



TLÁLOC



Nueva Época

Número 43

Noviembre 2008

Mayo 2009

www.amh.org.com

Órgano de Comunicación de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A. C.



Frente a Nuevos Retos Impulsando a la Ingeniería Mexicana..



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



www.ica.com.mx

www.grupolanacional.com.mx

Editorial

En primer término quiero agradecer la invaluable colaboración, tanto de los miembros del Comité Organizador, Panelistas y Ponentes, como de los más de seiscientos Congresistas que hicieron posible se llevara a cabo el XX Congreso Nacional de Hidráulica, celebrado en la ciudad de Toluca, del 15 al 18 de octubre de 2008 con el tema central “*Infraestructura hidráulica, sustento del desarrollo en México*”.

Les manifiesto que gracias a su entusiasmo y dedicación este evento resultó todo un éxito, tanto por la calidad técnica de las más de 140 ponencias que se presentaron como por las relevantes autoridades que estuvieron representando al Gobierno Federal y al Gobierno del Estado de México. En esta edición el lector encontrará una mayor información acerca de este importante evento.

Como parte del Congreso se contó con una Expoferia, integrada por 22 empresas e instituciones públicas y privadas que ofrecieron sus productos y servicios, algunos con los últimos avances tecnológicos, que sirven de base para la modernización de las actividades que desarrolla el sector hidráulico.

También se entregaron los premios “Francisco Torres H.” y “Enzo Levi” a los doctores Daniel Francisco Campos Aranda y Ariosto Aguilar Chávez, respectivamente. En estas páginas publicamos el trabajo *Calibraciones hidrológicas prácticas en la región hidrológica número 10 (Sinaloa)*, correspondiente al primero de los galardonados.

Otro de los textos importantes de este número es una entrevista inédita que el Dr. Gilberto Sotelo Ávila concediera al maestro Edmundo Pedroza González y que la AMH publica ahora como homenaje póstumo a quien fuera su presidente durante el periodo 1970 a 1971 e integrante de la Junta de Honor y de su Consejo Consultivo.

También presentamos una semblanza del Ing. Humberto Luna Núñez, como una muestra de agradecimiento a su importante labor realizada a favor de la AMH, misma que el gremio le reconoció ampliamente durante el pasado Congreso Nacional de Hidráulica.

Por otra parte les ofrecemos en estas páginas la reseñas del libro *Manual geotécnico para el diseño de presas pequeñas* producido por el IMTA y editado por Isaac Bonola Alonso y Alberto Jaime Paredes.

Finalmente quiero comentarles que estamos entrando en el período en que habremos de renovar nuestro Consejo Directivo Nacional, por lo que les invito a participar en el proceso de elección, evento de gran trascendencia para nuestra Asociación, de acuerdo con lo establecido en nuestros estatutos, destacando que deben de estar al corriente en el pago de sus cuotas para que tengan sus derechos vigentes y puedan participar en la elección.

Ing. Jorge Malagón Díaz
Presidente del XXVIII Consejo Directivo

CONSEJO EDITORIAL

Director *Dr. Humberto Marengo Mogollón*

Editor
Técnico *Dr. Nahún H. García Villanueva*

Coordinador
Editorial *Lic. Jesús Hernández Sánchez*

Miembros del Consejo Editorial

Dr. Felipe I. Arreguín Cortés
Comisión Nacional del Agua

Dr. Jaime Collado
Consultor

Ing. Juan Carlos Valencia Vargas
Comisión Nacional del Agua

Ing. Luis Athié Morales
Comisión Federal de Electricidad

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

Dr. Polioptro Martínez Austria
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Biól. Ramón Pérez Gil Salcido
Fundación Gonzalo Río Arronte

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

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

TLÁLOC



Nueva Época
Número 43
Noviembre 2008
Mayo 2009
www.amh.org.com

Órgano de Comunicación de la
Asociación Mexicana de Hidráulica, A. C.

XXVIII CONSEJO DIRECTIVO

Presidente

Ing. Jorge Malagón Díaz

Vicepresidente

Dr. Humberto Marengo Mogollón

Tesorero

Ing. Víctor J. del Razo Tapia

Primer Secretario

Ing. Martín Hidalgo Wong

Segundo Secretario

Ing. Roberto Olivares

Vocales

Ing. Agustín Félix Villavicencio

Ing. Oscar Hernández López

Ventas y Publicidad:

Ing. José Aarón Campos Ramos

Director de Promoción

Tels. 5580 4782

5557 1505

aaroncampos@prodigy.net.mx

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

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

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

www.amh.org.mx

Nuestra portada: Diferentes aspectos del XX Congreso Nacional de Hidráulica

Índice

- 6 XX Congreso Nacional de Hidráulica
- 14 Entrevista con el Dr. Gilberto Sotelo Ávila[†]
Edmundo Pedroza González
- 20 Manual Geotécnico para el diseño de presas pequeñas
Isaac Bonola Alonso
Alberto Jaime Paredes
- 22 Currículum Vitae del
Dr. Daniel Francisco Campos Aranda
- 32 Conferencia Magistral
“Francisco Torres H., 2008”
Dr. Daniel Francisco Campos Aranda
- 36 Uso de equipos acústicos móviles para aforar en canales de riego
Serge Tamari, Ariosto Aguilar Rubén Morales
- 38 Hidráulica de canales; *Ligas, Publicaciones en inglés, Publicaciones en español*



XX Congreso Nacional de Hidráulica

Con la participación de más de 600 personas de los sectores público, académico y empresarial, se llevó a cabo el XX Congreso Nacional de Hidráulica en la Ciudad de Toluca, México, del 15 al 18 de octubre del 2008, con el tema principal “Infraestructura hidráulica, sustento del desarrollo en México”



El Dr. David Korenfeld Federman (al micrófono), secretario del Agua y Obra Pública del Estado de México, en representación del gobernador Enrique Peña Nieto, inauguró el XX Congreso Nacional de Hidráulica.

El Congreso se realiza cada dos años y es organizado por la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C. (AMH), la inauguración estuvo a cargo del Dr. David Korenfeld Federman, Secretario del Agua y Obra Pública, en representación del Gobernador del Estado de México, Lic. Enrique Peña Nieto, quien señaló que la adecuada administración del agua no es una cuestión de moda sino de vida y debe realizarse considerando el beneficio de todos los sectores de la sociedad

Por su parte el Ing. José Ramón Ardavín Ituarte, representante del Director General de la Comisión Nacional del Agua, expuso el tema “Panorama del agua en México” donde destacó la presentación de los objetivos y metas del Programa Nacional 2007-2012 enfatizando en la necesidad de una participación más activa de la sociedad en la administración del agua.

Asimismo, el Dr. David Korenfeld Federman inauguró la Expoferia del Congreso, en la que participaron 25 empresas e instituciones públicas y privadas, ofreciendo sus productos y servicios, algunos con los

últimos avances tecnológicos, que sirven de base para la modernización de las actividades que desarrolla el sector hidráulico.

En el evento de inauguración se hizo entrega de sendos premios nacionales que otorga la AMH: “Francisco Torres H.” y “Enzo Levi” a los doctores Daniel Francisco Campos Aranda y Ariosto Aguilar Chávez por sus aportaciones a la práctica profesional e investigación, respectivamente, quienes presentaron las conferencias magistrales “Calibraciones hidrológicas prácticas en la región hidrológica número 10 (Sinaloa)” y “La hidráulica como herramienta de la ingeniería”.

Durante el desarrollo del Congreso, especialistas en hidráulica de todo el país presentaron en sesiones técnicas más de 140 ponencias, en las que abordaron diversos aspectos de la problemática del agua en México. Asimismo se realizaron 14 paneles que cubren prácticamente todos los aspectos relacionados con el quehacer hidráulico, participando 60 ponentes del sector Federal, Estatal, Municipal, Privado, Académico y Social; manejándose aspectos legales, técnicos, económicos y sociales. Las presentaciones que se proyectaron durante el desarrollo de los paneles, así como las conferencias magistrales y conclusiones del Congreso, pueden consultarse en la página de internet de la Asociación Mexicana de Hidráulica (www.amh.org.mx)

El Congreso fue clausurado por el Ing. Jorge Malagón Díaz, presidente de la Asociación Mexicana de Hidráulica, quien presentó una relatoría del desarrollo del Congreso, señalando que se había cumplido con



Ing. Jorge Malagón Díaz, presidente del XXVIII Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica

el objetivo de intercambiar experiencias, así como analizar y discutir los problemas actuales que enfrenta nuestro país en materia hídrica en aspectos como abastecimiento de agua, fenómenos meteorológicos extremos, saneamiento, cambio climático, investigación y docencia, legislación, etc. Asimismo manifestó que en los 43 años que tiene de existir la Asociación Mexicana de Hidráulica, ha sido testigo de la transición que ha tenido el recurso hídrico en México, donde en algunas regiones del país se ha convertido abundante a escaso, presentándose conflictos cada vez más difíciles de resolver debido a la competencia entre los usos, por lo tanto, las soluciones que se propongan requieren ser tomadas por equipos de profesionistas que analicen tanto el aspecto técnico y económico, como el social y ambiental

Finalmente, en un emotivo acto dentro de la ceremonia de clausura, se entregó un reconocimiento especial al Ing. Humberto Luna Núñez, expresidente de la AMH, por sus brillantes aportaciones al desarrollo del sector hidráulico, tanto en la práctica profesional como en la formación de recursos humanos.



El ingeniero Humberto Luna Núñez (primero de izquierda a derecha) recibió un reconocimiento especial de la AMH por sus brillantes aportaciones al sector hidráulico.

Ha realizado viajes de estudio a la Cuenca del río Mississippi, al Instituto Tecnológico de Massachusetts, a la Universidad de Stanford y a la Autoridad del Valle de Tennessee en los EEUU, al Instituto Technion en Haifa, Israel y a la Cuenca del río Nilo en Egipto.

Entre sus logros realizó la primera estimación de la disponibilidad de aguas superficiales a nivel nacional y ha desarrollado una metodología para determinar la seguridad hidrológica de presas ubicadas en cuencas pequeñas que no cuentan con registros de escurrimiento.

Ing. Humberto Luna Núñez

Ingeniero Civil egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en 1959 con especialidad en Hidrología e Hidráulica, es miembro fundador de la Asociación Mexicana de Hidráulica y miembro del Comité Asesor de Origen Hidrometeorológico del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) de la Secretaría de Gobernación.

Ha sido Vocal Secretario de la Comisión del Plan Nacional Hidráulico, Gerente Regional de la Zona Golfo y Sureste de la Comisión Nacional del Agua y Director General de Proyectos de la Comisión de Aguas del Valle de México. Perteneció actualmente a la Gerencia del Consultivo Técnico de la CONAGUA.

Dentro de la Facultad de Ingeniería de la UNAM ha sido profesor de Hidráulica y de Obras Hidráulicas en la División Profesional, y de Métodos Numéricos de la Hidráulica en la División de Estudios de Posgrado, asimismo fue miembro del Consejo Técnico de la Facultad.

Conclusiones

Por Agustín Félix Villavicencio

Participaron sesenta ponentes quienes cubrieron prácticamente todos los aspectos relacionados con el quehacer hidráulico. Se realizaron 14 paneles:

Abastecimiento de agua a ciudades

La mayoría de las obras hidráulicas para el abastecimiento de agua potable ya cumplieron con su vida útil y al no contar con un adecuado programa de mantenimiento preventivo y correctivo, la infraestructura se encuentra en muchos casos obsoleta; sólo se realizan acciones mínimas indispensables para que los sistemas sigan operando con el riesgo de que en cualquier momento se presenten fallas. En resumen estas obras hidráulicas no son confiables y es necesario destinar importantes recursos para su modernización.

Se señaló que la política debe ser no invertir en incrementar la oferta, ahora debe administrarse la demanda, mejorando las eficiencias tanto físicas como comerciales.

El Programa Nacional Hidráulico propone la entrega de agua suficiente y con calidad, de manera sustentable y buscando la preservación del ambiente. Las metas incluyen impulsar la eficiencia global de los sistemas de agua, aumentar la cobertura y calidad del servicio. Para ello, se requiere que en el presente sexenio se inviertan del orden de 167,000 millones de pesos.

Se destacó la estrategia, que se está utilizando Querétaro, de incrementar las eficiencias, quitando los tinacos en las viviendas que además de disminuir costos por instalación y energía eléctrica para subir el agua, se elimina una de las principales fuentes de contaminación del agua por la falta de limpieza sistemática de los tinacos, por lo que, es conveniente contar con un solo tanque de regulación para todas las viviendas que conforman un fraccionamiento.



De izquierda a derecha: doctores: F. Javier Aparicio Mijares, coordinador de Hidrología del IMTA, Felipe I. Arreguín Cortés, subdirector general Técnico de la CONAGUA y Polioptro Martínez Austria, director general del IMTA.

con mayor información para la toma de decisiones. Se destacó que la meta de la actual administración de la CONAGUA, es contar con la suficiente información para que sirva como base de análisis posteriores. Se destacaron aspectos relacionados con la revisión de los parámetros de diseño de la infraestructura hidráulica como es el caso de las obras de excedencia.

Cambio climático

Se comentó que existen importantes incrementos en la temperatura del planeta de acuerdo a las mediciones que han venido realizando desde el año de 1952. Se pronostica para nuestro país una variación de 4 grados centígrados para finales del siglo.

Los principales efectos asociados al cambio climático son:

Variaciones en la precipitación, tanto en su distribución durante el año, como en cantidad, lo cual se vería reflejado en el rendimiento de los cultivos agrícolas, y además se requerirá de adecuaciones a las capacidades de conducción de los acueductos.

- Incrementos en el nivel del mar, afectando el flujo de las descargas de los ríos a los océanos.
- Se ha mantenido la frecuencia de los huracanes, pero se ha incrementando su intensidad causando mayores daños.

Como se aprecia, se comprende la condición de los efectos del cambio climático, pero aún no se tiene cuantificada su frecuencia y magnitud, por ello, debemos acelerar los procesos que nos permitan contar

Disponibilidad de agua en México

Recientemente la CONAGUA publicó un estudio sobre la disponibilidad del agua en México, donde se enfatiza que de las 722 cuencas hidrológicas identificadas en el país, actualmente se han publicado datos de 652 y para el caso de los acuíferos de 653, se publicó la disponibilidad de 282, lo que representa el 93% de la extracción actual.

Dentro del Programa Nacional Hídrico 2007 – 2012, se determinará y publicará la disponibilidad de agua que se contará en los 653 acuíferos del país. Estos estudios son de suma importancia ya que sin ellos, sería imposible llevar a cabo una adecuada administración del agua.

En este panel se comentó sobre la importancia de que las cuencas y acuíferos estén reglamentadas para el ordenamiento de los usos del agua y que permitan lograr el equilibrio hidrológico. Lo anterior requerirá de una intensa participación de los usuarios. Asimismo, se destacó el hecho que la autoridad encargada del agua, causó serios problemas en lograr el equilibrio en los acuíferos al emitir decretos de facilidades para

otorgar concesiones para el uso del agua, sin conocer aún la disponibilidad, pero sobre todo, sin respetar las vedas, tal y como lo señala la LAN, legalizando las sobreexplotaciones de los acuíferos.

En resumen, los estudios elaborados sobre la disponibilidad del agua sólo arrojan datos que ratifican lo que ya se sabía, que existe un déficit; pero de igual forma destacan los aspectos en los que se tiene que avanzar, como es la implantación de medidas para corregir ese déficit. Es importante destacar que la vigilancia de la autoridad juega un papel fundamental y actualmente no se aprecian medidas importantes de acuerdo a la gravedad del problema de la sobreexplotación de los acuíferos.

Legislación Hidráulica

Se concluyó que el principal marco regulatorio, Ley de Aguas Nacionales, enfrenta una de las crisis más severas de su historia. Se dijo que la expedida en 1992 se reformó prácticamente en todos sus artículos en el año de 2004, pero al no actualizar su reglamento ha ocasionado que la actual Ley tenga graves problemas para su implementación después de cuatro años de publicada. En el panel se manifestó la necesidad en emitir una nueva Ley de Aguas Nacionales, haciendo hincapié en que no se le hagan más adecuaciones a la actual, ya que eso sería un error. Se dijo que era necesario, en primer término, establecer con claridad una política pública en materia de agua que considere los aspectos siguientes:

- Un programa con visión a largo plazo, de al menos 25 años.
- Un sistema jurídico claro, aplicable y funciones, es decir que establezca disposiciones que puedan cumplir los usuarios y que pueda ser verificable por la autoridad.
- Transparencia y rendición de cuentas.
- Mecanismos ágiles y efectivos de participación ciudadana.

En cuanto a la normatividad que rige a los municipios para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, es decir, lo contemplado en el artículo 115 Constitucional, se concluyó que no se puede seguir con el mismo marco regulatorio, ya que está demostrado que no funciona adecuadamente, ya que de los 2,455 municipios del país, sólo en 75 casos se cuenta con organismos operadores que funcionan adecuadamente, es decir, que sean sustentables. La problemática es la siguiente:

- Duplicidad de funciones en los diferentes niveles de gobierno.
- La CONAGUA no tiene ninguna facultad para actuar en materia de agua potable y saneamiento.
- Visiones de actuación a corto plazo, tomando en cuenta que las administraciones municipales sólo duran tres años.
- El establecimiento de tarifas por la prestación de los servicios no se maneja con criterios económicos.



En la Expoferia del Congreso Nacional de Hidráulica 25 empresas e instituciones, públicas y privadas, ofrecieron al público sus productos y servicios.

- Un Organismo Operador de Agua Potable y Saneamiento puede desaprobar por una simple decisión del cabildo del municipio.
- Los municipios cuando les conviene son autónomos en la prestación del servicio y cuando requieren apoyos entonces señalan que los estados o la Federación tiene la obligación de apoyarlos.

En resumen, se debe de establecer un marco jurídico que responda a los aspectos siguientes:

- Propicie un sistema financiero moderno que sirva para sufragar todos los costos por la prestación el servicio.
- Rendición de cuentas sobre la eficiencia técnica y financiera con que se desarrollan los organismos operadores.
- Capacitación del personal en todos los procesos y continuidad en los puestos operativos.

Una propuesta fue modificar el Artículo 115 Constitucional para que se puedan constituir organismos públicos descentralizados intermunicipales que respondan al aprovechamiento de economías de escala.

Fenómenos hidrometeorológicos extremos

Se describieron las causas y efectos de los tres graves desastres hidrometeorológicos registrados recientemente en el país: Parral, Chihuahua, San Juan de Grijalva, Chiapas y el de Villahermosa, Tabasco, destacándose la necesidad de actuar en las siguientes vertientes:

- Reordenamiento del territorio para que el uso del suelo sea el adecuado y los lugares donde se asienta la población no deben ser susceptibles de inundación, por lo que se debe de contar con los atlas de riesgos sistemáticamente actualizados.



Ingeniera María del Rosario Angulo Álvarez,
subgerente de Conservación de la Gerencia de Distritos de Riego,
CONAGUA.

- Vigilancia continua por parte de las autoridades del agua, en los cauces y zonas federales de los ríos, lagos y vasos.
- Contar con la información sistematizada sobre la precipitación, escurrimiento, topografía y niveles de los ríos y lagos y actualizarla en la medida que vayan ocurriendo los fenómenos hidrometeorológicos, para alimentar modelos de simulación, que permitan establecer políticas para la operación de la infraestructura y alertas tempranas para la reubicación de la población.

Irrigación y drenaje

Se destacó la falta de una política agrícola que beneficie al sector campesino; además se señaló que actualmente para la agricultura y la ganadería se tiene una visión comercializadora dirigida al exterior, principalmente y, por lo tanto, además de que este tipo de producción se concentra en pocas manos, por su grado de tecnificación no ofrece oportunidades para los campesinos de bajos recursos. Por ello lo que produce el sector social no tiene un impacto importante en la renta agropecuaria. La disponibilidad financiera

para el desarrollo, operación y mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje existentes, han sido inadecuados poniendo en peligro la funcionalidad de los mismos.

La administración del agua debe empezar con la medición, permitiendo conocer los volúmenes existentes, disponibles, empleados, concesionados, desperdiciados, etc. Para el otorgamiento de derechos de uso del agua, se deben considerar aspectos tales como, la disponibilidad, el equilibrio entre usos productivos, sociales y ambientales.

La prelación para uso del recurso se aplica en aguas disponibles jurídicamente para ser asignadas y concesionadas, más no en los volúmenes físicamente disponibles, pero vinculados con derechos de uso otorgados.

Agua y energía eléctrica

Se destacó que solamente se tiene regulado el 30% de los caudales que escurren en el país, de los cuales el 80% están ubicados en el sureste, por lo tanto, existe un número importante de proyectos viables. La CFE informó que ha decidido construir obras que sean realmente rentables, tales como la Yesca, La Parota y Copainala, sin embargo se sabe que actualmente se complica la construcción de obras, principalmente porque existe una mayor regulación, esencialmente en el aspecto ambiental, pero sobre todo, por diversos trámites adicionales con los que se debe que cumplir.

Los aspectos que se tienen que considerar para decidir la ejecución de un proyecto son: que sea económicamente factible, ambientalmente sustentable y que sea socialmente aceptable. Para lograr el éxito en la realización de una obra, es fundamental dedicar los recursos que sean necesarios para la planeación y elaboración del proyecto. Actualmente existe una crisis en la renovación de los recursos humanos.

Se propuso a la AMH que impulse la creación de un fideicomiso para el desarrollo de empresas de ingeniería mexicanas, pero sobre todo, para la capacitación del personal y que la AMH avale o certifique a las empresas aptas para que puedan participar en asignaciones directas de proyectos ejecutivos.



De izquierda a derecha: doctores Ariosto Aguilar Chávez, subcoordinador de Hidráulica Ambiental del IMTA y Premio Nacional Enzo Levi 2008 y Nahún Hamed García Villanueva, coordinador de Hidráulica del IMTA.

Fuentes alternativas de abastecimiento de agua

Los expositores destacaron en su presentación las fuentes alternas de abastecimiento siguientes:

- Desalación de agua de mar, siendo una de las fuentes más seguras, pero más cara: un m³ tiene un costo aproximado de un dólar puesto a pie de planta.
- La captación del agua de lluvia a través de los techos de las viviendas, la cual es conducida a través de canaletas hacia un tanque de regulación, todas las obras se hacen con materiales de la región y la calidad del agua se va mejorando en función del tipo de uso que se da en la vivienda, esta es la mejor forma de resolver el problema de abastecimiento de alrededor de 150,000 comunidades de menos de 500 habitantes ubicados en viviendas dispersas.

Antes de planear el desarrollo de un nuevo proyecto de abastecimiento es importante que se analicen y revisen las fuentes propias en explotación y se apliquen todas las estrategias y acciones necesarias que permitan el uso óptimo del recurso, es decir, disminuir fugas y desperdicio y otorgar al agua su valor real. Es prioritario considerar como una fuente potencial de abastecimiento de agua el rescate de las fugas que en promedio alcanzan el 40 por ciento de pérdidas en las redes.

La tarifa es otra fuente potencial a la que deberá darse especial atención y considerarla factor prioritario para incidir en el buen uso del recurso y evitar su desperdicio en donde muchos lugares del país alcanzan promedio del orden de los 600 l/h/d, tres veces por arriba de los estándares internacionales establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Sumadas a estas fuentes potenciales referidas anteriormente, y no menos importante, es el agua tratada cuyo reciclado permite contar con este recurso para usos múltiples en la industria, el servicio y sobre todo para la agricultura, con la cual el agua se potencia en un buen programa de intercambio, al liberar los productores aguas blancas y utilizar agua residual tratada.

Un reto importante es la captación de agua de lluvia la cual representa una excelente fuente para una gran cantidad de comunidades rurales, principalmente, que carecen de los servicios por falta de infraestructura.

El agua de mar es hoy en día una fuente que ya se viene aprovechando, sin embargo es necesario que se determine su viabilidad económica y que su explotación se considere una vez agotadas aquellas acciones para aprovechar de manera eficiente el agua de la propia cuenca.

Problemática del Valle de México

Se destacó la importancia de recuperar la capacidad de las salidas artificiales del drenaje del Valle de México, de incorporar nuevos túneles al sistema de drenaje, mantenimiento permanente en la infraestructura, protocolos operativos, reducir escurrimientos de aguas pluviales en las partes altas, recuperar la capacidad de regulación de presas y lagunas e instrumentar y modelar los sistemas de drenaje.

Se planteó una manera alterna de mejorar el abastecimiento en zonas urbanas para el manejo sustentable de los recursos mediante:

- El avance en la conservación de suelo y la recarga del acuífero.
- La reducción de los consumos de agua potable con ahorros y uso eficiente.
- La detección y supresión de fugas.



Más de 600 especialistas en hidráulica de los sectores público, académico y empresarial asistieron al XX Congreso Nacional.

- El incremento de la cobertura del drenaje, tratamiento del agua residual y la creación de parques lacustres y áreas de alto valor ambiental.

Asimismo se propuso adecuar el marco legal para que se considere la suspensión del servicio de abastecimiento de agua en caso de falta de pago, la obligación de usar accesorios ahorradores de agua, uso obligatorio de agua tratada y cosecha de agua de lluvia.

Para el suministro de agua adicional es necesario invertir en acueductos, sus costos varían de 1,500 a 2,000 millones de pesos por cada m³/seg.

Gobernabilidad del agua

Se mencionó que gobernabilidad es tener un orden en el aprovechamiento del agua pero con autoridad y una intensa participación de los usuarios. Los principales síntomas de la falta de gobernabilidad son:

- Invasión de los cauces de los ríos y demás zonas inundables causando daños a la población por inundaciones.
- Sobreexplotación de los acuíferos.
- Parálisis en los procesos para poder llevar a cabo las obras hidráulicas que requiere la población para su abastecimiento y protección. Para darle solución a la problemática antes citada, se requiere de un trabajo con enfoque integral en el ordenamiento de los siguientes aspectos: marco jurídico, desarrollo institucional, descentralización de funciones, participación activa y conocimiento de los usuarios, acceso de la población a la información, políticas públicas claras y con visión y rendición de cuentas.

El Valle de México es un ejemplo de la falta de gobernabilidad para resolver los problemas relacionados con el agua. La sobreexplotación de los acuíferos va



en aumento, se ha incrementado el volumen de aguas negras, la eficiencia en el uso del recurso es muy baja y el drenaje está en riesgo. No existe una visión a largo plazo desarrollada con la participación de los tres niveles de gobierno los cuales actúan sin la coherencia necesaria. Además los organismos encargados de proporcionar los servicios de agua y saneamiento carecen de los mecanismos de rendición de cuentas a las autoridades y a los usuarios.

Se propuso a la AMH se impulse la creación de un Tribunal del Agua, instancia deseable para que los conflictos del agua puedan resolverse con mayor agilidad.

Importancia de los laboratorios en la infraestructura hidráulica

Se destacó la necesidad y la conveniencia de buscar mercados en las empresas privadas que empleen el apoyo de los laboratorios experimentales en materia hidráulica. Las diferentes capacidades y especialidades de los laboratorios cubren un amplio espectro de apoyos para estudios de la problemática de la infraestructura hidráulica en México; las nuevas tecnologías de medición deben incorporarse, así como los modelos matemáticos que agilicen los ensayos para lograr diseños adecuados a un menor costo y menor tiempo.

Se dijo que la modelación hidráulica tanto física como matemática, permite mediante simulaciones profundizar en el estudio de eventos ya ocurridos y aprovechar lo sucedido para prevenir futuros acontecimientos y mejorar la atención de desastres. Propuesta: mayor integración de la red de laboratorios y sumar esfuerzos con la AMH para ofrecer un mejor servicio.

Saneamiento ¿sólo infraestructura?

Los problemas relacionados con el saneamiento debe atacarse en forma integral, considerando el costo que implica desarrollar la infraestructura y su mantenimiento. Para ello se requiere impulsar una cultura ambiental alineada al cumplimiento de normas, con la participación de los tres niveles de gobierno y voluntad política y social. Propuestas:

- Financiamiento adecuado para la construcción de infraestructura de tratamiento.
- Subsidio federal del 100% para la construcción de plantas.

- Asesoramiento técnico, mediante un comité, a los organismos operadores para la planeación, diseño y construcción de los sistemas de saneamiento.
- Libertad total a los organismos operadores para la definición de los esquemas que mejor se adecuen a su ámbito.
- Capacitar y formar técnicos para la operación de las plantas de tratamiento.
- Invertir en investigación y desarrollo de tecnología en los temas involucrados en los proyectos de saneamiento.

Investigación y capacitación en recursos hidráulicos

El reto consiste en:

- Realizar investigación que resuelva problemas reales en conjunto con las instituciones capacitadas en la toma de decisiones y la sociedad civil.
- La incorporación del paradigma de la Gestión Integral de los Recursos Humanos, supone un cambio en el conocimiento que debe incorporarse a través tanto de la formación formal (centros académicos) como de la formación informal (talleres, jornadas con la vinculación en la sociedad)
- Para generar el cambio de actitud de la sociedad con miras a la solución de problemas hídricos, se requiere de estrategias de educación con alto impacto en todos los sectores de la sociedad.
- Formación y fortalecimiento de redes de investigación en ciencias del agua para potenciar la investigación y eficientar inversiones.

Panel: medios de comunicación en la gestoría del agua

- Es muy importante llevar al público en general el mensaje sobre la sustentabilidad del recurso agua a la sociedad, el problema del agua no es sólo de disponibilidad sino de gobernabilidad y se tiene que trabajar a revertir la cultura del incumplimiento de las normas.

La Hidráulica y la Investigación

La Asociación Mexicana de Hidráulica hace patente su consternación por el sensible fallecimiento, el domingo 26 de octubre de 2008 en la Ciudad de México, de uno de sus miembros más notables: el Dr. Gilberto Sotelo Ávila, integrante de su Junta de Honor y de su Consejo Consultivo. Con la finalidad de brindarle un modesto pero sentido homenaje como reconocimiento y agradecimiento a su labor en beneficio de nuestra querida Asociación, de la que fue presidente los años 1970 y 1971, en el presente número de Tlaloc-AMH presentamos una entrevista inédita que el Dr. Gilberto Sotelo Ávila (GS) le concediera al maestro Edmundo Pedroza González (EP) en el marco del XIX Congreso Nacional de Hidráulica, realizado en Cuernavaca, Morelos, el día 9 de noviembre de 2006.

EP: ¿Piensa usted que la Hidráulica es una ciencia o parte de una ciencia?

GS: Aunque últimamente se habla de que si la Hidráulica es o no una ciencia yo opino que desde luego es una ciencia, además muy antigua, que se inició de manera, vamos a decir, experimental, esencialmente. Se aprendió haciendo como quien dice “tanteos” -¿No?- para ver si las cosas funcionan, y eso es, en términos muy generales una ciencia: hacer un experimento, verificarlo, modificarlo cuantas veces sea necesario, hacerlo práctico y tratar de obtener resultados generales. Eso no se hace de manera intuitiva y sencilla, tiene que ser un proceso más elaborado y completo y esa es nuestra tarea como investigadores.

Vamos a decir que la Hidráulica, a la cual pertenece la Mecánica de Fluidos, disciplina mucho más general, dio origen a muchas otras pero ahora ha ido quedando relegada exclusivamente al ámbito del agua; cuando fue la madre de todas las mecánicas de fluidos y el agua, por cierto, es apenas uno de ellos. Digamos que la Hidráulica es mecánica de líquidos no de fluidos; pero muchas de las leyes que se aplican en uno u otro casos son igualmente válidas para ambas.

EP: ¿Cree que existe una diferencia entre Ingeniería Hidráulica y la Hidráulica propiamente dicha?

GS: La Hidráulica es la herramienta que utiliza el ingeniero para construir sus obras; es decir, si no tuviera esa herramienta difícilmente podría diseñar, construir y llevarlas adelante. Entonces, la Ingeniería Hidráulica es, digamos, el área de aplicación de la Hidráulica pura; es la Hidráulica aplicada a un fin.

EP: ¿Piensa, entonces, que existe una Hidráulica básica y una Hidráulica aplicada?

GS: No es exactamente así como lo dice, yo diría que hay una Hidráulica fundamental, no tanto básica -aunque ahora les ha dado por llamarla así-, que es de donde parte, vamos a decir, el origen de las cosas, y de allí surge una serie de aplicaciones que corresponden al campo de la Hidráulica aplicada, se dirige igualmente a maquinaria hidráulica que al diseño de tuberías, canales, y todo tipo de obras hidráulicas con distintos objetivos.

EP: ¿Se puede decir que existe investigación en el campo de la Hidráulica? ¿Y cómo se podría definir?

GS: Siento que investigar significa llegar a resultados, en principio experimentales, pero que pudieran ser aplicables a otras obras además de las hidráulicas y que además este conocimiento se pudiera generalizar; sin embargo se da la investigación pura, muy singular y, por ende, prácticamente aplicable solamente a un campo específico ya sea pequeño o muy grande. La investigación en Hidráulica es múltiple, variada e infinita, siempre existirá la investigación en nuestra materia no obstante lo mucho que se ha avanzado, lo mucho que se tiene.

Ahora la investigación esencialmente se dedica a la utilización de métodos numéricos, valiéndose de poderosas computadoras, para resolver viejos problemas que antiguamente eran inabordables -no porque no se tuviera el conocimiento- sino simplemente porque no se tenía la herramienta para poder realizar y

dar seguimiento a cálculos tan complejos, continuos y sistemáticos y sobre todo tan amplios. A mi me tocó todavía la época en que se hacían cálculos -no complejos- sino tediosos. Sí, la computadora ahora es la palanca que permite resolver problemas cada vez más complejos.

EP: ¿Cuál es el tipo de investigación en la que usted prefiere trabajar?

GS: Me gusta la general, es decir, prefiero la investigación experimental sobre la investigación de tipo doctoral por ejemplo, que es muy puntual para tratar un asunto específico, pero a mí ese tipo de trabajo no me gusta mucho. Desafortunadamente con los años la investigación experimental ha sufrido, yo diría un retraso, no tanto porque no haya gente que la practique o falta de capacidad, lo que ocurre es que la computadora ha venido a resolver una serie de problemas que antiguamente no podíamos resolver por la vía numérica y, claro, la computadora es una herramienta mucho más accesible, mucho más que un laboratorio; mucho más fácil de tener a la mano, siempre está trabajo, trabajo y trabajo; en cambio en el laboratorio se necesita mucho tiempo y mucha gente. El manejo de un instrumental siempre es más complicado y además costoso.

EP: ¿Cuáles son los principales productos que debe procurar la investigación en Hidráulica?

GS: Como soy ingeniero, creo que los productos deben crearse en beneficio de la sociedad, específicamente aquellos enfocados a la solución de problemas; puede ser una obra hidráulica o la “eficientización” de estructuras ya construidas; puede plantear respuestas a problemas de medio ambiente que, por cierto, están muy de moda y, se preguntará uno, bueno ¿Y qué de las investigaciones que no necesariamente solucionan ningún problema a corto plazo o que reportan poco beneficio? Pues sí existen y muchas veces son investigaciones de una persona a quien le gusta un tema determinado y la realiza para su propia satisfacción y si tiene aplicación inmediata o no, muchas veces no le interesa. Aunque hay que subrayar que ningún tipo de conocimiento es despreciable.

EP: ¿Cree usted que la investigación que se realiza en Hidráulica tiene relación con el Método Científico?

GS: El Método Científico se aplica absolutamente a todo, principalmente a la vía experimental me refiero a ecuaciones, a leyes básicas que se aplican, en nuestro caso, en la Mecánica de Fluidos para resolver, por ejemplo, problemas de estructuras hidráulicas muy específicas. Yo creo que allí, en ese tipo de trabajo es donde deberíamos poner énfasis, aunque desafortunadamente y como lo señalábamos antes la Hidráulica experimental tiene ya poca vigencia.

EP: ¿Además del Método Científico qué otra técnica o procedimiento sistemático recomendaría utilizar para realizar investigación en Hidráulica?

GS: Las técnicas experimentales para la medición, por ejemplo aquellas aplicadas al transporte de sedimentos en ríos. Estas técnicas en buena medida se deben a los instrumentos de medición creados a la fecha, sin embargo todavía falta mucho camino por recorrer y, si bien es de gran utilidad, la técnica de medición de sedimentos aún no está resuelta del todo. Ese es un gran campo de trabajo para el futuro.

EP: ¿Qué opinión le merece la investigación en Hidráulica que se realiza en nuestro país?



GS: Creo que está muy bien, la investigación experimental está satisfecha y se apoya en buenos laboratorios como el del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua que es muy grande y, para mi gusto, moderno todavía. Está también el de la Comisión Federal de Electricidad que tiene lo suyo, pero desafortunadamente los laboratorios de las universidades públicas presentan diversos problemas, lo que está muy mal ya que la universidad pública debe estar siempre a la cabeza en todos sentidos: personal académico, instrumentación e instalaciones.

EP: ¿Qué recompensa o satisfacciones encontrará un estudiante que decide dedicarse a la Investigación en Hidráulica?

GS: Por lo menos la posibilidad de algún trabajo, porque se supone que el doctorado es para formar investigadores y si quiere ser verdaderamente un doctor tiene que dedicarse a la investigación; porque luego hay personas que usan el grado sólo para fines políticos o para conseguir un mejor puesto.

El doctorado no significa necesariamente tener una gran diversidad de conocimientos, puede ser, básicamente, el conocimiento muy puntual de alguna materia.

EP: ¿Por qué se dedico a la Investigación?

GS: Recientemente, hace cinco años, me recibí de doctor simplemente porque me lo propuse para estar a un mejor nivel, para ello tuve que dedicar tiempo completo a la universidad. Si bien siempre fui ingeniero siempre me gustó y me sigue gustando ser profesor e impartir cátedra; y por otra parte nunca estaba de acuerdo con las soluciones clásicas, siempre buscaba algo distinto. Los problemas de ingeniería se resuelven de muchas maneras y se puede dar respuesta y solución de muchas formas, siempre y cuando uno pueda demostrar lo que propone. Tuve la oportunidad de ser ingeniero proyectista al tiempo que profesor e investigador en el Instituto de Ingeniería: las tres cosas me ayudaron a pensar diferente, con más amplitud, la diferencia es que ahora el trabajo del ingeniero es muy especializado.

Finalmente puedo decirle que la circunstancia me favoreció en el sentido que muchos años de oficio ocurrieron durante un momento en el que la ingeniería en nuestro país tuvo un auge muy grande y se construyeron grandes presas y grandes obras hidráulicas.

Semblanza del Dr. Gilberto Sotelo Ávila

El Dr. Gilberto Sotelo Ávila nació en el estado de Guerrero, México 15 de abril de 1936. Es ingeniero Civil egresado de la Universidad Autónoma de México. Obtuvo los grados de Maestro en Ingeniería Hidráulica y doctor en Ingeniería Hidráulica en la División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería de la UNAM. Fue, hasta su deceso, Profesor de Carrera Nivel C, Definitivo, Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Fue también Profesor en la División de Estudios de Posgrado de la misma Facultad desde 1958.

Durante su carrera académica impartió 56 cursos extra-curriculares dentro y fuera del país. Asistió a 46 congresos nacionales e internacionales. Fue autor y coautor de 76 artículos de investigación en revistas especializadas y de 11 artículos de difusión. Fue autor de seis libros y de un capítulo. Participó como coautor en dos obras más. Publicó diversos apuntes y notas de sus cursos. En 2002 publicó el libro Hidráulica de Canales y actualizó el de Hidráulica General. Dirigió 37 tesis de licenciatura, cinco de maestría. Tres de los alumnos tutorados por él recibieron mención honorífica.

Los trabajos de investigación del Dr. Sotelo se enfocaron a la planeación, proyección y supervisión de aproximadamente 250 obras de Ingeniería Civil dentro y fuera del país. Dentro de sus labores de investigación colaboró con el Laboratorio de Hidráulica y Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica Federal en Zúrci y en el Laboratorio Federal de Obras Hidráulicas del Gobierno Alemán en Karlsruhe.

Distinciones académicas: Premio Nacional Miguel A. Urquijo mejor artículo de Ingeniería Civil (1997 y 1998), Cátedra Javier Barros Sierra (1999), Cátedra Mariano Hernández Barrenechea (2000), Premio Nacional José A. Cuevas (2002) por el Mejor Artículo Técnico de Ingeniería Civil y Premio Nacional Mariano Hernández Barrenechea a la Docencia (2003) otorgados por el Colegio de Ingenieros Civiles de México. Diploma al Mérito Universitario por cumplir 25 años como profesor de la UNAM. Diploma y medalla al Mérito Universitario por cumplir 35 años



como profesor de la UNAM. Una de sus publicaciones fue seleccionada para aparecer en los anales de la Universidad de Chile, con motivo de los estudios en honor de Francisco Javier Domínguez, quien escribió el primer libro de Hidráulica en el continente americano; Gilberto Sotelo Ávila aparece en la tabula gratulatoria a dicho profesor. Placa de homenaje como profesor de la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Premio Universidad Nacional en Docencia de Ciencias Exactas (1998). Miembro del Comité Evaluador de Investigadores del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, desde marzo de 2000. Miembro del Consejo Asesor Nacional de la Red de Investigación y Desarrollo Tecnológico sobre Agua del CONACYT-SEP desde septiembre de 2000. Miembro de la Comisión Dictaminadora del Instituto de Ingeniería, UNAM, de agosto 2001 a la fecha. Fue designado miembro de Jurado del “Premio Universidad Nacional” y “Distinción Universidad Nacional” para Jóvenes Académicos” 2001 en el área de Docencia en Ciencias Exactas. En agosto del 2001 también fue designado “Miembro Honorario” de la Academia Nacional de Ingeniería y después Académico de Honor de la Academia de Ingeniería. Miembro de la Comisión Especial de Área para el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE D) en el Consejo Académico de Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías, desde agosto de 2002 a la fecha. Fue designado Presidente de Jurado del Premio Enzo Levi a la Investigación y la Docencia 2002 de la Asociación Mexicana de Hidráulica, en agosto del 2002.

Fue miembro de las siguientes asociaciones académicas y/o científicas: Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 2), Academia Mexicana de Ciencias, International Association for Hydraulic Engineering and Research, Asociación Mexicana de Hidráulica, Colegio de Ingenieros Civiles de México, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, Unión de profesores de la Facultad de Ingeniería, Academia Nacional de Ingeniería, Academia de Ingeniería y Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.

Fue miembro de los Comités Editoriales de las revistas: Ingeniería, Investigación y Tecnología, (SIN 1405-7743) de la Facultad de Ingeniería, UNAM; de Ingeniería Hidráulica en México, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, clasificada de

excelencia por el CONACYT; y de Tlálloc de la Asociación Mexicana de Hidráulica.

Durante su experiencia profesional fue Jefe del departamento de Hidráulica en la División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, en la División de Estudios de Posgrado. Jefe de la Academia de Hidráulica y miembro propietario del Consejo Técnico en la Escuela de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México. Consejero Académico Propietario del Área de las Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías, en la Facultad de Ingeniería, UNAM, Miembro del consejo Académico del Centro Nacional de Evaluación (CENEVAL), como representante de la Facultad de Ingeniería (UNAM) para elaborar el Examen General de Egreso de la licenciatura en Ingeniería Civil. Ha sido Proyectista de obras hidráulicas en el sector público. Ha sido proyectista de Obras Hidráulicas en el Sector Público. Director de Proyectos en Bufete de Ingeniería Civil. Director General de Ingeniería, Desarrollo y Sistemas. Asesor Técnico de Rioboo. Director General de Sottec Ingenieros. Dentro sus actividades independientes fue Consultor para diversas Instituciones privadas y gubernamentales, nacionales y extranjeras, del Banco Interamericano de Desarrollo, de la Comisión del Río Papaloapan, Ver., del Instituto de Investigaciones Eléctricas, del Laboratorio de Ingeniería Experimental de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del D.F. Fungió como Experto Internacional de la Organización de Aviación Civil Internacional, en coordinación con el Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas. Tutor de los alumnos en el Programa de Alto Rendimiento Académico (PARA). Participó en la planeación, proyecto o supervisión de aproximadamente 250 obras de ingeniería civil dentro y fuera del país. Fue jefe de la Sección de Hidráulica en la División de Estudios de Posgrado de la UNAM.

Miembro distinguido miembro de la Junta de Honor del Consejo Directivo 2008-2009 de la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM Gilberto Sotelo era, al ocurrir su deceso, Profesor Emérito, Secretario de Posgrado e Investigación y destacado profesor de la División de Ingeniería Civil y Geomática en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, institución a la que dedicó más de cuarenta años de su vida.

Descanse en paz el gran compañero y amigo.



Manual geotécnico para el diseño de presas pequeñas

Isaac Bonola Alonso y Alberto Jaime Paredes (Editores)

La construcción de presas pequeñas es una labor poco apreciada técnicamente. Sin embargo, una cortina de poca altura puede involucrar problemas relativamente más difíciles que los usualmente encontrados en grandes presas. Tampoco, la altura o el volumen de almacenamiento son criterios adecuados para juzgar el grado de dificultad de este tipo de obras.

La ingeniería aplicada al proyecto de presas y la experiencia acumulada en el país después de más de 80 años de construir este tipo de estructuras, permiten asegurar que pueden realizarse bordos con el mismo grado de seguridad que las grandes presas, siempre que se utilice la tecnología que hay disponible.

Se entiende que en este tipo de obras hay restricciones económicas y de personal especializado, por ello se debe echar mano de: a) métodos simples de exploración y evaluación de propiedades de los materiales que forman el bordo, el vaso, las laderas y la cimentación; b) procedimientos conservadores para estimar las acciones a que se verá sometida la presa para poder diseñarla, c) proyectos sencillos y, d) especificaciones que tomen muy en cuenta equipo, clima, programa de construcción, operación y mantenimiento.

Al respecto, el Manual Geotécnico para el Diseño de Presa Pequeñas tiene por objeto proporcionar al personal técnico encargado del diseño de una presa pequeña, las guías, ayudas y herramientas de cálculo, referencias y bibliografía necesarias para hacer la planeación, justificación técnica de la obra, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la misma.

Adicionalmente, con este manual se pretende despertar el interés de estudiantes e ingenieros civiles por la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de unas de las obras de ingeniería más comunes en México, haciendo uso de los conceptos y métodos más modernos.

El manual está dividido en dos partes; la primera hacer referencia a los aspectos fundamentales para

el diseño de una presa pequeña y se tratan aspectos de: a) planeación y justificación de la obra (verificar que la obra puede cumplir con la finalidad deseada), b) Información básica, c) usos y capacidades de una presa y d) operación y mantenimiento, instrumentación y seguridad, temas desarrollados en los primeros cuatro capítulos. La segunda parte está enfocada a los criterios geotécnicos para el análisis y diseño de una presa pequeña y se abordan los temas relacionados con: a) selección del sitio y tipo de cortina, b) estudios geotécnicos básicos, c) tratamiento de la cimentación y empotramientos, d) diseño de la cortina, e) análisis geomecánico, f) análisis sísmico y g) interacción con el entorno y otras estructuras.

En la obra participan como autores no solo especialistas del IMTA sino también investigadores del Instituto de Ingeniería y de la Facultad de Ingeniería de la UNAM que, a lo largo de los 11 capítulos con los que cuenta el manual, presentan de manera práctica lo más reciente en materia de construcción de presas pequeñas, con ejemplos ilustrativos que permitan al lector involucrarse directamente en cada uno de los temas presentados. También cuenta el manual con dos anexos; en el anexo A se presentan los indicadores cualitativos y cuantitativos significativos que sirven como guías durante una inspección para evaluar la seguridad de una presa y en el anexo B se muestran 24 ejemplos de presas pequeñas construidas en nuestro país.

Finalmente, y tal como se menciona en la hoja de Presentación del manual firmada por el Director General del IMTA, Dr. Polioptro F. Martínez Austria: *“Sirva, pues, esta obra como herramienta y referencia para los interesados en el diseño de presas pequeñas, así como para que la comunidad estudiantil dentro del área de la ingeniería civil y más precisamente dentro de la geotecnia, cuente con un documento que incorpore las técnicas y conceptos más novedosos, pero sin perder de vista la característica más importante de un manual: su espíritu práctico.”*

CONVOCATORIA
ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA

De conformidad con los artículos 27, 28, 29 y 30 de los estatutos de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A. C., el XXVIII Consejo Directivo Nacional, convoca a todos los socios y Consejos Directivos de las Secciones de la AMH, a la ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA que se celebrará en el auditorio Enrique Lona Valenzuela del Colegio de Ingenieros Civiles de México, localizado en Camino a Santa Teresa número 187, Col. Parques del Pedregal, el viernes 29 de mayo del 2009 a las 18:00 horas, con la siguiente:

ORDEN DEL DÍA

- 1.- Lectura del orden del día, y aprobación en su caso
- 2.- Lectura del Acta de la Asamblea General Ordinaria anterior
- 3.- Lectura del informe anual del XXVIII Consejo Directivo Nacional
 - a) Informe de la Presidencia
 - b) Informe de la Tesorería
- 4.- Informe de la Junta de Honor y del resultado de las elecciones para el XXIX Consejo Directivo Nacional
- 5.- Toma de posesión del XXIX Consejo Directivo Nacional
- 6.- Mensaje del Presidente del XXIX Consejo Directivo Nacional

En caso de que no hubiere quórum a la hora indicada, la reunión de la Asamblea, en segunda convocatoria, se realizará en el mismo lugar y fecha a las 19:00 horas.

México, D. F., a 24 de abril de 2009

ATENTAMENTE

ING. JORGE MALAGÓN DÍAZ
PRESIDENTE DEL XXVIII CONSEJO DIRECTIVO NACIONAL



Consultoría 80 S.A. de C.V.

19 Aniversario

*Asesoría Especializada en Aspectos Técnicos Legales
y Económicos Financieros de Obras
Asesoría Especializada en Concesiones
Asesoría en Proyectos de Capital Público-Privado
Consultoría y Seguimiento a obras concesionadas
Elaboración y Revisión de Proyecto Ejecutivo
Supervisión de Obras
Apoyo y Seguimiento a licitaciones
Dictámenes
Elaboración y Revisión de Proyecto Ejecutivo*

ESTUDIOS

*Análisis Financiero
Estudios de Factibilidad
Pronóstico y Demanda
Encuestas y Estadísticas*

Tel. Fax: 5559-9494

“Consultoría Integral en Infraestructura”

MUNICIPAL

Censo Urbano

Instalación Masiva de Medidores

Lectura, Control y Medición

SERVICIOS

Desarrollo de Sistemas

Control de Información

Elaboración de Libros

Blancos

Administración Integral

Coordinación Logística

Capacitación Profesional

GESTIÓN

Derecho de Vía

Sistemas de Calidad

Legal

Cumplimiento de Obligaciones

Impacto Ambiental

Uso de Suelo

El Jurado Calificador de la AMH, otorgó el Premio “Francisco Torres H., 2008 a, a la práctica profesional de la Hidráulica, al Dr. Daniel Francisco Campos Aranda.

Nació en la Ciudad de San Luis Potosí, el 9 de marzo de 1950.

Formación académica

Estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la entonces Escuela de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, egresando en junio de 1972 y titulándose en diciembre del mismo año.

Durante el primer semestre de 1977 realizó un Diplomado en Hidrología General y Aplicada en Madrid, España; becado por la UNESCO y la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Realiza la maestría en ingeniería (Hidráulica) durante 1979-1980 en la División de Estudios de Posgrado de Facultad de Ingeniería de la UNAM. Becado dentro del convenio SARH-CONACYT-UNAM.

En esta misma institución inicia en 1984 y concluye en 1987 el doctorado en ingeniería (Aprovechamientos Hidráulicos). También dentro del convenio citado.

Ejercicio profesional

A partir de julio de 1972 y durante 4 años fue ingeniero de proyecto de obras hidráulicas en la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Después fue ingeniero hidrólogo por 5 años, especialista en agroclimatología por 3 años y jefe de departamento por 5 años más en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Se retiró de la Comisión Nacional del Agua a finales de 1989. En total laboró profesionalmente 18 años.

Labor docente

Desde febrero de 1973 comenzó su labor docente en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), la cual concluyó en febrero del 2003. Durante estos 30 años impartió clases de hidráulica, hidrología superficial, agroclimatología y métodos numéricos. Colaboró en la formación del primer posgrado o Especialidad en Aprovechamientos Hidráulicos, el cual posteriormente dió origen a la actual Maestría en Hidrosistemas. Fue fundador del Centro de Investigación y Estudios de Posgrado y en dicho centro transcurrieron sus últimos diez años de práctica docente y de investigación.

Productividad académica

El Dr. Campos Aranda tiene publicados 6 libros, éstos son:

- 1) “Manual para la estimación de avenidas máximas en cuencas y presas pequeñas”. Publicado en febrero de 1982 por la SARH, con un tiraje de 2,000 ejemplares.

- 2) “Procesos del Ciclo Hidrológico”. Publicado en octubre de 1984 por la UASLP, tuvo además tres reimpressiones y el tiraje total fue de 3,250 ejemplares.
- 3) “Introducción a los Métodos Numéricos: Software en Basic y aplicaciones en Hidrología Superficial”. Publicado en diciembre del 2003 por la UASLP, con un tiraje de 500 ejemplares.
- 4) “Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos”. Publicado en agosto del 2005 por Editorial Trillas, con un tiraje de 2,000 ejemplares.
- 5) “Análisis Probabilístico Univariado de Datos Hidrológicos”. Publicado en noviembre del 2006 por la AMH-IMTA, como Avances en Hidráulica 13, con un tiraje de 200 ejemplares.
- 6) “Estimación y Aprovechamiento del Esguerramiento”. Publicado por su autor en enero del 2007, con un tiraje de 500 ejemplares.

Labor de investigación

Desde el 1º. de julio de 1991 hasta el 31 de diciembre del 2007 fue, de manera ininterrumpida, investigador nacional nivel I.

Productividad técnica

La revista *Ingeniería Hidráulica en México* le ha publicado 31 trabajos: 3 como coautor, 4 como Notas Técnicas y 24 como artículos.

La revista *Agrociencia* le ha publicado 9 trabajos: 2 como ensayos y el resto como artículos.

La revista *Tlálloc*, órgano oficial de la AMH le ha publicado 9 artículos técnicos.

El Dr. Campos Aranda ha presentado 23 ponencias en Congresos Internacionales, 4 como coautor y 63 en Congresos Nacionales, 9 de ellas como coautor.

Distinciones recibidas

- Medalla “Gabino Barreda” de la UNAM. 1989.
- Miembro del Comité Editorial (revisor) de la revista *Ingeniería Hidráulica en México*.
- Miembro del Comité Editorial (revisor) de la revista *Agrociencia*.
- Miembro del Claustro Doctoral de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Conferencia Magistral “Francisco Torres H., 2008” Calibraciones hidrológicas prácticas en la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa)

Dr. Daniel Francisco Campos Aranda

Resumen

Se inicia destacando la importancia de las crecientes de diseño como base del dimensionamiento hidrológico y de seguridad de las obras hidráulicas. En seguida se expone brevemente el concepto de *calibrado* de sus técnicas de estimación; continuando con una descripción detallada del método Racional. Posteriormente, se citan las características fundamentales de las once cuencas procesadas, así como su información disponible, para continuar con la descripción de su procesamiento. Con base en los coeficientes de escurrimiento calibrados, se desarrolla un método regional de estimación de crecientes, el cual se aplica en tres de las cuencas cuyos registros de gasto máximo anual no se consideran confiables. Por último se formulan las conclusiones, las cuales destacan la consistencia numérica y exactitud del método propuesto.



Introducción

¿Qué estiman los hidrólogos?

De manera concisa y general el *hidrólogo* hace cuantificaciones de los procesos fundamentales del *ciclo hidrológico*, como son el escurrimiento, la precipitación y la evaporación. Tales evaluaciones las realiza para las condiciones normales y las extremas. Entonces en el caso del escurrimiento determina volúmenes mensuales y anuales, así como gastos máximos o crecientes. En relación con la precipitación cuantifica la precipitación media, la disponible para los cultivos y las intensidades máximas. Finalmente, en asociación con la evaporación estima las que ocurren en una superficie de agua y conjuntamente desde el suelo y la vegetación o evapotranspiración.

De las estimaciones anteriores, las que son requeridas con más frecuencia son las *crecientes de diseño*, ya que éstas son la base del dimensionamiento de todas las obras hidráulicas de cruce y de protección. Además, su estimación es necesaria en todo tipo de embalses de aprovechamiento y/o control para brindar seguridad hidrológica a éstos, durante su construcción, llenado inicial y vida útil.

¿Qué origina las crecientes?

La naturaleza del *sistema hidrológico* que produce las crecientes, es decir, la interacción de la atmósfera, la geología del terreno, la geomorfología de la cuenca, los suelos y vegetación de ésta y las actividades del hombre, es tan compleja que su modelación únicamente puede proporcionar estimaciones aproximadas. De manera general, en todo sistema hidrológico se conjugan o interrelacionan la entrada, el funcionamiento del sistema y su salida (Dooge, 1973), esto es:

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

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

Importancia de la calibración

La gran complejidad involucrada en la génesis de las crecientes origina que la mejor información que se puede obtener para realizar estimaciones de las crecientes que pueden ocurrir en el futuro, es la que procede de los registros sistemáticos e históricos de las avenidas que han ocurrido en el pasado. Entonces la utilización de la información hidrométrica local sobre crecientes, para la calibración de cualquier método o modelo de estimación, es uno de los enfoques más confiables y seguros para lograr estimaciones apegadas a la realidad.

Desarrollo

El método Racional

Para la estimación de crecientes en cuencas rurales se han propuesto decenas de fórmulas empíricas y variados métodos basados en la relación lluvia–escurrimiento, también denominados métodos hidrológicos. Quizás el más simple y conocido de estos últimos sea el llamado *método Racional*, cuya fórmula es:

$$Q = FU \cdot C \cdot i \cdot A \quad (2)$$

en la cual, Q es el gasto máximo, C el coeficiente de escurrimiento que es adimensional y equivalente al cociente del escurrimiento entre la lluvia, i la intensidad de la lluvia y A el área de cuenca. Cuando se utilizaban las unidades del sistema Inglés: ft³/s, in/ h y acres para Q , i y A , el factor de unidades FU resultaba igual a 1.008 y se omite de la fórmula; en cambio en el sistema métrico con m³/s, mm/h y km², FU es igual a 0.278, es decir el recíproco de 3.6.

La intensidad de lluvia (i), tiene una duración igual a la que se asigna a la tormenta de diseño, comúnmente el tiempo de concentración (T_c) y un periodo de retorno (Tr) igual al que se seleccionó para el gasto máximo que se calcula. Lógicamente se estima con base en las curvas Intensidad–Duración–Periodo de retorno, que caracterizan a las tormentas de la zona.

El T_c es un concepto idealizado definido como el lapso que le toma a una gota de agua, que cae en el punto más lejano de la cuenca, alcanzar la salida de ésta. En esta definición la lejanía se refiere al mayor tiempo de viaje y no de distancia. Otra definición indica que es el tiempo desde que comenzó la lluvia en exceso hasta que todas las porciones de la cuenca de drenaje están contribuyendo simultáneamente al gasto en la salida.

La designación de método Racional se debe a su concepción teórica elemental, pues cuando una intensidad de lluvia i ocurre, durante un cierto lapso t , una parte a de cuenca contribuye con escurrimiento, la más cercana a su salida y en una proporción C de la lluvia. Conforme avanza el tiempo t hasta llegar al T_c , a se convierte en A y entonces se llega al gasto máximo $Q = C \cdot i \cdot A$. Se considera que para duraciones menores del T_c , el efecto en la reducción del área de cuenca es mayor que el debido al incremento en la intensidad de la lluvia (Pilgrim y Cordery, 1993).

En realidad el método Racional es una descripción muy simple del proceso lluvia–escurrimiento, en la cual los efectos de la lluvia y del área de cuenca son tomados explícitamente y los efectos de las condiciones físicas de la cuenca se toman en cuenta de manera indirecta a través del T_c y del valor de C . La infiltración y otras

pérdidas no se consideran de una manera física real, sino indirecta global en el coeficiente de escurrimiento C . El almacenamiento temporal del escurrimiento sobre el terreno y en los cauces, así como las variaciones temporales y espaciales de la lluvia son ignoradas completamente, por lo cual el método sólo es válido cuando tales efectos son pequeños (Pilgrim y Cordery, 1993).

Calibración del método Racional

Para propósitos de calibración la fórmula del método Racional se expresa de manera más explícita para un periodo de retorno T_r en años como:

$$Q_{T_r} = 0.278 \cdot C_{T_r} \cdot i_{T_c}^{T_r} \cdot A \quad (3)$$

por lo cual:

$$C_{T_r} = \frac{Q_{T_r}}{0.278 \cdot i_{T_c}^{T_r} \cdot A} \quad (4)$$

El procedimiento a seguir para aplicar la ecuación 4 consta de los pasos siguientes:

- 1) En cada una de las cuencas aforadas seleccionadas, se realiza un análisis probabilístico de su registro de gastos máximos anuales, para obtener los valores del Q_{T_r} correspondientes a periodos de retorno (T_r) de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.
- 2) Se estima el tiempo de concentración (T_c) de cada cuenca, por medio de la aplicación de diversas fórmulas empíricas (Campos, 2007). De ser posible, contrastar los resultados de tales fórmulas contra valores observados en las cuencas de la región, para adoptar un criterio a seguir.
- 3) Para cada cuenca se estiman sus valores correspondientes de la intensidad de lluvia de diseño $i_{T_c}^{T_r}$, con base en la información pluviográfica y pluviométrica disponible.
- 4) Teniendo como dato el área de cuenca (A) y los resultados de los pasos 1 y 3, se aplica la ecuación 4 para obtener los valores identificados de C_{T_r} en cada cuenca procesada.
- 5) Se selecciona un valor base de C_{T_r} para relacionarlo con las características físicas y climáticas de las cuencas, o bien para formar mapas de curvas de isovalores a través de la región analizada. Los valores de C_2 o C_{10} son generalmente los más convenientes por ser los que presentan menor dispersión. Estos valores también pueden servir para obtener relaciones promedio $[C_{T_r}/C_{10}]$ aplicables únicamente en la región estudiada.

Selección de cuencas

Morris (1982) estableció que en cuencas de hasta 500 mi² (1,300 km²), es todavía muy probable que la lluvia originada por un fenómeno no ciclónico iguale la magnitud de las crecientes derivadas de las precipitaciones ciclónicas. Esto implica que en cuencas menores a la magnitud citada se cumplen las hipótesis de método racional. Sin embargo, en este estudio se aceptó como límite superior de las cuencas por estudiar, los 1,645 km² correspondientes a la estación hidrométrica Guamuchil, lo cual permite incorporar a la estación Choix. Lo aceptable o erróneo de tal consideración se pondrá de manifiesto a través de la consistencia numérica de los resultados obtenidos.

En la Tabla 1 se indican, en orden progresivo ascendente de tamaños de cuenca (columna 4), las 11 estaciones hidrométricas cuya información fue utilizada, su localización geográfica se muestra en la Figura 1, la cual procede del plano general de la Región Hidrológica No. 10 (SRH, 1975). En la Tabla 1, en la columna 8 se

tienen las estimaciones de su tiempo de concentración (T_c) y en las columnas 9 y 10 se presentan la latitud y longitud de los centros de gravedad estimados para cada cuenca.

Información hidrométrica utilizada

Las 11 series de gastos máximos anuales, correspondientes a las estaciones hidrométricas que serán procesadas, proceden del CD No. 1 del sistema BANDAS (IMTA, 2002) y se tienen en la Tabla 2. Una inspección somera de tales datos destaca que la serie de la estación hidrométrica Los Molinos es la más corta con sólo 18 años de registro; además sus valores máximos son muy reducidos comparados con los registros de las otras estaciones con menor área de cuenca. Por otra parte, los registros de las estaciones Pericos y Chico Ruiz muestran un predominio de valores de baja magnitud, lo cual seguramente se reflejará en predicciones reducidas en los periodos de retorno altos.

Información pluviométrica utilizada

Con base en el plano general de la Región Hidrológica No. 10 (SRH, 1975) se seleccionaron las estaciones pluviométricas base para cada cuenca seleccionada, mismas que se han citado en la Tabla 1. Se buscó que la estación base se localizara dentro de la cuenca, esto sólo ocurrió en la cuenca de Zopilote, de Badiraguato y de Guamuchil, en el resto se localiza cercana o en el sitio de la estación hidrométrica. Para cada una de las estaciones pluviométricas base se obtuvieron del sistema ERIC II (IMTA, 2000), sus características generales (Tabla 1) y sus series de lluvias máximas diarias anuales.

Procesamiento probabilístico de la información hidrométrica

Tomando en cuenta que las predicciones necesarias no corresponden a periodos de retorno muy grandes, es de esperarse que éstas resulten muy semejantes y por ello se aceptó no tomar en cuenta el error estándar de ajuste del método aplicado, sino más bien adoptar los valores medianos obtenidos a través de la aplicación de cinco criterios del análisis probabilístico, éstos fueron: 1) la transformación MIMEMA (Bethlahmy, 1977), 2) la transformación potencial (Chander *et al.*, 1978), 3) la distribución Log–Normal (Stedinger *et al.*, 1993), 4) la distribución Log–Pearson tipo III (Bobée y Ashkar, 1991) y 5) la distribución GVE (Campos, 2006).

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los cinco procedimientos citados en los registros extremos procesados: Bamícori y Guamuchil. En cambio, en el resto se exponen únicamente los valores medianos calculados para las predicciones buscadas (Q_{Tr}). Los valores de la Tabla 3 analizados en conjunto destacan que las predicciones en Los Molinos son bastante reducidas y no corresponden al tamaño de cuenca de tal hidrométrica.

Procesamiento probabilístico de la información pluviométrica

Los registros de lluvias máximas diarias anuales se procesaron probabilísticamente de manera idéntica a los registros de gastos máximos y sus resultados se exponen en la Tabla 4.

Estimación de la intensidad de diseño

El procedimiento propuesto para estimar la intensidad i_{Tc}^{Tr} hace uso de los mapas de curvas isoyetas disponibles para los estados de la República Mexicana (SCT, 1990), en duraciones de 10, 30, 60, 120 y 240 minutos y periodos de retorno de 10, 25 y 50 años, así como de la información pluviométrica disponible, en la forma de precipitación máxima diaria anual (P_D), también conocida en la Comisión Nacional del Agua como

precipitación máxima en 24 horas (P_{24}). En la Tabla 1 se presentan los valores de las lluvias de una hora de duración y periodos de retorno 10, 25 y 50 años procedentes de SCT (1990), correspondientes a los centros de gravedad de cada cuenca.

El procedimiento consiste en analizar probabilísticamente el registro disponible de P_D para obtener las lluvias asociadas a periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, que al ser multiplicadas por 1.13 (Weiss, 1964) se convierten en P_{24}^{Tr} , con las cuales se obtienen los cocientes R y F necesarios para aplicar la fórmula de Chen (Chen, 1983) estos son:

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}} \quad (5)$$

$$F = \frac{P_{24}^{100}}{P_{24}^{10}} \quad (6)$$

Con el valor promedio de los tres cocientes R que se pueden evaluar para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años (última columna de la Tabla 1), se obtienen los parámetros a , b y c de la fórmula de Chen con las expresiones siguientes, cuando $R \leq 0.60$ (Campos, 2007):

$$a = -2.297536 + 100.0389 \cdot R - 432.5438 \cdot R^2 + 1256.228 \cdot R^3 - 1028.902 \cdot R^4 \quad (7)$$

$$b = -9.845761 + 96.94864 \cdot R - 341.4349 \cdot R^2 + 757.9172 \cdot R^3 - 598.7461 \cdot R^4 \quad (8)$$

$$c = -0.06498345 + 5.069294 \cdot R - 16.08111 \cdot R^2 + 29.09596 \cdot R^3 - 20.06288 \cdot R^4 \quad (9)$$

La fórmula de Chen es la siguiente:

$$P_t^{Tr} = \frac{a P_1^{10} \log(10^{2-F} Tr^{F-1}) t}{60 (t+b)^c} \quad (10)$$

con P_1^{Tr} y P_1^{10} en milímetros, t en minutos ($5 \leq t \leq 1,440$) y Tr ($2 \leq Tr \leq 100$) en años. Haciendo $t = Tc$, se calcula P_t^{Tr} la cual se transforma a intensidad en mm/h, para obtener la i_{Tc}^{Tr} buscada.

Identificación del coeficiente de escurrimiento

Con base en los datos de la Tabla 1, los resultados de la Tabla 3 y de la aplicación de la ecuación 11, se obtuvieron por medio de la ecuación 4 los valores del coeficiente de escurrimiento identificado, asociado a cada periodo de retorno analizado. Los resultados que se consideraron consistentes se exponen en la Tabla 5, así como los valores de las relaciones C_{Tr}/C_{10} y de los valores medianos adoptados para diseño, o magnitudes regionales (Campos, 2008).

En las estaciones Pericos y Chico Ruiz los coeficientes de escurrimiento identificados no presentaron una evolución en magnitud conforme crece el periodo de retorno, debido a que en tales estaciones hidrométricas sus predicciones de periodos de retorno 2 y 5 años son muy altas. En cambio, en Los Molinos los coeficientes identificados resultaron bastante bajos (< 0.070).

Fórmulas empíricas para estimar el C_{10}

Con base en los resultados de las Tabla 4 y 5, primeramente se calibró la fórmula propuesta en España para cuencas rurales grandes para el coeficiente de escurrimiento del método Racional (Témez, 1991), ésta es:

$$C = \frac{(P_d - P_o) \cdot (P_d + 28 \cdot P_o)}{(P_d + 11 \cdot P_o)^2} \quad (11)$$

en la cual, P_d es la precipitación diaria (mm) con igual periodo de retorno que C y P_o es la precipitación que no produce escurrimiento, varía de 24 a 85 mm.

A partir de los ocho valores de la P_d de la Tabla 4 y de C de la Tabla 5, ambos de periodo de retorno 10 años (P_d^{10}, C_{10}), se despejaron las magnitudes de P_o , necesarias para cumplir la ecuación 12, éstas variaron de 31.7 a 62.5 mm; tales magnitudes se relacionaron con los respectivos tiempos de concentración (T_c) en horas y con $P_d = P_d^{10}$ en milímetros para obtener la siguiente regresión lineal múltiple:

$$P_o = -11.815 + 0.0768 \cdot T_c + 0.443 \cdot P_d^{10} \quad (12)$$

cuyo coeficiente de determinación resultó de 0.752, con un error estándar de la estimación de 7.6 mm (Campos, 2008). Entonces, teniendo estimado el T_c y la precipitación diaria de periodo de retorno 10 años (P_d^{10}) en la estación pluviométrica base, se aplica la ecuación 12 para obtener la P_o y con tal valor y P_d^{10} se estima C_{10} con la ecuación 11.

28

Predicciones en Pericos, Chico Ruiz y Los Molinos

Como una aplicación de los resultados regionales obtenidos, expuestos en la Tabla 5, el método se demuestra aplicándolo a las estaciones hidrométricas citadas, pero también se puede utilizar en cualquier cuenca no aforada de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa), a través del procedimiento siguiente:

- 1) Se localiza la cuenca y se cuantifica su área (A) en km^2 y su tiempo de concentración (T_c) en horas.
- 2) Se localiza su centro de gravedad en los mapas de isoyetas de duración una hora y periodos de retorno 10, 25 y 50 años, para obtener los valores respectivos.
- 3) Se selecciona una estación pluviométrica base y se obtiene su registro de lluvias máximas diarias anuales, para obtener las intensidades $I_{T_c}^{\text{Tr}}$ necesarias con base en la fórmula de Chen y el procedimiento expuesto (ecuaciones 5 a 10).
- 4) En seguida, se estima el valor de C_{10} con las ecuaciones 12 y 11; con tal magnitud y las relaciones regionales o finales de la Tabla 5 se estiman los coeficientes de escurrimiento correspondientes a los periodos de retorno de 2, 5, 25, 50 y 100 años.
- 5) Por último, se aplica la ecuación 3 para obtener las predicciones buscadas.

La aplicación del procedimiento anterior, condujo a las predicciones que se han citado en la Tabla 3, para las estaciones hidrométricas Pericos, Chico Ruiz y Los Molinos.

Conclusiones

La uniformidad o consistencia numérica que muestran los coeficientes de escurrimiento del método Racional calibrados en la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa), Tabla 5, demuestran la aplicabilidad del procedimiento propuesto, en cuencas rurales de hasta 1,650 km².

La calibración mostrada para el método Racional y su aplicación para obtener predicciones en cuencas sin aforos o con registros cortos o poco confiables, puede ser considerada un método regional de estimación de crecientes eficiente y confiable, en regiones donde la lluvia es el factor determinante en la génesis de las avenidas máximas.

Otras calibraciones en la Región Hidrológica No. 10

- (1) Se ha realizado la identificación de los coeficientes de escurrimiento anuales (C_e), así como del parámetro K que permite su estimación con información de suelo y cobertura vegetal, en 10 de las 11 cuencas rurales expuestas (Tabla 1); estableciendo recomendaciones para la estimación de los volúmenes escurridos anuales en cuencas sin aforos ubicadas dentro de tal región.
- (2) Se ha calibrado el número N de la curva de escurrimiento, en 8 de las 11 cuencas rurales (Tabla 1), utilizando el método del hidrograma unitario triangular como modelo de transformación lluvia–escurrimiento. Los resultados encontrados se consideran consistentes y su determinación regional permitirá realizar estimaciones más exactas en cuencas sin hidrometría.

Calibraciones en otra región geográfica

La calibración expuesta para el método Racional, así como las citadas para el número N y para los coeficientes de escurrimiento anuales, se han realizado, con resultados consistentes, en 6 cuencas rurales de la Región Hidrológica No. 12 Parcial (río Santiago).

Referencias

- Bethlahmy, N. (1977). Flood analysis by SMEMAX transformation. *Journal of the Hydraulics Division*, Vol. 103, pp: 69–78.
- Bobée, B. y F. Ashkar. (1991). *The Gamma Family and Derived Distributions Applied in Hydrology*. Chapter 7: Log–Pearson type 3 distribution, pp: 76–120. Water Resources Publications. Littleton, Colorado, U.S.A.
- Campos A., D. F. (2006). *Análisis Probabilístico Univariado de Datos Hidrológicos*. Avances en Hidráulica 13. AMH–IMTA. México, D. F. 172 p.
- Campos A., D. F. (2007). *Estimación y Aprovechamiento del Escurrimiento*. Parámetros hidrológicos de la cuenca, pp: 41–50 y Aspectos de seguridad hidrológica en embalses, pp. 411–429. Edición del autor. San Luis Potosí, S.L.P. 440 p.
- Campos A., D. F. (2008). Calibración del método Racional en ocho cuencas rurales menores de 1,650 km² de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa), México. *Agrociencia*, Vol. 42, No. 6, pp: 615–627.
- Chander, S., S. K. Spolia, and A. Kumar. (1978). Flood frequency analysis by Power Transformation. *Journal of the Hydraulics Division*, Vol. 104, pp: 1495–1504.
- Chen, C–I. (1983). Rainfall Intensity–Duration–Frequency formulas. *Journal of the Hydraulics Engineering*, Vol. 109, pp: 1603–1621.
- Dooge, J. C. I. (1973). *Linear Theory of Hydrologic Systems*. Technical Bulletin No. 1468 of the Agricultural Research Service, U.S.D.A. Washington, D.C., U.S.A. pp. 3–43.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. IMTA. (2000). ERIC II: Extractor Rápido de Información Climatológica 1920–1998. 1 CD. Comisión Nacional del Agua–Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales–IMTA. Jiutepec, Morelos.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. IMTA. (2002). Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). 8 CD's. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales–Comisión Nacional del Agua–IMTA. Jiutepec, Morelos.
- Morris, E. C. (1982). *Mixed–Population Frequency Analysis*. Training Document 17 of the Hydrologic Engineering Center, U.S.A.C.E. Davis, California, U.S.A. 43 p.
- Pilgrim, D. H., and I. Cordery. (1993). Flood Runoff. Chapter 9 in *Handbook of Hydrology*, pp. 9.1–9.42. D. R. Maidment (ed.). McGraw–Hill, Inc. New York, U.S.A.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. SCT. (1990). *ISOYETAS de Intensidad–Duración–Frecuencia*. República Mexicana. Subsecretaría de Infraestructura de la S.C.T. México, D. F. 495 p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. SRH. (1975). *Actualización al Boletín Hidrológico No. 36*. Tomo VI, periodo 1970–73. Subsecretaría de Planeación de la S.R.H. México, D. F.
- Stedinger, J. R., R. M. Vogel, and E. Foufoula–Georgiou. (1993). Frequency Analysis of Extreme Events. Chapter 18 in *Handbook of Hydrology*, pp: 18.1–18.66. D. R. Maidment (ed.). McGraw–Hill, Inc. New York, U.S.A.
- Témez P., J. R. (1991). Generalización y mejora del método racional. Versión de la Dirección General de Carreteras de España. *Ingeniería Civil*, Vol. 82, pp: 51–56.
- Weiss, L. L. (1964). Ratio of true fixed–interval maximum rainfall. *Journal of Hydraulics Division*, Vol. 90, pp: 77–82.



Tabla 1

Características físicas y de tormentas en las cuencas de las estaciones hidrométricas indicadas de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa) y sus respectivas estaciones pluviométricas base utilizadas.

Hidrométrica y pluviométrica	Clave ¹	Periodo de registro (no. años)	Area de cuenca A (km ²)	Lc (km)	Sc (adim.)	H (m)	Tc (h)	Centro de gravedad		P _{ih} ¹⁰ (mm)	P _{ih} ²⁵ (mm)	P _{ih} ⁵⁰ (mm)	R _{prom}
								Latitud	Longitud				
1. Bantecori <i>Bantecori</i>	10057	1951-1983 (33)	223	20.2	0.00490	188	5.0	26° 22'	108° 23'	63	75	81	0.470
	25007	1961-1985 (25)											
2. Pericos <i>Pericos</i>	10086	1960-1992 (32)	270	31.0	0.00613	361	7.0	25° 12'	107° 37'	75	88	99	0.425
	25071	1962-1997 (36)											
3. La Tina <i>La Tina</i>	10078	1960-1984 (25)	275	30.3	0.00413	238	8.0	26° 11'	108° 31'	64	76	81	0.403
	25053	1961-1985 (25)											
4. El Bledal <i>Sandolma</i>	10027	1937-1995 (59)	371	31.0	0.00799	471	5.0	24° 43'	107° 01'	82	98	106	0.495
	25081	1961-1998 (38)											
5. Chico Ruiz <i>Pericos</i>	10090	1976-2002 (25)	391	-	-	-	8.0	25° 15'	107° 45'	71	83	90	0.477
	25071	1962-1997 (36)											
6. Los Molinos <i>Soyutita</i>	10108	1958-1976 (18)	501	35.0	0.02159	1,436	4.0	25° 45'	107° 16'	70	94	114	0.623
	25092	1961-1990 (29)											
7. Zopilote <i>La Vanilla</i>	10034	1939-2001 (58)	666	68.0	0.00690	892	11.0	25° 58'	108° 13'	63	75	80	0.466
	25054	1961-1983 (23)											
8. El Quehite <i>El Quehite</i>	10083	1960-2001 (34)	835	42.0	0.00579	462	8.0	23° 39'	106° 21'	67	76	82	0.353
	25031	1961-1990 (30)											
9. Badiraguato <i>Badiraguato</i>	10079	1959-1999 (41)	1,018	59.0	0.02118	2,374	6.0	25° 36'	107° 31'	76	97	120	0.364
	25110	1961-1997 (36)											
10. Choix <i>Choix</i>	10066	1955-2002 (47)	1,403	82.0	0.00234	365	18.0	26° 38'	108° 05'	61	73	81	0.544
	25019	1961-1998 (38)											
11. Guamuclil <i>Mocortio</i>	10031	1939-1971 (33)	1,645	65.0	0.00698	862	10.0	25° 31'	107° 50'	68	82	90	0.559
	25117	1961-1985 (25)											

Tabla 2

Gastos máximos anuales (m³/s) en las estaciones hidrométricas indicadas de la
Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa).

No.	Bamícori	Pericos	La Tina	El Bledal		Chico R.	L. Molinos	Zopilote		El Quehite		Badiraguato		Choix		Guamuchil
1	58.0	169.8	59.7	63.9	82.0	150.9	85.0	162.3	275.2	117.0	381.0	361.0	241.8	112.0	135.6	299.0
2	153.0	227.0	73.4	766.1	276.0	110.7	32.7	35.6	518.2	290.0		435.0	487.2	74.1	150.9	254.5
3	124.0	353.0	75.1	597.3	380.0	82.0	98.9	*9.5	290.0	624.0		276.0	932.9	*73.3	191.7	*65.3
4	405.0	*68.8	33.6	170.0	296.0	94.8	116.0	399.6	560.5	156.5		4,220.0	126.9	220.0	106.0	445.0
5	379.0	230.0	119.7	118.6	256.1	278.0	231.0	818.9	508.0	373.0		420.2	4,490.4	299.0	109.6	1,550.0
6	379.0	140.6	17.2	64.6	490.0	418.3	161.0	109.7	370.0	1,600.0		235.8	904.2	1,150.0	178.4	391.8
7	170.0	90.9	71.0	157.2	59.6	322.2	206.0	115.9	92.6	56.3		212.6	2,529.2	159.3	137.3	916.0
8	192.0	151.5	112.8	197.0	123.0	53.3	82.3	194.4	42.9	101.0		981.8	1,193.0	376.0	564.0	241.0
9	67.4	81.8	+777.6	414.0	255.0	238.3	262.0	22.8	320.0	1,008.0		480.0		406.9	106.2	530.0
10	88.9	322.0	29.5	291.0	283.0	240.8	172.0	690.0	924.4	183.0		434.6		250.0	447.6	648.0
11	155.2	218.5	*2.2	174.0	226.0	69.9	+273.0	776.0	795.5	172.7		*63.6		464.0	232.2	375.0
12	45.5	307.1	115.0	233.0	210.0	38.6	182.0	182.4	188.6	165.5		250.0		274.8	161.4	272.3
13	109.6	197.5	10.2	155.2	67.0	+912.1	167.0	75.0	334.3	1,080.0		435.0		300.0	83.4	422.3
14	93.9	86.0	46.1	44.1	50.7	365.0	75.8	386.1	447.3	159.6		470.0		336.0	130.4	376.8
15	+650.0	155.0	178.0	227.4	160.0	*10.1	80.1	487.0	147.5	496.0		585.0		248.4		1,173.0
16	92.5	76.4	6.2	169.0	278.0	125.4	83.0	53.5	472.9	730.0		600.0		136.4		219.0
17	48.6	142.8	29.0	668.9	723.5	184.5	49.5	206.0	544.6	296.5		290.0		360.0		+3,507.0
18	438.0	102.6	159.8	*30.7	107.2	35.9	*18.8	377.0	1,018.5	253.2		315.7		272.5		165.0
19	22.1	307.5	58.4	152.0	234.3	419.6		69.7	52.6	*55.0		241.9		351.2		526.0
20	137.8	353.0	155.8	91.4	424.9	128.6		+1,030.0	294.3	110.3		248.1		194.0		1,014.0
21	44.4	362.3	121.9	283.0	459.3	349.1		334.0	48.6	664.3		890.7		192.0		1,610.0
22	69.8	236.0	193.1	433.0	73.8	17.2		176.5	315.5	+1,742.5		461.2		580.0		137.0
23	141.3	267.0	71.5	132.4	181.1	312.6		230.0	64.2	115.3		+9,245.0		189.4		524.5
24	650.0	258.3	199.2	529.0	334.0	195.6		330.5	39.0	531.6		2,388.0		348.0		985.0
25	99.5	619.2		122.0	278.2	476.0		806.0	40.4	382.0		277.3		574.7		459.5
26	495.0	540.4		1,000.0	110.1			82.0		610.0		480.9		416.5		390.0
27	214.0	221.6		335.6				292.9		954.1		614.0		+1,700.0		449.0
28	93.9	+653.5		258.0				611.0		704.3		1,063.8		748.0		793.9
29	54.2	466.4		91.5				710.0		279.9		400.9		588.0		719.5
30	363.0	115.1		121.8				452.0		591.5		305.0		251.1		200.0
31	133.8			325.6				9.9		82.3		581.5		212.5		312.0
32	54.3			+1,576.0				838.0		330.3		2,035.1		144.0		520.0
33	*18.7			228.0				317.7		529.4		488.2		102.8		1,045.0
x	189.1	250.7	113.2		282.0	225.2	132.0		346.5		468.4		1,016.9		315.7	652.6
Cv	0.934	0.626	1.360		0.923	0.818	0.587		0.812		0.885		1.615		0.921	0.981

* valor mínimo

+ valor máximo

Tabla 3

Predicciones de gasto máximo (m³/s) estimadas y adoptadas en las estaciones hidrométricas indicadas de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa)

Nombre estación hidrométrica Método de ajuste aplicado	EEA1 (m ³ /s)	Periodos de retorno en años					
		2	5	10	25	50	100
(1) Bamícori							
Transformación MIMEMA	35.3	115	318	444	578	665	743
Transformación Potencial	48.1	126	276	417	651	871	1,132
Distribución Log–Normal	46.8	127	273	407	624	823	1,054
Distribución Log–Pearson tipo III	46.5	126	275	416	649	866	1,123
Distribución GVE	52.3	134	270	391	591	783	1,020
Valores medianos	46.8	126	275	416	624	823	1,054
(2) Pericos							
Valores medianos	27.4	210	354	464	616	741	872
Predicciones del método Racional	–	84	243	393	633	848	1,110
(3) La Tina							
Valores medianos	83.2	66	173	267	415	548	712
(4) El Bledal							
Valores medianos	63.4	206	404	575	837	1,067	1,325
(5) Chico Ruiz							
Valores medianos	58.7	170	356	497	676	816	958
Predicciones del método Racional	–	91	266	430	693	928	1,216
(6) Los Molinos							
Valores medianos	15.6	122	195	239	286	315	342
Predicciones del método Racional	–	436	769	1,039	1,445	1,796	2,225
(7) Zopilote							
Valores medianos	43.9	279	553	728	967	1,079	1,194
(8) El Quelite							
Valores medianos	84.2	330	701	1,026	1,497	1,906	2,360
(9) Badiraguato							
Valores medianos	832.4	506	1,181	1,980	3,702	5,846	8,515
(10) Choix							
Valores medianos	97.6	226	422	608	939	1,262	1,590
(11) Guamuchil							
Transformación MIMEMA	239.6	405	1,138	1,681	2,260	2,634	2,970
Transformación Potencial	288.1	473	927	1,322	1,935	2,479	3,102
Distribución Log–Normal	260.3	476	919	1,296	1,870	2,370	2,933
Distribución Log–Pearson tipo III	240.3	470	954	1,369	1,993	2,527	3,119
Distribución GVE ¹	244.5	461	869	1,254	1,927	2,609	3,492
Valores medianos	244.5	470	927	1,322	1,935	2,527	3,102

¹: error estándar de ajuste.



Tabla 4

Predicciones de lluvia diaria (mm) estimadas y adoptadas en las estaciones pluviométricas indicadas de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa).

Nombre estación pluviométrica Método de ajuste aplicado	E E A ¹ (mm)	Periodos de retorno en años					
		2	5	10	25	50	100
(1) Bamícori							
Transformación MIMEMA	11.2	68	99	124	151	168	184
Transformación Potencial	14.1	72	91	107	134	160	198
Distribución Log–Normal	13.0	72	93	110	133	151	171
Distribución Log–Pearson tipo III	11.0	69	91	110	143	173	211
Distribución GVE	11.5	71	92	110	139	168	202
Valores medianos	11.5	71	92	110	139	168	198
(2) Pericos							
Valores medianos	21.5	75	111	139	186	231	271
(3) La Tina							
Valores medianos	8.9	73	104	129	166	196	231
(4) Sanalona							
Valores medianos	8.2	82	114	138	174	204	239
(5) Soyatita							
Valores medianos	4.6	71	95	111	132	148	164
(6) La Vainilla							
Valores medianos	5.3	84	107	121	140	153	167
(7) El Quelite							
Valores medianos	8.2	84	121	151	193	229	270
(8) Badiraguato							
Valores medianos	22.4	91	126	153	196	236	273
(9) Surutato							
Valores medianos	22.5	105	158	204	285	359	459
(10) Choix							
Valores medianos	5.8	64	84	99	118	133	149
(11) Mocorito							
Transformación MIMEMA	5.3	78	101	113	126	134	141
Transformación Potencial	5.7	77	100	113	127	137	146
Distribución Log–Normal	5.2	75	100	116	137	152	167
Distribución Log–Pearson tipo III	5.5	77	100	113	128	138	147
Distribución GVE	5.2	76	100	114	131	142	153
Valores medianos	5.3	77	100	113	128	138	147

¹: error estándar de ajuste.

Tabla 5

Coeficientes de escurrimiento del método Racional identificados en las cuencas de las estaciones hidrométricas indicadas de la Región Hidrológica No. 10 (Sinaloa).

No.	Estación hidrométrica	Coeficientes de escurrimiento	Periodos de retorno (Tr) en años					
			2	5	10	25	50	100
1	Bamícori	C_{Tr}	0.255	0.323	0.371	0.422	0.471	0.523
		C_{Tr}/C_{10}	0.687	0.871	1.000	1.137	1.270	1.410
3	La Tina	C_{Tr}	m 0.130	m 0.200	m 0.235	m 0.278	0.311	0.350
		C_{Tr}/C_{10}	0.553	0.851	1.000	1.183	1.323	1.489
4	El Bledal	C_{Tr}	0.182	0.223	0.248	0.279	m 0.304	0.330
		C_{Tr}/C_{10}	0.734	0.899	1.000	1.125	1.226	1.331
7	Zopilote	C_{Tr}	0.209	M 0.344	M 0.401	M 0.463	0.470	0.477
		C_{Tr}/C_{10}	0.521	0.858	1.000	1.155	m 1.172	m 1.190
8	El Quelite	C_{Tr}	0.182	0.228	0.254	0.282	0.305	m 0.327
		C_{Tr}/C_{10}	0.717	M 0.899	1.000	m 1.110	1.201	1.287
9	Badiraguato	C_{Tr}	M 0.287	0.260	0.298	0.393	M 0.507	M 0.625
		C_{Tr}/C_{10}	M 0.963	0.872	1.000	M 1.319	M 1.701	M 2.097
10	Choix	C_{Tr}	0.167	0.238	0.291	0.374	0.446	0.505
		C_{Tr}/C_{10}	0.574	0.818	1.000	1.285	1.533	1.735
11	Guamuchil	C_{Tr}	0.133	0.228	0.296	0.387	0.468	0.534
		C_{Tr}/C_{10}	m 0.449	m 0.770	1.000	1.307	1.581	1.804
-	<i>Valores medianos</i>	C_{Tr}	<i>0.182</i>	<i>0.233</i>	<i>0.294</i>	<i>0.381</i>	<i>0.457</i>	<i>0.491</i>
		C_{Tr}/C_{10}	<i>0.631</i>	<i>0.865</i>	<i>1.000</i>	<i>1.169</i>	<i>1.297</i>	<i>1.450</i>

m valor mínimo
M valor máximo

Uso de equipos acústicos móviles para aforar en canales de riego

Serge Tamari, Ariosto Aguilar, Rubén Morales

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Hidráulica

Desde hace veinte años se están usando equipos acústicos móviles como una alternativa al aforo clásico con molinete en canales. Dichos equipos están basados en el efecto Doppler y se dividen en dos categorías: medidores de velocidad puntual o “ADV” y perfiladores de velocidad o “ADCP”. A continuación, se presentan brevemente las características de estos equipos y los requisitos para su uso.

Efecto Doppler

Cuando un objeto emite un sonido con una cierta frecuencia y este se acerca, se percibe un sonido con una frecuencia mayor (más aguda); al revés, si el objeto se aleja, se percibe un sonido con una frecuencia menor (más grave). Por ejemplo, esto ocurre cuando se escucha el sonido de una ambulancia que se acerca y luego se aleja. Este fenómeno se conoce como *efecto Doppler*.

Básicamente, los ADV y los ADCP envían pulsos de sonido con una cierta frecuencia (ultrasonido) en el agua y miden la frecuencia del eco enviado por partículas que se mueven con ella; se determina la velocidad promedio de estas partículas con base al efecto Doppler, y se deduce la velocidad del agua asumiendo que es igual a la de las partículas.

El eco que detectan los ADV y los ADCP proviene de partículas microscópicas en suspensión (limo, plancton, burbujas de aire) y estas están normalmente presentes en el agua de los canales de riego.

Tecnología “ADV”

Un ADV (medidor acústico de velocidad basado en el efecto Doppler) está constituido por dos o tres sensores que envían ultrasonidos en el agua, un cable eléctrico y un circuito electrónico para poder programar el equipo y adquirir datos. El equipo mide la velocidad a unos 10 cm de distancia de sus sensores y en un volumen del orden de algunos cm³. Actualmente, existen dos modelos de ADV en el mercado: “FlowTracker” (marca Sontek) y “ADC” (marca OTT).

La tecnología ADV es una alternativa al aforo con molinete desde una varilla. La precisión de los ADV actuales es similar a la de un molinete calibrado. En la práctica, un técnico que sepa utilizar una computadora y que tenga nociones de cómo aforar con molinete, puede aprender a usar un ADV en dos días.

Comparación entre la tecnología ADV y el aforo con molinete desde una varilla

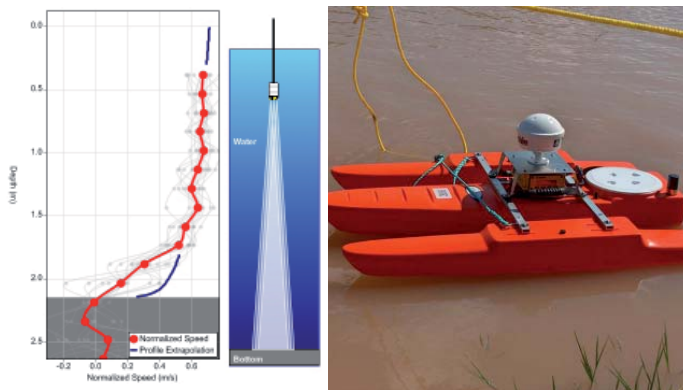
Principales ventajas del ADV	<ul style="list-style-type: none"> • El ADV no requiere de una calibración periódica, de hecho, viene ajustado de fábrica y no tiene partes móviles. • El ADV mide la dirección del flujo del agua. • El ADV puede programarse para calcular automáticamente el gasto.
Principales desventajas del ADV	<ul style="list-style-type: none"> • El ADV normalmente sólo se usa para canales someros (profundidad menor a 3 m). • Un ADV es aproximadamente tres veces más caro que un buen molinete. • Sólo el fabricante puede reparar un ADV dañado.
Requisitos comunes	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere conocer la geometría del canal, el tirante y la posición del espejo del agua. • Se debe realizar una serie de mediciones de velocidad a lo largo del canal (típicamente, se recomienda definir entre 20 y 30 dovelas); cada lectura tarda aproximadamente 60 segundos. • Es difícil aforar con una varilla, cuando la velocidad del agua es mayor a 2 m/s.



Tecnología “ADCP”

Un ADCP (*perfilador acústico basado en el efecto Doppler*) está constituido por tres o cuatro sensores orientados hacia abajo. Dichos sensores envían ultrasonidos en el agua y luego analizan el eco emitido por partículas en suspensión que se encuentran a diferentes profundidades; de esta manera, se logra determinar perfiles verticales de velocidad del agua. Para poder desplazarlo sobre la superficie del agua, un ADCP está normalmente montado sobre un bote pequeño que puede ser arrastrado por medio de un cable.

La configuración y recuperación de datos con un ADCP se hace por medio de una computadora portátil y de una comunicación inalámbrica (tipo radio-modem o *bluetooth*). Los proveedores de ADCP suministran programas de cómputo específicos para poder configurar sus equipos y recuperar sus datos en tiempo real, y así calcular el gasto.



Perfil de velocidad medido con un ADCP

“Río Grande” (marca RDI)

Actualmente, existen cuatro modelos de ADCP en el mercado: “Río Grande” (marca RDI), “RiverCat” (marca Sontek), “StreamPro” (marca RDI) y “QLiner” (marca OTT).

Se puede aforar con un ADCP desde un puente de aforo o desde un cable tendido a lo largo del canal, y existen dos formas de aforar:

- **Modo “estacionario”:** se mide un cierto número de perfiles verticales de velocidad (típicamente, entre 20 y 30) a lo largo de una sección transversal de canal, se calcula la velocidad media en cada doveta, y luego se calcula el gasto con esta información. Esta forma de aforar se parece mucho a un aforo clásico con molinete y es *a priori* la más confiable (de hecho, está descrita en la norma ISO 748: 1997).

- **Modo “dinámico”:** se mueve lentamente el equipo a lo largo de una sección de canal; el ADCP registra automáticamente su posición y determina el gasto a partir de la información adquirida. Esta forma de aforar es atractiva, porque es rápida. Sin embargo, todavía no existe una norma internacional que diga claramente cuál es su precisión.

Criterios que deben tomarse en cuenta para seleccionar un ADCP:

- **Frecuencia de la señal enviada por los sensores acústicos:** en la actualidad, cada ADCP emite una señal acústica con una frecuencia específica. Los equipos que trabajan con una mayor frecuencia tienen una mayor resolución espacial, mientras que los equipos que trabajan con una menor frecuencia tienen un mayor alcance. Para la mayoría de los canales de riego, se recomienda elegir un ADCP que trabaja con una frecuencia entre 1,000 y 3,000 kHz.
- **Presencia de una brújula y de un sensor de inclinación:** con estos sensores, se pueden corregir las fluctuaciones en la orientación del equipo durante las mediciones; *a priori*, los equipos que cuentan con estos sensores son más precisos.
- **Posibilidad de aforar en modo estacionario y en modo dinámico:** todos los ADCP pueden usarse para aforar en modo estacionario (aunque a veces, debe comprarse el *software* adecuado), pero algunos no permiten aforar en modo dinámico.
- **Sistema de posicionamiento del ADCP cuando se utiliza en modo dinámico:** la mayoría de los ADCP cuentan con un sistema denominado “rastreo de fondo”, que les permite posicionarse con respecto al canal. Es la opción más usada para aforar en un canal con un ADCP que trabaja en modo dinámico. Pero a veces, esta opción no funciona (en particular, cuando hay movimiento de lodo o plantas en el fondo del canal) y en este caso, debe considerarse la alternativa de utilizar un ADCP con GPS integrado.
- **Forma de procesar la señal acústica:** ciertos ADCP procesan la señal según la tecnología de “banda ancha” y los demás usan la tecnología de

“banda estrecha”. Hasta donde sabemos, la tecnología de banda ancha es menos ruidosa cuando se trabaja en modo dinámico. Sin embargo, no se tiene una evidencia clara de cual tecnología es superior, cuando se pretende trabajar en modo estacionario para estimar el gasto.

- *Tamaño y forma del bote*: hasta donde sabemos, no existe un bote mejor que los demás para poder aforar en cualquier sitio. Deben considerarse las dimensiones de los canales donde se pretende aforar y el tipo de corriente para elegir el bote más adecuado.

La tecnología ADCP es una alternativa al aforo con molinete desde un puente de aforo, además, se puede aforar con un ADCP en sitios donde no hay puente de aforo o canastilla. La literatura sugiere que con un ADCP se puede estimar el gasto en la mayoría de los canales de riego, con una precisión del orden de " 5%. En la práctica, se requiere de dos personas para poder aforar con un ADCP. Un técnico que sepa utilizar una computadora y que tenga nociones de como aforar con molinete, puede aprender a usar un ADCP en menos de quince días.

Comparación entre la tecnología ADCP y el aforo con molinete desde un escandallo

Principales ventajas del ADCP	<ul style="list-style-type: none"> • El ADCP no requiere de una calibración periódica, de hecho, viene ajustado de fabrica. • El ADCP puede usarse en sitios que no cuentan con un puente de aforo o con una canastilla. • El ADCP mide el tirante; además, determina también la geometría del canal cuando trabaja en modo “dinámico”. • El ADCP tarda menos en determinar perfiles de velocidad del agua, e integrarlos para calcular el gasto. • El ADCP mide la dirección del flujo del agua. • El ADCP puede programarse para calcular automáticamente el gasto.
Principales desventajas del ADCP	<ul style="list-style-type: none"> • El ADCP normalmente se usa para canales relativamente profundos (más de 1.5 m). • Con un ADCP, no es tan fácil medir la velocidad en la orilla del canal, en el fondo, o en la superficie. • Un ADCP es por lo menos diez veces más caro que un buen molinete. • Se requiere de dos técnicos bien capacitados para poder usar un ADCP. • Se requiere de un interrogador portátil (tipo laptop o palm) para poder usar un ADCP. • Sólo el fabricante puede reparar un ADCP dañado.
Requisitos comunes	<ul style="list-style-type: none"> • Siempre debe medirse la posición del espejo de agua en ambos márgenes del canal. • Se recomienda verificar el valor del tirante a partir de una escala.

Serge Tamari, Ariosto Aguilar & Rubén Morales
 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Hidráulica
 Subcoordinación de Hidráulica Ambiental
 tamari@tlaloc.imta.mx, aaguilar@tlaloc.imta.mx; rmorales@tlaloc.imta.mx.

ADV = Acoustic Doppler Velocimeter
 ADCP = Acoustic Doppler Current Profiler

Ligas: Hidráulica de canales

http://bibciv.ucla.edu/ve/cgi-win/be_alex.exe?Autor=M%E9ndez,+Manuel+Vicente&Nombrebd=bicvucla
http://bibciv.ucla.edu/ve/cgi-win/be_alex.exe?Acceso=T070400006947/0&Nombrebd=bicvucla
http://bibciv.ucla.edu/ve/cgi-win/be_alex.exe?Acceso=T070400006518/0&Nombrebd=bicvucla
<http://www.monografias.com/trabajos19/canales/canales.shtml>
<http://www.ifh.uni-karlsruhe.de/people/fenton/LectureNotes/OpenChannels.pdf>
<http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/CIVE2400/OpenChannelHydraulics2.pdf>
<http://www.monografias.com/trabajos36/hidraulica-canal-bogota/hidraulica-canal-bogota.shtml>
http://bibciv.ucla.edu/ve/cgi-win/be_alex.exe?Acceso=T070400007966/0&Nombrebd=bicvucla

Publicaciones en inglés

Open Channel Hydraulics, Terry Sturm, McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 1 edition, ISBN-10: 0070624453

Erosion and Sedimentation, Pierre Y. Julien, Publisher: Cambridge University Press (March 13, 1998), ISBN-10: 0521636396

Open-Channel Flow, Subhash C. Jain, Publisher: Wiley (October 24, 2000), ISBN-10: 0471356417

Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction - Basic Principles, Sediment Motion, Hydraulic Modeling, Design of Hydraulic Structures (Second Edition), Hubert Chanson, Publisher: Butterworth Heinemann (July 15, 2004), ISBN-10: 0750659785

Open Channel Flow (Macmillan Series in Civil Engineering), Francis M. Henderson, Publisher: Prentice Hall; Facsimile edition (June 1966). ISBN-10: 0023535105

Open-Channel Hydraulics, Ven Te Chow, Publisher: The Blackburn Press (January 1, 2009) ISBN-10: 1932846182
Montes, J.S. (1998). **Hydraulics of Open Channel Flow**. ASCE Press, New York, USA, 712 pages. [ISBN 0-7844-0357-0]

Publicaciones en español

Hidráulica de Canales

Gilberto Sotelo Ávila

Publicado por UNAM, 2002

ISBN 9683694330, 9789683694331

<http://books.google.com.mx/books?id=rahezSjGp3wC&p rintsec=frontcover#PPP1,M1>

Hidráulica de Canales

Autor: Naudascher, Eduard.

ISBN: 978-968-18-5891-9.

Editorial: LIMUSA

Características: 2000, 382 Págs., 2000, Español, Rústica.

Hidráulica del flujo en canales abiertos

Autor: Chanson, Hubert.

ISBN: 978-958-41-0256-0.

Editorial: McGraw-Hill Interamericana

Características: 2002, 560 Págs., 2002, Español, Rústica.

Introducción a la Hidráulica de Canales

Autor: C. Arturo Duarte

Editorial: Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Mes y año de edición: Septiembre de 2007

(Primera edición, 2005. Reimpresión)

Formato: Libro

Rústica, 21 x 27 cms

226 páginas

ISBN: 9587015118

Hidráulica del flujo en canales abiertos

CHANSON, HUBERT

Editorial : MCGRAW HILL

ISBN 9584102567

Volúmenes 1

Nº de Páginas 551

Edición 1ª

Año 2002

Idioma Español

Peso Aprox. (g) 1400

Hidráulica de canales abiertos

Autor: FRENCH

Editorial: MCGRAW-HILL

ISBN: 978-968-451-445-4

Canales Hidráulicos

Autor: José Liria Montañés

Editorial: Colegio de Ing. de Caminos

Notas: 17,5 x 25. (428 págs.)

ISBN: 84380 0187 4

Hidráulica de canales. Fundamentos

Autor: Juan H. Cadavid R.

Editorial: Universidad EAFIT

Escuela de Ingeniería

Colección: Académica

Mes y año de edición: Julio de 2006

Formato: Libro

Rústica, 16.5 x 24 cms

372 páginas

ISBN: 958-8281-28-8



**DESDE 1997,
CALIDAD EN
INGENIERÍA
Y
CONSTRUCCIÓN**

TEL. 56887780

CORREO:

constructora_luicla@yahoo.com.mx

Constructora Luicla, S.A. de C.V., es una empresa encaminada a la realización de trabajos de construcción, conservación, mantenimiento, supervisión de obra, control de calidad, planeación, proyección y ejecución, asesoría técnica, estudios y proyectos de todo tipo de obras civiles y construcción en general, tanto pública como privada.

PROYECTO:

- Infraestructura
- Arquitectónico
- Instalaciones
- Estructuras

CONSTRUCCION:

- Infraestructura
- Edificación
- Oficinas
- Instalaciones hidráulicas y Sanitarias
- Instalaciones Eléctricas
- Instalaciones Industriales
- Prefabricados
- Montajes Diversos
- Acabados

CONSULTORIA:

- Gestión
- Supervisión
- Topografía
- Dictámenes
- Estudios y proyectos
- Impacto ambiental
- Asesoría Técnica
- Asesoría legal de obras
- Asesoría Financiera



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

SUBMARELHER

Control de Erosión – Protección de Ductos
Tapetes flexibles de concreto

Son de
rápida instalación

Detienen la erosión

Son
reutilizables

Vida útil superior a los 20 años

Completamente
ecológicos



EN CONCRETO
SOMOS LA RESPUESTA
A SU PROBLEMA DE EROSION

01800-0120277

erosion@grupoelher.com

Distrito Federal

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

Coatzacoalcos

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

www.grupoelher.com