeniería de la UNAM de las materias Hidráulica y Obras Hidráulicas a las que ingresó como ayudante del ingeniero Mariano Hernández.



El ingeniero Torres Herrera se graduó de ingeniero civil con una tesis sobre el diseño de la estructura del puente-canal de San Miguel del sistema Cutzamala. En su época el segundo más grande del mundo.

En 1958 dictó la cátedra Obras Hidráulicas, en la carrera de Ingeniería de la Universidad Iberoamericana.

De 1961 a 1967 otra escuela de ingeniería, en esta ocasión la de la Universidad Autónoma del Estado de México, recibió sus servicios como maestro de Hidráulica General y Obras Hidráulicas.

De 1968 a 1983, dio cátedra de Recursos y Necesidades de México en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, y en ese mismo lugar, de 1973 hasta la primera mitad de los años noventa, fungió como catedrático de Presas de Almacenamiento y Derivación; impartió cátedra de Sistemas Hidráulicos en 1974, y de ese mismo año a 1975 laboró como asesor de Ingeniería Hidráulica en sistemas de la universidad abierta. Durante su larga y brillante trayectoria como maestro dirigió más de cien trabajos de tesis.

De 1980 a 1986, se desarrolló como asesor técnico de la Comisión Internacional de Límites y Aguas en-

tre México y los Estados Unidos de América.

Un libro, artículos y conferencias

Ante la falta de material de consulta, en 1972 el director de la Facultad de Ingeniería de la UNAM solicitó al ingeniero Torres Herrera, entre otros profesores, su apoyo para desarrollar uno de los capítulos que integrarían el libro de apuntes para la clase de Obras Hidráulicas.

Después de algún tiempo, por razones que a todos convinieron, el ingeniero Torres Herrera se hizo cargo del libro completo, mismo que terminó de escribir siete años más tarde basándose en apuntes de clases.

Los primeros ejemplares, a cargo de la Editorial Limusa, aparecieron publicados en 1980, con el título *Obras hidráulicas*. Este trabajo se utiliza en casi todas las universidades del país como libro de texto. “Aunque mis amigos —solía platicar el ingeniero



En mayo de 1990 el ingeniero Torres Herrera realizó una visita técnica, como especialista del Consultivo Técnico del IMTA a la presa Canoas en Durango.

Torres Herrera— y muchos ingenieros saben que existe el libro, el nombre de su autor es poco reconocible porque en la portada se lee 'F. Torres Herrera' y no 'Torres H.' como nos conocen en la familia a mis hermanos y a mí."

Desde 1967 publica numerosos artículos en las revistas Ingeniería Hidráulica en México, Revista Mexicana de la Construcción y la Revista de Ingeniería.

A partir de 1955 participa como conferencista en diversos congresos, en reuniones técnicas organizadas por la propia CFE, la Facultad de Ingeniería, el Colegio de Ingenieros Civiles, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Asociación Mexicana de Hidráulica.

Miembro fundador de la Asociación Mexicana de Hidráulica

En la década de los años sesenta participó en la fundación de la Asocia-

ción Mexicana de Hidráulica, AMH, que se formó gracias a la iniciativa y entusiasta colaboración de un grupo de ingenieros dedicados a la hidráulica provenientes de diversas instituciones como la CFE, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Facultad de Ingeniería y el Instituto de Ingeniería de la UNAM, así como el Instituto Politécnico Nacional.

Perteneció, además, a la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, al Colegio de Ingenieros Civiles de México, a la *American Society of Civil Engineers* y a la Sociedad Mexicana de Mecánica de Rocas.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Comisión Nacional del Agua

En 1961 don Antonio Coria, a la postre jefe del Consultivo Técnico de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, invitó al que fuera su alumno a for-

mar parte de esa oficina, que en 1986 pasó al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA. En el Consultivo Técnico, que actualmente se ubica en la Comisión Nacional del Agua, CNA, el ingeniero Torres Herrera culminó el 10. de noviembre de 1997 una ejemplar trayectoria de trabajo y dedicación en favor del desarrollo de la hidráulica en México. "Desde que entré a esta oficina —mencionó en alguna ocasión el ingeniero Torres Herrera— el trabajo en el campo fue mucho más tranquilo. Uno va normalmente a visitar obras o sitios de obras donde ya hay caminos, han estado las brigadas, etc. y la seguridad es bastante mayor comparada con la de las condiciones en que había trabajado anteriormente."

Descanse en paz Don Francisco Torres Herrera: brillante ingeniero, hombre de principios y gran mexicano.

Agradecimiento:

Al señor Fernando Mario Torres, hijo del Ingeniero Francisco Torres Herrera, por sus valiosos comentarios y por habernos facilitado las fotografías que ilustran este modesto homenaje.



El 10. de noviembre de 1997 el ingeniero Francisco Torres Herrera culminó una vida ejemplar como padre de familia y una brillante trayectoria de trabajo técnico y docente en favor de la hidráulica mexicana.

CURSO-TALLER: PROGRAMAS DE CÓMPUTO PARA EL ANÁLISIS DE FLUJO TRANSITORIO EN CONDUCTOS A PRESIÓN Y PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

La Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH, organizó, hacia finales del año pasado, el curso-taller *Programas de cómputo para el análisis de flujo transitorio en conductos a presión y para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado* durante el cual, además, se llevó a cabo un intercambio de experiencias, entre los ingenieros que atienden la problemática de los fenómenos hidráulicos en el país, relacionado con las herramientas computacionales desarrolladas por diversas instituciones y empresas de servicio.

La finalidad del curso-taller fue la de fortalecer el uso de programas de cómputo aplicados al análisis estático y dinámico de las redes de agua; con ellos se realizarán con mayor calidad, oportunidad y precisión estudios de ampliación, rehabilitación, optimiza-

ción del diseño de diámetros, estimación de costos. También se podrán elaborar planos de proyecto, estudiar fenómenos transitorios y sistemas de alcantarillado.

Como parte del curso-taller, que se realizó en el Colegio de Ingenieros Civiles de la Ciudad de México, se presentaron experiencias de especialistas de la Comisión Nacional del Agua y de la Comisión Federal de Electricidad, CFE, de empresas del sector privado, del Instituto de Ingeniería de la UNAM, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, y de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Se contó con la participación de 23 especialistas de diversas instituciones entre ellas la CFE, la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlán, el Sistema de Agua Potable y Alcantarilla-

do del estado de Tabasco, el Organismo de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Metepec, del IMTA y de empresas de la iniciativa privada.

Como complemento a este curso –inaugurado y clausurado por el ingeniero César Herrera Toledo, presidente del XXIII Consejo Directivo de la AMH– se montó una exposición de los programas de cómputo, tema de esta reunión, y se organizó el panel *El agua potable en México*, donde se abordaron la problemática general del agua en nuestro país y las acciones administrativas y de planeación de los recursos hidráulicos que realizan el Gobierno Federal, los organismos operadores de agua potable y saneamiento, las instituciones de investigación y desarrollo tecnológico y la iniciativa privada.

PRIMERA REUNIÓN DEL COMITÉ EDITORIAL

El 19 de diciembre de 1997 se llevó a cabo la primera reunión del comité editorial de *Tlaloc-AMH* con la participación en pleno de sus miembros (ver página 1).

Durante el evento se analizó el contenido y la forma del número correspondiente al cuatrimestre septiembre-diciembre de 1997, se presentó a la consideración del comité editorial el contenido del primer número de 1998,

y se formularon algunas sugerencias y comentarios para mejorar la publicación.

Entre otras acciones, se acordó brindar un mayor impulso a la comercialización de la revista y adoptar un formato que tienda más hacia la divulgación de conocimientos prácticos, útiles y de aplicación inmediata, con el fin de que *Tlaloc-AMH* cumpla con su compromiso social e informa-

tivo con el sector agua y despierte un mayor interés entre los lectores.

Aprovechamos esta ocasión para invitarles a participar en la elaboración de *Tlaloc-AMH* enviando por escrito tanto artículos para sus diferentes secciones (interiores, contextos y artículos técnicos), así como propuestas para mejorar nuestra publicación. Ver *Guía para autores* en la página 20.

II CONSEJO DIRECTIVO DE LA AMH EN AGUASCALIENTES

El ingeniero Jesús Campos López, vicepresidente del XXIII Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, tomó protesta al II Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH sección Aguascalientes, que preside el ingeniero Roberto Cortés Ocampo. El acto se realizó en el auditorio de la Unidad de Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma de Aguascalientes el 9 de diciembre de 1997.

Durante su participación, el ingeniero Campos trató el problema de la escasez del recurso agua en la entidad e invitó a los integrantes de la nueva directiva para que aprovechen la oportunidad de sumarse al reto que implica lograr el equilibrio entre la disponibilidad y la demanda que debe guardar el vital líquido y asegurar el desarrollo sustentable de las actividades productivas y el bienestar de la población.

Por su parte, el ingeniero Martín Molina Ochoa, presidente saliente, destacó la importancia de la AMH, en su carácter de asociación civil, en la solución de los problemas relacionados con el agua y exhortó a la nueva directiva para que se constituya en un verdadero apoyo para la sociedad.

En el evento, presidido por el licenciado Felipe Martínez Rizo, rector de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, participaron el ingeniero Jesús Campos López; el licenciado Ramón Benítez Galarza, gerente de financiamiento de la Comi-

sión Nacional del Agua y los ingenieros Víctor Manuel Tavares Díaz de León, secretario de Obras Públicas del Estado; Humberto Blancarte Alvarado, director de CAASA; Manuel Reed Segovia, Director de CCAPAMA y Martín Molina Ochoa.



El reto para la nueva directiva de la AMH en Aguascalientes es constituirse en un verdadero apoyo para la sociedad.

II Consejo Directivo de la AMH en Aguascalientes

Presidente
Vicepresidente
I Secretario
II Secretario
Tesorero
I Vocal
II Vocal

Ing. Roberto Cortés Ocampo
Ing. Pedro de J. Toledo Echegaray
Ing. Arturo Rodríguez Villalobos
Ing. Felipe Huizar Botello
Lic. Verónica Ramírez Luna
Ing. José Luis Gállegos García
Ing. Ubaldo Muñoz López

CNA
CEAPA
CNA
CCAPAMA
CNA
CEAPA
CNA

REUNIÓN DEL XXIII CONSEJO DIRECTIVO CON EL GOBERNADOR DE OAXACA

El ingeniero César Herrera Toledo, presidente del XXIII Consejo Directivo, visitó al licenciado Diódoro Carrasco, gobernador de Oaxaca el jueves 22 de enero. Lo acompañaron los ingenieros Jesús Campos, Julián Rubén Ríos Ángeles y los doctores Carlos Cruickshank y Gustavo Paz Soldán, miembros del Comité Organizador del XV Congreso Nacional de Hidráulica, que preside el propio ingeniero Herrera, y del XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica que coordina el doctor Cruickshank.

El ingeniero Herrera realizó una presentación de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH, ante el licenciado Carrasco y autoridades de Oaxaca y entregó al Gobernador un ejemplar de la revista *Tlaloc*. Por otra parte le expuso los objetivos de los congresos que está organizando la Asociación Mexicana de Hidráulica y le mencionó que en esta ocasión la AMH organizará conjuntamente con su XV Congreso Nacional, el XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, por lo que solicitó la hospitalidad

de los oaxaqueños para realizar estos importantes eventos en su ciudad capital del 6 al 10 de octubre del presente año. Finalmente, le propuso formar parte del comité honorario de los congresos e inaugurar los eventos.

El Gobernador de Oaxaca ofreció el apoyo de la administración a su cargo y, por lo pronto, instruyó como enlaces con la AMH al ingeniero Rubén Darío y al licenciado Jorge Castillo, director general del Instituto del Agua y director de Relaciones Públicas de la entidad, respectivamente.



El licenciado Diódoro Carrasco, gobernador del estado de Oaxaca (derecha), ofreció todo su apoyo al XXIII Consejo Directivo de la AMH, que preside el ingeniero César Herrera Toledo (centro), para que se realicen en la ciudad de Oaxaca los próximos congresos Nacional y Latinoamericano de Hidráulica, este último coordinado por el doctor Carlos Cruickshank (izquierda).

VISITE LA PÁGINA WEB DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA

Manténgase informado oportunamente acerca de las actividades y noticias relacionadas con la Asociación Mexicana de Hidráulica en:

<http://atl.imta.mx/~amh/>

- Cursos
- Congresos
- Publicaciones
- Conferencias
- Inscripciones
- Convocatorias



Tecnología IMTA

ERIC (Extractor rápido de información climatológica)



VARIABLES CLIMATOLÓGICAS EN 5,000 ESTACIONES DEL PAÍS:

- Precipitación
- Temperatura
- Evaporación
- Cobertura del cielo
- Tormentas eléctricas
- Granizo

Permite el acceso rápido y eficiente a la información climatológica que se almacena en la base de datos Clicom, que opera el Servicio Meteorológico Nacional. Contiene 300 millones de mediciones en superficie durante el intervalo 1920-1990. La base de datos se organiza para consultar las variables meteorológicas seleccionadas en una ventana en el tiempo y en el espacio.

Tecnologías alternativas en hidráulica



Recomendado para comunidades rurales menores de 500 habitantes con condiciones climáticas y fisiográficas adversas. El paquete está formado por: guías técnicas, programa de cómputo (MS-DOS versión 5.0) y video.

Captación de agua

- Cisternas
- Captanieveblas
- Presas subterráneas

Saneamiento y tratamiento

- Filtros de cantera y caseros
- Fosas sépticas
- Letrinas rurales

Riego

- Dispositivos para riego de huertos
- Cápsulas porosas

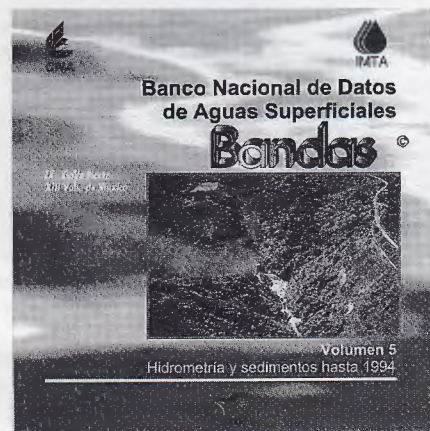
Extracción y bombeo de agua

- Bomba de ariete

Bandas (Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales)

Información sobre 1,527 estaciones hidrométricas y 118 vasos de almacenamiento

- Gasto o caudal
- Volumen escurrido
- Peso y volumen en sedimentos
- Régimen de almacenamiento en vasos
- Periodo variable entre 1902 y 1994
- Valores: horarios, medios y extremos
- intervalos: diario, mensual, anual e histórico



Bandas facilita la elaboración de gráficas de: hidrogramas, curvas de gasto, limnigramas, avenidas, volúmenes de almacenamiento, derrames, entradas netas, salidas totales, síntesis hidrometría. Facilita la impresión de reportes y consultas, así como exportar información a otros paquetes.



Informes en: Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos. Teléfonos: (73) 19-40-81 y 19-40-00 Ext. 130; Fax: (73) 19-38-01. E-mail: cocom@tlaloc.imta.mx.

EL PASO DEL HURACÁN PAULINE POR ACAPULCO

Leonor Pintado

Coordinadora de la Sección Contextos, Tlaloc-AMH

La madrugada del 9 de octubre de 1997 Acapulco, Guerrero, sufrió uno de los peores desastres de su historia. El puerto fue lacerado por un huracán que convulsionó a la ciudad entera; para algunos de sus habitantes se convirtió en una pesadilla inimaginable, en cuatro horas su vida se transformó.

El huracán llegó a las costas de Acapulco a las 4:00 horas con vientos sostenidos de 165 km/h y rachas de hasta 200 km/h en dirección noroeste. En 24 horas las precipitaciones alcanzaron 411 mm, de los cuales el 80% se registró en sólo cuatro horas —el nivel pluviométrico más alto de la historia en Acapulco— ya que la media anual de 1941 a 1997 fue de 1287.9 mm, lo que significa que en sólo un día la precipitación alcanzó el 32% de lo que llueve al año.

Avalanchas de lodo, arena e inmensas piedras demolieron y arrastraron todo a su paso: árboles, casas, calles, puentes peatonales, muros de contención, postes y todo tipo de construcciones. Camiones y automóviles flotaban sobre corrientes lodosas impactándose contra lo que encontraban en su camino. La orografía accidentada de Acapulco, la deforestación ocasionada en las últimas décadas al parque nacional del Veladero por asentamientos irregulares, y la ausencia de una planeación urbana, contribuyeron a incrementar las consecuencias del meteoro.

Al cesar los escurrimientos el panorama se mostraba desolador: vehículos deshechos, montones de arena, piedras gigantes, restos de viviendas, trozos de muebles, ropa, aguas

insalubres y calles colapsadas e intransitables.

La situación fue dramática; basta tan sólo recordar algunas cifras publicadas en la prensa: 147 muertos, 141 desaparecidos, siete mil damnificados, 1 781 casas destruidas y 11 300 viviendas parcialmente afectadas.

El mayor número de víctimas habitaban en colonias populares ubicadas en las zonas media y alta del Acapulco viejo, asentadas a las orillas de barrancas y cauces de arroyos como el Camarón, Agua Blanca, Palma Sola, la Garita y Santa Cecilia, que por décadas no tuvieron escurrimientos de importancia pero que, con la desmesurada precipitación provocada por el huracán, se desbordaron.

La parte baja también sufrió severas inundaciones, en especial las colonias colindantes a la laguna de Tres Palos, Pie de la Cuesta, Playa Condesa; tramos importantes de las principales vías de comunicación se destruyeron, tanto en las carreteras —escénica y Acapulco-Zihuatanejo— como en las calles del centro de Acapulco, la avenida López Portillo y la costera turística, donde el paso a desnivel vehicular Papagayo quedó azolvado.

Los servicios básicos (agua, energía eléctrica, transporte urbano) fueron interrumpidos. El sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento quedó inoperable. No había ninguna fuente de abastecimiento alterna. El reto fue rehabilitar en el menor tiempo posible la infraestructura y, de ma-



En el cauce de un arroyo completamente azolvado se aprecian los restos de una casa de la colonia Guadalupe Victoria.

nera paralela, implantar una estrategia emergente a fin de suministrar agua a la población.

Este artículo presenta un panorama general del operativo de emergencia, instrumentado por la Comisión Nacional del Agua, CNA, para contrarrestar los daños del huracán Pauline en el puerto de Acapulco, declarado zona de desastre.

Operativo de emergencia

El operativo se inició ese mismo día en la mañana para atender todos los problemas posibles tanto los técnicos, como los sanitarios y sociales, ya que la situación extrema de insalubridad y destrucción que prevalecía en la ciudad, podría haber desembocado en brotes de enfermedades, así como en mayores conflictos sociales y políticos.

En condiciones normales, los trabajos programados no representarían mayor complicación desde el punto de vista técnico, el reto en esta ocasión fue sobreponerse a las circunstancias extremas, a la escasez de recursos y a la dificultad para llegar a los sitios afectados; se requería coordinación y esfuerzo conjunto entre los grupos de trabajo de Acapulco y de la ciudad de México, para identificar los problemas y movilizar equipos, material y personal necesarios.

Las posibilidades alternas para suministro de agua se reducían a la explotación de pozos particulares, instalación de plantas potabilizadoras portátiles y distribución de agua embotellada, trabajos que se iniciaron de inmediato. Durante el operativo la CNA movilizó a 1 470 de sus empleados, a fin de llevar a cabo las siguientes acciones:

Suministro de agua potable

El Comité de Emergencia Sanitaria —en el que participaron junto con la CNA, los gobiernos del estado de



Acapulco se dividió en cuatro sectores para atender el suministro de agua potable a hospitales, colonias populares, centros de alta concentración poblacional y hoteles.

Guerrero y del municipio de Acapulco, la SSA, el IMSS, el ISSSTE, el Ejército y la Marina—, fijó como acción prioritaria el suministro de agua potable a hospitales, albergues, colonias populares, centros de alta concentración poblacional y hoteles. Para ello la ciudad se dividió en cuatro sectores: I) Pie de la Cuesta, II)

Anfiteatro, III) Zapata y Renacimiento y IV) Coloso y Puerto Marqués y cada sector a su vez en zonas. (ilustración).

La distribución de agua se realizó mediante 280 pipas con capacidad promedio de 10m³ que se surtieron de pozos particulares, de donde se extrajeron más de 88 millones de litros, y de buques tanque de la Armada de México que aportaron 3.8 millones de litros. Otra fuente de abastecimiento importante fue una macroplanta, instalada en la parte alta de la ciudad y alimentada por una represa construida provisionalmente en el arroyo Camarón, que llegó a producir 180 mil litros por hora.

Además con el apoyo de 334 vehículos se transportaron y distribuyeron, en 416 colonias y 23 poblados, 13 millones de litros de agua envasada en garrafones y botellas; se instalaron veinte potabilizadoras portátiles para tratar 7.6 millones de litros y se ubicaron trecientos tanques portátiles, con capacidades de 1 100, 2 500 y cinco mil litros, en las zonas de difícil acceso o alta densidad de población para el almacenamiento y distribución de agua entre los colonos, y



El suministro de agua potable fue una acción prioritaria del Comité de Emergencia Sanitaria.

otros docientos tinacos en escuelas, en donde, paralelamente, se efectuaron acciones de limpieza, desinfección de agua y reparación de instalaciones hidrosanitarias.

La distribución equitativa de agua a la población resultó compleja por lo que en cada zona se instrumentó una estrategia de distribución que cubriera la totalidad del área, se eligieron puntos clave como escuelas y albergues para centros de acopio, y se establecieron rutas para las camionetas y pipas.

En algunas zonas donde ocurrieron los mayores siniestros, la población organizada apoyó las primeras tareas de rescate, limpieza de calles, donación de comida y ropa (en general la respuesta fue individual). Resalta el caso de la colonia Santa Cecilia donde la comunidad formó una comisión permanente que día y noche recibió la ayuda de diversas instituciones y la distribuyó equitativamente entre los vecinos.

Restablecimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado

El suministro de agua a la ciudad de Acapulco se realiza a través de dos acueductos: el Papagayo I y el II; el primero, que aporta una tercera parte del volumen que demanda el puerto, toma agua del subválveo del río mediante pozos someros y de los sistemas Ranney y radiales. El agua que conduce este acueducto se envía, previa cloración, a las redes primarias que la llevan hasta los tanques de almacenamiento de donde se distribuye por la red secundaria.

El acueducto Papagayo II, capta el agua directamente del río y la conduce hasta El Cayaco, donde se potabiliza antes de ser enviada a la red; este acueducto conduce dos terceras partes de la demanda.

Las intensas lluvias registradas produjeron fuertes avenidas, provo-



Las Lomas de Chapultepec en Puerto Marqués, fue una de las comunidades rurales en donde se distribuyó agua embotellada.



Se realizaron diversos trabajos para restablecer los servicios de agua potable y alcantarillado. Las zonas marginadas Renacimiento y Zapata fueron las primeras en tener agua.

caron socavación en los cauces y desplazaron la tubería de los acueductos en el cruce del río La Sabana (acueducto I), y en un brazo del río Papagayo (acueducto II).

A fin de restablecer el servicio, primero se identificó la problemática, pero el alto volumen de agua que escurría no permitió detectar de inmediato las fallas e interrumpió la corriente eléctrica para arrancar los equipos de bombeo en las captaciones. Finalmente, se localizó el primer punto de falla en el cruce con el río La Sabana, debajo del puente Tunzingo.

El acueducto Papagayo I fue el primero en ser reparado y reanudó su operación el 13 de octubre en la madrugada, lo que alivió de manera importante el abasto a la ciudad. Las zonas marginadas Renacimiento y Zapata fueron las primeras en tener agua.

La obra de toma del acueducto Papagayo II quedó azolvada; además, la línea de conducción tenía una falla en el cruce con un brazo del río. Los

trabajos de rehabilitación se concluyeron, provisionalmente, el 22 de octubre, quedando restituido el servicio de agua potable a la ciudad de Acapulco.

No todo estaba solucionado, desde luego contar con agua en la ciudad era mejor que tenerla a 40 km de distancia, pero existían otros problemas y se trabajaba en ellos. Las plantas de rebombeo estaban dañadas, los drenajes azolvados, las redes primarias y secundarias afectadas y las aguas residuales no podían ser tratadas. Por tanto, fue instrumentado un programa paralelo integral.

Las jornadas de trabajo eran continuas. En este operativo laboraron más de docientas personas provenientes de la CNA, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del municipio de Acapulco (CAPAMA), la CFE, la DGCOH, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, empresas privadas y las propias comunidades afectadas.

Desinfección de agua

Debido a la interrupción de los servicios de agua potable, parte de la población se surtió de fuentes alternativas de abastecimiento como manantiales, pozos artesianos y norias; al paso del huracán los pozos de varias



Las brigadas de saneamiento básico de la CNA participaron en la campaña para la desinfección del agua.

comunidades rurales, que aún no cuentan con el servicio formal, se llenaron con aguas contaminadas.

Con la finalidad de atender los sitios de alto riesgo por contaminación de agua, se integraron sesenta brigadas de saneamiento que encalaron pozos, zonas insalubres, áreas de fecalismo al aire libre y distribuyeron 45 754 frascos de plata coloidal para desinfectar fuentes de abastecimiento (pozos, norias, tinacos, cisternas).

Asimismo, se utilizaron 11 563 kg de hipoclorito de calcio al 65% en pastillas y 17 627 kg de cal hidratada, para inhibir focos de infección (sanitarios ecológicos o letrinas, fosas sépticas, hoyos negros, áreas de fecalismo al aire libre), también se impartieron 13 473 pláticas de orientación a la población en general. Estas acciones evitaban brotes de epidemias y enfermedades infecciosas como el cólera.

El huracán Pauline mostró parte de la problemática a la que se enfrenta la población de Acapulco, que ha crecido a ritmo acelerado y de manera anárquica en los últimos años, y de su infraestructura que se construyó al mismo tenor sin planeación adecuada y escaso mantenimiento.

El operativo mostró que una buena coordinación interinstitucional y la participación de la sociedad son clave para dar una pronta respuesta a este tipo de desastres, cuyos efectos, de no ser atendidos de inmediato pudieron desembocar en una crisis de mayor magnitud a la ocasionada por Pauline.

Con el propósito de aminorar las desgracias que un evento de esta naturaleza trae consigo, el Gobierno Federal constituyó el Comité Técnico de Evaluación de Cauces y Arroyos, conformado por los tres niveles de gobierno y la comunidad; que como su nombre lo indica tiene la misión de evaluar el estado actual de los cauces federales y proponer alternativas de solución para desalojar e impedir los asentamientos irregulares.



La colonia Palma Sola fue uno de los asentamientos en donde las aguas negras del drenaje se mezclaron con los arroyos.

Actualmente, la CNA lleva a cabo el Programa Integral de Saneamiento de Acapulco y la rehabilitación de los acueductos Papagayo I y II; y apoya al organismo operador de Acapulco (CAPAMA) con once pipas, para el abastecimiento de agua potable a las colonias populares y a la población marginada que aún no cuentan con el servicio.

A pesar de la violencia del meteorito, los daños no fueron mayores gracias a la respuesta de la población y a la atención inmediata de diversas instancias privadas y del Gobierno Federal.

La lección que nos deja el huracán Pauline es la necesidad de contar con un plan de emergencia para el que habrán de crearse los mecanismos que permitan su aplicación oportuna y expedita.

Pauline ya pasó, más los problemas de Acapulco como los de cualquier otra comunidad, requieren de atención y trabajo continuos.

Inundaciones: la otra cara de la moneda

Javier Aparicio

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

En este artículo se revisan los principales efectos de las inundaciones que han afectado tanto a México como al resto del mundo, y se presentan algunas ideas sobre las posibilidades de su manejo en nuestro país.

Introducción

Las inundaciones constituyen, históricamente, una de las causas más importantes que ocasionan pérdidas de vidas humanas y de recursos materiales. Lejos de disminuir, las catástrofes asociadas con inundaciones aumentan cada día, al incrementarse la población y, consecuentemente, las presiones urbanas sobre los ríos, las planicies de inundación y otras áreas que actualmente son inundables y antes no lo eran, como algunas zonas de ciudades donde los drenajes naturales han sido disminuidos o eliminados.

Las inundaciones siempre han existido en tanto los ríos se salen de su cauce formativo y derraman sobre las planicies; pero se convierten en catástrofes solamente cuando hay algún aprovechamiento de las zonas inundables, ya sea para usos urbanos o rurales.

Las inundaciones en el mundo

Desde el diluvio universal, que se estima debe haber ocurrido entre seis mil y 15 mil años atrás (Allan y Delair, 1995), las inundaciones han constituido un flagelo como el millón de muertes ocasionadas por una ocurrencia del río Hwang Ho en China (National Research Council, 1991), y al mismo tiempo un regalo para la humanidad, por el aporte de materia orgánica al suelo y el consecuente aumento en su fertilidad.

Uno de los ejemplos más conspicuos al respecto es la planicie del río Nilo, de acuerdo al famoso nilómetro que construyó Plinio el Viejo (ilustración 1), donde se observa que los niveles en el río tenían una estrecha relación con las condiciones en que vivía la población: desde el hambre cuando los niveles eran muy bajos, hasta el desastre, cuando eran muy altos.

1. Nilómetro de Plinio el Viejo (Dooge, 1988)

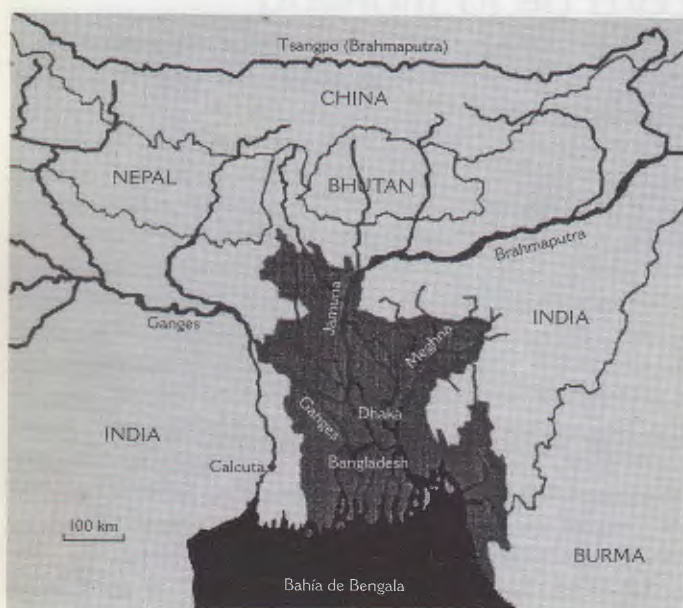
Lectura del nilómetro en Ells (1 Ell ≈ 1.1 m)

20	
18	DESASTRE
16	ABUNDANCIA
14	SEGURIDAD
12	FELICIDAD
10	SUFRIMIENTO
	HAMBRE

Entre las mayores catástrofes en materia de inundaciones recientes están las de Bangladesh, país ubicado en el delta combinado de tres grandes ríos: el Brahmaputra-Jamuna, el Ganges y el Meghna (ilustración 2), que forman el complejo de ríos más extenso del mundo, después del Amazonas. El área drenada por estos tres ríos es de aproximadamente 1.55 millones de km² (Thompson y Sultana, 1996), 11 veces superior a la superficie de Bangladesh (144 000 km²) cuya población en 1989 era de 110 millones de habitantes y se estima que para el año 2005 será de 165 millones, lo que hace a esta nación una de las más pobladas entre las de menor desarrollo.

Cada año, de junio a septiembre, se producen monzones, es decir, flujos de aire caliente y húmedo de la bahía de Bengala que genera fuertes precipitaciones sobre Bangladesh y las cuencas de los ríos mencionados. La lluvia media anual varía entre 1 200 mm en el oeste del país hasta casi 6 000 mm en el este, donde se encuentra una de las áreas de mayor precipitación en el mundo.

2. Bangladesh y delta del río Brahmaputra



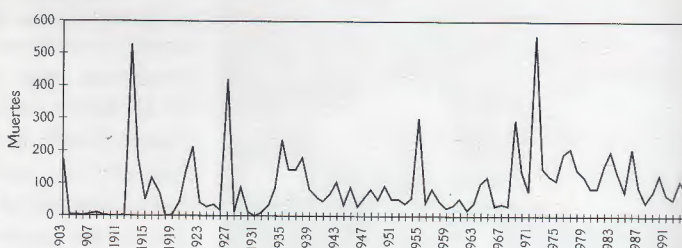
Más del 60% del área cultivable de este país (aproximadamente 95 000 ha) se cubre de agua en algún grado durante la mayor parte del año. En general se anega una vez cada dos años el 20% de la superficie total y el 37% cada diez, aunque las inundaciones severas de 1988 cubrieron más del 60% del territorio y produjeron miles de damnificados, aproximadamente tres mil muertes, además de enormes daños económicos.

Por otra parte, Bangladesh también es afectado por ciclones tropicales, que se generan en la bahía de Bengala en las épocas previas y posteriores a la estación de los monzones, que causan grandes daños y pérdida de vidas humanas en las áreas costeras. Esta situación hace de Bangladesh un territorio sumamente susceptible por lo que a inundaciones se refiere. Por ello, en 1990 el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, el Banco de Desarrollo de Asia y el Banco Mundial comenzaron a establecer un Plan de Acción Contra Inundaciones en Bangladesh, en el que participan, desde el punto de vista técnico, una serie de instituciones académicas y de investigación, sobre todo europeas, como las francesas BCEOM, la *Compagnie Nationale du Rhone, Coyne et Bellier*, la *Electricité de France International* y la SOGREAH, la Hidroeléctrica Española y la *Wallingford Research* del Reino Unido, en colaboración con las empresas locales *Bangladesh Water Development Board* y *Bangladesh Engineering and Technical Services*.

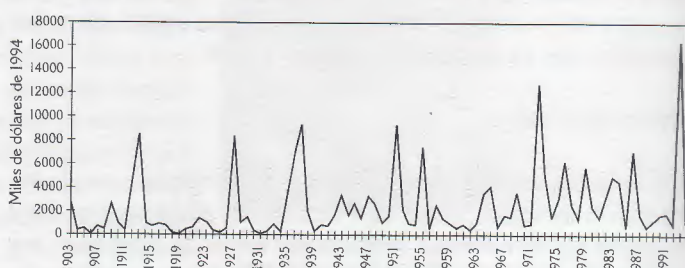
En los Estados Unidos de América, EUA, por citar un ejemplo para el que se tienen datos disponibles, el promedio de muertes por inundaciones al año es de 94, y los

daños materiales ascienden anualmente a 2.4 millones de dólares de 1994 (ilustraciones 3a y 3b).

3a. Muertes por inundaciones en los Estados Unidos de América



3b. Daños por inundaciones en los Estados Unidos de América



Por otro lado, de acuerdo con la Cruz Roja Internacional (IFC, 1997) el número de solicitudes de ayuda y reportes de situación por inundaciones y fenómenos hidrometeorológicos supera, en cualquier año, a las de otro tipo de desastres, sea natural o no (cuadro 1).

1. Solicitudes de ayuda y reportes de situación de la Cruz Roja y la Media Luna Roja Internacionales (IFC, 1997)

Año	Inundaciones	Ciclones, huracanes, tornados y tifones	Terremotos	Erupciones volcánicas	Sequías	Otros ¹
1994	12	7	4	2	2	12
1995	10	4	7	2	1	11
1996	20	9	6	0	3	42
1997 ²	6	5	1	1	1	10

- 1 Desplazamiento de personas, epidemias, refugiados, hambrunas, accidentes aéreos, conflictos, incendios, tormentas de nieve y deslizamientos de tierra entre otros.
- 2 Hasta el 8 de abril.

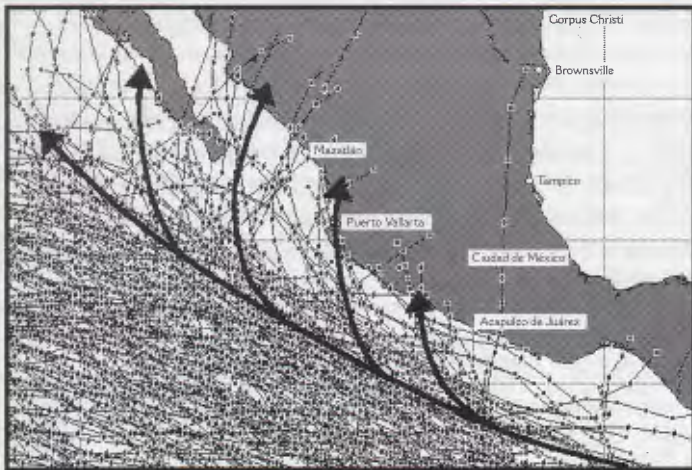
Las inundaciones en México

México está ubicado cerca de la zona intertropical de convergencia y dentro del campo de influencia de los ciclones tropicales. En la ilustración 4 se muestran las prin-

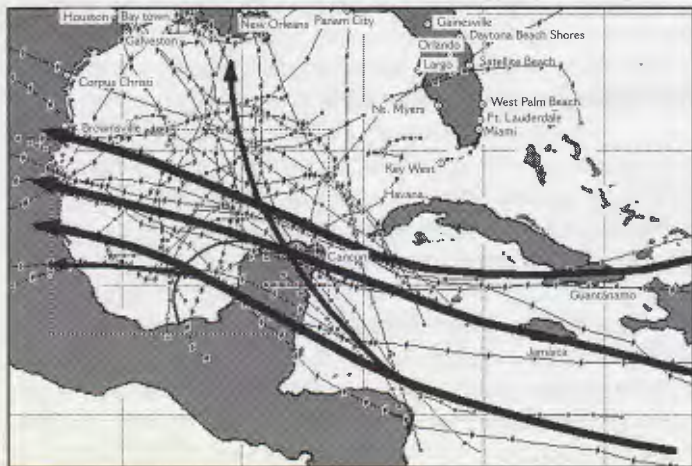
cipales trayectorias de las tormentas tropicales en los últimos años. Como se puede observar, México se encuentra sujeto a la incidencia de estos fenómenos en ambos litorales.

En la ilustración 5 se muestra la incidencia estadística de estas tormentas sobre el territorio nacional. Meteoros de este y otro tipos hacen que las inundaciones sean también uno de los problemas más importantes en lo que a catástrofes se refiere. En la ilustración 6 se muestran las pérdidas anuales por inundaciones por estados en la República Mexicana. Como se puede observar, los estados con mayores pérdidas son, en general, los costeros y particularmente los que tienen planicies de inundación, como Tabasco, Veracruz y Sinaloa. Sin embargo, la Comisión Nacional del Agua, CNA, cuenta con planes de emergencia de ríos que causan daños por inundación en casi todos los estados de la República (cuadro 2).

4a. Trayectorias dominantes de huracanes en el Pacífico



4b. Trayectorias dominantes de huracanes en el Caribe y el golfo de México



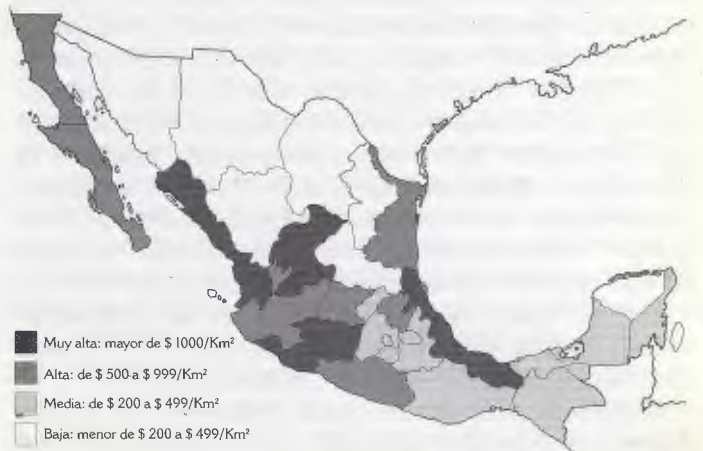
5. Estados afectados por la penetración de ciclones tropicales según su periodo de recurrencia



Los daños cuantificables por inundaciones en México ascienden a unos 200 millones de pesos anuales (González, 1990). Esta cifra no incluye otros daños más difíciles de evaluar, como la pérdida de horas-hombre o la disminución de la capacidad productiva del país.

Asimismo, al año se ocasionan aproximadamente mil muertes por este concepto, una cifra muy alta si se considera el promedio de 94 en los EUA, con más del doble de la población de México, pero no tanto como la de países como Bangladesh. Sin embargo, en México también han ocurrido inundaciones catastróficas, como la de 1976 en el arroyo El Cajoncito, en Baja California Sur, provocada por el huracán Liza que costó la vida a un número de personas que oscila entre cinco mil y diez mil, aunque las cuantificaciones oficiales indican una cifra de alrededor de 600. Asimismo, el huracán Gilberto, en 1988, oca-

6. Pérdidas anuales por avenidas



2. Entidades con planes de emergencia de ríos que causan daños por inundación. Fuente: Comisión Nacional del Agua

Estado	Número de planes de emergencia por inundaciones
Aguascalientes	1
Baja California	2
Baja California Sur	1
Campeche	2
Chiapas	2
Chihuahua	1
Colima	3
Durango	1
Guanajuato	5
Guerrero	2
Hidalgo	1
Jalisco	5
Michoacán	4
Morelos	1
Nayarit	3
Nuevo León	1
Oaxaca	3
Puebla	1
Querétaro	1
Región Lagunera	2
San Luis Potosí	1
Sinaloa	9
Sonora	2
Tabasco	1
Tamaulipas	1
Tamaulipas, San Luis Potosí,	
Veracruz (río Pánuco)	1
Veracruz	4
Zacatecas	2

sionó la muerte de algunos cientos de personas, además de cuantiosos daños materiales en Monterrey y la península de Yucatán. Aunque la parte afectada de Monterrey no se ubica en una zona costera, se sitúa en una zona sujeta a la incidencia de huracanes violentos. En octubre de 1997 el huracán Pauline azotó severamente las costas de Guerrero y Oaxaca dejando a su paso una ola de muerte y destrucción (ver artículo en este mismo número). En el cuadro 3 se muestran algunos de los eventos históricos de inundaciones provocados por huracanes en México.

En las figuras 7a y 7b se muestran las pérdidas de vidas humanas y los montos de daños por fenómenos hidrometeorológicos en México, respectivamente.

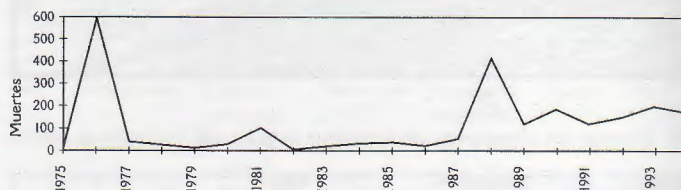
Como se infiere de los datos anteriores, las inundaciones son un problema de gran importancia para el país.

3. Algunos huracanes causantes de inundaciones en México. Fuente: Domínguez et al. y *observación directa

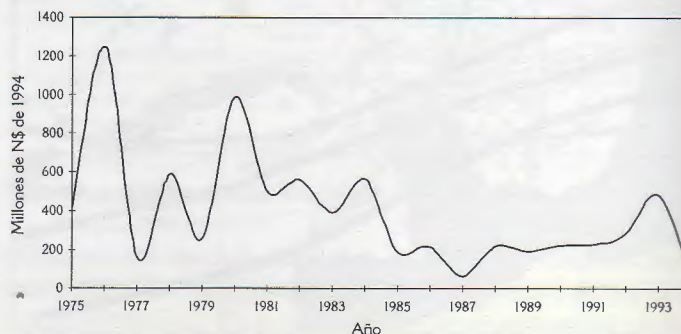
Año	Ciclón	Regiones afectadas
1955	Gladys	Coatzacoalcos, Ver., Tamiahua, Ver., río Tempoal
1955	Hilda	Yucatán, norte de Veracruz, Sur de Tamaulipas, río Tampoán
1955	Janet	San Luis Potosí, Península de Yucatán
1967	Beulah	Bajo Bravo
1967	Katrina	Cuencas de los ríos Balsas y Lerma
1968	Nahomi	Ríos Presidio, Baluarte, Acaponeta, Nazas
1976	Liza	La Paz, BCS
1976	Madeleine	Río Balsas
1988	Gilberto	Península de Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León
1993	Gert	Río Pánuco
1993	Lidia	Mazatlán
1995	Roxana*	Península de Yucatán, Tabasco
1995	Ismael*	Costas de Sinaloa
1995	Opal*	Península de Yucatán, Tabasco

Las acciones necesarias para su control, o para el de los daños que producen, pueden ser de diversos tipos, desde las estructurales, como las presas o los bordos longitudinales, hasta las no estructurales, como los sistemas de alerta y los planes de atención a emergencias, incluyendo desde luego redes de medición y teletransmisión de infor-

7a. Muertes por inundaciones en México



7a. Pérdidas por inundaciones en México



mación hidroclimatológica en tiempo real. Todas estas acciones, sin embargo, requieren de un desarrollo tecnológico en muy diversas áreas, que incluyen, por supuesto, la meteorología e hidrometeorología en materia de detección, medición, análisis y pronóstico de los fenómenos hidrometeorológicos, la hidrología, en lo relacionado con los modelos lluvia-escorrentía, métodos estadísticos y tránsito de avenidas y la hidráulica en lo que se refiere a la mecánica de ríos, flujos en cauces y llanuras de inundación y obras hidráulicas. Pero este tema requiere también un desarrollo tecnológico importante en otras esferas del conocimiento, como la comunicación y participación pública y la electrónica y telecomunicaciones. Sin la adecuada conjunción de todas estas disciplinas, aunada a las inversiones necesarias para la implantación, puesta en marcha, operación y mantenimiento de las obras de infraestructura y los sistemas de alerta correspondientes, no es posible un control apropiado de los efectos nocivos de las inundaciones y ni siquiera de su disminución a niveles manejables.

La situación antes expuesta plantea dos problemas básicos. Suponiendo que en el país se cuente con capacidad tecnológica en todas estas áreas, cosa que merece un análisis especial, el primer problema es lograr su conjunción en el ataque al problema específico de las inundaciones. En la operación de estos sistemas, se tienen en el país básicamente ingenieros civiles con alguna especialización en hidráulica, hidrología o meteorología, con una gran capacidad técnica en esas áreas, pero en general poca experiencia en las demás. Lo que es más, hoy todavía la comunicación entre especialistas que presumiblemente están muy relacionados entre sí por sus labores cotidianas, como los meteorólogos y los hidrólogos —o los ingenieros civiles con especialización formal o práctica en estas disciplinas— es mucho más reducida que lo que la naturaleza de sus responsabilidades podría suponer.

La participación en este contexto de expertos en electrónica y telecomunicaciones con experiencia similar a la de los ingenieros civiles en sus propias disciplinas es sumamente pobre en nuestro país, y lo mismo ocurre en el caso de los expertos en comunicación y participación pública. Así, hasta el momento, pocos hidrólogos en México conocen a fondo la potencialidad y las oportunidades que supone la adquisición de datos cuantitativos de lluvia mediante los relativamente nuevos radares meteorológicos que están en operación actualmente en el país, y que constituyen una de las redes más avanzadas del mundo.

De la misma manera, sería deseable contar con más sociólogos y antropólogos en los programas de información y participación pública del agua y de más ingenieros electrónicos en la selección, adquisición, mantenimiento y operación de las redes de estaciones hidroclimatológi-

cas automáticas y telemétricas. Si los ingenieros civiles nos seguimos haciendo cargo de todo, no lograremos aprovechar cabalmente los conocimientos y experiencia de todos estos profesionales. El control de las inundaciones o de sus efectos es, por tanto, un problema profundamente interdisciplinario.

El otro problema es de carácter financiero. Si bien los costos asociados a la construcción de infraestructura de control de inundaciones o de sistemas telemétricos de alerta se pueden evaluar en forma cuantitativa y clara, los beneficios derivados de su implantación y operación no siempre son tan directamente cuantificables como en el caso de proyectos de otra naturaleza. Por ejemplo, un proyecto de riego en general tiene una clara relación beneficio-costos en términos de la producción por hectárea, los precios que imperan en el mercado y los costos asociados a la construcción de infraestructura. Cuando se trata de proyectos para el control de las inundaciones, sin embargo, se tiene la otra cara de la moneda: se puede decir cuál será la población beneficiada considerando la que se afecta de alguna manera por las inundaciones, ya sea en términos de pérdida de propiedades o de inutilización de tierras cultivadas o cultivables, pero los beneficios sólo son cuantificables en términos de lo que deja de perderse por las inundaciones, concepto que es naturalmente menos directo que lo que se gana. Además, el hecho de evitar pérdidas ocurre en forma aleatoria tanto en lo que se refiere al hecho en sí como en cuanto a su intensidad.

Es decir, las inundaciones ocurren en forma aleatoria; por tanto, el beneficio asociado a dejar de perder por esa razón también se da en forma aleatoria; por otro lado, las inundaciones no siempre se presentan con la misma intensidad, por lo que la obra de control o el sistema de alerta, cuando operan efectivamente, evitan daños (es decir, producen beneficios) de diferente magnitud en cada ocasión.

Esta situación nuevamente es menos clara que la correspondiente a los proyectos de riego ya ejemplificados arriba, en donde los beneficios pueden establecerse mucho más determinísticamente. A esto debe agregarse el eterno problema de la valuación de las vidas humanas. Es obvio y universalmente aceptado que cada vida humana es invaluable en términos monetarios, pero ¿cada vida humana amerita, en la práctica, una obra de control de inundaciones o alguna otra erogación en un ambiente donde los recursos financieros están severamente competidos? ¿Hasta qué punto una entidad financiera de cualquier carácter puede justificar una inversión —de una cuantía dada— para controlar las inundaciones en términos de las vidas humanas que podrían dejar de perderse, tratándose de obras, sistemas de alerta, reubicación de población o campañas de concientización? Por otra parte,

muchos de los problemas de inundaciones que se han tenido históricamente en el país se han debido más a las invasiones deliberadas o forzadas a las zonas federales —como en el caso de La Paz, en 1976— o a imprudencia causada por desconocimiento o por pánico —como en el caso de los autobuses arrastrados por el río Santa Catarina en Monterrey en 1988—. Las entidades financieras han acudido al auxilio de países como Bangladesh en casos francamente desesperados, donde la utilidad de la aplicación de los recursos financieros es más que obvia. Pero no es claro cómo es posible conseguir tales recursos en casos como los de México.

Las respuestas a estas preguntas no son fáciles, no están a la vista y probablemente nunca lo estarán. La expedición de reglamentos y leyes para definir zonas federales es indudablemente necesaria como un primer paso para aliviar el problema y disminuir la influencia de la variable relativa a la pérdida de vidas del análisis económico. Pero las acciones no pueden parar ahí: de nada sirven las leyes y reglamentos si no existen también los elementos necesarios para que se cumplan.

Referencias

- Allan, D.S., Dealir, J.B. (1995); *When the earth nearly died*, Gateway books, Bath, England.
- Domínguez, M. R., Jiménez, E. M., García, J.F., Salas, S. M.A.; *Reflexiones sobre las inundaciones en México*, Sistema Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de desastres.
- Dooge, J.C.I. (1988); *Hydrology in perspective*, *Hydrol. Sci. Journal*, McGraw-Hill, New York.
- González, V. F. (1989); *Conferencia sobre inundaciones*, Colegio de Ingenieros Civiles de México, 25 de septiembre (versión estenográfica).
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFC) (1997), *Appeals and Situation Reports*, Internet, <http://www.ifrc.org/news/sitreps>.
- National Research Council (1991); *Opportunities in the hydrologic sciences*, National Academy Press, Washington.
- Thompson, P.M., Sultana, P. (1996); *Operation and maintenance performance and conflicts in flood-control projects in Bangladesh*, *Water Resources Development*, V. 12, No. 3, pp. 311-328.

GUÍA PARA AUTORES

Sección Interiores

Incluirá la información que emane de la Asociación Mexicana de Hidráulica.

Presentación

Título
Nombre del autor o autores
Lugar de trabajo
Desarrollo libre del tema

Enviar textos al doctor Gustavo Paz Soldán Córdova, miembro del Consejo editorial a: Av. Insurgentes Sur 1960 4o. Piso, Col. Florida México, D.F. C.P. 01050.
Teléfono: 663-21-92
Fax: 91 (5) 663 41 36

Sección Artículos técnicos

Incluirá textos técnicos, de divulgación, de transferencia y de adaptación de tecnología, de aspectos de infraestructura, educativos y docentes, relacionados con el sector agua.

Presentación

Título
Nombre del autor (es)
Lugar (es) de trabajo
Resumen. Se describirán brevemente el objetivo, el método, los resultados y las conclusiones de trabajo.

Introducción.

Desarrollo. Las notas a pie de página estarán integradas al texto y los cuadros, las gráficas, las fotos y las ilustraciones deberán ser de muy buena calidad y acompañarse de sus respectivos pies de foto.

Conclusiones y recomendaciones.

Referencias. Únicamente se publicarán aquellas que se citen explícitamente en el texto.

Enviar textos al doctor Nahun Hamed García Villanueva, Coordinador de Artículos técnicos a: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532 Col. Progreso, Jiutepec, Morelos.
Teléfonos: (73) 19-40-12; 19-41-11.
Extensión: 516,
Fax: (73) 19-42-81
E-mail: nahung@tlaloc.imta.mx

Sección Contextos

Incluirá trabajos de análisis y divulgación acerca de la realidad política, social y económica que atañe al sector agua, así como reportajes de instituciones, empresas o proyectos relacionados con el agua.

Presentación

Título
Nombre del autor (es)
Lugar (es) de trabajo

Desarrollo del trabajo: incluirá la mayor cantidad posible de datos precisos (económicos, financieros, matemáticos).

Los cuadros, las gráficas, las fotos y las ilustraciones deberán ser de muy buena calidad y acompañarse de sus respectivos pies de foto.

Enviar textos a la licenciada Leonor Pintado, Coordinadora de Contextos a: Manuel M. Ponce 339, 3er piso Col. Guadalupe Inn México, D.F. CP 01020
Teléfono: 237-40-00. Extensión 418
Fax: 237-40-28

Formato

- La extensión máxima de los trabajos, incluidas ilustraciones, será de diez cuartillas a doble espacio con una tipografía no mayor de 11 puntos.
- Los trabajos habrán de presentarse capturados en *diskettes* de 3.5 pulgadas y procesados en *Word* o *Word Perfect* en cualquier tipo de letra.
- Deberá presentarse un original y una copia en hojas tamaño carta a doble espacio.
- Se incluirá una página con el domicilio, teléfono, el fax y el correo electrónico del autor o autores.

La seguridad sísmica de las presas en México

Raúl Flores Berrones
Xiangyue Li Lu
Venancio Trueba
Javier Avilés

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Se hace una revisión de las normas y lineamientos mexicanos que existen o se encuentran en proceso para garantizar que las presas que se diseñan, construyen y operan en el país, sean seguras desde el punto de vista sísmico. Se incluyen los casos de las presas de jales y las presas abandonadas, por la relevancia de su peligrosidad en zonas de alta sismicidad. Se anotan varias recomendaciones encaminadas a revisar la estabilidad de las presas construidas en el territorio nacional, mediante procedimientos simplificados de análisis. Se propone una instrumentación apropiada para cada caso.

Introducción

Las presas contruidas en México desde el siglo pasado, son sin duda obras en las que los mexicanos hemos tenido que utilizar una buena porción de nuestro ingenio y experiencia para tratar de asegurar su correcto funcionamiento y comportamiento. Han sido sin embargo las grandes presas construidas durante este siglo, las que han dado prestigio a la ingeniería civil mexicana. Hoy en día tratamos de mantenernos a la vanguardia en materia de diseño, construcción y operación, y se puede decir que existe una escuela mexicana de ingeniería de presas donde destacan estudios teóricos y experimentales, principalmente en lo que a geotecnia e ingeniería hidráulica se refiere.

No obstante lo anterior, la legislación sobre la seguridad de estas importantes obras apenas se ha iniciado y hace falta revisar, además de las que se están edificando o están en proyecto, las ya construidas para que satisfagan los requerimiento mínimos que garanticen su seguridad e integridad física.

Uno de los factores que más inciden en la seguridad de las presas localizadas en la mayor parate del territorio nacional, es precisamente el aspecto sísmico. En este trabajo se hace una revisión de lo que se ha venido haciendo recientemente para normalizar las disposiciones y requi-

sitos que deben cumplirse para que las presas sean seguras, y de las herramientas disponibles para evaluar su estabilidad y correcta operación, tanto de las existentes como de las que se encuentran en proyecto, principalmente en lo tocante al análisis sísmico.

La seguridad sísmica de las presas y su relación con otras disciplinas

La seguridad de una presa depende de varios factores técnicos que pueden ser inherentes al diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento o la rehabilitación de la obra. Es decir, la ocurrencia de la falla o un mal comportamiento de la presa se pueden deber a una deficiencia o un error cometido en cualquiera de las etapas señaladas. Más aún, la falla puede ocurrir durante la etapa de abandono de la presa, como consecuencia de una falta de mantenimiento o funcionamiento en una de sus partes esenciales.

La deficiencia probablemente sea ocasionada por un error cometido en la parte hidráulica, hidrológica, geotécnica, estructural o sísmica, o en la combinación de una de estas disciplinas. De hecho, de acuerdo con Torres H. (1992), el mayor porcentaje de las fallas de presas ocurridas en México hasta 1979 se debieron, como se muestra en el cuadro 1, a problemas de incapacidad hidrológica (52%); las fallas ocasionadas por sismos alcanzaron sólo el 3%. Dado el gran número de presas grandes que se han construido en México y en el mundo en los últimos veinte años, este cuadro deberá actualizarse.

El área sísmica se encuentra íntimamente ligada a la geología, la geotecnia y al diseño estructural; dicho en otras palabras, el daño o efecto que un sismo severo pueda producir en una presa, dependerá en gran parte de la geología y las condiciones del suelo en el sitio donde se localiza, del análisis que se haya hecho de la estabilidad de la cimentación, las laderas y los taludes en el caso de pre-

1. Falla de presas (Torres Herrera, 1992)

Causas	Mundo ¹ 289 = 100	México ¹ 15 = 100	México ² 29 = 100
Falla en la cimentación	34%	13%	7%
Falla en la estabilidad de la cortina principal	37%	33%	24%
Obra de excedencias inadecuada	17%	20%	52%
Falla en diques de la presa	1%	7%	3%
Falla en los conductos de desfogue	3%	7%	3%
Sismos	3%	7%	3%
Otras	5%	13%	7%

1 ICOLD 1973.

2 SARH 1979

sas de tierra y enrocamiento, y de las consideraciones sísmo-dinámicas que se hayan efectuado en las estructuras de las componentes que constituyen la presa.

El efecto sísmico se puede traducir en asentamientos acumulativos de la cortina, en deslizamientos de las laderas del vaso o de los terraplenes en las cortinas de materiales graduados, o en agrietamientos de las estructuras que forman la presa (cortina, vertedor, obra de toma, etc.); estos agrietamientos a su vez pueden dar lugar a problemas catastróficos de fugas de agua y erosión interna en los materiales que forman la cortina o su cimentación (tubificación). En los casos donde se tengan cortinas que se apoyan sobre suelos granulares en estado suelto o poco compacto, o bien con corazones impermeables formados mediante rellenos hidráulicos, la ocurrencia de un sismo puede dar lugar al fenómeno de licuación de arenas (Casagrande, A: 1936; Castro, G. 1969).

La instrumentación de una presa debiera instalarse en función de la sismicidad de la zona donde se localiza, y desde luego de los movimientos esperados según el tipo de obra. Así por ejemplo, en el caso de cortinas de materiales graduados, seguramente se recomendará registrar asentamientos, desplazamientos laterales, incrementos de presión de poro a diferentes profundidades, etc., amén de las aceleraciones máximas del terreno de la estructura de la cortina en sus puntos estratégicos. Este tema de instrumentación, dada su importancia, se discute más adelante con mayor detalle.

Legislación de la seguridad de las presas desde el punto de vista sísmico

Existe un universo estimado de 3 300 presas en México, del cual la Gerencia de Aguas Superficiales y Control de Ríos, GASIR, de la Comisión Nacional del Agua, CNA,

dispone de un inventario nacional de 2 200 presas; de este último número, 640 están clasificadas como grandes presas. Obviamente, un alto porcentaje de las presas mencionadas se encuentran en zonas de alta sismicidad, y consecuentemente pueden ser vulnerables a una falla por efecto de los sismos.

No obstante lo anterior, la legislación de la seguridad de las presas apenas se inició a partir de la presente administración del Gobierno Federal, a través de la autoridad máxima en materia del agua, que es la CNA. Este organismo, dependiente de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP, tiene la responsabilidad de detectar y corregir cualquier problema relacionado con la seguridad de las presas.

Del número ya señalado de presas existentes en el territorio nacional, varias de ellas se localizan en zonas sísmicas, en las cuales no solamente no se siguieron los requerimientos que hoy en día se conocen como necesarios para garantizar la seguridad de una presa, sino que aún se desconoce el riesgo en el que se encuentran. Es cierto que se han iniciado varios estudios encaminados precisamente a resolver esta incógnita, principalmente en lo que se refiere a presas grandes localizadas en zonas de alta sismicidad, pero aún falta mucho por hacer en relación a las presas medianas y pequeñas.

A mediados de 1997, la CNA terminó el estudio de riesgo sísmico de 11 presas de materiales graduados consideradas como representativas y de mayor peligro, a fin de conocer el estado real en el que se encuentran y tomar las medidas necesarias para salvaguardar su correcto funcionamiento. Ese estudio se llevó a cabo en su primera etapa utilizando métodos simplificados de análisis, con la idea de identificar las de mayor peligro y estudiar estas últimas mediante métodos más refinados. El resultado indicó que del grupo de las 11 presas, 4 no cumplen los requerimientos de seguridad y 2 se encuentran en el límite;

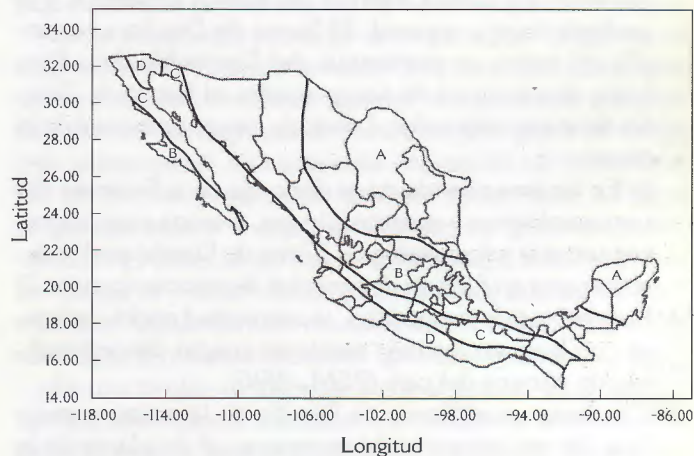
en la siguiente etapa se tiene planeado instrumentar y estudiar con mayor detalle la estabilidad de las presas con mayor riesgo sísmico.

Obviamente es necesario efectuar un gran esfuerzo para conocer el estado de seguridad en que se encuentran las demás presas localizadas en la parte del territorio nacional de alta sismicidad. Sus diseños deberán ser revisados tomando en cuenta la información sísmica recabada a través de las redes instaladas en todo el país, y haciendo uso del estado del arte en la materia; en algunos casos se podrán utilizar métodos simplificados de análisis, y desde luego habrá otros donde se requerirá el uso de procedimientos más refinados. Los resultados de la anterior revisión permitirán hacer las modificaciones o rehabilitaciones necesarias en aquellas presas cuya seguridad requiere ser incrementada, así como la determinación del grado de peligrosidad en el que actualmente se encuentran.

En materia de elaboración de normas, la CNA (1996) desarrolló y estudia una propuesta de anteproyecto de norma para la seguridad de presas en las etapas de diseño, construcción, operación y puesta fuera de servicio, con el objetivo de establecer los requisitos mínimos que deben cumplirse durante esas etapas y reducir los riesgos sobre las personas, los bienes y el medio ambiente. En la elaboración de esta propuesta de anteproyecto de norma se tomaron en cuenta las versiones existentes en España, Portugal, Canadá, Estados Unidos de América, y algunos países europeos. Actualmente este anteproyecto de norma lo están revisando expertos de las diversas disciplinas que intervienen en la seguridad de las presas, con el objeto de afinar o complementar los conceptos necesarios antes de que se considere como proyecto definitivo y sea sometido al Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua

Como complemento a la norma de seguridad de presas, se tiene programado editar los manuales y las guías donde se ilustren, con ejemplos, la aplicación y el uso de la norma. A este respecto, algunos países disponen de guías

1. Regionalización sísmica de la República Mexicana



y comentarios muy completos que pueden utilizarse como material de apoyo en la elaboración de nuestros manuales.

En relación con el tema específico de la seguridad sísmica, existen varios aspectos que fueron tomados en cuenta en la propuesta de la norma mencionada. En primer lugar se dividió la República Mexicana en las zonas sísmicas A, B, C, y D señaladas en la ilustración 1 (CFE-IIE, 1993), donde la zona A es la de menor intensidad y la D la de mayor. En segundo lugar se pide cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Para presas de mediano y alto riesgo, se deberá realizar un estudio de sismicidad particular en el sitio de cada presa, con base en métodos determinísticos, complementados, en su caso, con métodos probabilísticos, y de acuerdo con los siguientes requisitos
 - a) Realizar el análisis determinístico con base al Sismo Máximo Probable, que debe especificarse en términos de los parámetros focales: magnitud, localización, pro-

2. Requisitos mínimos para la selección de Sismos de Diseño

Riesgo	Sismo de Diseño		
	Porcentaje del Sismo Máximo probable	Estudio determinístico	Estudio probabilístico
		Periodo de retorno T_r (años)	
		Zonas sísmicas	
		A y B	C y D
Alto	100	$T_r \geq 5,000$	$T_r \geq 500$
Medio	50 a 100	$1,000 < T_r < 5,000$	$200 < T_r < 500$
Bajo	-	$100 < T_r \leq 1,000$	$100 < T_r \leq 200$

fundidad, mecanismo y la frecuencia de ocurrencia, tomando en cuenta además los sismos históricos y la geología local y regional. El Sismo de Diseño se cuantificará como un porcentaje del Sismo Máximo Probable (para presas de riesgo medio, el Sismo de Diseño debe corresponder al nivel de riesgo potencial de la presa)

b) En las áreas donde no se disponga de suficientes datos sismológicos y sismotectónicos, o exista incertidumbre sobre la información, el Sismo de Diseño podrá determinarse en función de periodos de retorno (cuadro 2)

- Para presas de riesgo bajo, la sismicidad podrá definirse con base en los más recientes mapas de regionalización sísmica del país (PSM, 1996).
- Con base en el Sismo de Diseño de la presa, especificar los movimientos del terreno en el desplante de la cortina en términos de amplitud (desplazamiento, velocidad y aceleración), contenido de frecuencia, duración y espectro de respuesta

Cabe aclarar que el criterio señalado en el cuadro 2 es ampliamente usado en varias partes del mundo; sin embargo, estos periodos de retorno aplicados a las zonas de alta sismicidad del país, como son los estados de Guerrero y Michoacán, conducen a aceleraciones máximas del terreno muy superior a $1g$. Un diseño con intensidades sísmicas de este orden implica un costo económico muy alto, lo que no sería aplicable en la práctica. Por lo tanto convendría adoptar, para las presas del país, un periodo de retorno de cien a doscientos años para las zonas de alta sismicidad como requisito mínimo, y este valor podría incrementarse significativamente para las zonas de baja o mediana sismicidad.

En relación con la estabilidad sísmica de la cortina de una presa, la propuesta de la norma en cuestión requiere que se llenen los siguientes requerimientos:

Analizar la estabilidad bajo la acción del sismo, considerando los movimientos del terreno en la dirección aguas arriba y aguas abajo, así como los componentes horizontal y vertical de la aceleración de diseño.

Para cortinas de concreto o mampostería verificar que los factores de seguridad contra deslizamiento sean, en cualquier instante, mayores que la unidad.

Para presas de alto riesgo con cortina de contrafuertes o de gravedad con bloques, considerar adicionalmente los movimientos en la dirección del eje de la cortina.

En presas de concreto verificar que los esfuerzos de tensión en las caras aguas arriba y aguas abajo sean menores que la resistencia a la tensión.

En presas de tierra y enrocamiento, efectuar análisis de deformaciones permanentes para analizar la falla por deslizamiento y estimar la pérdida de bordo libre.

Incluir en todos los análisis los efectos hidrodinámicos inducidos por el sismo al actuar sobre el embalse.

Revisar los efectos de cargas estáticas y dinámicas en estructuras de soporte para equipos mecánicos y eléctricos, relacionados con la seguridad de la presa, a fin de asegurar la preservación de la integridad estructural y funcionalidad de los equipos.

En presas de alto riesgo con cortina de contrafuertes, arco o arco-bóveda, analizar la influencia de los modos de vibración superiores sobre la respuesta estructural.

Instrumentación sísmica en presas

A partir de los sismos de septiembre de 1985, se amplió significativamente la red nacional sísmica, de suerte que hoy en día es posible obtener información de cualquier sismo moderado o grande que ocurra dentro del país. En lo que se refiere a presas, mundialmente se conoce y se le da seguimiento a los registros de la instrumentación instalada en las presas Infiernillo y La Villita; la cercanía de estas dos presas a los epicentros de los sismos que ocurren a lo largo de la subducción de mayor peligro sísmico, ha hecho que sismólogos de todo el mundo consideren la instrumentación allí instalada como un magnífico laboratorio para investigar el comportamiento sísmico de presas con cortinas de materiales graduados.

Sin duda la información que se ha obtenido de la instrumentación instalada en las dos presas antes señaladas, ha sido de un extraordinario valor para el diseño sísmico de nuevas presas que se construyen en áreas sísmicas del resto del territorio nacional, así como en otras partes del planeta. De hecho existen muchas otras presas en México en que, si bien no disponen de una instrumentación tan completa como las de La Villita y El Infiernillo, existen cuando menos uno o dos acelerógrafos en la corona y al pie de las cortinas, así como inclinómetros para medir desplazamientos laterales, dispositivos para medir asentamientos y piezómetros para medir cambios en las presiones de poro a diferentes niveles.

Desafortunadamente en un número apreciable de estas presas se han dejado de tomar lecturas de los instrumentos, y en otros casos, aún cuando fueron tomadas las lecturas, su interpretación no se ha llevado a cabo y consecuentemente se desconoce la evolución de su comportamiento.

Hace falta por tanto revisar las presas importantes del país, en las cuales, debido a su altura, su capacidad de almacenamiento o su ubicación respecto a poblaciones aguas abajo, deberá asegurarse que no existirá una falla como consecuencia de un sismo. Como resultado de esa revisión se deben detectar aquellas presas en las cuales sea necesario instalar una instrumentación adecuada, en

el caso de que ésta no exista, o bien actualizar y/o reemplazar aquélla que esté obsoleta o necesite una reparación mayor para su correcto funcionamiento. Dicha instrumentación permitirá monitorear el comportamiento futuro de estas presas y detectar problemas incipientes en ellas.

Inspección de presas después de ocurrido un sismo

Para cada presa localizada en zona sísmica, debe existir una guía que permita efectuar, eficientemente, una inspección inmediata por parte del encargado de la presa después de un sismo y una inspección posterior realizada por profesionales en ingeniería de presas. La inspección debe comprender, además de la cortina, los empotramientos y la cimentación, el área del vaso y todas las obras auxiliares; entre estas últimas se encuentran los canales de entrada y salida, las estructuras de concreto (vertedores, obras de toma, túneles y conductos, etc.) y los equipos electromecánicos.

Para determinar las presas que deben inspeccionarse para investigar los daños ocurridos después de la ocurrencia de un sismo, se puede utilizar un sistema de información geográfica (GIS = *Geographic Information System*); dicho sistema está basado en la existencia de una base de datos donde se tienen todas las presas con sus características. El resultado de este procedimiento consiste en un listado de las presas a inspeccionar comprendidas dentro de un cierto radio, junto con la localización y los caminos de acceso a las presas en cuestión; el tamaño del radio dependerá de la magnitud, localización epicentral y demás características del sismo (Borgione, 1995).

En la inspección inmediata se deben observar y reportar a la oficina supervisora correspondiente la localización, naturaleza y extensión de daños, tales como deslizamientos, hundimientos, grietas y filtraciones no existentes antes del sismo, y tomar medidas de emergencia en caso de que se presente peligro potencial de falla.

Entre las medidas de emergencia están las de prevenir a los residentes de aguas abajo y a las autoridades de protección civil, y tratar de reducir el almacenamiento del vaso sin que se cause otro problema o se agrave el ya existente. Esta inspección debe comprender todas las obras auxiliares de la presa y deberá mantenerse cuando menos durante 48 horas o según las instrucciones de la oficina supervisora.

Es igualmente importante durante esta inspección inmediata, el aprovechar la información registrada por la instrumentación instalada, de suerte que se pueda conocer la condición y el comportamiento de las componentes de la presa en relación al sismo; deberá implementarse un pro-

grama que aumente la frecuencia de las lecturas cuando menos durante el periodo de las 48 horas después del sismo.

En la inspección posterior debe participar un grupo de ingenieros calificados que estén familiarizados con el proyecto y la construcción de la presa, con la idea de que puedan evaluar la magnitud de los daños y el grado de riesgo que representan. Durante esta inspección se determinarán las formas y las causas posibles de las fallas, es decir, se pueden referir a una inestabilidad de la cimentación, vertedores u obras de toma defectuosas, etc., mientras las causas se pueden deber a licuación de arenas, deslizamientos, hundimientos, revestimientos rotos, erosión de suelos, subpresiones elevadas, grietas o sumideros, etc.

En particular se inspeccionará el estado de la cimentación, observando si existen hundimientos diferenciales, deslizamientos, presiones de poro excesivas, filtraciones que puedan causar tubificación, etc. Es igualmente importante investigar el estado en que se encuentra la obra de toma y la de excedencias, observando las condiciones del flujo, especialmente su coloración y velocidad, y desde luego las condiciones de funcionalidad en las que se encuentran las compuertas y válvulas, o equipo de operación.

La observación de las filtraciones que ocurren antes y después de un sismo, es la acción más importante en la inspección de cualquier tipo de presa. Una filtración no controlada en una presa de materiales graduados o en su cimentación puede producir el fenómeno de la tubificación. Si la filtración incontrolada se origina en el empotramiento o en la cimentación de una presa de concreto, se pueden generar problemas de concentración de esfuerzos en el concreto o incrementos de presión de poro en el subsuelo que conduzcan a una pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante en los materiales de sustento.

La localización, longitud, dirección, profundidad, espesor y orientación de las grietas superficiales, son datos que también ayudan mucho a estimar la magnitud y potencialidad de los daños que un sismo produce en una presa. Dicha información, junto con los registros y la interpretación de los datos de la instrumentación y las filtraciones, son requisitos indispensables mínimos que deberá cumplir la inspección a una presa después de la ocurrencia de un sismo. El Comité Norteamericano de Grandes Presas (1986), presenta un formato de inspección general que se recomienda utilizar para cualquier tipo de presa.

Métodos de análisis utilizados en México

En los últimos 25 años se ha incrementado significativamente en México la necesidad de construir presas de almacenamiento, control de avenidas y riego de zonas agrí-

colas (Trigomil, Trojes, Chilatán, etc.), generación de energía eléctrica (Chicoasén, Caracol, Aguamilpa, Huites, etc.), así como para el suministro de agua potable o una combinación de los usos arriba citados (Calderón, Cerro Prieto, El Cuchillo, etc.); es decir, existe amplia experiencia en el diseño, construcción y operación de grandes presas en nuestro país, así como en materia de análisis, incluyendo el aspecto sísmico. Más aún, en México se han desarrollado algunos métodos de análisis que están a la par o presentan resultados mejores, cuando se comparan con los procedimientos utilizados en otros países más desarrollados que el nuestro. Romo y Flores-Berrones (1992), muestran, a través de un ejemplo, la comparación de los resultados calculados con los métodos de Newmark y Makdisi-Seed para medir asentamientos, con los obtenidos con el método de Romo-Reséndiz en relación a los valores medidos en las presas La Villita y El Infiernillo; allí se muestra que el último de los métodos señalados produce resultados más congruentes con la realidad.

Para evaluar el comportamiento sísmico de una presa utilizando el método del elemento finito en tres dimensiones, existen también modelos teóricos desarrollados y utilizados en México. Romo y Flores-Berrones (1992), muestran también la aplicación del modelo de Romo y Villarraga (1989) a la presa El Infiernillo y su buena aproximación cuando se comparan valores calculados con los observados.

En el caso de presas medianas y pequeñas que no presentan un gran riesgo sísmico, no se justifica el empleo de métodos refinados para el análisis de su comportamiento bajo la acción de los sismos. En tales casos se debe utilizar métodos simplificados que permitan obtener resultados prácticos en un tiempo razonable, los cuales deberán estar lo suficientemente calibrados para que se pueda conocer su grado de aproximación. A este respecto carecemos de manuales o guías que ilustren, mediante ejemplos, el uso y aplicación de métodos simplificados.

Los métodos de análisis simplificados deben estar limitados a aquellos que sólo requieren de cálculo manual o procesos de cálculo automatizado sencillo. Los análisis no deben ser complicados de modo tal que los parámetros de material utilizados, sea de suelo, concreto o roca, puedan obtenerse en un laboratorio común o bien puedan estimarse mediante correlaciones empíricas que están en función de propiedades índice. Con estos métodos simplificados, los ingenieros en la práctica pueden realizar el análisis sísmico completo de una presa, desde la definición de sismos de diseño, hasta la evaluación de condiciones límite de falla y de servicio. Debido a la complejidad de análisis, los métodos aún simplificados requieren de procesos de cálculo laborioso o interactivo, y por tanto es preferible implementarlos en programas de cómputo amigables.

Casos especiales

Existen cuando menos dos casos especiales que vale la pena discutir brevemente: Las presas de jales y las presas abandonadas o puestas fuera de servicio.

Presas de jales

En relación con las presas de jales existe en el país un significativo número de este tipo de presas que almacenan desperdicios producto de las explotaciones de minas. Es común que estas presas se construyan por personal de las empresas mineras, sin que exista un control de calidad riguroso semejante a las medidas establecidas por los métodos tradicionales en las presas de almacenamiento de agua; los materiales y los métodos con los que se construyen las presas de jales pueden variar mucho.

Desde el punto de vista sísmico, existe una gran preocupación en nuestro país por la estabilidad de las presas de jales en zonas sísmicas, ya que las mismas están constituidas por sedimentos finos no cohesivos (arenas finas uniformes y limos), en estado saturado y suelto, los cuales son muy susceptibles al fenómeno de licuación de arenas. Este problema, aunado al de la contaminación del ambiente, principalmente en lo que se refiere a lagos, ríos, acuíferos y otros cuerpos receptores de agua, obliga a la necesidad de crear una norma que precise, dentro de un marco técnico y legal, los requerimientos mínimos ambientales y de estabilidad en el diseño, construcción, operación y abandono de esta clase de presas.

Existe un *Manual de presas de jales* editado por la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México (1993), el cual es una traducción del boletín 45 del GIGB-ICOLD (*International Comittee of Large Dams*). Dicho manual puede servir de base para mejorar los procedimientos constructivos que se han usado hasta ahora en las presas de jales; sin embargo, es altamente recomendable generar un manual que sea acorde a las condiciones fisiográficas y sísmicas existentes en México, contenga el estado actual del conocimiento en esta materia y sea una guía para conocer la forma como se deben cumplir los requisitos que se establezcan en la norma señalada en el párrafo anterior.

Presas abandonadas

En el caso de presas abandonadas o puestas fuera de servicio es importante que se establezcan los criterios normativos para demoler o dejar de operar una presa, ya que de lo contrario, debido a su falta de mantenimiento o inexistencia de monitores en su comportamiento, dichas presas pueden constituir un peligro al fallar su estabilidad

por la ocurrencia de uno o varios sismos. Al respecto los requisitos para esta clase de presas se contemplan en el anteproyecto de la norma mencionada (CNA, 1996) que se encuentra en revisión.

Conclusiones

Es muy importante establecer a la brevedad la normalización oficial de los criterios con los que se deben diseñar, construir, operar y poner fuera de servicio las presas existentes en el país, a fin de asegurar que no fallarán como consecuencia de un sismo. Paralelamente se debe hacer una evaluación del estado que guardan las presas grandes localizadas en zonas sísmicas, y detectar las de mayor riesgo sísmico para tomar de inmediato las precauciones necesarias.

Es altamente recomendable disponer de una base de datos con las características de las presas existentes en el territorio nacional, y desarrollar un sistema de información geográfica que permita definir las presas que requieren inspección inmediata después de la ocurrencia de un sismo.

Dado que existe un número muy grande de presas que fueron construidas sin los requisitos mínimos que hoy en día se exigen para garantizar la seguridad sísmica de una presa, se recomienda desarrollar métodos simplificados de análisis que permitan evaluar, en forma expedita, la estabilidad de las presas más relevantes y detectar aquellas que requieren un estudio más sofisticado y/o una rehabilitación urgente.

Es necesario efectuar la normalización y la legislación de criterios para el diseño y construcción de las presas de jales en zonas sísmicas, pues de lo contrario se pueden tener fallas en esta clase de presas, principalmente por la lixiviación de arenas. La consecuencia de una falla en esta clase de presas, además de las pérdidas de vida y bienes materiales, pueden ser las del tipo ambiental al contaminarse cuerpos receptores de agua (ríos, lagunas, acuíferos, etc.) con los desperdicios minerales que almacenan tales presas.

Agradecimientos

A las autoridades de la Comisión Nacional de Agua su autorización para publicar información relacionada a la normalización de la seguridad de presas en especial al ingeniero Franz Rojas, gerente de Ingeniería Básica y Normas Técnicas. Al doctor Polioproto Martínez Austria y al ingeniero Ricardo Álvarez Bretón, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Referencias

- Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, (1993). Manual de Presas de Jales. Boletín No 25 de ICOLD
- Borgone, J. (1995). Seismic Analysis Using a Geographic Information System: An Application to Dam Safety. Utha Geological Association Publication 24. W.R. Lund, editor
- Canadian Dam Safety Association. 1995. Dam Safety Guidelines.
- Casagrande, A. (1936). Characteristics of cohesionless soils affecting the stability of slopes and earth fills. Contribution to Soil Mechanics 1925-1940, 1940, Boston Society of Civil Engineers, pp 257-276
- Castro, G. (1969). Liquefaction of sands. Harvard Soil Mechanics Series, No 81.
- CFE-IIE (1993). Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo. Comisión Federal de Electricidad e Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Comisión Nacional del Agua (1996). Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-010-CNA.96 Requisitos para la Seguridad de Presas en las Etapas de Diseño, Construcción, operación y Puesta Fuera de Servicio. Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas, Subdirección General Técnica.
- Comisión Nacional del Agua. (1992). Manual sobre inspección, rehabilitación, mantenimiento y conservación de presas. Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, Subdirección General de Administración del Agua. México.
- Comité Norteamericano de Grandes Presas (1986). Guía general para la inspección de presas después de ocurrido un sismo. Ingeniería Hidráulica en México/enero-abril.
- Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones, Portugal. 1990. Regulations for the Safety of Dams. Decree-Law No. 11/90. Lisboa.
- Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. 1996. Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas. España.
- PSM (1996), Peligro Sísmico en México, Instituto de Ingeniería, UNAM, CENAPRED, Comisión Federal de Electricidad e Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Romo, M. y Flores-Berrones, R. (1992) Análisis de la Respuesta Sísmica de Presas de tierra: Experiencia Mexicana. Memorias del IX Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, Santiago de Chile.
- Romo, M. P. y Villfraga, M. (1989). Modelo teórico del comportamiento sísmico de presas de presas: El Infiernillo. Publicación No 518, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.
- Torres Herrera F. 1992. Obras Hidráulicas. Ed. LIMUSA Grupo Noriega Editores. 2TM Ed., 2TM reimpresión. México.

La normalización hidráulica, pilar en el desarrollo sustentable

Franz Rojas Ortuste
Comisión Nacional del Agua

Se establece que para lograr el desarrollo sustentable son necesarias la cooperación entre agentes del deterioro ambiental, la autorregulación, y la legislación y normalización. En relación a este último rubro se proponen cuatro preceptos que fundamentan la expedición de leyes y normas obligatorias: la seguridad de las personas, la salud humana, animal y vegetal, el medio ambiente general, y la preservación de los recursos naturales.

Introducción

Con motivo de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en 1992, se promulgó la Declaración de Río de Janeiro, que plantea la decisión y compromiso de los países asistentes para avanzar hacia el desarrollo sustentable. Es en esta ocasión cuando este concepto cobra importancia. En esencia plantea que el desarrollo económico se realice sin afectar el equilibrio del ecosistema, es decir, que la explotación, uso o aprovechamiento de los recursos naturales no se realice con una tasa superior a la correspondiente a la renovación natural del sistema ecológico.

Bajo esta nueva premisa, será necesario apoyarse en diversos instrumentos que permitan su ejecución, entre otros:

- Cooperación entre agentes del deterioro ambiental
- Autorregulación
- Legislación y normalización

La cooperación entre agentes del deterioro ambiental será posible si, por ejemplo, se asume que la capacidad de dilución o asimilación de un cauce permite determinada carga contaminante, en cuyo caso, un agente podrá descargar aguas residuales con niveles de contaminación mayores a los límites permisibles, siempre y cuando otro

agente descargue sus aguas al mismo cauce pero con niveles de contaminación mucho menores a los límites permisibles, de tal suerte que la carga contaminante que el cauce pueda asimilar y diluir no se vea excedida. Este enfoque, independientemente de que el agente que exceda ciertos límites esté expuesto a algún tipo de sanción comunitaria, social o gubernamental, permitirá que el objetivo primordial de preservación de los ecosistemas no se afecte, lo que dará lugar a la posibilidad de *mercados de contaminación* dentro del concepto de sustentabilidad.

La autorregulación implica que los agentes de la contaminación tengan mayor conciencia sobre su responsabilidad con el ecosistema y que, con base en esta reflexión, instrumenten procedimientos y adquieran (o desarrollen) tecnologías alternas que disminuyan el impacto al ecosistema. Al respecto, ha sido común identificar que los agentes contaminadores provienen del sector industrial, que en buena medida han sido y lo son, pero también debe asumirse la responsabilidad del sector gubernamental (federal, estatal y municipal) y de las instancias encargadas de proporcionar servicios básicos a la población.

Como ejemplo, supóngase la construcción de una presa, que si bien permite el aprovechamiento para diversos usos, genera un impacto ambiental que se traduce en cambio local del clima, deforestación en sus inmediaciones y afectación en la flora y la fauna circundantes. Por ello, las acciones complementarias a un proyecto de esta envergadura deben estar asociadas con la mitigación del impacto y en su caso, con la reposición parcial (o total) del capital ambiental afectado.

Las normas internacionales ISO 14000, que representan la forma más acabada del concepto de autorregulación, plantean que el agente contaminador realice una evaluación exhaustiva de sus procesos de producción y, bajo una visión más amplia, involucre en su evaluación incluso el impacto generado por la contaminación de sus

proveedores de insumos o de materia prima y lleve a cabo acciones de mitigación. Por su parte, el gobierno puede fungir como facilitador del proceso; sin embargo, es un concepto todavía reciente por lo que son pocos los casos de adopción, incluso en países que se autoconsideran a la vanguardia tecnológica y altamente desarrollados; es estimulante sin embargo, que dos grandes compañías mexicanas hayan obtenido recientemente el certificado de ISO 14000 y por ello, merecen un reconocimiento.

El tercer instrumento, que se entiende como resultado de los comentarios al instrumento anterior, es el de la legislación y normalización, tema del que se ocupa el presente trabajo. Si bien el proceso de globalización y la economía de mercado han propiciado la necesidad de contar con especificaciones técnicas de productos y servicios con el fin de garantizar calidad y satisfacción a los consumidores, existen cuatro preceptos que fundamentan la expedición de leyes y normas obligatorias:

- La seguridad de las personas
- La salud humana, animal y vegetal
- El medio ambiente general
- La preservación de los recursos naturales

En julio de 1992 se publicó la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con la cual se reinició y revitalizó el proceso de normalización, certificación, acreditación y verificación de productos, servicios y procesos, estableciéndose con ello un procedimiento uniforme y transparente para la expedición de normas con la participación de los sectores gubernamentales, privados, científicos y del público en general.

Esta Ley comprende la realización de normas voluntarias cuyas especificaciones están destinadas a garantizar la calidad, funcionalidad y vida útil de productos y servicios (NMX), y también proporciona las directrices para que las dependencias del gobierno federal elaboren, expidan y vigilen el cumplimiento de las normas obligatorias, denominadas normas oficiales mexicanas (NOM), que son precisamente aquéllas que están sustentadas en los cuatro preceptos antes señalados. En mayo de 1997 se reformó esta ley, pero se preserva la filosofía y alcances, con la salvedad de que se promueve una mayor participación privada en los mecanismos de certificación y acreditación.

La normativa hidráulica

Son dos los ordenamientos que definen la política hidráulica y ambiental del país: la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, expedidos en 1992 y 1994, respectiva-

mente, y la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), revisada y reformada con base en un decreto presidencial y publicada en diciembre de 1996.

En la primera se reglamentan la administración del agua, la programación hidráulica, los mecanismos para otorgar derechos por uso o aprovechamiento del agua, las zonas de veda, las responsabilidades y procedimientos para la prevención de la contaminación del agua, los diversos usos del agua, los mecanismos de inversión en la infraestructura hidráulica, los bienes nacionales a cargo de la Comisión Nacional del Agua, CNA, y las infracciones y sanciones por el incumplimiento de las disposiciones contenidas en dicha ley o en los ordenamientos legales que de ella se deriven.

En la LGEEPA se enmarca la política ambiental y los instrumentos en la materia. En el caso concreto de los recursos e infraestructura hidráulicos, establece que antes de ejecutarse una obra se realice una evaluación de su impacto ambiental, debidamente sancionada por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. En lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación del agua y los ecosistemas acuáticos, se establece que los criterios de prevención estarán contenidos en normas oficiales mexicanas, aunque la propia ley es clara en el sentido de prohibir descargas a cuerpos de agua, suelo o subsuelo que puedan contaminar estos sistemas, o interferir procesos de depuración de aguas o generar trastornos en los correctos aprovechamientos de agua en cuencas, vasos, acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional.

Con fundamento en ambas leyes, la CNA ha emprendido el proceso de normalización hidráulica que puede agruparse en tres temas fundamentales: la conservación del agua y la protección de los cuerpos de agua superficiales y de los subterráneos.

Conservación del agua

El uso eficiente del agua y en particular su conservación es un precepto que cobra, con el paso del tiempo, mayor legitimidad ya que sus efectos son de interés público, pues no sólo promueve el aprovechamiento racional del agua, sino que permite a los gobiernos federal, estatal y municipal diferir inversiones asociadas con la captación y conducción de agua en bloque, además de la reducción de costos de operación y mantenimiento en el suministro.

La conservación del agua se alcanza mediante dos acciones: la optimización de su distribución y la reducción de su consumo. La primera se logra mediante la eliminación sistemática de fugas en las redes de distribución y tomas

domiciliarias, la medición intradomiciliaria para evitar desperdicio y la regularización de las tomas clandestinas; la segunda acción tiene que ver con los dispositivos que se utilicen dentro de las instalaciones previendo que no se afecte el bienestar del usuario.

Con base en lo anterior, se expidió la norma oficial mexicana NOM-002-CNA-1995 *Tomas domiciliarias para abastecimiento de agua potable* que contiene las especificaciones y métodos de prueba para disminuir el desperdicio de agua ocasionado por la existencia masiva de fugas en tomas domiciliarias. En efecto, de estudios realizados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, el 23 % del volumen suministrado a las ciudades se pierde en las tomas domiciliarias, debido a la mala calidad de los materiales que se utilizan, así como a su deficiente instalación.

Como elementos tendientes a propiciar la reducción en el consumo de agua del usuario, se cuenta con diversas NOM que obligan a los fabricantes a diseñar y comercializar productos que utilicen menos agua pero sin afectar el bienestar del usuario ni los principios de salud e higiene. Aproximadamente, el 40% del agua conducida a domicilio se utiliza en los inodoros y fluxómetros y el 30% en el aseo corporal. Las NOM publicadas y en proceso de expedición, con las que se podrá alcanzar un ahorro paulatino del 30% en el consumo domiciliario, son las siguientes:

- ❑ NOM-005-CNA-1996 *Fluxómetros Especificaciones y métodos de prueba*
- ❑ NOM-s/n-CNA-1997 *Inodoros para uso sanitario. Especificaciones y métodos de prueba del mueble sanitario, válvulas y herrajes*
- ❑ NOM-s/n-CNA-1997 *Regaderas para uso domiciliario. Especificaciones y métodos de prueba*

La conservación del agua también incluye su reuso. En algunos casos, las demandas de abastecimiento de agua potable han sobrepasado la oferta, ocasionando que desarrollos urbanos, industriales, comerciales o agrícolas compitan por el uso del agua, incluso que se generen conflictos, o bien, que busquen sus propias fuentes de abastecimiento, extrayendo agua de acuíferos en explotación, sin la concesión correspondiente y mucho menos con la debida supervisión. Una opción que mitigue dicha competencia es el fomento al reuso del agua; por ello, se encuentran en proceso de expedición las siguientes normas:

- ❑ NOM-s/n-CNA-1998 *Requisitos para la recarga artificial de acuíferos*
- ❑ NOM-003-ECOL-1997 *Reuso en servicios de las aguas residuales tratadas*

Sin embargo, no todo está resuelto. Sin duda más del 85% del agua utilizada en el país se destina al riego agrícola y sólo el 15% restante se aprovecha en usos urbanos (abastecimiento de agua potable), usos industriales o agroindustriales. Por lo tanto, las medidas tendientes a la conservación del agua deberían estar enfocadas, en primera instancia, a la conservación del agua para riego, y podrían ser las siguientes: sustitución paulatina del riego tradicional por el riego tecnificado, revestimiento de canales o incluso el uso de tubería. Dichas acciones requieren de inversiones inconmensurables que representan todo un reto a futuro.

Protección de los cuerpos de agua superficiales

Las descargas de aguas residuales disminuyen el oxígeno disuelto en el agua, lo cual no sólo afecta la flora y la fauna de los cauces superficiales, sino que también obliga a realizar tratamientos específicos para su posterior aprovechamiento. Por ello, se han expedido normas que buscan aminorar la contaminación del agua generada por actividades humanas, procesos industriales o agroindustriales y retornos agrícolas. Se cuenta con las siguientes NOM:

- ❑ NOM-001-ECOL-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
- ❑ NOM-002-ECOL-1997. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado sanitario
- ❑ NOM-090-ECOL-1997. *Requisitos para la seguridad de presas de jales*

Protección de los cuerpos de agua subterráneos

Aproximadamente el 80 % del abastecimiento de agua potable del país proviene de acuíferos subterráneos. Como parte de una estrategia para evitar la contaminación de cuerpos de agua subterráneos se expidieron y están en proceso de desarrollo las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

- ❑ NOM-003-CNA-1996. *Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos*
- ❑ NOM-004-CNA-1996. *Requisitos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua para la protección de acuíferos y para el cierre de pozos en general*

- ❑ NOM-006-CNA-1997. Fosas sépticas prefabricadas. Especificaciones y métodos de prueba
- ❑ NOM-008-CNA-1997. Requisitos para la disposición de aguas al suelo o subsuelo

Conclusiones

La normativa es, hasta la fecha, el mecanismo de control más efectivo para evitar la contaminación, y los sectores hidráulico y sanitario no son la excepción. La descripción de las normas expedidas o en proceso de emisión están comprendidas dentro de la búsqueda por garantizar que el desarrollo sustentable sea posible en el país. Este pro-

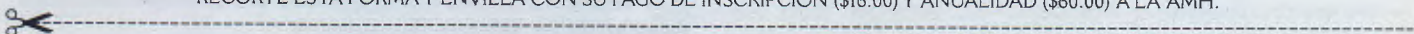
ceso requiere del consenso entre las dependencias de gobierno, institutos de investigación, grupos ecologistas y usuarios; estos últimos son paradójicamente contaminadores y demandantes de más agua.

En esta aparente encrucijada de intereses y voluntades, la normas deben ser claras en sus propósitos y acuerdos con las posibilidades del país; si bien es un sofisma pensar en la contaminación nula (ya que eso implicaría desarrollo económico nulo), sí es posible pensar, plantear y actuar conforme a la renovación natural del ecosistema, aprovechando la extraordinaria capacidad del medio ambiente para diluir, asimilar o dispersar los contaminantes, sin lesionar su aprovechamiento actual y futuro.

TLALOC-AMH se distribuye gratuitamente a los socios de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH. Para quienes no están inscritos en la AMH el costo por ejemplar es de \$20.00 y se puede adquirir directamente en las oficinas de la Asociación.

INGRESO DE MIEMBROS

RECORTE ESTA FORMA Y ENVÍELA CON SU PAGO DE INSCRIPCIÓN (\$16.00) Y ANUALIDAD (\$60.00) A LA AMH.



ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA SOLICITUD DE INGRESO

DATOS PERSONALES

_____ R.F.C. _____ SEXO _____
APELLIDO: PATERNO, MATERNO, NOMBRE(S)

DOMICILIO _____
CALLE NÚMERO COLONIA

C.P. DELEGACIÓN/MUNICIPIO CIUDAD ESTADO TELÉFONO

GRADO DE ESTUDIOS _____ PASANTE _____ EGRESADO _____

LICENCIATURA _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

MAESTRÍA _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

DOCTORADO _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

OTROS _____ AÑO _____

ACTIVIDAD PROFESIONAL

NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN _____

GIRO DE LA EMPRESA _____ PUESTO _____

DOMICILIO _____
CALLE NÚMERO COLONIA

C.P. DELEGACIÓN/MUNICIPIO CIUDAD ESTADO

TELÉFONOS _____ EXT. _____ FAX _____

LUGAR Y FECHA _____ FIRMA DEL INTERESADO _____

Aviso: A los miembros que estén retrasados en el pago de su anualidad, por favor dirigirse con el coordinador local de la AMH o directamente a la oficina central en Camino Sta. Teresa No. 187, Col. Parques del Pedregal, C.P. 14210, México, D.F. Tel. 666-08-35; Fax 666-08-35.

Página Web: <http://atl.imta.mx/~amh/> Correo electrónico: amh@atl.imta.mx

XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica XV Congreso Nacional de Hidráulica

Se desarrollarán simultáneamente.

Organizadores: Sección Latinoamericana de Hidráulica de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas y el XXIII Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica. Oaxaca, México. Del 13 al 16 de octubre, 1998

Informes: Asociación Mexicana de Hidráulica
Teléfono: (5) 606-2323. Fax: (5) 666-0835

Página Web: <http://atl.imta.mx/~amh/>

Cursos precongreso:

- Hidráulica ambiental. 30 de septiembre -2 de octubre, 1998
- Calidad del agua. 30 de septiembre -2 de octubre.
- Conservación y manejo integral de cuencas. 30 de septiembre -2 de octubre, 1998.
- Hidráulica experimental. 30 de septiembre -2 de octubre.
- Regionalización hidrológica. 23-25 de septiembre, 1998.
- Hidráulica computacional: 7 -11 de septiembre, 1998.
- Aplicación de fractales a la hidrología. 23 - 27 de agosto, 1998.

(fechas susceptibles de cambio)

Informes: Javier Aparicio Mijares

Teléfonos: 91 (73) 20 86 71. Fax: 19 43 41

E-mail: aparicio@tlaloc.imta.mx

Programa universitario de medio ambiente

- Procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales. 15 -26 de junio, 1998.

- Desarrollo sustentable. 15 - 26 de junio, 1998.

Organizador: Universidad Nacional Autónoma de México

Informes: Teléfonos: (5) 622 41 86, 622 41 70 y 606 10 43

Fax: 550 88 34 y 606 17 85 email: puma@servidor.unam.mx

<http://www.unam.mx/puma>

Intercambio de experiencias sobre educación y cultura del agua

Organizador: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Del 25 al 27 de marzo, 1998

Informes: Clara Levi E-mail: clevi@chac.imta.mx

Teléfonos: (73)19 40 81, extensiones 114 y 614. Fax: (73) 19 38 01

Programa de cursos abiertos 1998, IMTA

- Cálculo, Consulta y Explotación de Información Hidrométrica, Sedimentos y Vasos (SIAS-BANDAS). 13-17 de abril.

- Aplicación de Isótopos en Hidrología. 20-24 de abril.

- Diseño y Desarrollo e Implantación de Sistemas de Calidad. 20-24 de abril.

- Redes de Comunicación. 18-22 de mayo.

- Hidrología Pluvial. 25-29 de mayo.

- Hidrología de Superficie. 1-5 de junio.

- Herramientas Básicas de Calidad. 22-26 de junio.

- Modernización en la Operación de Canales de Riego. 6-10 de julio.

- Elaboración de Documentos, Informes y Presentaciones, Asistidos por Computadora. 10-14 de agosto.

- Diseño de Planes y Programas de Capacitación. 17-21 de agosto.

- Sistemas de Calidad para el Acreditamiento de Laboratorios de Prueba. 20-24 de agosto.

- Modelación Numérica de la Contaminación en Ríos y Lagos. 31 de agosto-4 de septiembre.

Organizador: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Informes e inscripciones: Javier Lambarri y Paolo García

Teléfonos: 91 (73) 19 43 61, 19 40 00 extensiones 614 y789.

Fax: 19 38 01 y 19 42 01.

1998 International Water Resources Engineering Conference

Simultáneamente se desarrollarán las siguientes reuniones:
Groudwater Management Symposium.

Mini-Symposium on Hydrology and Hydraulics of Wetlands

Mini-Symposium on Bank Stabilization Measures

Organizador: American Society of Civil Engineers, ASCE.

Memphis, Tennessee, EUA.

Del 3 al 7 de agosto, 1998.

Informes: American Society of Civil Engineers

1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191-4400

Teléfonos: 800-548-2723 (ASCE) y 703-295-6300

Fax: 703-295-6144

XII International Conference on Computational Methods in Water Resources

Organizador:

Institute of Chemical Engineering and Hig Temperature Chemical Processes- Foundation for Research and Technology , Hellas (ICE/HT-FORTH). Creta, Grecia.

Del 15 al 19 de junio, 1998.

Informes: Dr. Vasilis N. Burganos, ICE/HT-FORTH. Stadiou St.,

Platani, GR26500, Patras, GREECE

Teléfono: + 30-61-965215. Fax: + 30-61-965223

Correo electrónico: vbur@iceht.fort.gr

Página Web: <http://www.wessex.ac.uk>

Second International Conference on Advances in Fluid Mechanics

Organizador: Wessex Institute of Technology, UK y DIEM, University of Udine, Italy.

Udine, Italia. Del 13 al 15 de mayo, 1998

Informes: Paula Doughty-Young. AFM98

Wessex Institute of Technology

Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton, SO40 7AA, UK

Teléfono: 44(0)1703293223. Fax: 44(0)1703292853

Correo electrónico: Paula@wessex.ac.uk

Página Web: <http://www.wessex.ac.uk>

Coastal Environment 98. Environmental Problems in Coastal Regions

Organizador: Wessex Institute of Technology

Cancún, México. Del 8 al 10 de septiembre, 1998

Informes: Liz Kerr. *Conference Secretariat,*

Coastal Environment 98

Wessex Institute of Technology

Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton, SO40 7AA, UK

Teléfono: 44(0)1703293223. Fax: 44(0)1703292853

Correo electrónico: liz@wessex.ac.uk

Página Web: <http://www.wessex.ac.uk>

En OMSA (Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua), contamos con la experiencia de Générale Des Eaux, empresa líder en el manejo de sistemas de agua y con el respaldo del Grupo ICA, líder constructor en América Latina.

OMSA utiliza tecnología europea de punta que ha probado su eficiencia en más de 100 países del mundo; actualmente en Aguascalientes y en el Distrito Federal con excelentes resultados.



OMSA

Apoiando el desarrollo sustentable de los municipios...

¿Conoce realmente la eficiencia de la red de Agua Potable de su Municipio?

La utilización de tecnología avanzada combinada con ingeniería, nos permite conocer la eficiencia real de sus redes, a través de metodologías que denominamos "Sectorización".

Detectores de Fugas Acústico y Electrónico



La "Sectorización" es una combinación de labor en gabinete con ingenieros expertos y la aplicación en campo de acciones que llevan a:



- Medir caudales aportados a las mismas.
- Monitorear consumos de usuarios.
- Dimensionar las pérdidas.
- Detectar fugas no visibles y tomas no registradas.
- Reducir en forma importante las pérdidas de agua.

Detección de Fugas en Campo.

La Sectorización tiene como objetivos fundamentales preservar el Agua y reducir costos de Operación y Mantenimiento de redes, así como consumos de energía eléctrica.

Medidor Electrónico con contador de datos



Señor Empresario

i pague a tiempo!

Si usted se dedica a actividades industriales, comerciales, de servicios y/o:

- Utiliza agua de pozos, ríos, lagos o lagunas.
- Descarga aguas residuales en ríos, lagos, lagunas, presas, cauces, mares o las infiltra al subsuelo.

Deberá pagar derechos trimestralmente antes de los días:

- 15 de octubre
- 15 de enero
- 15 de abril
- 15 de julio

- Utiliza terrenos federales colindantes a ríos, lagos o presas para actividades turísticas.

Pagará bimestralmente en los meses de:

- Agosto
- Octubre
- Diciembre
- Febrero
- Abril
- Junio

- Extrae materiales de cauces de ríos y otros cuerpos de agua, entonces **sus pagos los deberá hacer previos a la operación.**

Realice sus pagos en cualquier sucursal de los siguientes bancos:

 Banamex

 BITAL

 INVERLAT
BANCO

 Bancomer

 BANORTE

 CONFIA

Estar al corriente de sus pagos le conviene ya que obtendrá:

- Seguridad Jurídica
- Protección de su inversión y patrimonio



¡Confiamos en usted!

Su pago es Autodeclarable.

Si necesita más información, acuda a la "Ventanilla Única" de la Comisión Nacional del Agua más cercana a su localidad.