

TLÁLOC



Nueva Época
Aparición bimestral
Número 40
Enero-Febrero, 2008
www.amh.org.com

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

AGUA EN LAS CIUDADES

La AMH y el IMTA

organizan Reunión sobre efecto del cambio climático y su impacto potencial en los recursos hídricos de México

**Comisión Estatal de Servicios
Públicos de Mexicali**
UNO DE LOS MEJORES ORGANISMOS
OPERADORES A NIVEL
INTERNACIONAL

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

Como ustedes habrán podido apreciar, a partir de este número de Tláloc-AMH iniciamos una nueva etapa en la que ofrecemos a ustedes, además de una producción a todo color, publicaciones monográficas con el fin de tratar y analizar con mayor profundidad diversos temas de interés para el gremio.

En esta edición, dedicada al Agua en las Ciudades, se destaca la gran importancia que tiene una administración eficiente del recurso en beneficio de los pobladores de los centros urbanos, principalmente.

Así, traemos hasta estas páginas un elocuente reportaje de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali que es, hoy en día, el organismo operador de agua potable y saneamiento más eficiente de la República Mexicana.

También visitamos en sus oficinas al ingeniero Miguel Ángel Jurado Márquez quien es uno de los más reconocidos expertos en la administración del recurso en el país y que, actualmente, funge como Presidente de la Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua.

Como complemento a los temas administrativos presentamos a su consideración los artículos técnicos, Sectorización de redes de distribución de agua potable a través de algoritmos basados en la teoría de grafos, que propone una forma más eficiente de controlar el agua entregada en relación con la que se consume, y Contraste de predicciones de precipitación diaria con resultados regionales en la zona huasteca de San Luis Potosí, de gran utilidad a la hora de calcular, entre otras obras hidráulicas, diques de protección para zonas urbanas.

Por otra parte, damos cuenta de la principal actividad realizada en la Asociación Mexicana de Hidráulica que fue la Reunión sobre el Efecto del Cambio Climático y su Efecto Potencial en los Recursos Hídricos de México, organizado por la propia Asociación y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Por último y como un servicio más a nuestros socios nos dimos a la tarea de localizar en Internet e informarles acerca de algunos de los principales sitios WEB, tanto nacionales como extranjeros, relacionados con el Agua en las Ciudades.

En esta ocasión, además de agradecerles su colaboración en las actividades que la AMH realizó durante el periodo que ocupa la vigencia de este primer número monográfico, me permito invitarlos a colaborar en la publicación de Tláloc-AMH, mediante sus propuestas y escritos relacionados con nuestra vida institucional. Esta invitación la reitero con especial énfasis para aquellos socios que militan en las secciones del interior de la República.

Ing. Jorge Malagón Díaz
Presidente del XXVIII Consejo Directivo

Director *Dr. Humberto Marengo Mogollón*

Editor Técnico *Dr. Nahúm H. García Villanueva*

Coordinador Editorial *Lic. Jesús Hernández Sánchez*

Coordinador Técnico del Tema "Agua en las Ciudades"

M. en I. Víctor Bourguett Ortiz

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

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.

ÍNDICE



RESEÑAS

Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali
UNO DE LOS MEJORES ORGANISMOS OPERADORES A NIVEL INTERNACIONAL

4



SEMBLANZA

Entrevista con el Ingeniero Miguel Ángel Jurado Márquez
LA ADMINISTRACIÓN DEL AGUA: UNA NECESIDAD DE ORDEN SOCIAL

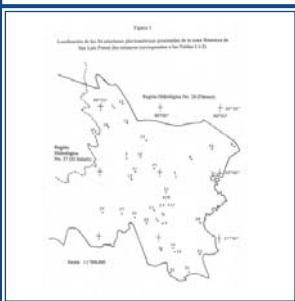
11



ARTÍCULOS

Sectorización de redes de distribución de agua potable a través de algoritmos basados en la Teoría de Grafos
Velitchko Tzatchkov, Víctor Hugo Alcocer Yamanaka, Víctor Bourguett Ortiz

14



ARTÍCULOS

Contraste de predicciones de precipitación diaria con resultados regionales en la zona huasteca de San Luis Potosí
Daniel Francisco Campos Aranda

23



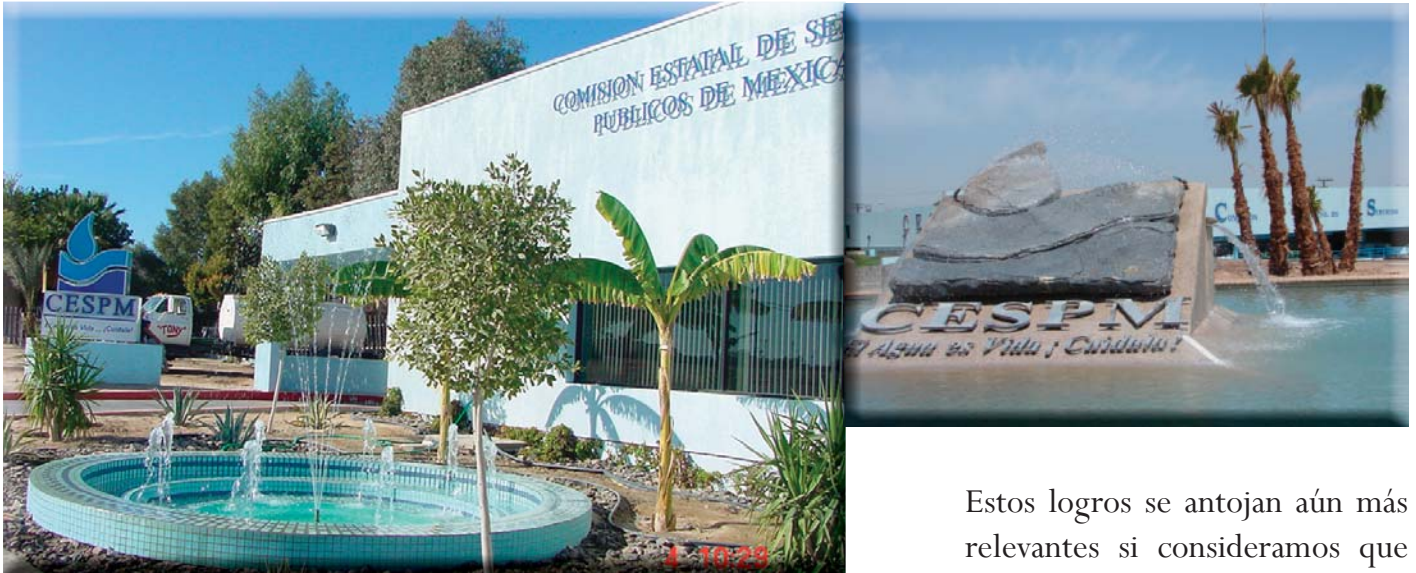
NOTICIAS

La Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH, y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, organizan reunión sobre efectos del cambio climático y su impacto potencial en los recursos hídricos de México.

37

Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali

UNO DE LOS MEJORES ORGANISMOS OPERADORES A NIVEL INTERNACIONAL



La Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali, CESPM, es hoy en día el organismo operador de agua potable y saneamiento más eficiente de la República Mexicana de acuerdo a opiniones externas y sus principales resultados: en el 2005 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, lo distinguió como el mejor del país en cuanto a pérdidas físicas en el sistema con una eficiencia del 89%; en 2006 y 2007 la empresa auditora Fitch Ratings certificó la calificación de A(mex)'A a su calidad crediticia; en 2007 fue reconocido por sus pares, reunidos en el Coloquio Nacional sobre Servicios Comerciales en Organismos Operadores, como el de más alto nivel de eficiencia en materia de servicios

comerciales en el país, y su propio personal ha desarrollado sistemas informáticos que han mejorado notablemente la gestión administrativa y la atención a usuarios.

Estos logros se antojan aún más relevantes si consideramos que la ciudad de Mexicali es ampliamente conocida por el intenso calor que se registra durante el verano, con temperaturas que alcanzan en ocasiones más de 48°C a la sombra y que complican aún



más la eficiencia de operación y el aprovechamiento del recurso.

**ORGANISMO PÚBLICO
AUTOSUFICIENTE**

Por otra parte es justo encomiar que la CESPМ es una de las contadas entidades de gobierno, en este caso estatal, que operan con recursos propios toda vez que, al brindar un excelente servicio, el cobro del agua, y otros servicios relacionados, en Mexicali no son problema, además de que esta acción se facilita mediante el pago en línea desde una computadora, en sus oficinas (centrales y diez módulos de atención al público –denominados zonas comerciales- ubicados estratégicamente a lo largo y ancho de todo el municipio), módulos creados ex profeso (autoCESPM) centros comerciales, bancos, como mediante tarjetas de crédito, cheques y convenios.

Un factor importante de este servicio de calidad es la atención a los usuarios para que reporten situaciones de emergencia por fugas o taponamientos de alcantarillas, mediante la vía telefónica, a través del número 073, que funciona las 24 horas del día durante los 365 días del año. El tiempo de respuesta es de solo minutos, ayudando con ello a la reducción de pérdidas de agua y de problemas con el alcantarillado sanitario. Un reflejo del éxito de esta labor es que de 18,983 problemas con agua potable y 23,759 con alcantarillado sanitario reportados en 2001, para el 2005 se atendieron 5,512 y 945, respectivamente.

Para el Organismo Operador queda claro que el espíritu de servicio que subyace en todas sus actividades es el lubricante que mueve toda esta compleja maquinaria de tal manera que, a través de la computadora, se pueden realizar consultas en línea y “chatear” con los servidores públicos del CESPМ como un recurso para compartir opiniones e inquietudes. Todas estas acciones, en su conjunto, permiten que los hogares, industria, empresas, comercios y servicios públicos en Mexicali cuenten, permanentemente y en la cantidad requerida, con servicios de calidad de agua po-





table y alcantarillado sanitario. Una prueba de ello es que en Mexicali no existe, como práctica común en los hogares, el uso de cisternas, de tanques elevados ni de fosas sépticas.

Con estas credenciales de presentación la CESPM recibió amablemente a la revista Tláloc-AMH, en sus instalaciones de la calle Sinaloa 1399 de la ciudad de Mexicali, para recabar información que ahora nos permite presentar a ustedes una semblanza de la organización y funcionamiento de este importante organismo operador.

QUÉ ES LA CESPM

Es un organismo descentralizado del Gobierno del Estado de Baja California, con personalidad jurídica propia, administrado por un director general que se rige por un consejo de administración presidido por el Gobernador del Estado y dos secretarios del gobierno estatal, el Presidente Municipal, dos representantes de la iniciativa privada y —nota importante— un representante ciudadano.

La CESPM, creada en diciembre de 1967, tiene a su cargo, actualmente, la operación de tres plantas potabilizadoras con las que abastece a la ciudad y 24 sistemas en el Valle y San Felipe. Para diciembre de 2006 contaba con 2,829.2 km de tubería de distribución en la ciudad y 619.2 km en el Valle. También maneja el sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales que tiene nueve plantas de bombeo con una capacidad total de 10,675 l/s; 35 cárcamos de bombeo y siete plantas de tratamiento con una capacidad acumulada de 2,430 litros por segundo.



Por otra parte la Comisión tiene a su cargo la construcción y ampliación de la infraestructura necesaria para la prestación de los servicios antes mencionados. Entre las obras más relevantes llevadas a cabo durante estos últimos seis años se encuentran la perforación de un pozo adicional que ampliará la capacidad instalada para el suministro del Puerto de San Felipe; dentro del Proyecto de Infraestructura Hidráulica para el Saneamiento Ambiental y Suministro de Agua Potable en Baja California, mejor conocido como crédito japonés, se instalaron más de 99,010 m de tubería de distribución para refuer-

zo y cierre de circuitos a lo largo y ancho de la ciudad, con diámetros de 910 mm (36") a 100 mm (4") y se construyeron la planta potabilizadora Xochimilco de 1,100 l/s de capacidad, así como la PTAR Mexicali II Las Arenitas, de 880 l/s de capacidad; se instalaron más de 215 km de tuberías de diámetros que van de 182.9 cm (72") a 20.0 cm (8") en redes de alcantarillado, subcolectores y colectores; se construyeron 12 cárcamos de bombeo de aguas residuales de diferentes capacidades en la ciudad y el valle de Mexicali además de San Felipe, así como la planta de bombeo de aguas residuales N° 8 anexa a la planta de tratamiento Mexicali I y se adecuó la N° 4 para poder enviar el agua residual de la parte Oriente de la ciudad a la PTAR Mexicali II; se construyeron 0.930 km del colector pluvial Eje Central y se la PTAR de Los Algodones con una capacidad de veinte litros por segundo. A diciembre de 2006 se contaban con 280,232 tomas domiciliarias

Es responsabilidad de la CESPМ el mantenimiento y reparación de las redes. En este contexto, durante los últimos seis años, se atendieron 1.56 kilómetros de tubería, se limpiaron 430 bocas de tormenta y 54 pozos de visita, se instalaron y/o repusieron 27 rejillas pluviales, se sondearon 44 metros de líneas, se renivelaron 24 pozos de visita, se repusieron 15 brocales con tapa, y se rehabilitó la PTAR, Mexicali I, Zaragoza, de 1,300 l/s de capacidad.

También es de la competencia del Organismo la medición y facturación de consumos, en las más de 293 mil tomas domiciliarias (99% con medidores), existentes en el municipio, y el importe de obras. Para ello se apoya en la información generada mediante un moderno sistema de telemetría que cubre las áreas tanto de potabilización como de aguas residuales, desde las cuales se comunican entre los múltiples puntos de servicio y sus centrales de operación, a través de tecnologías de vanguardia como radiofrecuencia, redes de uso industrial y de banda ancha.

Otra de las actividades importantes de la CESPМ es la promoción del ahorro y buen uso del agua y una manera de lograrlo es poner a disposición el agua residual, en aplicaciones que van desde la industria, hasta el riego de jardines



y camellones públicos. Al mismo tiempo ha puesto en marcha una intensa campaña para inculcar, válgase la expresión, una nueva cultura del agua, es decir una nueva relación de la sociedad con el recurso.

CULTURA DEL AGUA

Con el fin de crear conciencia sobre la importancia que tiene el cuidado y aprovechamiento del vital líquido, la CESPМ desde hace diez años lleva a cabo un exitoso programa de cultura del agua dirigido a todos los sectores de la población, pero de manera especial a los niños y jóvenes, alumnos de preescolar, primaria y secundaria.

En un principio el programa se enfocó hacia las escuelas del estado que registraban mayores consumos de agua, de acuerdo a las lecturas reportadas por el padrón de usuarios, pero pronto cobró interés entre los maestros de otras escuelas y se decidió ampliarlo a las instituciones de enseñanza privada. Este programa se presenta, también, en foros, exposiciones y en diversos eventos, así como en colonias populares y comunidades del municipio.

Hace dos años una empresa privada solicitó realizar una plática sobre cultura del agua dirigida a su personal, luego surgieron otras peticiones en ese mismo sentido y desde entonces las empresas se incorporaron al programa.

Además de videos, láminas, folletería y material didáctico, se utiliza la botarga Goty, en forma de gota de agua, misma en que se apoyan los promotores del programa para organizar y animar diversos juegos y concursos.

Como consecuencia de estas acciones muchos planteles educativos y empresas han reducido notablemente sus consumos de agua y, estamos seguros, ha incidido en el aumento creciente de la eficiencia en la utilización del recurso en el municipio de Mexicali.

SITUACIÓN ACTUAL

De 1967 al presente año se ha recorrido mucho camino y los logros alcanzados son evidentes, entre otros: el 85% de los 919,026 habitantes (a sep 2007) del municipio reciben agua potable por parte de CESPМ y



el 9% son apoyados con el programa de agua limpia, lo que significa que el 94% de los habitantes del municipio cuentan de alguna manera con este servicio. En la cabecera Municipal la cobertura es de 99.3%

Asimismo, en servicio de alcantarillado sanitario, CESPМ esta presente prácticamente en 75 de cada 100 hogares en el municipio y en 88 de cada 100 en los núcleos poblacionales atendidos por este organismo operador. En la ciudad de Mexicali, la cobertura es de 94.4%

En cuanto al saneamiento de aguas residuales de la cabecera municipal, se aumentó la cobertura de 66.2% en diciembre de 2001 a 94.4% a septiembre de 2007. Esto significa que el 100% de las aguas residuales colectadas de la Ciudad de Mexicali tienen tratamiento.

Por otra parte, se realizaron obras para recuperar el agua de retrolavado en las plantas potabilizadoras de la Ciudad de Mexicali, lo que representa un ahorro sustancial cercano a los 2.8 millones de m³ por año.

Durante este sexenio, se han equipado los laboratorios y sistemas de control de proceso, Hoy por hoy, se cuenta con la tecnología de punta que ubica al CESPМ a la vanguardia de cualquier laboratorio de este tipo en el país y el extranjero. Adicionalmente, se ha certificado al Laboratorio de Calidad de Agua (que atiende agua potable y aguas residuales) por la Entidad Mexicana de Acreditación.

La CESPМ atendía a 53 localidades a finales de 2001, con una población de 676,092 habitantes, a la fecha brinda atención a 80 comunidades con una población de 800,841 habitantes. Es decir, se brinda el servicio a 124,749 habitantes más de los que contaban con agua potable a principio de esta adminis-



tración. Lo interesante en este rubro es que esta nueva necesidad se cubre con prácticamente la misma cantidad de agua que en 2001.

PROSPECTIVA

Si bien es bastante halagüeña la situación de los servicios de agua potable y saneamiento en el municipio de Mexicali, no lo es menos para el futuro pues el trabajo de planeación es también una de las actividades a las que la CESPМ le confiere singular importancia. Por lo pronto, durante este último sexenio se regularizaron los derechos de agua para la ciudad de Mexicali para un volumen total de 96.03 MM³ con lo que se asegura la satisfacción de la demanda de agua para, por lo menos, los próximos 25 años.

Con el propósito de cubrir la demanda de agua potable para los próximos 20 años, se amplió la capacidad en la Planta Potabilizadora N° 2, de 2,000 l/s a 2,500 litros por segundo y se inició la construcción de diversas obras de infraestructura que permitirán enfrentar con eficiencia

los nuevos requerimientos de la población en aumento. Un ejemplo es la planta potabilizadora Guadalupe Victoria, en el valle de Mexicali, con una capacidad de 250 l/s, la cual se abastecerá con aguas superficiales. Se proyecta que la planta entre en operación próximamente.

Está en proceso la construcción de un colector pluvial en el Boulevard Lázaro Cárdenas hasta el colector Villa Bonita, en la ciudad de Mexicali, que consiste en tuberías de 10, 12 y 36 pulgadas de diámetro, con una longitud de mil 805 m. Al corte del día último del mes de julio se tiene un avance del 15 por ciento.

Están por terminarse las PTAR de los otros centros urbanos de mayor población del valle de Mexicali, como son: Guadalupe Victoria (70 litros por segundo) y Estación Coahuila (20 litros por segundo); y la rehabilitación y ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ciudad Morelos con una capacidad de 15 a 40 litros por segundo.

Es menester reconocer que estos resultados son producto del profesionalismo, entusiasmo, dedicación y, sobre todo, espíritu de servicio, de las más de 1200 personas que prestan sus servicios en este organismo operador, son ellos quienes han llevado a la CESPМ a un elevado grado de competitividad en cuanto a control de fugas y recuperación de caudales, que es superior al de ciudades tan importantes como Halifax, Canadá, Filadelfia, EUA, y Bolton Inglaterra, entre otras.

Si la problemática que representa el agua hoy en día es ya de suyo muy compleja, para el futuro, dicen los expertos, lo será aún más, sobre todo en las regiones áridas, de tal manera que una eficiente gestión y administración del agua para Mexicali es más una obligación que una necesidad. Como bien reza el eslogan de la campaña de cultura del agua... *El agua es vida... ¡Vamos a cuidarla!*

AGRADECIMIENTOS

La Revista Tláloc-AMH agradece muy cumplidamente la atención recibida por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali para realizar este reportaje.

DEL RÍO A LOS HOGARES

Mexicali, capital del Estado de Baja California, se abastece de agua del río Colorado de acuerdo con el Tratado Sobre la Distribución de Aguas Internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América, EUA, relativo a la utilización de las aguas de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo (río Grande). Firmado en Washington, D. C., el 3 de febrero de 1944, de acuerdo con el interés de ambos países para disponer de las aguas de estos tres ríos. De acuerdo con este documento el vecino país nos entrega anualmente 1,850 H³. De esa cantidad la mayor parte -cerca del 80%- es utilizada en la agricultura. El río Colorado nace al norte del Estado de Colorado, EUA, tiene su origen en los deshielos de las montañas Rocallosas a una altura de 4,276 m/s/n/m y recorre 2,735 km a través de los estados de Wyoming, Utah, Colorado, Nevada, California y Arizona antes de llegar a territorio nacional a través de la Presa Morelos (en los Algodones). De la presa Morelos el agua continúa su curso por los canales del Distrito de Riego 14 Valle de Mexicali, después por el canal Benassini, que entrega el agua a las dos principales plantas potabilizadoras de Mexicali y de allí, finalmente, se envía a las 280,232 tomas domiciliarias de las cuales el 93 % son domésticas y el resto comerciales. Del total de las tomas el 10% corresponden al Valle de Mexicali y San Felipe.

Entrevista con el ingeniero Miguel Ángel Jurado Márquez

LA ADMINISTRACIÓN DEL AGUA: UNA NECESIDAD DE ORDEN SOCIAL

Sin duda alguna el ingeniero Miguel Ángel Jurado Márquez es uno de los expertos más reconocidos en el país en cuanto a la problemática que representa la administración del recurso agua, entendiendo ésta como una necesidad de orden social, principalmente, que deberá ser atendida tanto por el Estado como por el público en general. Este dicho lo avala su trayectoria de más de 25 años en el medio de la ingeniería hidráulica en el que se inició, como proyectista de obras de riego, y que ahora continúa como presidente de la Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua, JCAS, después de ocupar las gerencias Regional del Noroeste y la Regional de Cuenecas Centrales del Norte, en la Comisión Nacional del Agua.

En esta ocasión el ingeniero Jurado, por cierto uno de los socios fundadores de la Asociación Mexicana de Hidráulica, recibe a la revista Tlaloc-AMH en sus oficinas de la ciudad de Chihuahua y accede -siempre amable- a conversar con nosotros acerca de algunas de las características principales que distinguen a los servicios de agua para las ciuda-



des, tema central del presente número de nuestra publicación.

El problema del agua, como lo ha sostenido el ingeniero Jurado en otras ocasiones, implica retos tecnológicos, jurídicos y económicos, mismos que habrán de enfrentarse con imaginación y esfuerzo, toda vez que los usuarios de nuestros servicios adolecen de poca conciencia en relación a la escasez del recurso, así como a sus dificultades y costo para llevarlo a todos los hogares. Por ello —agrega— es necesario generar una cultura que privilegie el cuidado y uso responsable sobre el consumo ilimitado. Si logramos que la población sea consciente de esta

realidad, mucho se habrá logrado y se podrá hablar de un futuro con agua para todos.

Actualmente el promedio de disponibilidad de agua en el mundo es de 5,000 m³/h/a. En México si bien estamos cerca de esa cantidad, esta tiende a disminuir gradualmente, así que de los 11,500 m³/h/a que disfrutábamos en 1955, pasamos a 4,446 m³/h/a en 2005 y se espera que para 2025 dispongamos de 3,807 m³/h/a. Sin embargo su disponibilidad es muy contrastante ya que en el sur es de 13,759 m³/h/a y en el norte apenas alcanza los 1,874 metros cúbicos por habitante por año.

Por otra parte —anota el ingeniero Jurado Márquez— nos encontramos que dos terceras partes del territorio nacional son áridas o semiáridas y el 67% de la lluvia se presenta en un lapso de sólo cuatro meses al año con sensibles variaciones en la precipitación que van de 2,225 mm en el sur del país hasta los 202 mm en la península de Baja California. Por cierto —apunta— que más del 70% de este volumen de agua se utiliza para la agricultura y el resto para las ciudades y la industria.

A pregunta expresa acerca de cómo establecer una estrategia para disminuir la carencia de servicios relacionados con el agua y aumentar su calidad, el Presidente de la JCAS insiste en que lo primero que debemos lograr son su uso y aprovechamiento responsables, para después establecer ambiciosos programas de mantenimiento y expansión de la infraestructura así como de planeación, con el fin de lograr el equilibrio entre cuencas. Ello nos permitirá ser más eficientes en la administración del recurso y buscar que la disponibilidad, que cada vez es menor, se aproveche a plenitud.

Desgraciadamente en nuestro país la planeación no ha sido suficiente para evitar que se extraiga más agua de la que ingresa a la mayor parte de los acuíferos del país, por lo que es urgente que este ejercicio se haga con visión



de largo plazo, se consideren los diferentes indicadores económicos, y se definan fuentes futuras valorando su calidad y cantidad. Para ello se requiere desarrollar una cartera de proyectos con objetivos precisos para lograr la sustentabilidad del recurso.

Cuando le preguntamos acerca de su posición respecto de la titularidad de los entes regulatorios de los servicios de agua y saneamiento, el ingeniero Jurado fue muy claro al manifestarse por un trabajo realizado por el Estado pero ciudadanizado y que rinda cuentas claras de los recursos empleados y mejore sustancialmente el servicio en calidad y cantidad. Por otra parte es muy importante establecer una política tarifaria, que incluya tanto los costos de entrega y medición como de saneamiento del agua y —enfaticó— los referentes a la reposición de la infraestructura.

Si bien se busca la rentabilidad del servicio, estamos conscientes que una tarifa real, —que cubra los costos de operación, depreciación y ampliación de cobertura—, sería impagable para la mayoría de la personas, por eso debe pensarse en un esquema con sentido social, es decir el subsidio es inevitable, sin embargo las tarifas siempre serán nuestro mejor aliado. Por otro lado se pueden establecer esquemas de ayuda similares al que adoptamos en el Estado de Chihuahua: previo estudio socioeconómico, se otorgan descuentos a los sectores más desprotegidos como el de las personas en situación de pobreza, el de los jubilados, el de personas de la tercera edad o con capacidades diferentes. Estaríamos pensando también, además de medir con todo rigor el consumo, en ciertos controles, que

alienten el sentido de honestidad de las personas y que inhiban actitudes dolosas, como la sustracción clandestina de agua, que incluso podrían tipificarse como delito.

En cuanto a su experiencia como Presidente del JCAS, el ingeniero Miguel Ángel Jurado nos comentó que el reto en materia de agua que enfrenta el Estado de Chihuahua es muy complejo en la medida en que la entidad se encuentra en una zona de escasa disponibilidad con una dotación promedio de 320 litros por día, por lo que para nosotros es más que una obligación optimizar el uso del agua y establecer un compromiso con una cultura que induzca al ahorro y a la sustentabilidad del agua.

No obstante esta situación en la Junta Central de Agua y Saneamiento nos hemos fijado como meta para el 2010 dotar de agua potable y de servicios de saneamiento al 97% y al 85 %, respectivamente, de la población del Estado. Asimismo, todas las ciudades con más de veinte mil habitantes contarán con una planta de tratamiento, teniendo en cuenta y previendo su operación eficiente tanto en el presente como a futuro, ya que el problema más difícil de resolver no es su construcción sino mantenerla en funcionamiento.



También nos proponemos dejar un documento que defina la política de manejo del agua a mediano y largo plazos que nos permita realizar una planeación con visión de futuro que asegure la buena marcha del organismo operador y la consecuente mejora continua del servicio y, de alguna manera, paliar el grave problema que representa el cambio cíclico de directivos experimentados.

En otro orden de ideas, el Presidente de la JCAS nos mencionó que si bien el futuro en cuanto a la situación del agua en el país y especialmente en los estados que como Chihuahua tienen poca disponibilidad es preocupante, también debe ser “ocupante”, es decir, debemos asumir una actitud propositiva que nos lleve a la solución de problemas tales como la degradación de la calidad del

agua; las normas oficiales pretenden enfrentar esta situación por decreto en lugar de favorecer un ordenamiento integral, la politización del tema del agua que debe abordarse desde una perspectiva social y técnica, solo por mencionar algunos de los tantos escollos que habremos de evitar.

Finalmente, y a manera de despedida, el ingeniero Miguel Ángel Jurado Márquez comentó que las autoridades responsables del manejo de la administración del agua, se encuentran preparadas para brindar seguridad tanto en el suministro como en el saneamiento del agua que requieren las entidades para su sano desarrollo siempre con la participación de la sociedad. Esta es la única manera de apreciar y preservar nuestro medio ambiente.

SECTORIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE A TRAVÉS DE ALGORITMOS BASADOS EN LA TEORÍA DE GRAFOS

Velitchko Tzatchkov

Víctor Hugo Alcocer Yamanaka

Víctor Bourguett Ortiz

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Resumen

Los proyectos de sectorización de redes de agua potable en proceso en diferentes ciudades mexicanas actualmente, consisten en dividir la red de la ciudad en varias subredes o sectores más pequeños con una o máximo dos entradas de agua por sector. Para diseñar los sectores se emplean modelos de redes de agua potable, que revisan si la sectorización propuesta puede funcionar hidráulicamente de manera adecuada. Para los proyectos de sectorización en redes grandes se requieren sin embargo facilidades algorítmicas adicionales, como análisis de conectividad, zona de influencia y contribución de cada fuente sobre el consumo. En el presente artículo se discuten eficientes algoritmos de este tipo basados en la teoría de los grafos, implementados en un sistema de cómputo.

Palabras clave

Sectorización de redes, modelos de redes de distribución, sistemas de abastecimiento de agua, algoritmos sobre grafos.

INTRODUCCIÓN

Muchas ciudades mexicanas cuentan ahora con redes de agua potable grandes, abastecidas por varias fuentes interconectadas entre sí por medio de la propia red. En estas condiciones es difícil controlar el agua entregada y la consumida, condición indispensable para un diagnóstico y reducción de las pérdidas de agua. Por lo anterior, en las últimas dos décadas en México, la solución a este tipo de situaciones, ha sido la de sectorizar la red en cierto

número de subredes separadas, con pocas o en el mejor de los casos, con una sola alimentación por sector, para poder medir el caudal que ingresa a cada uno de éstos, y área de influencia bien definida. Físicamente la sectorización se realiza cerrando válvulas, mediante cortes en ciertos tramos, o con la construcción de tuberías nuevas que permitan una mejor redistribución del flujo de la red. Para analizar las posibles alternativas de sectorización se requiere de la implementación

de un modelo computacional que represente la situación actual de la red simulada (para fines de diagnóstico) y los posibles efectos de una sectorización u otras soluciones hidráulicas. En principio, los modelos de redes de agua potable conocidos, como por ejemplo Epanet, SARA, WaterCAD, y otros (Doe y Duncan, 2003) pueden ser usados para llevar a cabo ese análisis, pero resultan insuficientes cuando las redes son grandes, por ejemplo de varios miles de nodos.

En redes pequeñas la sectorización puede ser revisada visualmente. En proyectos de sectorización en redes grandes resultan indispensables las siguientes facilidades adicionales del modelo computacional:

1. Obtener el número de redes independientes (sectores) que se tienen capturadas. Se entiende por red independiente una red que tiene su(s) propio(s) fuente(s), y no tiene conexión hidráulica con otra red.
2. Obtener los nodos en cada sector y su demanda.
3. Revisar si con las acciones propuestas de sectorización, como cierre de válvulas y corte de tuberías, no dejan alguna parte de la red de cualquier punto sin suministro.
4. Definir el área de influencia de cada fuente, y la contribución de cada fuente sobre el consumo en cada nodo.

Las facilidades 1 y 3 resultan cruciales para detectar errores en los datos de la red, y errores en las acciones propuestas. En la Figura 1 se muestra una red en proyecto de sectorización, la red de distribución de la ciudad de San Luís Río Colorado (180,000 habitantes), en el estado de Sonora, México, digitalizada en el Sistema de Cómputo de Análisis y Diseño (SCADRED),

que se describe más adelante en este artículo. Están tomadas en cuenta todas las tuberías de la red (de 3" para arriba). La red tiene 1,954 nodos y 2,706 tramos, está abastecida por 17 fuentes (pozos), y dividida en 10 sectores por medio de cierre de válvulas y cortes de tubería puntuales. Resulta prácticamente imposible revisar errores en la sectorización propuesta, a no ser por medio de un algoritmo especial.

La facilidad 2 es esencial para realizar balances del agua en el sector, y la facilidad 4 es importante para definir la sectorización.

En este artículo se presentan algoritmos eficientes para esas cuatro facilidades, implementados en el SCADRED.

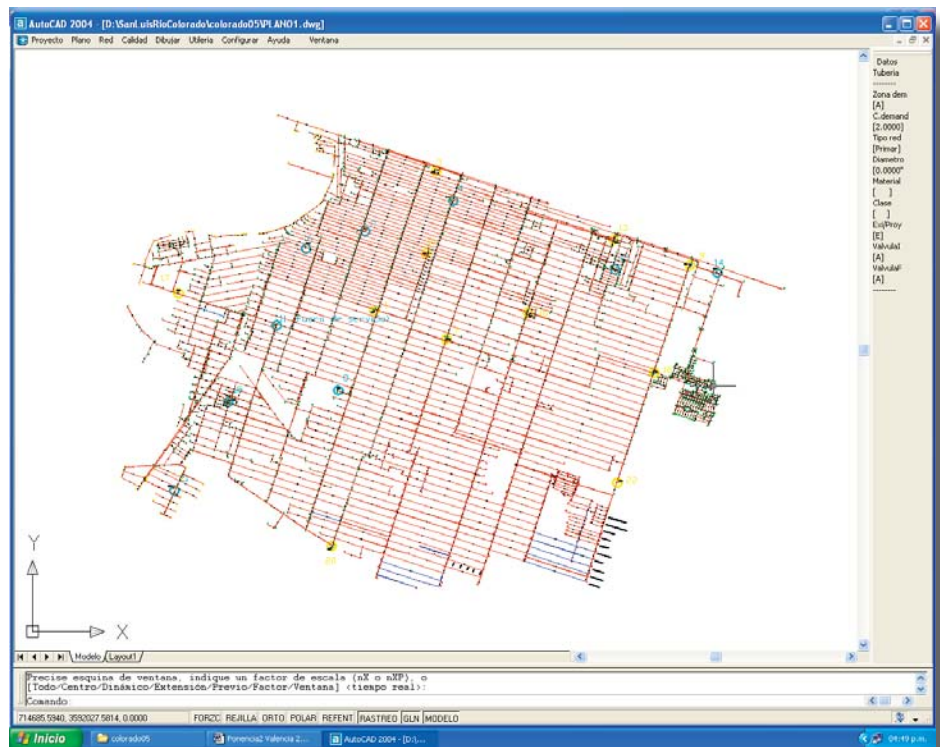


Figura 1.
Red de distribución completa de San Luís Río Colorado, estado de Sonora, México, digitalizada en SCADRED (1,954 nodos y 2,706 tramos)

TRABAJOS PREVIOS

En parte, una solución de las necesidades planteadas en la introducción de este artículo, puede ser dada por el análisis de calidad del agua con flujo permanente que algunos programas comerciales contienen. Como un ejemplo, para obtener la zona de influencia de una fuente dada bastaría con asignar una concentración ficticia de 100 unidades a esa fuente y una concentración igual a cero en las restantes, y correr un modelo de calidad del agua para la red con sustancia conservativa (no reactante). El conjunto de nodos para los cuales se obtendría una

concentración diferente de cero en el resultado de ese análisis daría directamente la zona de influencia de la fuente. Repitiendo este proceso para cada fuente se puede obtener el porcentaje de contribución (influencia) de cada fuente sobre los nodos. Tzatchkov y Arreguín (1994) y Tzatchkov y Arreguín (1996) presentaron algoritmos de este tipo, que también obtienen el tiempo de residencia del agua en la red, y la concentración para sustancias no conservativas (reactantes). El proceso de cálculo que utilizan esos primeros algoritmos para ubicar los nodos vecinos de cada nodo es iterativo, por lo que funcionan bien para redes pequeñas, pero se vuelven muy lentos en redes grandes. Por esta razón se desarrollaron los algoritmos que se describen a continuación, con el uso de una memoria temporal llamada *pila* (*stack* en inglés), que son muy rápidos también en redes grandes.

EL SISTEMA DE CÓMPUTO DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE REDES (SCADRED)

Es un sistema para el análisis y diseño de redes de agua potable, que corre dentro de AutoCAD, y tiene las siguientes facilidades:

1. Análisis de flujo permanente en la red. Se utiliza el método de Todini y Pilati (1987).
2. Análisis de flujo no permanente en la red, por medio de cambio consecutivo de estados de flujo permanente (el así llamado análisis de periodos extendidos).
3. Consideración en el análisis de la red de fugas y consumo, como función de la presión (Tzatchkov y Noda 2002).
4. Selección (diseño) de los diámetros de los tramos nuevos de la red, basado en un procedimiento de enumeración restringida.
5. Visualización de los resultados de los análisis hidráulicos por medio de curvas de nivel, superficie 3D, y coloreado.
6. Diseño automático de piezas especiales en los cruceros, para materiales hierro fundido con bridas, PVC y polietileno.
7. Cuantificación de cantidades de obra y piezas y cálculo del presupuesto de la obra.

En Tzatchkov e Izurieta (1996) se describe una de las primeras versiones del SCADRED. La Figura 2 muestra cruceros armados de manera automática con el SCADRED, con la tabla de cuantificación de piezas correspondiente.

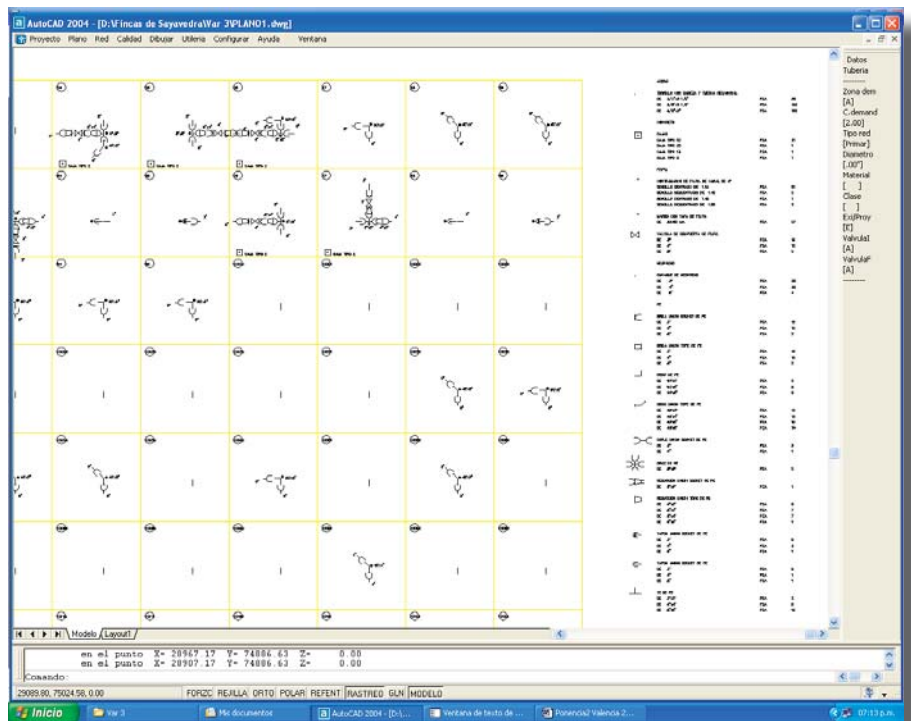


Figura 2. Diseño de piezas especiales en cruceros y tabla de cuantificación correspondiente, obtenidos automáticamente por el SCADRED

IMPLEMENTACIÓN ALGORÍTMICA DE UNA PILA

Las pilas son estructuras básicas, que se utilizan en muchos algoritmos computacionales. Una pila es una estructura dinámica de almacenamiento temporal de datos. Su objetivo es almacenar temporalmente cierto número de elementos, con la posibilidad de añadir nuevos elementos y extraer elementos almacenados, uno por uno. Un nuevo elemento puede ser añadido solamente al final de la pila, y extraído también del final. De esta manera, el último elemento que ingresó en la pila, es el primero en salir (esquema LIFO, por sus siglas en inglés).

Las pilas son fáciles de implementar en un programa de cómputo. Bastaría con declarar un arreglo de elementos, y un puntero (una variable de tipo entero) o *índice* que contenga la posición del último elemento almacenado. Para agregar un nuevo elemento a la pila se incrementa el valor del índice, y se almacena el nuevo elemento en la posición resultante (al final de la pila). Para extraer un elemento de la pila, se toma el elemento al cual apunta el índice, y se decrementa el valor del índice.

ALGORITMO PARA OBTENER LAS SUBREDES SEPARADAS

Para este análisis no se ocupa el sentido del flujo en las tuberías,

por lo que éste se puede realizar antes del análisis hidráulico de gastos y presiones. En la terminología de la teoría de los grafos en este caso la red se maneja como un *grafo no dirigido*, que es conveniente representar con una lista en que para cada nodo se indican sus nodos vecinos. La determinación de las subredes se realiza de la manera siguiente:

1. Se declara un arreglo de tipo Booleano con dimensión igual a la cantidad de nodos en red. Este arreglo se usa para marcar los nodos visitados, por lo que puede nombrarse *Visitados()*.
2. A todos los elementos de *Visitados ()* se les asigna valor "Falso" (es decir en el principio ningún nodo se encuentra visitado).
3. Se revisa el estado de los nodos (visitado o no) uno por uno. Si el nodo i no está visitado, se ejecuta la rutina $BP(i)$ descrita al final de este algoritmo. Si el nodo ya está visitado se revisa el siguiente nodo.
4. En resultado de la ejecución de la rutina $BP(i)$, algunos nodos que no estaban visitados pasan a ser visitados. El conjunto de esos nodos forma una subred separada con raíz en el nodo i .

Rutina $BP(i)$, donde i indica el *nodo raíz* de la subred:

1. Se revisan los vecinos no visitados de i . Al detectar un vecino no visitado, éste se almacena en una pila y se declara visitado.
2. Se toma como nodo i el último nodo almacenado en la pila, y se repite el punto 1 de la rutina.
3. El proceso termina cuando se vacía la pila.

La rutina $BP(i)$ realiza lo que en la teoría de los grafos se conoce como una *Búsqueda en Profundidad* (de ahí el nombre BP), conocido en inglés como *depth first search*, por la razón de que el proceso avanza en profundidad (alejándose del nodo raíz). En la teoría de los grafos se muestra que en este algoritmo cada nodo se visita sólo una vez, por lo que es bastante rápido.

ALGORITMO PARA REVISAR NODOS DESCONECTADOS

Para este análisis no se ocupa el sentido del flujo en las tuberías, por lo que éste se puede realizar antes del análisis hidráulico de gastos y presiones. En la terminología de la teoría de los grafos en este caso la red se maneja como un *grafo no dirigido*, que para los fines del algoritmo que aquí se

describe es conveniente representar con una lista en que para cada nodo se indican sus nodos vecinos. La determinación de las subredes se realiza de la manera siguiente:

1. Se declara un arreglo de tipo Booleano con dimensión igual a la cantidad de nodos en red. Este arreglo se usa para marcar los nodos visitados, por lo que puede nombrarse *Visitados()*.
2. A todos los elementos de *Visitados()* se les asigna valor "Falso" (es decir en el principio ningún nodo se encuentra visitado).
3. Cada nodo en la red que puede servir como una fuente de abastecimiento (como un tanque o una bomba), se declara como visitado (es decir, se asigna valor "Verdadero" a cada elemento del arreglo *Visitados()* que corresponde a un tanque o bomba).
4. Se revisa el estado de los nodos (visitado o no) uno por uno. Si el nodo i está visitado, se ejecuta la rutina $BA(i)$ descrita al final de este algoritmo. Si el nodo ya está visitado se pasa a revisar el siguiente nodo.
5. Los nodos que quedan no visitados después de concluir el punto 4 no están conectados a ninguna fuente (no les puede llegar el agua).

Rutina $BA(i)$, donde i indica el *nodo raíz* de la subred:

1. El nodo i se coloca en una pila.
2. Se toma el último nodo almacenado en la pila, y se revisan sus nodos vecinos. Cada nodo vecino no visitado se coloca en la pila, y se declara como visitado.
3. El proceso termina cuando se vacía la pila.

La rutina $BA(i)$ realiza lo que en la teoría de los grafos se conoce como una *Búsqueda en Amplitud* (de ahí el nombre BA), conocido en inglés como *breadth first search*, por la razón de que en el proceso primero se recorren todos los nodos vecinos del nodos en cuestión, antes de pasar a otro nodo no visitado. En la teoría de los grafos se muestra que en este algoritmo también cada nodo se visita sólo una vez, por lo que es bastante rápido.

ALGORITMO PARA DETERMINAR LA CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES AL CONSUMO EN LOS NODOS

En este análisis se ocupa el sentido del flujo en las tuberías, por lo que éste se puede realizar apenas después de correr el análisis hidráulico de gastos y presiones. En la terminología de la teoría de los

grafos en este caso la red se maneja como un *grafo dirigido*, que para los fines del algoritmo que aquí se describe es conveniente representar por dos listas. En la primera lista se indican, para cada nodo, cuáles son los nodos que introducen agua al nodo. En la segunda lista se indican, para cada nodo, cuáles son los nodos que reciben agua del nodo.

El algoritmo para determinar la contribución de una fuente al consumo en los nodos de la red se desprende del algoritmo de cálculo de la concentración de una sustancia química conservativa en los nodos de la red, dada su concentración en las fuentes de abastecimiento. Por esta razón se explica primero ese algoritmo. Los conceptos básicos se ilustran en la Figura 3.

Los dos números en los subíndices en la Figura 3 tienen el significado siguiente: Cuando los dos subíndices son iguales, por ejemplo C_{33} , se refiere a la concentración en un nodo (el nodo 3 en este caso). Cuando los dos subíndices son diferentes, por ejemplo C_{13} , se refieren a la concentración en el tramo definido por los dos nodos cuyos números representan los dos subíndices (nodos 1 y 3, y el tramo entre los nodos 1 y 3, en este caso). En un estado permanente, una sustancia conservativa no cambia su concentración a lo largo de una

tubería, por lo que, como se muestra en la Figura 3, $C_{12}=C_{11}$ en la Figura 3-(a) y $C_{12}=C_{22}$ en la Figura 3-(b). En un nodo de distribución, como en la Figura 3-(c), los flujos que salen del nodo llevan la concentración que se tiene en el nodo. En un nodo de mezcla, como el nodo en la Figura 3-(d), el agua se mezcla en el nodo obteniéndose una nueva concentración, que llevarán los flujos que salen del nodo. Asumiendo una mezcla completa en el nodo, la concentración en los flujos salientes se calcula como:

$$C_i = \frac{\sum_{j \in N_{in}} Q_j C_j}{\sum_{j \in N_{in}} Q_j} \quad (1)$$

donde N_{in} indica el conjunto de nodos que introducen agua al nodo i . Los conceptos de representados en las Figuras 3-(a), (b), (c) y (d) se extienden fácilmente a nodos en los cuales se unen más de tres tuberías, como se muestra, por ejemplo, en las Figuras 3-(e) y 3-(f).

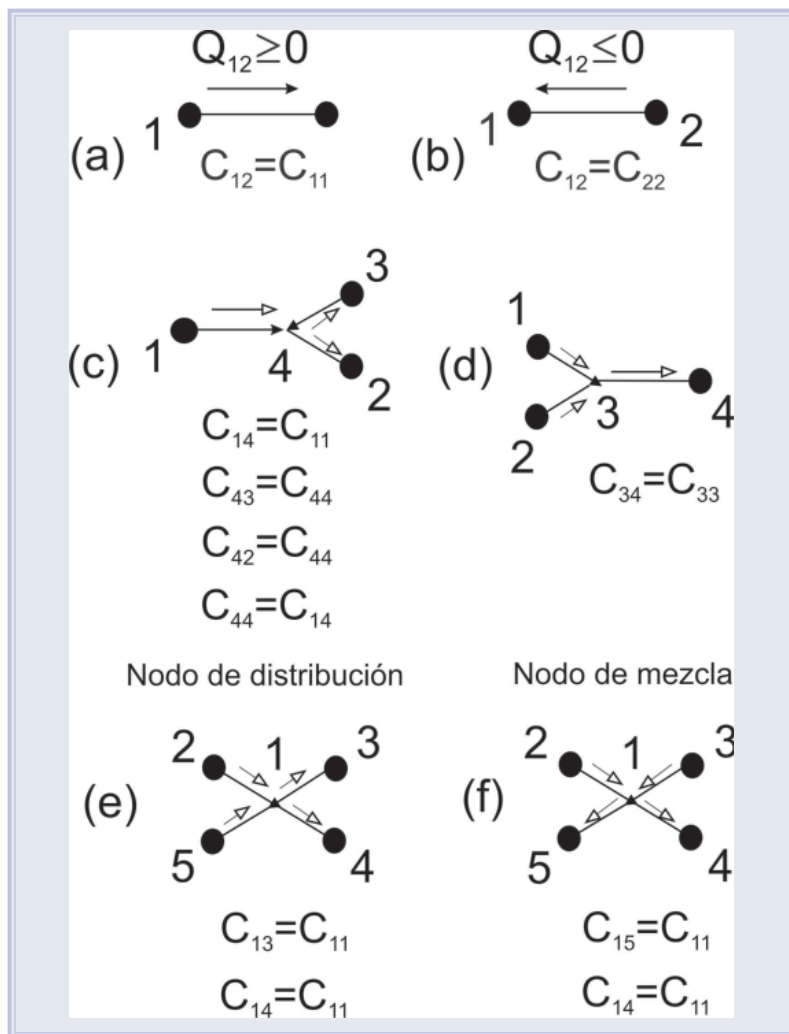


Figura 3

Conceptos en el cálculo de la concentración de una sustancia conservativa en nodos de distribución y de mezcla en una red

Con esa base, la concentración de una sustancia conservativa en los nodos de una red, dada su concentración en las fuentes, se calcula por el algoritmo siguiente:

1. A los nodos que representan las fuentes se les asigna la concentración dada correspondiente.
2. Se revisa el estado (con concentración asignada o no) de los nodos uno por uno. Si el nodo i tiene concentración asignada se pasa al siguiente punto 2.1 de este algoritmo.
 - 2.1 El nodo i se coloca en una pila (será el primer nodo en la pila).
 - 2.2 Se extrae el último nodo almacenado en la pila. Sea éste el nodo j .
 - 2.3 Se revisa el estado de los nodos vecinos que reciben agua del nodo j uno por uno. Sea un nodo vecino de ese tipo k .
 - 2.4 Si el nodo k no tiene concentración asignada, la concentración del nodo j se asigna al tramo jk , y luego se revisa si tienen concentración asignada todos los tramos que introducen agua al nodo k . Si este es el caso, se calcula la con-

centración en el nodo k por la ecuación (1), y el nodo k se agrega a la pila.

- 2.5 Se ejecuta nuevamente el punto 2.2 hasta que la pila quede vacía.
3. Al concluir el ciclo del punto 2 arriba, queda definida la concentración en todos los nodos de la red.

Ahora bien, como fue mencionado anteriormente para obtener la zona de influencia de una fuente se asigna una concentración ficticia de 100 unidades a esa fuente y una concentración igual a cero en las restantes fuentes, y se ejecuta el algoritmo así descrito. Se obtiene un valor de la supuesta concentración para cada nodo, que viene siendo el porcentaje de contribución de la fuente al consumo en el nodo. El SCADRED muestra ese resultado en dos formas: en forma de una tabla en un archivo de texto (Figura 4) y en forma gráfica en un diagrama tipo “pastel” (*pie chart* en inglés) con diferente color para cada fuente y letreros con el número de la fuente (Figura 5). En la Figura 6 se muestra una vista del resultado de contribución de las fuentes obtenido en el SCADRED para una red completa, permitiendo identificar enseguida las zonas de influencia de las fuentes, y visualizando con esto la eventual sectorización.

Nodo	1619	569	6010	6011	6002	6200	6000	1593	6003	6014
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	94.01	0.00	5.99	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	61.59	0.00	38.41	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	70.37	0.00	29.63	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	90.32	0.00	9.68	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.51	6.88	90.76	0.00	1.85	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	1.38	19.75	77.30	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	2.51	24.55	71.48	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	12.08	25.42	61.25	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	19.70	25.06	54.13	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	26.42	22.96	49.60	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	32.72	21.00	45.36	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	79.84	6.29	13.59	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	78.85	7.23	13.48	0.00	0.28	0.11	0.00	0.04
31	0.00	0.00	78.85	7.23	13.48	0.00	0.28	0.11	0.00	0.04
32	0.00	0.00	77.60	8.44	13.29	0.01	0.27	0.29	0.00	0.10
33	0.00	0.00	75.48	10.47	12.97	0.02	0.26	0.59	0.00	0.21
34	0.00	0.00	73.15	12.62	12.61	0.03	0.26	0.99	0.00	0.35
35	0.00	0.00	70.62	14.83	12.21	0.04	0.25	1.53	0.00	0.52
36	0.00	0.00	67.94	17.04	11.79	0.06	0.24	2.19	0.00	0.74
37	0.00	0.00	65.10	19.24	11.34	0.08	0.23	3.00	0.00	1.00
38	0.00	0.00	62.13	21.41	10.87	0.11	0.22	3.98	0.00	1.29
39	0.00	0.00	59.01	23.47	10.37	0.13	0.21	5.18	0.00	1.63
40	0.00	0.00	55.78	25.41	9.84	0.16	0.20	6.62	0.00	1.99
41	0.00	0.00	0.00	0.00	32.40	0.00	67.60	0.00	0.00	0.00
42	0.00	0.00	0.00	0.00	51.96	0.00	48.04	0.00	0.00	0.00
43	0.00	0.00	0.00	0.00	58.75	0.00	41.25	0.00	0.00	0.00
44	0.00	0.00	0.00	0.00	58.75	0.00	41.25	0.00	0.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	65.88	0.00	34.12	0.00	0.00	0.00
46	0.00	0.00	0.00	0.00	66.99	0.00	33.01	0.00	0.00	0.00
47	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	0.00	0.00	0.00	34.01	65.99	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
49	0.00	0.00	0.00	54.59	45.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00	65.35	34.64	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
51	0.00	0.00	0.00	86.12	13.86	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
52	0.00	0.00	0.00	95.52	4.46	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
53	0.00	0.00	0.00	95.52	4.46	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
54	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	0.00	26.00	0.00	65.70	0.00
55	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	0.00	26.00	0.00	65.70	0.00
56	0.00	0.00	0.00	0.00	7.19	0.00	22.52	0.00	70.29	0.00
57	0.00	0.00	0.00	0.00	12.09	0.00	29.35	0.00	58.56	0.00
58	0.00	0.00	0.00	0.00	12.57	0.00	30.25	0.00	57.19	0.00
59	0.00	0.00	0.00	0.00	15.32	0.00	31.32	0.00	52.38	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.30	19.13	0.02	31.20	0.00	49.33	0.01
61	0.00	0.00	0.00	4.45	29.77	0.32	28.34	0.00	36.97	0.15
62	0.00	0.00	0.00	11.19	43.01	1.21	25.14	0.00	18.88	0.58
63	0.00	0.00	0.00	15.40	49.50	10.68	19.29	0.00	0.00	5.13
64	0.00	0.00	0.00	21.79	42.71	15.10	13.15	0.00	0.00	7.25
65	0.00	0.00	0.00	24.38	39.10	17.77	10.32	0.00	0.00	8.53
66	0.00	0.00	0.00	20.61	15.42	43.22	0.00	0.00	0.00	20.75
67	0.00	0.00	0.00	9.00	6.73	56.93	0.00	0.00	0.00	27.34

Figura 4
Tabla con la contribución de cada fuente sobre el consumo en cada nodo, obtenida en el SCADRED para una red con 10 fuentes de abastecimiento

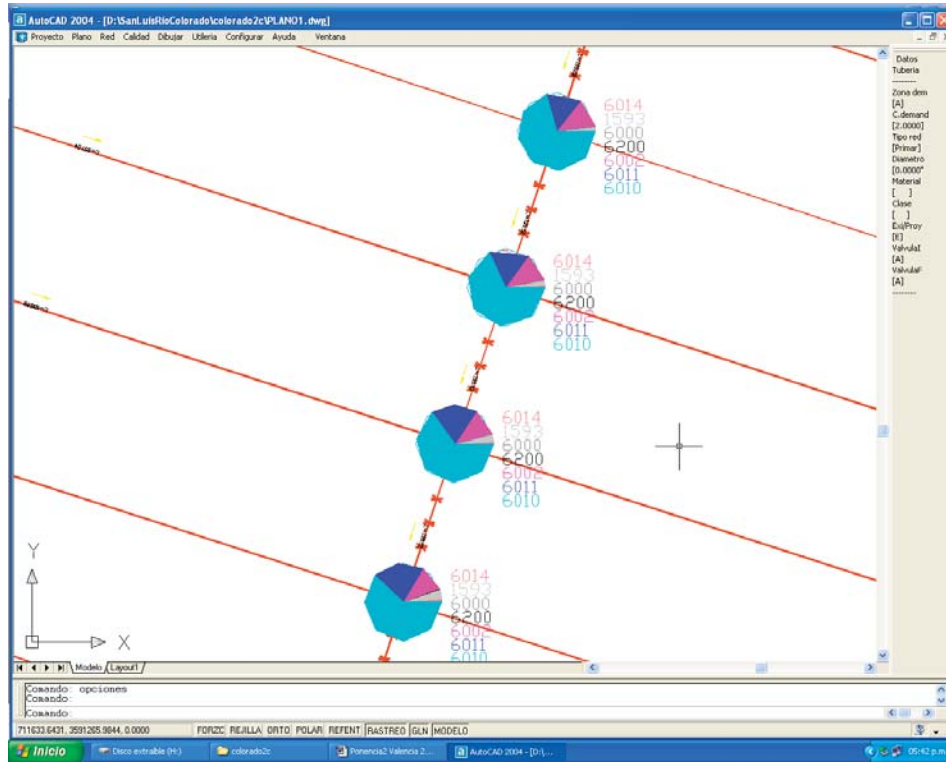


Figura 5.

Tabla con la contribución de cada fuente sobre el consumo en cada nodo, obtenida en el SCADRED para una red con 10 fuentes de abastecimiento

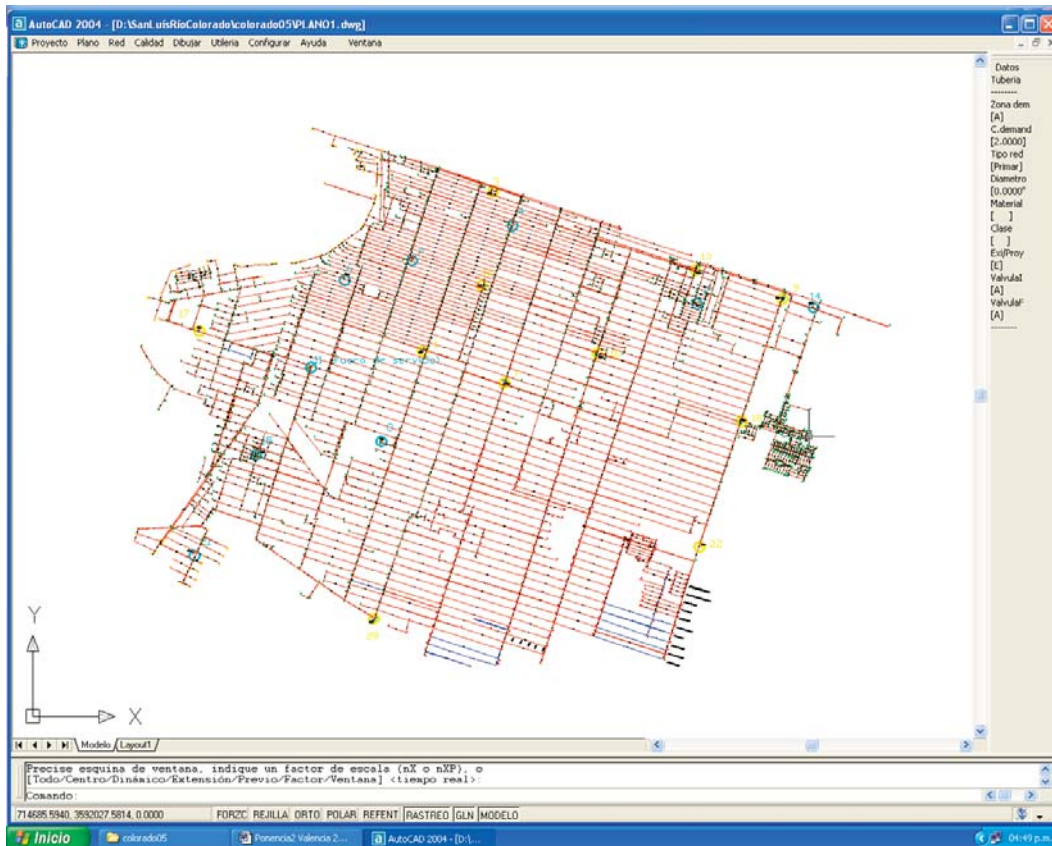


Figura 6

Resultado de la contribución de las fuentes, visualizado en el SCADRED para una red completa. Se distinguen claramente por color las áreas de influencia de las fuentes.

CONCLUSIONES

Los proyectos de sectorización en redes grandes requieren facilidades algorítmicas adicionales, como análisis de conectividad, zona de influencia y contribución de las fuentes sobre el consumo. Esas facilidades normalmente no se tienen en los paquetes de análisis de redes de distribución de agua potable disponibles en el mercado. En el presente artículo se presentan algoritmos eficientes, basados en la teoría de los grafos, para obtener las subredes separadas, revisar para nodos desconectados de las fuentes, y determinar la contribución de las fuentes sobre el consumo en los nodos. Los algoritmos descritos están implementados en el Sistema de Cómputo de Análisis y Diseño (SCADRED) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, con facilidades gráficas que permiten, entre otras facilidades, visualizar la contribución de las fuentes sobre el consumo en los nodos, y definir con esto sus áreas de influencia, algo que es de suma importancia en los proyectos de sectorización.

REFERENCIAS

- Doe, S. R.; Duncan, G.** (2003), "Water Informatics: State of the arts in the integration of water supply and geographic information systems", Environmental Informatics Archives, Volume 1 (2003), 524-531.
- Todini, E.; Pilati, S.** (1987), "A gradient method for the analysis of pipe networks." International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution, Leicester Polytechnic, United Kingdom, September 1987.
- Tzatchkov, V.; Arreguín Cortés, F.I.** (1994), "Calidad del agua en redes de distribución de agua potable con flujo permanente", XVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Santiago, Chile, 7 a 11 de noviembre de 1994, p. 373-384.
- Tzatchkov, V.; Arreguín Cortés, F.I.** (1996), "Modelo de calidad del agua en redes de distribución con flujo permanente", Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XI, núm. 1, enero-abril de 1996, p. 61-70.
- Tzatchkov, V.; Izurieta Dávila, J.L.** (1996). "Sistema de cómputo para el análisis y diseño óptimo de redes de distribución de agua potable", Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XI, núm. 2, enero-abril de 1996, México, p. 55-63.
- Tzatchkov, V.; Noda Rojas, L.A.** (2002), "Modelación numérica de fugas y consumo en redes de agua potable", XVII Congreso Nacional de Hidráulica, Monterrey, México, noviembre 2002, p. 327-332.

Contraste de predicciones de precipitación diaria con resultados regionales en la zona huasteca de San Luis Potosí

Daniel Francisco Campos Aranda

Profesor Jubilado de la UASLP.

RESUMEN

Inicialmente se destaca la importancia de las predicciones de lluvia máxima diaria como base para la estimación de las crecientes de diseño, cuando no existe información hidrométrica ni pluviográfica. Además, se citan las ventajas de los métodos regionales ante los valores dispersos en los datos y se formula el objetivo básico del trabajo. En seguida se exponen las predicciones regionales en las 34 estaciones pluviométricas procesadas. Posteriormente se aplican tres modelos probabilísticos a los registros pluviométricos, éstos son: las distribuciones Log–Pearson tipo III, la General de Valores Extremos y la tipo exponencial de raíz cuadrada (TERC). Para esta última, se expone con detalle su procedimiento de ajuste, por ser poco conocida en México. Por último, se contrastan de manera cualitativa y cuantitativamente los resultados regionales con los obtenidos con los modelos locales y se formulan las conclusiones, las cuales no permiten recomendar una opción confiable.

Palabras clave: Métodos regionales, precipitación diaria máxima anual, distribuciones Log–Pearson tipo III, General de Valores Extremos y Tipo Exponencial de Raíz Cuadrada.

INTRODUCCIÓN

La estimación de las avenidas o crecientes de diseño es la parte fundamental del estudio hidrológico de todo tipo de embalses y obras en ríos, como son los puentes, las rectificaciones, los encauzamientos y los diques de protección de zonas urbanas y agrícolas. Generalmente, tales estimaciones se realizan mediante el análisis probabilístico de las crecientes anuales observadas en el sitio de interés o cerca de éste. Cuando no existe información hidrométrica, el estudio hidrológico se

basa en los registros pluviográficos para obtener las características de las tormentas de la zona y llegar a construir tormentas de diseño, las cuales se transforman en gastos máximos mediante una relación lluvia–escurrimiento, por ejemplo el hidrograma unitario. Sin embargo, es frecuente que no existan pluviógrafos cercanos y entonces, el análisis probabilístico de la precipitación diaria máxima anual (PDMA) es el punto de partida en la estimación de una tormenta de diseño.

El enfoque básico en tal análisis consiste en ajustar un modelo probabilístico o función de distribución de probabilidades a los valores máximos anuales o muestra disponible y entonces, con base en ésta, realizar las predicciones requeridas o valores asociados a bajas probabilidades de excedencia, cuyo recíproco es el periodos de retorno.

Por otra parte, actualmente se reconoce que incluso un ajuste probabilístico satisfactorio a un sólo registro de crecientes o de lluvias

máximas no garantiza estimaciones confiables en los periodos de retorno superiores a 100 años, sino que son necesarios más datos para tratar de alcanzar una buena reproducción de la cola extrema de la distribución (Buishand, 1991). Generalmente, la dificultad para modelar la cola derecha de la distribución aparece cuando se presentan valores dispersos o outliers, es decir, datos que se apartan notoriamente de la tendencia de los restantes, cuando todos han sido dibujados en un papel de probabilidad y por ello, se han interpretado como pertenecientes a otra población (Kottogoda, 1984). Esta necesidad de más datos, frecuentemente se satisface usando los registros disponibles en la zona o región, lo cual constituye el enfoque de los métodos regionales, que toman ventaja del hecho de que ciertos parámetros de una distribución no varían mucho a través de un área específica o región (Buishand, 1991).

En un estudio previo (Campos, 2008), se procesaron conjuntamente los 34 registros de más de 30 años de PDMA, disponibles en la zona huasteca del estado de San Luis Potosí, con base en el ajuste regional de la distribución General de Valores Extremos (GVE), según cuatro procedimientos aplicables. Los resultados de uno de ellos, considerado el representativo, se exponen y

con respecto a ellos se contrastan las predicciones locales de tres modelos probabilísticos utilizados actualmente para procesar registros de PDMA, éstos son: las distribuciones Log–Pearson tipo III, la GVE y la denominada Tipo Exponencial de Raíz Cuadrada (TERC). El contraste citado y las conclusiones que de éste se derivan constituyen el objetivo fundamental de presente trabajo.

DESARROLLO RESULTADOS REGIONALES

Las predicciones estandarizadas con la media, obtenidas a través del ajuste regional de la distribución GVE, mediante el método de los momentos de probabilidad pesada ponderados, fueron consideradas las representativas de los cuatro métodos regionales aplicados (Campos, 2008), éstas son:

<i>Periodos de retorno en años</i>								
2	5	10	25	50	100	500	1,000	10,000
0.891	1.264	1.553	1.974	2.333	2.733	3.856	4.440	6.943

Entonces, al multiplicar las magnitudes anteriores por la media aritmética (x) de cada registro de PDMA, se obtienen las primeras predicciones expuestas en la Tabla 1, para cada una de las 34 estaciones pluviométricas procesadas.

INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA UTILIZADA

Corresponde a la disponible sobre PDMA (mm) en el sistema ERIC II (IMTA, 2000), para las estaciones pluviométricas de la zona huasteca o porción húmeda del estado de San Luis Potosí que pertenece a la Región Hidrológica No. 26 (Pánuco), con más de 30 años de datos; con tal restricción se obtienen los 34 registros citados en la Tabla 1, cuya localización geográfica se muestra en la Figura 1. Las características generales y estadísticas de estas 34 series de datos se pueden consultar en Campos (2008).

AJUSTES PROBABILÍSTICOS LOCALES

Las distribuciones que fueron ajustadas a los 34 registros de PDMA de la zona huasteca, corresponden a las recomendadas actualmente para este tipo de datos (Stedinger *et al.*, 1993), es decir, los modelos Log– Pearson tipo III (LP3) y GVE, además de una función desarrollada *ex profeso* para estas variables climáticas hacia finales de los años ochenta (Etoh *et al.*, 1987), el modelo TERC. La distribución LP3 será ajustada con base en el método de momentos, aplicado en los dominios logarítmico y real (WRC, 1977; Bobée y Ashkar, 1991); en cambio el modelo GVE se ajustará utilizando cuatro métodos (Campos, 2001): momentos, sextiles, máxima verosimilitud y momentos L. Debido a que la distribución TERC es poco conocida en nuestro país, en el Anexo 1 se exponen brevemente su método de ajuste y el cálculo de su error estándar de ajuste (EEA).

La selección del mejor ajuste en los modelos LP3 y GVE se realizó con base en el valor mínimo del EEA, definido como (Kite, 1977):

$$EEA = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{n - np}} \quad (1)$$

en donde, n es el número de datos del registro, x_i son las PDMA ordenadas de menor a mayor, \hat{x}_i son las precipitaciones máximas estimadas con el modelo probabilístico que se prueba, para una probabilidad de no excedencia definida con la fórmula Weibull (Benson, 1962):

$$P(X \leq x) = F(x) = \frac{m}{n+1} \quad (2)$$

en la cual m es el número de orden del dato, con 1

para el menor y n para el mayor. Finalmente, np es el número de parámetros de ajuste: $np = 3$ para los modelos LP3 y GVE y $np = 2$ para la distribución TERC.

En la Tabla 1 se han concentrado los resultados o predicciones de los modelos LP3, GVE y TERC, en las 34 estaciones pluviométricas procesadas, indicando además, para las dos primeras distribuciones, el valor mínimo del EEA obtenido, así como su método de ajuste y para la tercera los valores calculados de sus parámetros de ajuste k y α .

RESULTADOS DEL CONTRASTE DE PREDICCIONES

En la columna final de la Tabla 1 se presentan los resultados de una comparación cualitativa entre las predicciones regionales y las de cada una de las tres distribuciones de probabilidad utilizadas, considerando fundamentalmente las predicciones de periodos de retorno mayores a 100 años y en especial la de 10,000 años. Los resultados de este contraste están asociados a la presencia de valores dispersos, efecto que es tomado en cuenta en el coeficiente de asimetría insesgado (C_s) del registro, de la manera siguiente:

- (1) Cuando el $C_s \geq 1.750$ los modelos LP3 y GVE en general sobreestiman las predicciones, los casos extremos se presentan en las estaciones: Altamira, El Tigre, Requetemu, San Antonio de los Guayabos y Santa Cruz. Situaciones menos severas ocurren en las estaciones: Ballestermi, Damián Carmona y Moritas.
- (2) En general cuando el $C_s < 1.750$ los modelos LP3 y GVE subestiman las predicciones, de manera que entre más bajo es el C_s las diferencias son mayores, por ejemplo en las es-

taciones: Aquismón, Ejido Abritas, El Coco, El Naranjo, Maitinez, Micos, Papagayos, San Dieguito, San Martín Chalchicuautla, Tamapatz, Velazco y Xilitla.

- (3) De manera sistemática la distribución TERC conduce a subestimaciones, pero también es la que reproduce mejor las predicciones en el mayor número de estaciones, éstas son: Requetemu, San Antonio de los Guayabos, Tanlacut y Tantzabaca. Estas estaciones son las únicas donde el modelo TERC conduce a sobreestimaciones (ver Tabla 2).

Finalmente, en la Tabla 2 se presenta el contraste *cuantitativo*, realizado con base en las diferencias entre las predicciones de cada modelo y la regional, exclusivamente en los cuatro últimos periodos de retorno. Al final de la Tabla 2 se indican las diferencias máximas negativas y las positivas, las primeras corresponden a las subestimaciones y las segundas a las sobreestimaciones de los modelos contrastados. También se indica el error relativo (ER) en porcentaje definido como:

$$ER = \frac{(P_L - P_R)}{P_R} 100 \quad (3)$$

en donde, P_L es la predicción local y P_R es la regional. En el último

renglón de la Tabla 2 se observa que la distribución TERC conduce a los errores relativos más bajos, sobre todo en las sobreestimaciones.

CONCLUSIONES

Actualmente se considera que las predicciones de los métodos regionales son más confiables y estables dentro de la región analizada. Estos procedimientos presentan el inconveniente de tener que recabar y procesar todos los registros disponibles en la zona o región estudiada. Además, algunas veces no son tan claras las similitudes estadísticas entre los registros, o no es tan evidente la definición geográfica de la región.

Para el contraste realizado y expuesto en la zona huasteca de San Luis Potosí, para la PDMA, entre las predicciones regionales y las de los modelos LP3, GVE y TERC aplicadas localmente, no es posible recomendar los resultados de alguno de ellos como opción confiable, pues en general no son sistemáticos y cuando lo son, caso del modelo TERC, corresponden a subestimaciones.

ANEXO 1:

Procedimiento de ajuste de la distribución TERC

Desarrollada por Etoh et al. (1987) para las lluvias diarias máximas anuales, fue designada SQRT-ET-max como abreviatura de “square-root exponential type distribution of the maximum” y por ello se denomina distribución tipo exponencial de raíz cuadrada (TERC), ésta es:

$$F(x) = \exp [-k (1 + \sqrt{\alpha \cdot x}) \exp (-\sqrt{\alpha \cdot x})] \quad (4)$$

en la cual, $F(x)$ es la probabilidad de no excedencia asociada a la variable x , k es el parámetro de frecuencia y α el de escala. En este modelo el argumento negativo de la segunda exponencial, el cual está expresado en términos de la raíz cuadrada de la variable x , origina una cola derecha mucho más robusta para la distribución, que por ejemplo el modelo Gumbel, cuyo argumento es lineal. Nanía y Gómez (2004) indican que la distribución TERC ha sido establecida en España como un modelo de referencia, de manera que tanto el Ministerio de Fomento (2001) como el del Medio Ambiente la exigen en sus proyectos, debi-

do básicamente a su origen específico para la modelación probabilística de lluvias diarias máximas.

Para la estimación de los parámetros de ajuste (k, α) de la distribución TERC, se ha utilizado el método de las regresiones polinomiales del logaritmo natural del C_v y k , desarrollado por Zorraquino (2004) y aplicado por Nanía y Gómez (2004), el cual comienza por evaluar el coeficiente de variación (C_v), como el cociente entre la desviación estándar insesgada y la media; con base en tal valor se selecciona uno de los tres intervalos siguientes: 0.190 a 0.30, 0.30 a 0.70 y 0.70 a 0.999. El parámetro de frecuencia se estima con la fórmula siguiente:

$$k = \exp \left\{ \sum_{i=0}^6 a_i [\ln(C_v)]^i \right\} \tag{5}$$

en el cual los coeficientes a_i están definidos en la tabulación siguiente:

0.190 ≤ C _v ≤ 0.30				0.30 ≤ C _v ≤ 0.70				0.70 ≤ C _v ≤ 0.999			
a_0	-3,978.19	b_0	-0.93151	a_0	1.801513	b_0	2.342697	a_0	1.318615	b_0	2.307319
a_1	-18,497.5	b_1	2.156709	a_1	2.473761	b_1	-0.14978	a_1	-3.16463	b_1	-0.13667
a_2	-35,681.4	b_2	-0.77977	a_2	23.55620	b_2	-0.09931	a_2	-1.59552	b_2	-0.07504
a_3	-36,581.5	b_3	0.112962	a_3	49.95727	b_3	0.003444	a_3	-6.26911	b_3	-0.01346
a_4	-21,017.8	b_4	-0.00934	a_4	59.77564	b_4	0.001014	a_4	-11.3177	b_4	0.003228
a_5	-6,471.12	b_5	0.000412	a_5	35.69688	b_5	-0.00014	a_5	-22.6976	b_5	0.000521
a_6	-813.381	b_6	-7.5•10 ⁻⁶	a_6	8.505713	b_6	5.49•10 ⁻⁶	a_6	-22.0663	b_6	-0.00014

Como este método en realidad se basa en el de momentos (Zorraquino, 2004), entonces el parámetro de escala se calcula con la expresión siguiente:

$$\alpha = \frac{k}{1 - e^{-k}} \frac{I_1}{2\bar{x}} \tag{6}$$

donde la integral I_1 se estima con la fórmula polinomial:

$$I_1 = \exp \left\{ \sum_{i=0}^6 b_i [\ln(k)]^i \right\} \tag{7}$$

en la cual los coeficientes b_i están definidos en la tabulación anterior. Este método denominado de las regresiones polinomiales, definido por las ecuaciones 5, 6 y 7, es bastante sencillo, rápido y sobretodo consistente, en comparación con el propuesto por Etoh *et al.* (1987) que se basa en la función de máxima verosimilitud.

Como la distribución TERC (ecuación 4), no tiene solución inversa, es decir que no se puede estimar directamente el valor de x asociado a una determinada

probabilidad de no excedencia $F(x)$, entonces para el cálculo del EEA se utilizó el procedimiento de bisección sugerido por Campos (1989). Para ello se proponen valores iniciales inferior ($x_i = 0.0001 \cdot x_j$) y superior ($x_s = 10 \cdot x_j$), se obtiene su media aritmética (x_j) y con tal magnitud se estima la $F(x_j)$ con la ecuación 4, se compara este último valor con el de la ecuación 2 relativo al x_i y si su diferencia absoluta no es menor que 0.00001, que es la tolerancia aceptada, se sigue el método de bisección.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al profesor Juan Antonio Araiza Rodríguez (jaraiza@uaslp.mx) de la Facultad de Ingeniería de la UASLP, el haber proporcionado la información procesada de PDMA.

REFERENCIAS

- Benson, M. A.** (1962). *Plotting positions and economics of engineering planning*. Journal of Hydraulics Division, Vol. 88, HY6, pp. 57–71.
- Bobée, B. & 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. 203 p.
- Buishand, T. A.** (1991). *Extreme rainfall estimation by combining data from several sites*. Journal of Hydrological Sciences, Vol. 36, No. 4–8, pp. 345–365.
- Campos A., D. F.** (1989). *Estimación de los parámetros óptimos de la distribución Gumbel Mixta por medio del algoritmo de Rosenbrock*. Ingeniería Hidráulica en México, Vol. IV, número 1, páginas 9–18.
- Campos A., D. F.** (2001). *Contraste de cinco métodos de ajuste de la distribución GVE en 31 registros históricos de eventos máximos anuales*. Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XVI, número 2, páginas 77–92.
- Campos A., D. F.** (2008). *Ajuste regional de la distribución GVE en 34 estaciones pluviométricas de la zona huasteca de San Luis Potosí*. Trabajo aceptado para publicación como artículo en la revista Agrociencia.
- Etoh, T., A. Murota & M. Nakanishi.** (1987). *SQRT–Exponential Type Distribution of Maximum*. Hydrologic Frequency Modeling, edited by V. P. Singh, pp. 253–264. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Holland.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.** (2000). *Eric II: Extractor Rápido de Información Climatológica 1920–1998*. SEMARNAT–IMTA. Jiutepec, Morelos.
- Kite, G. W.** (1977). *Frequency and Risk Analyses in Hydrology*. Chapter 12: Comparison of frequency distributions, pp. 156–168. Water Resources Publications. Fort Collins, Colorado, U.S.A. 224 p.
- Kottegoda, N. T.** (1984). *Investigation of outliers in annual maximum flow series*. Journal of Hydrology, Vol. 72, pp. 105–137.
- Ministerio de Fomento.** (2001). *Máximas Lluvias Diarias en la España peninsular*. Dirección General de Carreteras. Madrid, España.
- Nania, L. S. y Gómez V., M.** (2004). *Ingeniería Hidrológica*. Capítulo 7: Estadística Hidrológica, páginas 205–232. Grupo Editorial Universitario. Granada, España. 278 páginas.
- Stedinger, J. R., R. M. Vogel & E. Foufoula–Georgiou.** (1993). Chapter 18, theme 18.8: *Frequency analysis of storm rainfall*, pp. 18.48–18.53 in the Handbook of Hydrology, editor in chief David R. Maidment. McGraw-Hill, Inc. New York, U.S.A.
- Water Resources Council.** (1977). *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency*. Bulletin # 17 A of the Hydrology Committee of the WRC. Washington, D. C., U.S.A. Revised edition.
- Zorraquino J., C.** (2004). *El modelo SQRT–ETMAX*. Revista de Obras Públicas, No. 3447, septiembre, páginas 33–37. Madrid, España.

Figura 1

Localización de las 34 estaciones pluviométricas procesadas de la zona Huasteca de San Luis Potosí (los números corresponden a las Tablas 1 ó 2).

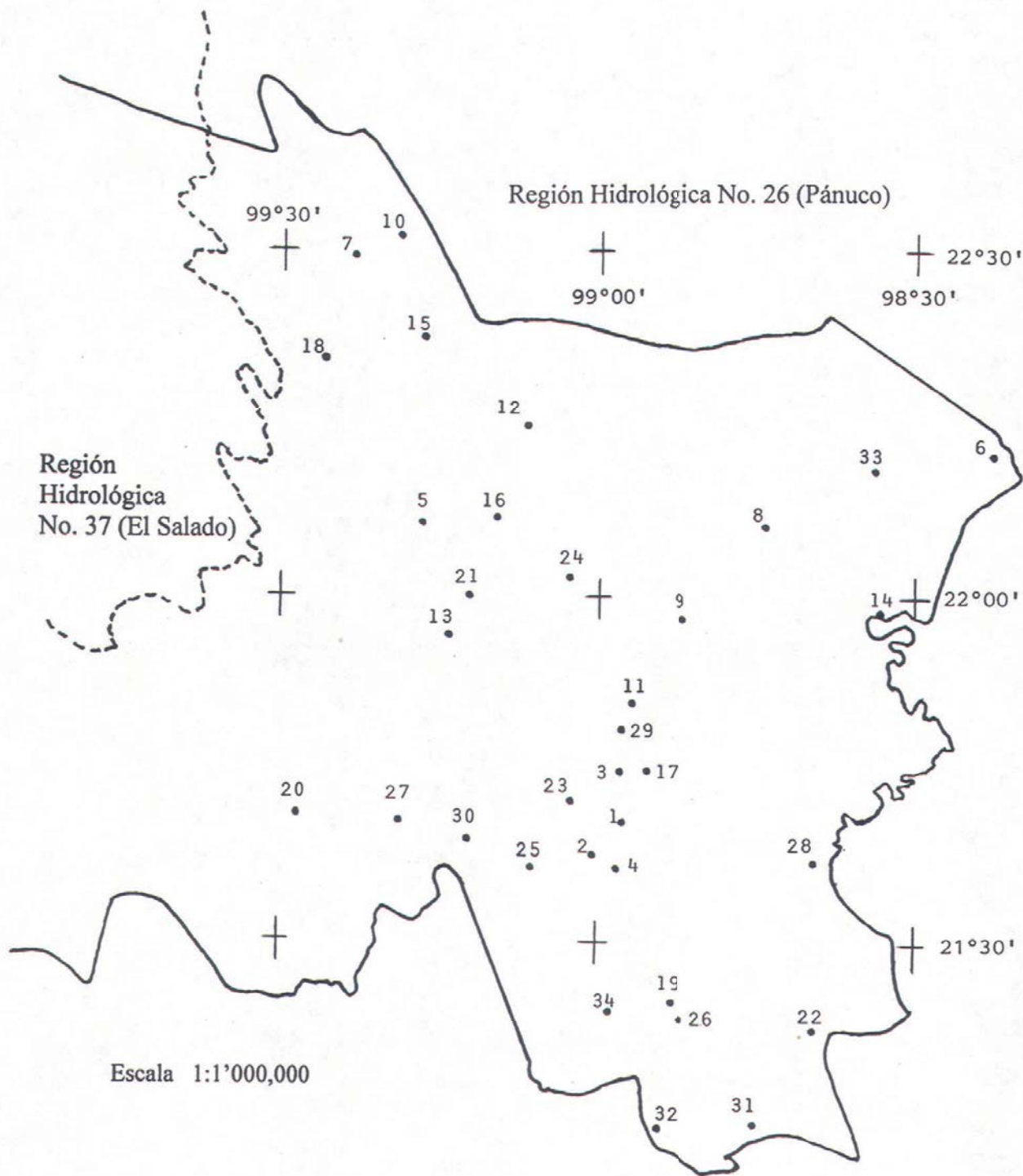


Tabla 1

Predicciones en milímetros en las 34 estaciones pluviométricas de la zona huasteca del estado de San Luis Potosí, con base en los métodos indicados

No.	Estación Método probabilístico	EEA1 (mm)	Periodos de retorno en años								CC ⁶	
			2	5	10	25	50	100	500	1 000		10 000
1	Altamira ($\bar{X} = 143.4278$ mm. $C_s = 2.405$)											
	GVE por MPP ² pond.	–	128	181	223	283	335	392	553	637	996	–
	LP3 (dl) ³	17.3	124	171	213	282	346	424	676	827	1614	>>
	GVE (mL) ⁴	18.6	125	169	208	276	342	425	713	894	1916	>>
	TERC (84.442–0.3663) ⁵	20.6	129	181	221	275	319	365	484	539	744	<
2	Aquismón ($\bar{X} = 179.0541$ mm. $C_s = 0.826$)											
	GVE por MPP pond.	–	160	226	278	353	418	489	690	795	1243	–
	LP3 (dl)	11.5	165	229	273	331	376	422	535	587	776	<<
	GVE (mL)	11.2	166	230	274	332	376	421	530	579	752	<<
	TERC (168.425–0.3602)	15.3	163	221	264	323	371	421	548	608	825	<<
3	Ballesmi ($\bar{X} = 140.6297$ mm. $C_s = 1.788$)											
	GVE por MPP pond.	–	125	178	218	278	328	384	542	624	976	–
	LP3 (dl)	14.0	124	175	216	278	331	392	566	659	1074	>
	GVE (mL)	14.4	124	173	214	277	334	400	604	719	1268	>
	TERC (82.632–0.3711)	15.7	126	178	217	270	313	359	476	531	733	<
4	Ciudad Santos ($\bar{X} = 175.0706$ mm. $C_s = 1.099$)											
	GVE por MPP pond.	–	156	221	272	346	408	478	675	777	1216	–
	LP3 (dl)	15.7	158	226	275	341	394	450	593	662	925	<
	GVE (mL)	15.9	158	225	274	342	398	458	616	694	1001	<
	TERC (94.770–0.3110)	17.9	157	220	267	332	384	440	580	646	889	<<
5	Damián Carmona ($\bar{X} = 132.8379$ mm. $C_s = 1.916$)											
	GVE por MPP pond.	–	118	168	206	262	310	363	512	590	922	–
	LP3 (dl)	11.1	117	159	195	250	299	358	535	635	1118	>
	GVE (mv)	10.8	118	158	193	251	307	375	602	740	1480	>>
	TERC (157.233–0.4761)	13.8	121	164	197	241	277	315	410	455	619	<
6	Ebano ($\bar{X} = 86.6243$ mm. $C_s = 1.132$)											
	GVE por MPP pond.	–	77	109	135	171	202	237	334	385	601	–
	LP3 (dl)	5.9	79	108	130	160	185	212	283	318	458	<
	GVE (mL)	5.9	79	108	130	161	187	215	292	330	486	<
	TERC (187.606–0.7674)	7.0	79	107	127	155	178	201	262	290	393	<<
7	Ejido Abritas ($\bar{X} = 139.9189$ mm. $C_s = 0.810$)											
	GVE por MPP pond.	–	125	177	217	276	326	382	540	621	971	–
	LP3 (dl)	7.0	131	177	208	248	278	308	380	412	527	<<
	GVE (mv)	7.6	130	176	206	246	277	308	382	416	531	<<
	TERC (276.590–0.5282)	10.3	128	170	201	243	277	313	403	445	598	<<
8	El Coco ($\bar{X} = 88.3333$ mm. $C_s = 0.773$)											
	GVE por MPP pond.	–	79	112	137	174	206	241	341	392	613	–
	LP3(dl)	8.0	83	113	132	156	173	191	230	247	304	<<
	GVE (mL)	8.1	84	114	134	159	178	197	241	260	324	<<
	TERC(234.117–0.7999)	9.6	80	108	128	156	178	201	259	287	387	<<
9	El Choy ($\bar{X} = 128.2969$ mm. $C_s = 1.542$)											
	GVE por MPP pond.	–	114	162	199	253	299	351	495	570	891	–
	LP3 (dl)	13.8	112	168	210	271	322	377	529	605	919	≈
	GVE (mv)	13.8	112	166	208	271	326	389	571	668	1104	>>
	TERC (44.466–0.3316)	15.5	113	166	206	262	308	356	480	539	756	<

Tabla 1 (continuación)
 Predicciones en milímetros en las 34 estaciones pluviométricas de la zona huasteca del estado de San Luis Potosí, con base en los métodos indicados

No.	Estación Método probabilístico	EEA1 (mm)	Periodos de retorno en años								CC ⁶	
			2	5	10	25	50	100	500	1 000		10 000
10 El Naranjo ($\bar{X} = 119.2975$ mm. $C_s = 1.386$)												
	GVE por MPP pond.	–	106	151	185	235	278	326	460	530	828	–
	LP3 (dl)	10.5	108	156	191	237	273	311	405	449	612	<<
	GVE (mL)	9.9	107	154	190	240	281	327	449	510	757	<
	TERC (64.618–0.4044)	11.2	106	152	187	235	273	314	419	469	651	<
11 El Pujal ($\bar{X} = 132.2275$ mm. $C_s = 1.526$)												
	GVE por MPP pond.	–	118	167	205	261	308	361	510	587	918	–
	LP3 (dl)	11.3	118	171	211	266	311	360	490	553	807	<<
	GVE (mL)	10.9	117	168	208	268	319	377	543	630	1015	>
	TERC (62.787–0.3614)	12.4	118	169	207	261	304	350	467	522	726	<<
12 El Tigre ($\bar{X} = 104.4054$ mm. $C_s = 2.554$)												
	GVE por MPP pond.	–	93	132	162	206	244	285	403	464	725	–
	LP3 (dl)	15.6	88	129	165	222	276	341	546	667	1281	>>
	GVE (mv)	15.7	89	128	163	221	277	347	582	727	1521	>>
	TERC (37.129–0.3823)	17.7	92	136	170	218	257	298	404	454	640	<
13 Gallinas ($\bar{X} = 162.4892$ mm. $C_s = 1.622$)												
	GVE por MPP pond.	–	145	205	252	321	379	444	627	721	1128	–
	LP3 (dl)	16.9	144	212	263	335	394	458	626	710	1041	<
	GVE (mL)	16.1	141	206	259	339	410	492	737	872	1499	>>
	TERC (47.722–0.2683)	18.0	144	210	260	330	386	447	601	674	943	<
14 Las Adjuntas ($\bar{X} = 93.1695$ mm. $C_s = 1.737$)												
	GVE por MPP pond.	–	83	118	145	184	217	255	359	414	647	–
	LP3 (dl)	9.2	84	118	143	178	206	237	320	361	525	<
	GVE (mL)	8.9	83	116	141	179	211	247	349	403	637	≈
	TERC (105.110–0.6031)	9.7	84	117	141	175	202	231	304	339	465	<<
15 Maitinez ($\bar{X} = 106.6543$ mm. $C_s = 0.297$)												
	GVE por MPP pond.	–	95	135	166	211	249	291	411	474	741	–
	LP3 (dr)	6.8	103	139	161	185	201	215	246	257	291	<<
	GVE (mL)	6.0	103	141	162	186	201	215	242	251	277	<<
	TERC (192.874–0.6281)	11.1	97	131	156	191	218	247	321	355	481	<<
16 Micos ($\bar{X} = 135.2730$ mm. $C_s = 1.183$)												
	GVE por MPP pond.	–	121	171	210	267	316	370	522	601	939	–
	LP3 (dl)	10.6	123	180	220	271	310	349	442	484	631	<<
	GVE (mL)	10.1	123	180	220	273	315	359	467	518	703	<<
	TERC (58.942–0.3460)	12.4	120	173	213	269	313	361	483	540	752	<<
17 Moritas ($\bar{X} = 141.2455$ mm. $C_s = 1.905$)												
	GVE por MPP pond.	–	126	179	219	279	330	386	545	627	981	–
	LP3(dr)	20.8	126	188	233	294	341	391	515	574	790	<
	GVE (mL)	19.0	121	175	221	296	367	452	728	892	1737	>>
	TERC (41.107–0.2930)	20.1	124	184	229	292	343	397	536	602	846	<
18 Papagayos ($\bar{X} = 99.7917$ mm. $C_s = 1.056$)												
	GVE por MPP pond.	–	89	126	155	197	233	273	385	443	693	–
	LP3 (dl)	4.4	94	121	140	166	186	207	259	285	379	<<
	GVE (mL)	4.2	94	121	141	166	186	207	259	283	371	<<
	TERC (914.288–0.9984)	6.6	91	117	135	160	180	200	252	276	363	<<

Tabla 1 (continuación)
 Predicciones en milímetros en las 34 estaciones pluviométricas de la zona huasteca del estado de San Luis Potosí, con base en los métodos indicados

No.	Estación Método probabilístico	EEA1 (mm)	Periodos de retorno en años								CC ⁶	
			2	5	10	25	50	100	500	1 000		10 000
19 Requetemu ($\bar{X} = 173.8400$ mm. $C_s = 3.287$)												
	GVE por MPP pond.	–	155	220	270	343	406	475	670	772	1207	–
	LP3 (dl)	36.5	143	210	273	380	485	617	1076	1365	3023	>>
	GVE (mv)	38.2	146	211	271	372	471	597	1034	1311	2889	>>
	TERC (23.544–0.1934)	41.5	150	232	295	384	457	535	736	832	1187	≈
20 San Antonio de los Guayabos ($\bar{X} = 105.8857$ mm. $C_s = 1.750$)												
	GVE por MPP pond.	–	94	134	164	209	247	289	408	470	735	–
	LP3 (dl)	13.7	87	139	183	252	315	390	617	744	1352	>>
	GVE (mv)	14.7	87	136	179	249	315	396	661	820	1660	>>
	TERC (19.930–0.2970)	16.2	90	143	183	240	286	336	465	526	755	≈
21 San Dieguito ($\bar{X} = 124.2222$ mm. $C_s = 1.212$)												
	GVE por MPP pond.	–	111	157	193	245	290	339	479	552	862	–
	LP3 (dr)	10.2	117	155	180	212	235	258	312	336	419	<<
	GVE (mL)	10.0	117	155	180	213	238	263	324	351	444	<<
	TERC (394.324–0.6527)	10.9	114	149	175	210	239	268	343	378	504	<<
22 San Martín Chalchicuatla ($\bar{X} = 128.5714$ mm. $C_s = 0.833$)												
	GVE por MPP pond.	–	115	163	200	254	300	351	496	571	893	–
	LP3 (dr)	10.0	121	166	194	228	252	276	329	352	429	<<
	GVE (mv)	10.1	123	167	194	225	246	266	307	323	368	<<
	TERC (194.830–0.5225)	11.9	117	158	188	230	263	298	386	428	579	<<
23 Santa Cruz ($\bar{X} = 155.7324$ mm. $C_s = 2.228$)												
	GVE por MPP pond.	–	139	197	242	307	363	426	601	691	1081	–
	LP3 (dl)	18.2	135	189	236	310	377	456	704	845	1543	>>
	GVE (mL)	19.2	136	188	233	305	372	454	715	869	1659	>>
	TERC (74.823–0.3248)	21.0	139	198	241	302	351	403	535	597	826	<<
24 Santa Rosa ($\bar{X} = 126.8639$ mm. $C_s = 1.380$)												
	GVE por MPP pond.	–	113	160	197	250	296	347	489	563	881	–
	LP3 (dl)	13.1	111	161	201	261	312	370	535	622	1005	>
	GVE (mv)	13.5	110	159	200	263	321	389	599	718	1300	>>
	TERC (63.913–0.3789)	14.3	113	162	199	250	291	335	447	499	694	<
25 Tamapatz ($\bar{X} = 201.8909$ mm. $C_s = 0.508$)												
	GVE por MPP pond.	–	180	255	314	399	471	552	778	896	1402	–
	LP3 (dr)	15.8	194	258	298	343	375	404	468	494	573	<<
	GVE (mL)	15.6	191	259	301	352	388	423	497	527	619	<<
	TERC (296.401–0.3728)	22.0	184	245	289	349	397	448	576	636	853	<<
26 Tancuilín ($\bar{X} = 178.0695$ mm. $C_s = 1.257$)												
	GVE por MPP pond.	–	159	225	277	352	415	487	687	791	1236	–
	LP3 (dl)	19.1	153	230	294	388	471	565	837	982	1627	>
	GVE (mL)	19.9	153	230	291	384	466	561	841	993	1696	>
	TERC (41.464–0.2331)	21.1	157	232	288	367	431	500	675	758	1065	<
27 Tanlacut ($\bar{X} = 167.5606$ mm. $C_s = 1.524$)												
	GVE por MPP pond.	–	149	212	260	331	391	458	646	744	1163	–
	LP3 (dl)	18.5	140	219	285	389	482	590	916	1098	1944	>>
	GVE (mv)	19.8	134	214	297	451	619	849	1774	2441	7069	>>
	TERC (26.071–0.2088)	22.0	145	223	282	365	434	507	695	784	1115	≈

Tabla 1 (continuación)
Predicciones en milímetros en las 34 estaciones pluviométricas de la zona huasteca del estado de San Luis Potosí, con base en los métodos indicados

No.	Estación Método probabilístico	EEA1 (mm)	Periodos de retorno en años								CC ⁶	
			2	5	10	25	50	100	500	1 000		10 000
28 Tanquián (\bar{X} = 101.6973 mm. Cs = 2.020)												
	GVE por MPP pond.	–	91	129	158	201	237	278	392	452	706	–
	LP3 (dl)	13.0	92	129	157	194	224	256	339	379	535	<<
	GVE (mL)	12.8	92	128	155	194	226	262	360	410	615	<
	TERC (88.789–0.5247)	12.7	91	128	156	194	225	257	340	379	523	<<
29 Tantizohuiche (\bar{X} = 123.7429 mm. Cs = 1.831)												
	GVE por MPP pond.	–	110	156	192	244	289	338	477	549	859	–
	LP3 (dr)	15.7	113	161	195	239	274	310	400	442	596	<<
	GVE mL)	14.8	110	154	189	240	285	336	484	564	918	>
	TERC (82.667–0.4218)	15.3	111	157	191	238	276	316	419	467	644	<<
30 Tanzabaca (\bar{X} = 181.3946 mm. Cs = 1.239)												
	GVE por MPP pond.	–	162	229	282	358	423	496	699	805	1259	–
	LP3 (dl)	24.9	149	244	323	444	550	673	1032	1225	2090	>>
	GVE (mL)	25.7	151	243	318	432	533	649	995	1185	2064	>>
	TERC (19.575–0.1721)	26.9	155	245	314	412	492	578	800	905	1300	≈
31 Temamatla (\bar{X} = 160.4081 mm. Cs = 1.489)												
	GVE por MPP pond.	–	143	203	249	317	374	438	619	712	1114	–
	LP3 (dl)	16.8	140	203	255	332	400	477	699	818	1352	>
	GVE (sx)	17.6	139	202	252	330	399	479	719	852	1473	>>
	TERC (57.516–0.2895)	18.6	143	206	253	319	373	430	575	643	896	<<
32 Tierra Blanca (\bar{X} = 151.7432 mm. Cs = 1.525)												
	GVE por MPP pond.	–	135	192	236	300	354	415	585	674	1054	–
	LP3 (dl)	13.3	134	195	242	310	368	430	603	691	1058	≈
	GVE (mL)	13.6	134	194	241	310	369	436	627	727	1168	>
	TERC (58.821–0.3083)	15.3	135	195	239	301	352	405	542	606	844	<<
33 Velasco (\bar{X} = 78.6121 mm. Cs = 1.372)												
	GVE por MPP pond.	–	70	99	122	155	183	215	303	349	546	–
	LP3 (dl)	7.8	72	101	122	150	172	195	252	279	379	<<
	GVE (mL)	7.8	72	101	121	150	173	197	260	290	406	<<
	TERC (101.954–0.7082)	8.2	71	99	119	148	171	196	258	287	394	<
34 Xilitla (\bar{X} = 196.8529 mm. Cs = 1.314)												
	GVE por MPP pond.	–	175	249	306	389	459	538	759	874	1367	–
	LP3 (dl)	13.4	181	243	288	350	399	452	589	655	915	<<
	GVE (mL)	13.5	182	244	288	349	398	449	582	646	889	<<
	TERC (291.235–0.3806)	15.7	180	239	282	341	388	438	563	621	834	<<

NOTAS:

- ¹ EEA = error estándar de ajuste.
- ² MPP = método regional de la distribución GVE ajustada por momentos de probabilidad pesada.
- ³ LP3 (dl) = distribución Log–Pearson tipo III ajustada por momentos en el dominio logarítmico.
- ³ LP3 (dr) = distribución Log–Pearson tipo III ajustada por momentos en el dominio real.
- ⁴ GVE (mL) = distribución General de Valores Extremos ajustada por momentos L.
- ⁴ GVE (mv) = distribución General de Valores Extremos ajustada por máxima verosimilitud.
- ⁴ GVE (sx) = distribución General de Valores Extremos ajustada por sextiles.
- ⁵ TERC = distribución tipo exponencial de raíz cuadrada (k–α).
- ⁶ CC = comparación cualitativa, con la simbología siguiente:
 - > las predicciones del modelo local exceden ligeramente las del método regional.
 - >> las predicciones del modelo local exceden notablemente las del método regional.
 - < las predicciones del modelo local son ligeramente menores que las del método regional.
 - << las predicciones del modelo local son notablemente menores que las del método regional.
 - ≈ las predicciones del modelo local son las más aproximadas a las del método regional.

Tabla 2

Diferencias en milímetros entre las predicciones del modelo probabilístico indicado y las regionales en las 34 estaciones pluviométricas de la zona huasteca del estado de San Luis Potosí.

Estación:	P _{10,000} regional	Residuos			P _{1,000} regional	Residuos			P ₅₀₀ regional	Residuos			P ₁₀₀ regional	Residuos		
		LP3 ¹	GVE ²	TERC ³		LP3	GVE	TERC		LP3	GVE	TERC		LP3	GVE	TERC
1. Altamira	996	618	920	-252	637	190	257	-98	553	123	160	-69	392	32	33	-27
2. Aquismón	1243	-467	-491	-418	795	-208	-216	-187	690	-155	-160	-142	489	-67	-68	-68
3. Ballesmi	976	98	292	-243	624	35	95	-93	542	24	62	-66	384	8	16	-25
4. Cd. Santos	1216	-291	-215	-327	777	-115	-83	-131	675	-82	-59	-95	478	-28	-20	-38
5. Damián Carmona	922	196	558	-303	590	45	150	-135	512	23	90	-102	363	-5	12	-48
6. Ebano	601	-143	-115	-208	385	-67	-55	-95	334	-51	-42	-72	237	-25	-22	-36
7. Ejido Abritas	971	-444	-440	-373	621	-209	-205	-176	540	-160	-158	-137	382	-74	-74	-69
8. El Coco	613	-309	-289	-226	392	-145	-132	-105	341	-111	-100	-82	241	-50	-44	-40
9. El Choy	891-28	213	-135	570	35	98	-31	495	34	76	-15	351	26	38	5	
10. El Naranjo	828	-216	-71	-177	530	-81	-20	-61	460	-55	-11	-41	326	-15	1	-12
11. El Pujal	918	-111	97	-192	587	-34	43	-65	510	-20	33	-43	361	-1	16	-11
12. El Tigre	725	556	796	-85	464	203	263	-10	403	143	179	1	285	56	62	13
13. Gallinas	1128	-87	371	-185	721	-11	151	-47	627	-1	110	-26	444	14	48	3
14. Las Adjuntas	647	-122	-10	-182	414	-53	-11	-75	359	-39	-10	-55	255	-18	-8	-24
15. Martínez	741	-450	-464	-260	474	-217	-223	-119	411	-165	-169	-90	291	-76	-76	-44
16. Micos	939	-308	-236	-187	601	-117	-83	-61	522	-80	-55	-39	370	-21	-11	-9
17. Moritas	981	-191	756	-135	627	-53	265	-25	545	-30	183	-9	386	5	66	11
18. Papagayos	693	-314	-322	-330	443	-158	-160	-167	385	-126	-126	-133	273	-66	-66	-73
19. Requetemu	1207	1816	1682	-20	772	593	539	60	670	406	364	66	475	142	122	60
20. San A. de los G.	735	617	925	20	470	274	350	56	408	209	253	57	289	101	107	47
21. San Dieguito	862	-443	-418	-358	552	-216	-201	-174	479	-167	-155	-136	339	-81	-76	-71
22. San Martín Chal.	893	-464	-525	-314	571	-219	-248	-143	496	-167	-189	-110	351	-75	-85	-53
23. Santa Cruz	1081	462	578	-255	691	154	178	-94	601	103	114	-66	426	30	28	-23
24. Santa Rosa	881	124	419	-187	563	59	155	-64	489	46	110	-42	347	23	42	-12
25. Tamapatz	1402	-829	-783	-549	896	-402	-369	-260	778	-310	-281	-202	552	-148	-129	-104
26. Tancuilín	1236	391	460	-171	791	191	202	-33	687	150	154	-12	487	78	74	13
27. Tanlacut	1163	781	5906	-48	744	354	1697	40	646	270	1128	49	458	132	391	49
28. Tanquián	706	-171	-91	-183	452	-73	-42	-73	392	-53	-32	-52	278	-22	-16	-21
29. Tantizohuiche	859	-263	59	-215	549	-107	15	-82	477	-77	7	-58	338	-28	-2	-22
30. Tanzabaca	1259	831	805	41	805	420	380	100	699	333	296	101	496	177	153	82
31. Temamatla	1114	238	359	-218	712	106	140	-69	619	80	100	-44	438	39	41	-8
32. Tierra Blanca	1054	4	114	-210	674	17	53	-68	585	18	42	-43	415	15	21	-10
33. Velazco	546	-167	-140	-152	349	-70	-59	-62	303	-51	-43	-45	215	-20	-18	-19
34. Xilitla	1367	-452	-478	-533	874	-219	-228	-253	759	-170	-177	-196	538	-86	-89	-100
Máximo negativo	-	-829	-783	-549	-	-402	-369	-260	-	-310	-281	-202	-	-148	-129	-104
Máximo positivo	-	1816	5906	41	-	593	1697	100	-	406	1128	101	-	177	391	82
ER ⁴ del máx.negativo	-	-59.1	-55.8	-39.2	-	-44.9	-41.2	-29.0	-	-39.8	-36.1	-26.0	-	-26.8	-23.4	-18.8
ER del máx.positivo	-	150.5	507.8	3.3	-	49.1	145.9	7.9	-	33.6	97.0	8.0	-	14.1	33.6	6.5

¹ distribución Log–Pearson tipo III.

² distribución General de Valores Extremos.

³ distribución Tipo Exponencial de Raíz Cuadrada.

⁴ error relativo en porcentaje.



Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C.
CONVOCATORIA
A todos los Socios y Consejos Directivos
de las Secciones Regionales de la AMH

ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA

29 de mayo de 2008

Auditorio Manuel Anaya y Sorribas
Colegio de Ingenieros Civiles de México

18:00 Horas

Me es grato hacerles una cordial invitación para que nos honren con su asistencia y al mismo tiempo solicitarles a los Consejos Directivos de cada Sección, su apoyo para que en el ámbito de su competencia regional promuevan y motiven la asistencia a este evento tan importante para la AMH. Así también y de la manera más atenta, les solicito su colaboración para que nos envíen copia del acta constitutiva actualizada del Consejo Directivo de su sección, padrón de socios vigente y resumen de informe anual 2007.

ORDEN DEL DÍA

1. Presentación del Presidium
2. Lectura del acta de asamblea general ordinaria anterior
3. Informe del Consejo Directivo Nacional
4. Informe de la Junta de Honor
5. Asuntos generales

AVISO: en caso de que el quórum de asamblea de la primera convocatoria no acredite el 50 % de los socios numerarios conforme a la representatividad, la reunión de la Asamblea, en segunda convocatoria, se realizará en el mismo lugar y fecha a las 18:30 horas.

Atentamente
Jorge Malagón Díaz
Presidente del XXVIII Consejo Directivo Nacional
de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C.



LA VERDAD NOS HARÁ LIBRES ®

**UNIVERSIDAD
IBEROAMERICANA**

CIUDAD DE MÉXICO

POSGRADOS MAESTRÍAS

División Humanidades y Comunicación

- / Estudios de Arte
- / Comunicación ●
- / Educación Humanista
- / Filosofía
- / Historia ●
- / Investigación y Desarrollo de la Educación ■
- / Letras Modernas
- / Teología y Mundo Contemporáneo

División de Ciencias, Arte y Tecnología

- / Administración de Servicios de Tecnología de Información
- / Diseño Estratégico e Innovación
- / Ingeniería con Especialidad en Administración de la Construcción
- / Ciencias en Ingeniería Química ■
- / Ingeniería de Calidad
- / Ingeniería de Sistemas Empresariales
- / Proyectos para el Desarrollo Urbano

División Estudios Sociales

- / Administración
- / Antropología Social ●
- / Derecho de los Negocios Internacionales
- / Derechos Humanos
- / Políticas Públicas
- / Desarrollo Humano
- / Orientación Psicológica
- / Sociología ●

DOCTORADOS

División de Estudios Sociales

- / Antropología Social ▲
- / Ciencias Sociales y Políticas ●
- / Investigación Psicológica

División Humanidades y Comunicación

- / Educación (Interinstitucional) ■
- / Filosofía
- / Historia ■
- / Letras Modernas

- Padrón Nacional de Posgrado (PNP)
- ▲ Padrón Nacional de Posgrado (PNP), Competente a Nivel Internacional
- Padrón Nacional de Posgrado (PNP), Alto Nive

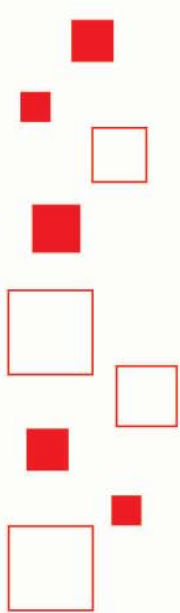
www.uia.mx

5950-4000 y 9177-4445 Exts. 7518, 7534
atencion.posgrado@uia.mx

Prol. Paseo de la Reforma 880.
Lomas de Santa Fe. C. P. 01219

Nuestros programas son evaluados por los
Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior

LA IBERO/ A soñar
también se aprende



La Asociación Mexicana de Hidráulica AMH, y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA organizan reunión sobre efectos del cambio climático y su impacto potencial en los recursos hídricos de México

La reunión se llevó a cabo el 24 enero de 2008 en el Colegio de Ingenieros Civiles de México y fue inaugurado por su presidente, el Ing. Mario Luis Salazar Zúñiga. Se caracterizó por ser un evento interdisciplinario al cual asistieron del orden de 130 personas provenientes de diversas partes del país, participando

como expositores personal de diversas dependencias federales como Semarnat, CFE, Conagua e IMTA y del sector académico como la UNAM, Universidad Veracruzana y Universidad Autónoma Chapingo.

Durante el desarrollo de la reunión los participantes analizaron

los posibles efectos del cambio climático en los recursos hidráulicos, destacando la necesidad de mejorar la calidad de la medición y registro de la información relacionada con la evolución de las variables hidrometeorológicas como la temperatura, precipitación y escurrimiento, con el fin de facilitar el monitoreo de los efectos del cambio climático. En este sentido es importante analizar la vasta información que se cuenta sobre la evolución de los huracanes, con el fin de predecir si sus trayectorias pudieran desplazarse por efectos del cambio climático y tener una mayor o menor incidencia sobre las costas mexicanas.

Se tiene la evidencia de que la temperatura del planeta está aumentando, y uno de los impactos que se prevé es que disminuirá la duración de los ciclos agrícolas y se les tendrá que suministrar la



Ceremonia de Inauguración



Debate durante el desarrollo de la Reunión

cantidad de agua que necesitan para su desarrollo en menor tiempo, lo cual implicaría adecuar la capacidad de conducción de la infraestructura hidráulica.

Polémica fue una presentación de un investigador de la UNAM, ya que de un análisis sobre la incidencia de la radiación solar sobre nuestro planeta, considerando un periodo de cientos de años, concluye que son cíclicos los fenómenos de calentamiento y congelación en la Tierra y que pudiera ser que en el mediano plazo pudiera iniciarse una tendencia hacia el enfriamiento.

En cuanto a los modelos de predicción de la evolución de los escurrimientos en diversa zonas del país, es necesario que la información se maneje a una escala que otorgue mayor precisión en la definición de las variables que los alimentan. Asimismo de acuerdo a los resultados de la aplicación de los modelos hay indicios que

en zonas de muy poca disponibilidad de agua posiblemente ésta podría incrementarse hasta en un 10% en el futuro, aunque la tendencia global es que se acentúen las sequías.

En cuanto a los efectos del incremento del nivel del mar se concluyó que es conveniente analizar con cuidado cuál es efectivamente la causa, y no solamente atribuirla al derretimiento de los glaciares por efectos del incremento de la temperatura, ya que en muchos casos se debe a los asentamientos del terreno por la actividad sísmica o a la compactación del terreno por la gran cantidad de azolves que depositan los ríos, situación que es importante considerar en el caso de las inundaciones de Tabasco donde el efecto de las mareas ha sido un factor importante.

Finalmente, se llegó a la conclusión de que es necesario contar



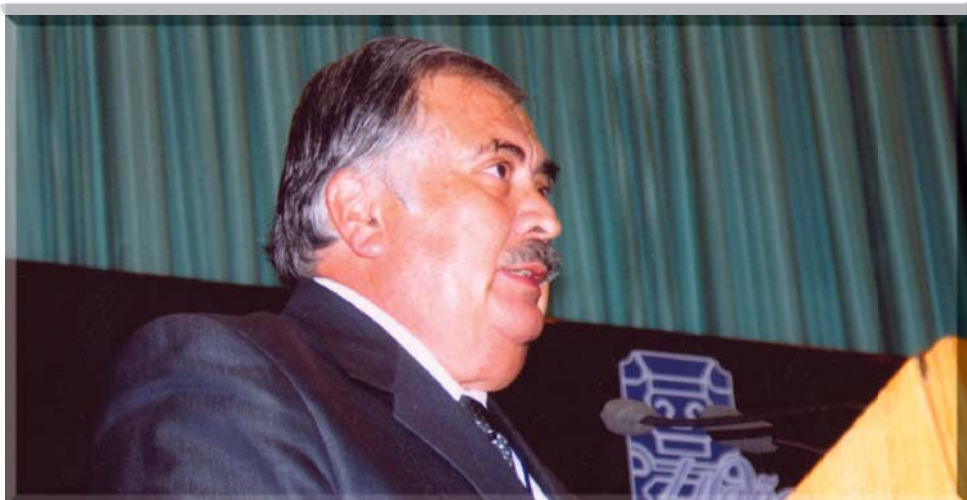
Se entregaron reconocimientos a los Ponentes.



Ceremonia de clausura

con un sistema integral de información que pudiera administrar la Semarnat, el cual contenga el resultado de todas las investigaciones y propuestas relacionadas con el efecto del cambio climático, lo cual facilitará el establecimiento de políticas públicas que permitan tomar las medidas adecuadas para enfrentar los efectos del cambio climático en nuestro país.

El evento fue clausurado por el Ing. Jorge Malagón Díaz, Presidente de la Asociación Mexicana de Hidráulica, agradeciendo el apoyo del IMTA para la organización de la reunión, destacando que se había cumplido satisfactoriamente con los objetivos y la necesidad de continuar este tipo de intercambios entre la Asociación y otras instancias nacionales e internacionales relacionadas con el sector hidráulico.



Ing. Jorge Malagón Díaz, Presidente de la AMH



Sitios WEB

Agua en las ciudades

<http://www.pigoo.gob.mx>

Sitio del programa de indicadores de gestión de organismos operadores en el país, en donde se encuentran publicadas estadísticas que miden el impacto de las políticas públicas en la gestión de organismos operadores de agua potable.

<http://www.aneas.com.mx>

Sitio de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México. Contiene la revista Agua y Saneamiento y se tiene acceso a un archivo de consultas en el que se encuentran las ligas a distintos documentos asociados al tema.

<http://tinyurl.com/526gdm>

Sección del sitio de la Conagua en donde se describen los objetivos de los programas federalizados del subsector: Programa de Asignación de Recursos derivados de Derechos de Agua (PRODDER). Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA) Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU) Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS) Agua Limpia (PAL).

<http://tinyurl.com/6q9pcz>

En esta sección se encuentra el Programa Nacional Hídrico 2007-2012 CONAGUA, documento rector sobre las políticas públicas que sobre la gestión del agua se tiene para el periodo 2007-2012 y que como objetivo principal tiene, el lograr ser una nación que cuente con agua en cantidad y calidad suficiente. En el capítulo 3: página 43, se establece a detalle el objetivo 2. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

<http://www.aguayciudad.com>

Sitio dedicado a identificar los problemas en la gestión del uso eficiente del agua en las ciudades latinoamericanas desde un punto de vista multidisciplinario y fomentar el desarrollo de recursos humanos preparados para afrontar dichos problemas.

<http://www.aderasa.org>

Sitio de la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas, integrada por: Argentina, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Chile, Nicaragua, Panamá y Perú.

http://www.liemberger.cc/diverse_uploads/WBEasyCalc.xls

Software para Balance de Agua en Excel gratuito de Liemberger. WB-EasyCalc fue desarrollado para auxiliar en la consultoría para la aplicación de la metodología de la International Water Association para pérdidas de agua. Disponible en varios idiomas.

<http://www.iwapublishing.com/>

Sitio de la editorial asociada a la International Water Association (IWA) líder en temas de agua, tiene disponibles a la venta en línea libros, memorias y revistas sobre el tema.

<http://www.iwapublishing.com/template.cfm?name=isbn1900222116>

Pérdidas de agua en redes de distribución. IWA publishing. Es un manual con las mejores prácticas que atienden el problema de pérdidas de agua en redes de distribución. Se presentan sistemas y metodologías aplicables tanto a países en desarrollo como a los más desarrollados. Tiene un precio de 187 dls y de 141 dls para miembros de la IWA (International Water Association).

http://www.banobras.gob.mx/ApoyosBanobras/Pages/agua_alcantarillado.aspx

Banobras financia la construcción, ampliación, rehabilitación y equipamiento de los sistemas y obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

<http://www.epa.gov/owm/water-efficiency/index.htm>

Sección de la agencia de protección al ambiente de estados unidos (EPA), dedicado a listar productos altamente eficientes en el uso de agua en diversas categorías.

<http://www.eng.dmu.ac.uk/wssys/index.html>

Sitio de Process Control - Water Software Systems. Creadores del software de modelado FINESSE que engloba diseño de la red, control de fugas y control de la presión.

<http://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g01-05-2007/recomendaciones.pdf>

sesenta y siete recomendaciones para ahorrar agua. Es una recopilación de recomendaciones de expertos en los distintos rubros en los que se puede ahorrar agua.

<http://www.imta.gob.mx>

Sitio del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, organismo público descentralizado que se avoca a combatir los problemas asociados con el manejo del agua y a perfilar nuevos enfoques en materia de investigación y desarrollo tecnológico para preservar el recurso y asignarlo de manera eficiente.



32 años
en el mundo
de la
CONSTRUCCIÓN

ISO 9001:2000



Construcciones y Trituraciones S.A. de C.V.

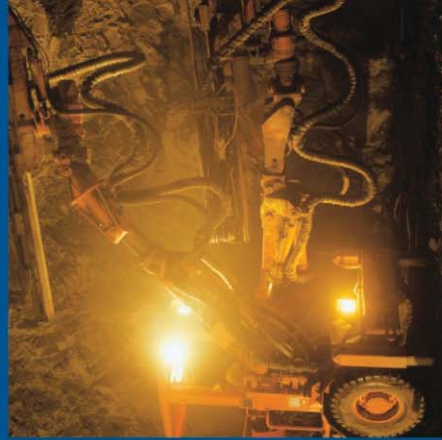
Canadá # 110

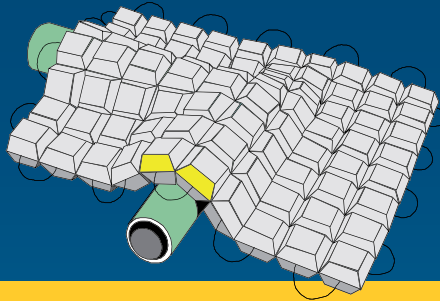
México, D.F. 04040

Tel.: 52 (55) 5544 5200

Fax: 52 (55) 5549 8124

www.cotrisa.com.mx





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

SUBMARELHER

Control de Erosión – Protección de Ductos
Tapetes flexibles de concreto

Son de
rápida instalación

**Detienen
la erosión**

Son
reutilizables

**Vida útil superior
a los 20 años**

Completamente
ecológicos



EN CONCRETO
SOMOS LA RESPUESTA
A SU PROBLEMA DE EROSION

01800-0120277

erosion@grupoelher.com

Distrito Federal

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

Coatzacoalcos

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

www.grupoelher.com