



Semana del II UNAM en la SCT

Editorial

Se inicia el segundo semestre de 2006, año de nuestro cincuenta aniversario, y el programa de celebraciones conmemorativas sigue su curso. Las actividades académicas y el ciclo de conferencias, de corte internacional, se han enriquecido con la vinculación e intercambio con dos importantes organizaciones.

En las instalaciones de Grupo ICA, los días 28 y 29 de junio, se llevó a cabo un ciclo de ocho conferencias ante un público experto que mostró gran interés en los temas presentados, y expresó la utilidad de estos conocimientos para sus actividades cotidianas. El ingeniero Juan Visoso, director ejecutivo

de la Fundación ICA, en sus palabras de bienvenida, hizo un recuento histórico destacando los proyectos en que ambas instituciones han compartido y unido esfuerzos desde la década de los cincuenta. Mencionó también el interés y apoyo brindado por el ingeniero Bernardo Quintana Arrijoja, uno de los fundadores del II UNAM.

Por otro lado, del 3 al 7 de julio se llevó a cabo la *Semana del II en SCT*, en sus instalaciones de Insurgentes Sur. El arquitecto Jorge Fernández Varela, Subsecretario de Infraestructura de esta Secretaría, y miembro del Comité Ejecutivo del 50 Aniversario, con la representación personal del Secretario, arquitecto Pedro Cerisola y Weber, dio la bienvenida a los académicos

Índice

| | | | |
|-------------|---|--------------------------|---|
| • Editorial | 1 | • Actividades académicas | 4 |
| • Premio | 3 | • Impacto de proyectos | 6 |

del Instituto y refrendó el interés en seguir trabajando conjuntamente en busca del bien común y el desarrollo de nuestro país. Fernández Varela hizo un interesante y amplio recuento de las aportaciones del II al sector de comunicaciones y transportes, y señaló los beneficios que la vinculación ha generado para ambas instituciones. Durante estos días, nueve conferencias dieron pie a un intenso intercambio entre los representantes de SCT y nuestra dependencia.

Tanto en el ámbito de ICA como en el de la SCT, el pabellón del II UNAM, donde se exhibieron carteles de corte académico, se vendieron publicaciones, y se entregaron trípticos y artículos promocionales, constituyó un marco de referencia para colegas y visitantes.

Agradezco el apoyo del personal académico que participó en estas actividades de vinculación e intercambio interinstitucional, porque han contribuido a fortalecer y estrechar los lazos profesionales y de amistad con estas dependencias tan cercanas al Instituto, y les recuerdo que la próxima visita será a PEMEX, en agosto.

Por otro lado, las actividades culturales se encuentran en pleno desarrollo. La Lotería Nacional para la Asistencia Pública ha notificado que el billete del sorteo del 22 de septiembre estará dedicado al 50 aniversario del II, y la estampilla postal conmemorativa se encuentra en proceso de diseño por parte de SEPOMEX.

El concierto de gala — el 18 de agosto a las 20 horas en la Sala de Conciertos Nezahualcóyotl del Centro Cultural Universitario—tiene especial relevancia ya que se trata del estreno en México de la obra *Atlántida* de Manuel de Falla, que será interpretada por la Orquesta Sinfónica de Minería, y por un gran conjunto coral integrado por los coros de la Secretaría de Marina, la Escuela Nacional de Música de la UNAM y el Orfeo Catalá de México.

Por último, deseo a todos que las próximas vacaciones, merecidas sin duda, sean reconfortantes y nos permitan regresar con renovadas ganas de mejorar nuestro desempeño académico.

Sergio M Alcocer Martínez de Castro



Conferencias en el auditorio de ICA

Premio

Premio Ashden a la Energía Sustentable, 2006, en la categoría de Salud y Asistencia Social

El Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable (GIRA) recibió el premio *Ashden Awards* que otorgan diversas fundaciones inglesas. El premio fue otorgado a dicho grupo por el proyecto Patsari, consistente en un nuevo diseño de estufa de leña para comunidades rurales, el cual permite mejorar la salud y las condiciones ambientales, así como ahorrar energía en la cocción de alimentos.

El doctor Javier Aguillón del Instituto de Ingeniería participó en el nuevo diseño mejorando la cámara de combustión, los túneles que conectan los gases de combustión con las hornillas secundarias y la transferencia de calor de dichas hornillas, así como el tiro convectivo

de la chimenea para logra evacuar los humos rápidamente a fin de evitar enfermedades pulmonares.

Patsari tiene sus antecedentes en la estufa Lorena diseñada en los años 70, pero el nuevo diseño tiene un consumo altamente eficiente de combustible (60 % menos) y reduce hasta en un 70 % la inhalación de gases a la que anteriormente estaban expuestas las mujeres al cocinar.

El premio de 30 000 libras (aproximadamente 43 800 euros) fue entregado por el Príncipe Carlos de Inglaterra, Patrono del premio *Ashden Awards*. El dinero se invertirá en el mismo proyecto, para labores de sensibilización y el desarrollo de un modelo de estufa portátil, adaptado a zonas semiurbanas.

Un resultado adicional de esta investigación fue la elaboración de la tesis de maestría de Ma Teresa Pacheco Escalona, académica de la FES Cuautitlán, bajo la dirección de Javier Aguillón.

¡Enhorabuena!



Estufa Patsari

Actividades académicas

Korean Institute of Geoscience & Mineral Resources (KIGAM)

Del 3 al 14 de junio, el doctor Francisco Chávez visitó el Korean Institute of Geoscience & Mineral Resources (KIGAM), atendiendo a la invitación hecha por el doctor Hee-Il Lee, investigador de la División de Riesgos Geológicos y del Medio Ambiente del Earthquake Research Center (ERC). El KIGAM es la organización coreana encargada de todos los aspectos relacionados con la geología y la minería en ese país, un equivalente del USGS en EUA. Emplea a más de 400 investigadores y realiza investigación en una amplia variedad de temas que abarca, entre otros: mapeo geológico, prospección geofísica terrestre o marina, geohidrología, mapeo de contaminación por hidrocarburos en el subsuelo usando técnicas indirectas, minería del fondo marino y nanotecnología. El ERC es la organización responsable de proveer los datos necesarios para la reducción y mitigación del riesgo sísmico, una actividad que complementa el papel de la Korean Meteorological Administration (KMA, que cumple funciones similares a las de nuestro Servicio Sismológico Nacional).

Francisco Chávez se reunió y discutió con los investigadores de ERC, además de visitar sus modernas instalaciones y laboratorios. Un ejemplo muy relevante es el recientemente terminado sistema para registro y análisis de las señales transmitidas por las 32 estaciones sísmicas, de las cuales tres registran también señales infrasónicas, del KIGAM, en tiempo real. Cuando el sistema identifica que ha ocurrido un sismo, emite una alerta que se envía en forma de mensajes SMS o email a una lista de personas. Una particularidad de este centro es que recibe los datos no solamente de las estaciones del KIGAM, sino también de algunas de las estaciones pertenecientes al KEPRI (Korean Electric Power Research Institute), al KINS (Korean Institute of Nuclear Safety) y a la KMA, demostrando claramente la capacidad de trabajo en equipo por la cual el pueblo coreano es famoso. En total, el ERC recibe en tiempo real las señales de 45 estaciones sísmicas, de las 85 con que cuenta el país.

Durante su visita, el doctor Chávez tuvo la oportunidad de conocer también las instalaciones experimentales del KEPRI, que tienen una notable mesa vibradora de seis grados de libertad con capacidad para probar especímenes de hasta 2 ton sometidos a aceleraciones



Korean Institute of Geoscience & Mineral Resources (KIGAM)

de hasta 9 g. Esta instalación se usa actualmente para probar un sistema de aislamiento de base consistente en dos dispositivos superpuestos (uno que permite aislar el movimiento horizontal y otro que aísla el vertical), el cual se desea instalar para proteger los principales paneles eléctricos en las cuatro plantas nucleares de Corea.

El doctor Chávez García presentó algunas de sus investigaciones en tres seminarios ofrecidos en KIGAM, KEPRI y KAIST (Korean Advanced Institute of Science and Technology). Expuso asimismo algunas de las actividades del II y ofreció copias de los trípticos y carteles institucionales recientemente publicados, así como una colección completa de la *Gaceta del II*.

Corea tiene una actividad sísmica reducida. Sin embargo, la magnitud de su infraestructura y los riesgos que implica el que 40 % de su consumo eléctrico provenga de plantas nucleares justifica un análisis cuidadoso del riesgo sísmico. Actualmente, su reglamento de construcciones está en proceso de actualización, pues la versión vigente se basó en datos de EUA.

Los grupos de investigación en Corea se mostraron muy interesados en las investigaciones que se realizan en el II en el área sísmica y existe la disposición para establecer canales de colaboración en estos temas. Prueba de ello es que el doctor Hee-II Lee se ha comprometido a visitar el II durante el último trimestre de este año.

7ª Jornada de Bioprocesos Ambientales

El objetivo de esta Jornada fue la presentación de trabajos relevantes en el campo de la ingeniería ambiental, desarrollados en el Instituto de Ingeniería durante 2005-2006. En esta ocasión, 16 académicos expusieron aspectos de su labor de investigación, de los cuales diez colaboran en la Coordinación de Bioprocesos y seis en la de Ingeniería Ambiental. Los temas tratados fueron:

- Aplicación de lodos provenientes de un sistema de saneamiento básico para producir cultivos comestibles
- Potencial de biodegradación de hidrocarburos aromáticos (BTEX) en el subsuelo del Gran Canal del desagüe
- Inactivación de huevos de helminto en agua mediante el reactivo de Fenton fotoasistido
- Degradación de colorantes azo por medio de un

proceso anaerobio/aerobio en un reactor discontinuo automatizado

- Tratamiento anaerobio de aguas residuales municipales en el estado de Paraná, Brasil
- Aplicación de ácido peracético, cloro y luz ultravioleta en la desinfección de una fuente no convencional de agua
- Producción de polímeros biodegradables usando lodos activados
- Evaluación de la colmatación de una membrana sumergida en un biorreactor discontinuo
- Tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas con un reactor de membrana
- Ingeniería limnológica: procesos y dinámica de la calidad del agua
- Dinámica microbiana durante el arranque de biofiltros tratando H₂S
- Estudios que se realizan en el Grupo de Saneamiento de Suelos y Acuíferos
- Control de oxígeno disuelto en un SBR
- Diferentes medios de soporte para remoción biológica de nitrógeno
- Evaluación de funciones enzimáticas del ciclo del nitrógeno en la población microbiana autóctona de dos suelos salinos de Cuatro Ciénegas (Coahuila).

La Jornada, a la que asistieron 63 especialistas de este campo, fue organizada por la Coordinación de Bioprocesos Ambientales y tuvo lugar el 28 de junio, en la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez.

Programa de intercambio

Con motivo del 50 aniversario de su fundación, el Instituto de Ingeniería de la UNAM ha organizado un programa de intercambio de experiencias con diversas instituciones relacionadas con su labor. Las dos primeras organizaciones en participar fueron la SCT e ICA, en cuyas instalaciones se presentaron varias conferencias sobre investigaciones del II. Las primeras se llevaron a cabo en las instalaciones de ICA, y las siguientes, en la SCT.

En la Casa Blanca de ICA, el doctor Roberto Meli presentó una conferencia sobre *Normas Técnicas*, Susana Saval habló sobre *Remediación de suelos contaminados*, David Murià sobre *Pruebas de campo en estructuras bajo cargas dinámicas y estáticas*, Alma Chávez presentó *El saneamiento del valle de México* y Fernando González Villarreal, *Planeación de recursos hidráulicos*, el 28 de junio.



El 29 de junio en el mismo lugar, Enrique Díaz Mora trató sobre *Desarrollo urbano sustentable*, Jesús Chávez expuso el tema de *Energías alternas*, David Morillón disertó sobre *Diseño bioclimático de vivienda*, José Luis Fernández Zayas presentó *Formas alternas de producir agua potable* y Gerardo Hiriart, *Desalación de agua de mar con energías renovables*.

En las conferencias que tuvieron lugar en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes los primeros días de julio, Sergio Alcocer Martínez de Castro habló sobre *El Instituto de Ingeniería*, Roberto Gómez expuso el caso *Puente Chiapas*, Manuel Mendoza explicó el *Deslizamiento de laderas* y Efraín Ovando, *La instrumentación y exploración geotécnica*. El miércoles, Jesús Alberro y Gabriel Auvinet, respectivamente expusieron los temas *Utilidad de las clasificaciones geomecánicas y geoinformáticas*.

El jueves 6 de julio, Angélica Lozano presentó un estudio sobre *Transporte de carga y logística*, y Santiago Corro sobre *Diseño estructural de pavimentos*. Finalmente, David Murià Vila cerró el ciclo con una conferencia sobre *Pruebas de campo en puente bajo cargas dinámicas y estáticas*, el viernes 7.

En ambas sedes se instalaron exposiciones sobre la labor del Instituto de Ingeniería, donde se promovieron sus proyectos de investigación y sus publicaciones, exhibiendo ejemplares de las *Series del II* y carteles sobre sus diversas líneas de investigación. Además, se obsequiaron trípticos y artículos promocionales.

Impacto de proyectos

Estructuras de control en el río Carrizal, Tab. Revisión del funcionamiento hidráulico con un modelo físico

Una parte importante de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, se inundó al desbordarse el río Carrizal en 1999. Con el propósito de disminuir el riesgo de que se desborde nuevamente, la CNA encargó a CFE el diseño de

obras hidráulicas para regular el gasto en este río y al Instituto de Ingeniería la revisión de dicho diseño a partir de un modelo físico.

El modelo físico se montó en el Laboratorio de Hidráulica del II, y gracias a esto fue posible proponer las modificaciones necesarias para que las estructuras funcionen de manera adecuada y segura, inclusive disminuyendo el costo económico de la obra, lo cual es un ahorro para la economía del país. Conviene recordar que el hecho de que falle una estructura hidráulica (obra civil), además del daño económico, puede causar pérdida de vidas humanas.

Los diseños de estructuras hidráulicas se realizan utilizando tanto fórmulas teóricas basadas en hipótesis y coeficientes empíricos mencionados y recomendados ampliamente en la literatura técnica, como con modelos matemáticos de flujo unidimensional y bidimensional. Sin embargo, debido a que el flujo en las estructuras hidráulicas es notoriamente tridimensional, siempre se recomienda revisar con un modelo físico cualquier diseño de obra hidráulica de esta magnitud.



Fig 1 Bordo de costales para restringir la zona de inundación en Villahermosa, Tab

Con base en los planos proporcionados por CFE, se procedió a construir el correspondiente modelo físico. Éste consta de un canal en la margen izquierda, cuya descarga es controlada por compuertas radiales, y una curva vertical aguas abajo de éstas. En la margen derecha se desea construir un vertedor de canal lateral, con descarga libre a partir del Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO).





Estudio experimental de la obra de control sobre el río La Sierra, Tab



Obra de control, escala 1:40, sobre el río La Sierra

Se observó que el canal de la margen izquierda tiene la capacidad para descargar todo el gasto de diseño, para la condición del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME), mientras que el vertedor del canal lateral sólo puede desalojar un poco menos de la mitad del gasto para el que fue diseñado. Con base en los resultados reportados por el II, la CNA solicitó a CFE que rediseñara ambas estructuras, y que también se revisara el nuevo diseño en el modelo físico.

En el nuevo diseño se propuso disminuir las dimensiones del canal de la margen izquierda y aumentar el tamaño del vertedor de canal lateral, así como colocar una estructura terminal en la descarga del canal de la margen izquierda.

La revisión del nuevo diseño en el modelo físico permitió concluir que las estructuras funcionan adecuadamente. El II propuso adicionalmente colocar una hilera de dientes en la plantilla del canal colector, con lo que se mejora notablemente su funcionamiento hidráulico.

Estudio experimental de la obra de control sobre el río La Sierra, Tab

Este proyecto es continuación de uno anterior relacionado con las estructuras de control en el río La Sierra. Los estudios se llevaron a cabo en el modelo físico del Laboratorio de Hidráulica del II, el cual fue construido con fondo móvil y no distorsionado.

Una vez realizada la simulación hidráulica de la obra y verificado el funcionamiento para las diferentes condiciones de operación, se elaboró el proyecto ejecutivo.

Se seleccionó la zona por modelar, que comprendía 500 m aguas arriba del sitio donde se ubicará la estructura y 500 m aguas abajo del mismo. Con esta información, se decidió que la escala a la que se debía construir el modelo era 1:40.

Para la construcción de la estructura, primero se imprimió un plano a escala 1:40 de una pila y una compuerta, con el que se construyeron las pilas de madera y las compuertas con acrílico. En el modelo construido, se realizaron ensayos para las condiciones de nivel de agua máxima ordinaria (NAMO) y nivel de agua máxima extraordinaria (NAME).

Después de un análisis de las observaciones hechas para las condiciones de NAMO, se propuso utilizar el gasto de 310 m³/s. La razón por la que se escogió este caudal es que ésta sería la condición límite de navegación para seguir conservando el paso de embarcaciones a través de la estructura, lo cual cumple para la condición de operación con todas las compuertas abiertas; además, para este gasto se conoce el nivel del agua aguas abajo de la estructura, valor que es importante para realizar la correcta modelación.

Durante la prueba se observó que la estructura funciona de manera adecuada, ya que no hay problemas de socavación local en la descarga, ni zonas de recirculación y se vio que el efecto de las pilas en la superficie libre del agua es insignificante. Para esta condición se midió la velocidad media del flujo entre los vanos de las pilas, y se obtuvo un valor que equivale en prototipo a 0.75 m/s, en la dirección del flujo principal.

Para las condiciones de NAME, se determinó que las compuertas deben tener una abertura del orden de 0.90 m para que pase un gasto de 310 m³/s, con el nivel aguas arriba de las compuertas a la cota 8.24 msnm, y aguas abajo a 6.75 msnm. Bajo estas condiciones, se observó que el tanque amortiguador propuesto funciona bien y no se presentan problemas importantes de socavación en su salida.

Los principales resultados son que en las pruebas realizadas para la condición de NAME, la estructura funcionó hidráulicamente bien. Es decir, no existe socavación, ni se forman corrientes de recirculación importantes y el funcionamiento del tanque amortiguador es satisfactorio. Es más, se pueden eliminar los dientes, o cuando menos disminuir su altura, sin ocasionar cambios importantes.

En el nivel del NAMO, las velocidades entre pilas son del orden de 0.75 m/s, que son menores que las que ocurren en algunas secciones naturales del río. Los tirantes son del orden de 6.0 m, por lo cual no se prevé ninguna alteración importante a la navegación. Los dientes no causan perturbación alguna en la superficie libre del agua para la navegación.



Posición de los dientes en el tanque amortiguador

Estudio de factibilidad de incremento del caudal en el sistema de circulación de la Central Termoeléctrica Juan de Dios Bátiz

La Central Termoeléctrica Juan de Dios Bátiz, localizada en Topolobampo, Sinaloa, forma parte de la red nacional de distribución de energía eléctrica operada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Lamentablemente, la capacidad actual de producción de la central está por debajo del valor esperado debido a que el caudal de agua que puede suministrar el sistema de circulación para enfriamiento es insuficiente.



Comportamiento del flujo aguas arriba de la obra

El objetivo de este estudio fue brindar apoyo a la CFE, mediante trabajos de campo y gabinete, para establecer la causa de la baja capacidad de conducción del sistema de circulación y determinar las acciones para incrementar el caudal en este sistema.

Desde el punto de vista del funcionamiento hidráulico, el sistema de circulación se divide en tres partes. La primera, que funciona por bombeo, comprende las conducciones desde el cárcamo de bombeo hasta la caja de sello. La segunda, denominada tramo a gravedad, está formada por tuberías de 99 pulgadas de diámetro que van de la caja de sello al portal de entrada del túnel. Finalmente, la tercera parte de este sistema es un túnel que trabaja a superficie libre y que descarga el agua en una estructura de disipación de energía.

Mediciones del caudal y del gradiente hidráulico realizadas en campo mostraron que la capacidad de conducción del sistema está limitada en el tramo a gravedad, debido a una pérdida de energía hidráulica mayor a la esperada en las tuberías de 99 pulgadas de diámetro. Las observaciones hechas en campo también evidenciaron que este comportamiento es consecuencia de grandes contenidos de aire atrapado en el interior de las tuberías. El aire acumulado puede extenderse a lo largo del sistema y reducir considerablemente la sección transversal efectiva del conducto, provocando pérdidas de energía adicionales no consideradas en su diseño. Además, el aire atrapado puede provocar fluctuaciones del caudal y la presión, que generan inestabilidad en la operación del sistema.

Evidentemente, en este caso el aire provenía de la caja de sello, estructura hidráulica abierta a la atmósfera. Modificar la caja de sello para evitar el ingreso de aire resultaba, en este sistema, una alternativa técnica y

⇒ 10





Fotografía del edificio donde se encuentran las unidades 1 y 2 de la Central Termoeléctrica (Topolobampo II)



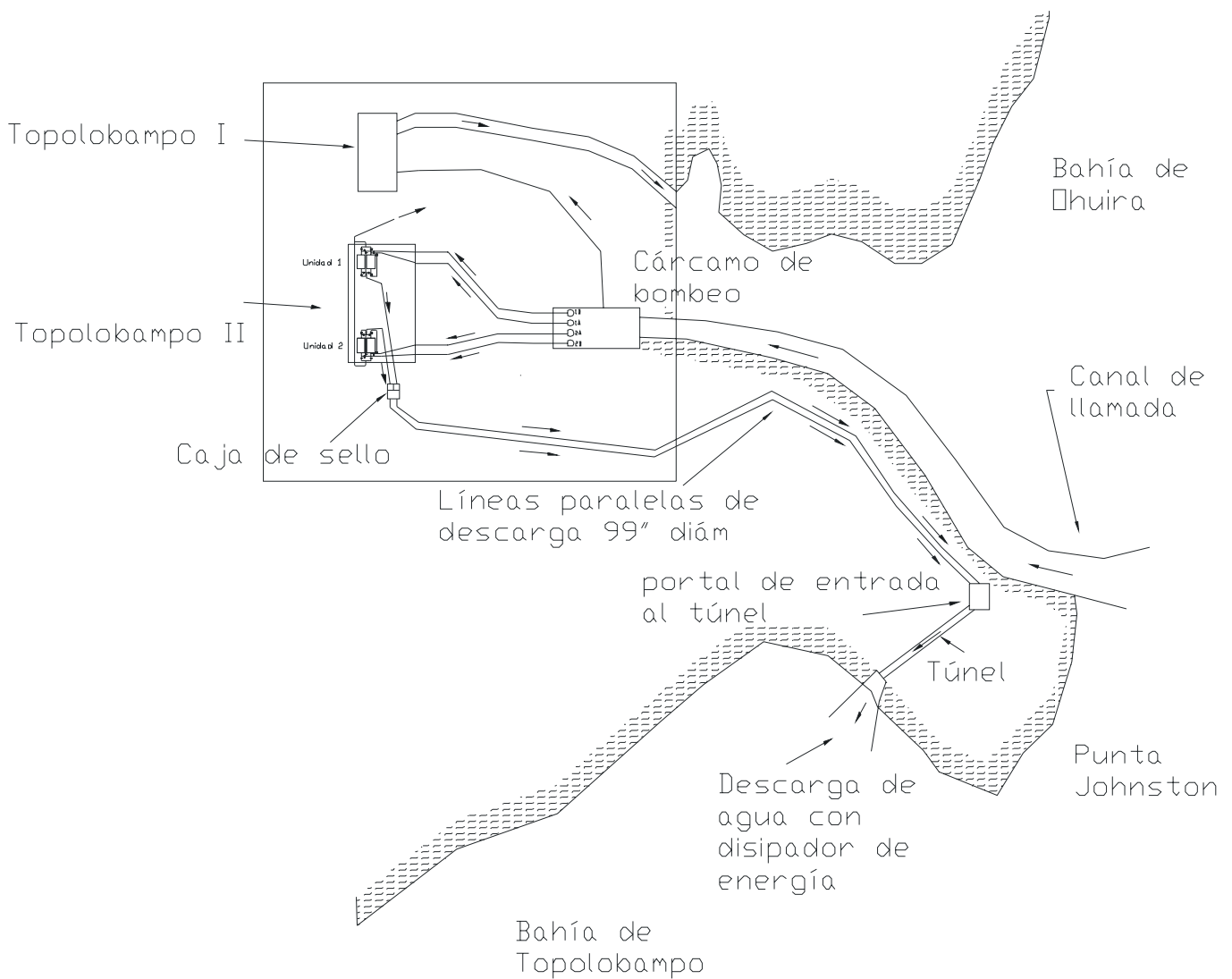
Fotografía de la caja de sello donde empieza el tramo a gravedad

económicamente inviable. Por lo anterior, la mejor alternativa resultaba ser evacuar el aire una vez que ingresa a la conducción.

Con base en un levantamiento topográfico efectuado por personal de la CFE, y a partir de criterios establecidos en el Instituto de Ingeniería como resultado de experiencias en sistemas con problemas similares, se identificaron once zonas de acumulación de aire a lo largo de la conducción. De esta forma, la propuesta final de solución al problema de baja capacidad de conducción consistió en instalar chimeneas para venteo en cada uno de estos once puntos.

Con esta solución, se espera que el sistema esté correctamente diseñado y protegido contra la acumulación de aire, lo que permitirá su operación con cualquier caudal, incluido el máximo de diseño, sin problemas de capacidad de conducción ni de inestabilidad del flujo.

Este proyecto se realizó por solicitud de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE y en él participó Eduardo Rodal Canales, de la Coordinación de Ingeniería Mecánica, Térmica y de Fluidos del II.



Esquema de la Central Termoeléctrica Juan de Dios Bátiz





Fotografía de las líneas de 99" del tramo a gravedad que acumularon aire en su interior



Fotografía de la campaña de medición del gradiente hidráulico en el tramo

Estudio de la problemática de las acciones de reducción de fugas en las redes de agua potable y propuesta para mejorar su eficiencia

El objetivo fundamental de este proyecto es mostrar la importancia de efectuar el control de presiones como medida para reducir las fugas en redes de abastecimiento de agua potable, particularmente en redes muy deterioradas como las de la República Mexicana.

En las redes para distribución de agua potable existe una relación entre las presiones en las tuberías y las fugas que se presentan en las mismas. De esta relación se desprende que el control de las presiones es prioritario, pues de otra suerte se vuelven ineficaces o incluso prácticamente inútiles todas las otras medidas que se tomen para aumentar la eficiencia de las redes de distribución de agua potable.

Los encargados de la planeación y operación de las redes de distribución de agua potable implementan programas permanentes de reparación de fugas. Con un control eficaz de presiones las acciones de reducción de fugas logran de manera mucho más rápida un incremento en la eficiencia de estos sistemas, lo que repercute en beneficio de la población. Adicionalmente, el control de presiones reduce y en ocasiones elimina los poco populares pero muy frecuentes «tandeos», es decir cuando por la imposibilidad de mantener un suministro continuo de agua, el servicio se realiza alternativamente o por tandas, que por otra parte aceleran hasta en diez veces el deterioro de las redes de agua potable.

Para la realización de este proyecto se llevaron a cabo cinco actividades. La primera consistió en una revisión bibliográfica de la literatura técnica disponible sobre el tema. En segundo lugar, se diseñó y construyó una instalación experimental para caracterizar la relación entre la presión en una tubería y las fugas que se presentan en diferentes elementos de las redes de distribución de agua potable. En esta instalación experimental se trabajó con tubos de materiales plásticos a los cuales se les hicieron incisiones o fisuras para que el agua se fugara por ellas, pero también se trabajó con tuberías y otros accesorios extraídos de redes de la ciudad de México que ya presentaban algún tipo de fuga.

Uno de los tipos de fuga que con mayor frecuencia se presenta en nuestras redes de agua potable son las fisuras longitudinales en tubos de materiales plásticos.

La tercera actividad del estudio consistió en la modelación matemática del comportamiento elástico de estas tuberías tomando como referencia las pruebas de laboratorio realizadas en este tipo de tubos. Para esto se utilizó un programa numérico de simulación con la técnica del elemento finito.

La cuarta actividad del proyecto consistió en analizar un caso, para mostrar las bondades del control de presiones como estrategia fundamental para tratar con eficiencia la reducción de fugas en redes de agua potable. El análisis evidenció que esta estrategia de operación genera los mejores resultados tanto en la operación normal de una red, reflejada en el suministro a los usuarios y en la presión con la que éstos reciben el agua, como en el proceso de rehabilitación de dicha red.

De lo anterior se desprende que para redes muy deterioradas es necesario hacer arreglos en la infraestructura para controlar las presiones y que, de esta forma, los programas de reducción de fugas tengan éxito. Así, la tarea siguiente al control de presiones es la detección y eliminación de fugas. Por ello, la quinta actividad del proyecto consistió en elaborar un plan y un programa de acciones para estudiar los métodos de detección de fugas, especialmente en tuberías plásticas. Trabajos que según esta planeación se realizarán en los próximos años.

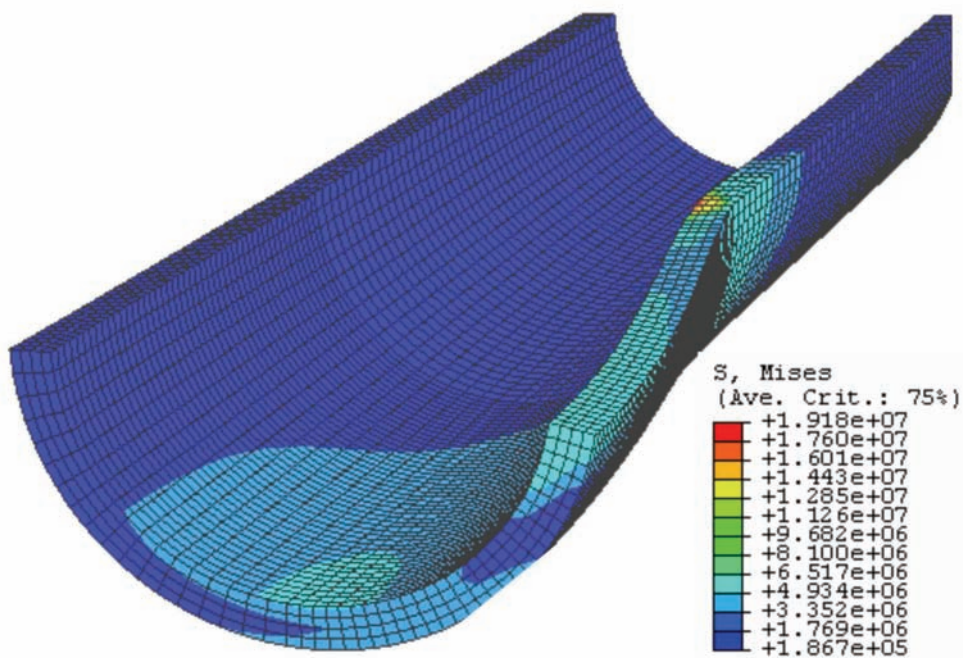
Estos estudios mostraron la importancia de realizar el control de las presiones en las redes de abastecimiento de agua potable, como un elemento imprescindible para llevar a cabo en forma eficiente cualquier programa para reducción de fugas en estas redes. También demostraron que de no llevarse a cabo dicho control, todas las otras acciones que se implementen pueden ser insuficientes o incluso inútiles.

El proyecto fue patrocinado por la CNA y participaron en él Alejandro Sánchez Huerta, Eduardo Rodal Canales, Libia Carmona Paredes, Rafael Carmona Paredes, Gabriel Castillo Hernández, Eliseo Carrizosa Elizondo, Javier Osnaya Romero, Germán Carmona Paredes y Antonio Capella Vizcaíno.





Instalación experimental para el estudio de fugas en redes de agua potable



Modelación numérica de una fisura longitudinal en una tubería plástica

**Modelo matemático de la ruptura
de la cortina del Proyecto Hidrológico
La Parota y sus efectos aguas abajo**

Cuando la cortina de una presa se rompe o falla un dique, se libera un gran volumen de agua en muy poco tiempo. La onda de avenida generada se tras-

lada aguas abajo con una gran velocidad, por lo que posee una gran capacidad de transporte de sólidos y puede desarrollar una importante fuerza de arrastre. Esta onda suele desbordar el río y ocasionar inundaciones súbitas, que causan la pérdida de vidas humanas y graves daños materiales. La determinación de

las zonas anegadas, sus profundidades, así como las velocidades de las corrientes en los ríos y barrancas a donde llega el agua, permiten estimar las áreas productivas y los núcleos de población que pueden ser afectados negativamente, así como revisar la bondad de medidas de mitigación de daños.

El Instituto de Ingeniería desarrolló un modelo matemático de la ruptura de la cortina del Proyecto Hidrológico La Parota y sus efectos aguas abajo, con el objetivo de proponer un método numérico para calcular la onda de avenida que provocaría, la muy poco probable ruptura de la cortina de esta presa, tanto en el cauce del río Papagayo, como en la zona aledaña a él.

Se comenzó con la evaluación de los flujos de agua que saldrían del vaso de almacenamiento de la presa cuando iniciara la falla de la cortina, tomando en cuenta la fuerte pendiente de la superficie libre de las corrientes al salir del embalse, con el fin de determinar de modo adecuado los cambios de régimen que pudieran ocurrir en los flujos de los cauces.

Un aspecto fundamental en el estudio de esta clase de flujos de agua es la salida del volumen de agua contenido por la cortina durante su falla, para lo cual se requiere conocer los gastos de egreso que se van presentando. En las zonas próximas al cauce del río, se simula el flujo producido por el desbordamiento y las consecuentes inundaciones. Para esto último, es necesario

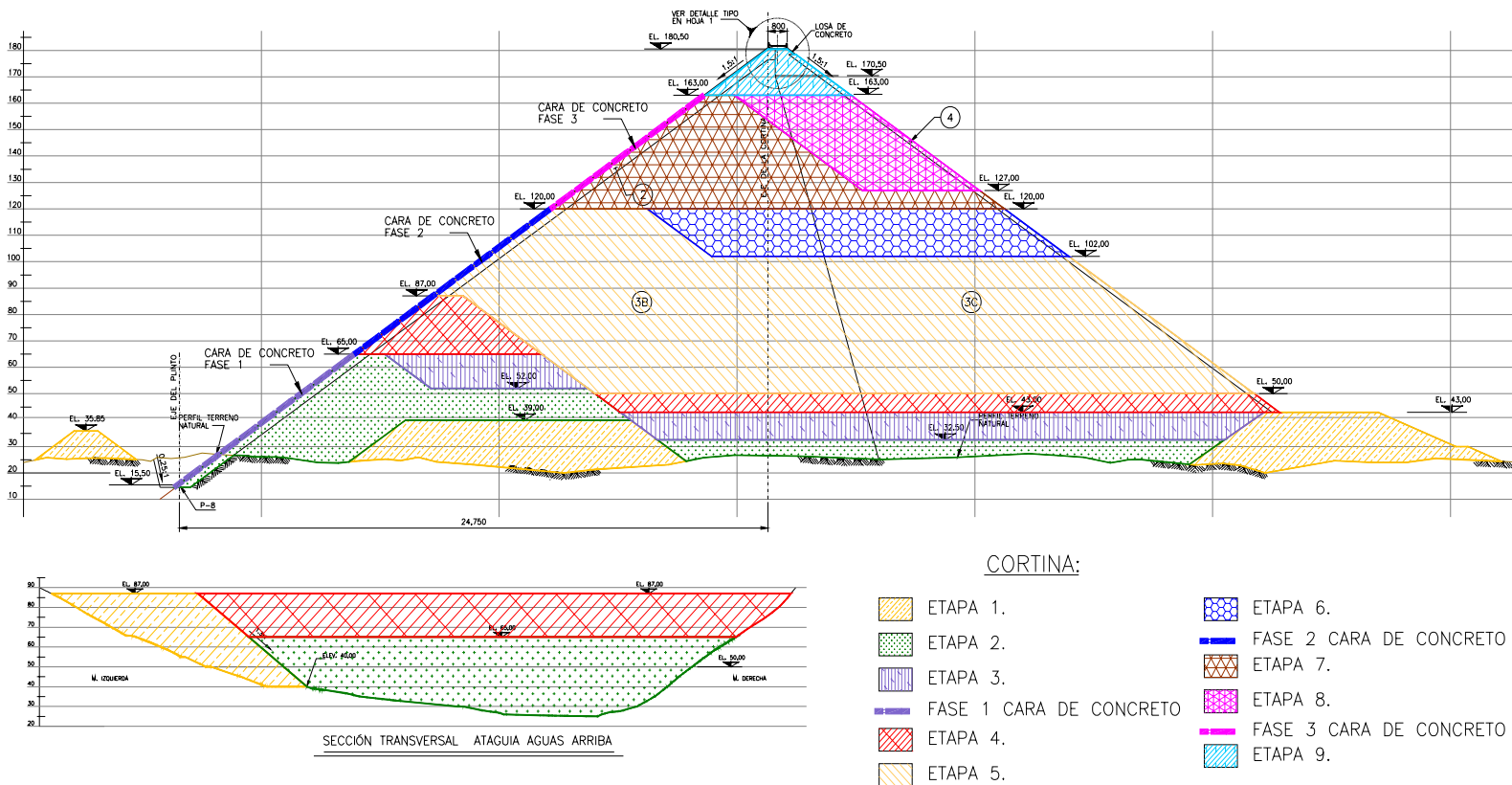


Fig 1 Corte tipo de la cortina, PH La Parota



disponer de información topográfica del terreno en las cercanías de la corriente natural.

En México se han realizado pocos estudios relacionados con la onda de ruptura ocasionada por la falla de una cortina; sin embargo, por la gran utilidad de sus resultados es importante ahondar en el estudio de este fenómeno.

El conocimiento de las posibles zonas de inundación por la eventual ruptura de una cortina permite tomar medidas de reducción de daños y alertar a los organismos encargados de la protección civil para que cuenten con elementos adecuados para realizar las actividades efectivas aguas abajo de la cortina, reduciendo al máximo posible el riesgo de pérdidas de vidas humanas y de daños materiales a la infraestructura existente.

Descripción del proyecto

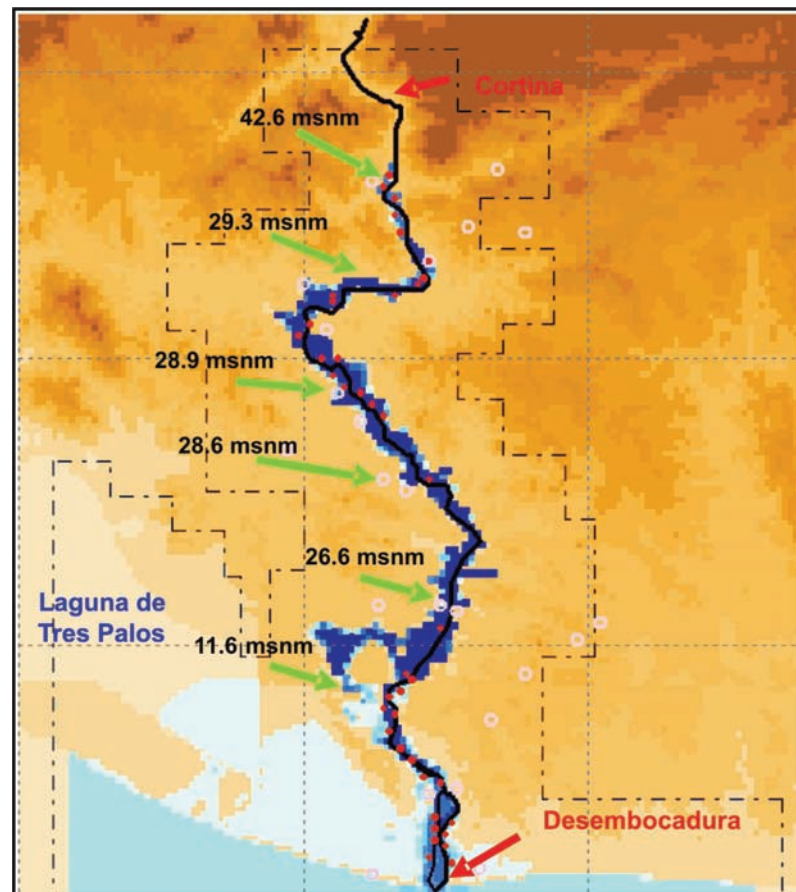
El Proyecto Hidroeléctrico La Parota se encuentra sobre el río Papagayo, en la porción sur-central del estado de Guerrero, a 28 km en línea recta al noreste del puerto de Acapulco, cabecera municipal. La cortina de este proyecto será de enrocamiento con núcleo de arcilla y cara de concreto. En la fig 1 se presenta un corte longitudinal de dicha cortina, que tendrá una altura promedio de 155 m y taludes 1.5:1 en ambos paramentos.

Para este estudio se realizó una revisión de los modelos de ondas de ruptura recientes, incluyendo documentos en los que se hace referencia a flujo supercrítico, salto hidráulico, simulaciones en flujo bidimensional y un ejemplo de falla, así como un modelo comercial de simulación (DAMBK). Posteriormente se investigaron los modelos de variación total decreciente (TVD); se justificó la aplicación del método *corrector-predictor* de Mac Cormack y su relación con la teoría de TVD porque la simulación matemática producida en cauces por el rompimiento de cortinas requiere procedimientos numéricos de alta precisión. Con esta información se desarrolló el método numérico de ondas de ruptura propuesto para este caso particular. Se incluyó el planteamiento del método de las características y el desarrollo analítico para calcular el flujo unidimensional de una onda de ruptura y de choque. Adicionalmente se realizó el cálculo de varios hidrogramas de ingreso a la presa durante su etapa constructiva tanto para la época de lluvias como la de estiaje para diferentes periodos de re-

torno. Después se aplicó el modelo de onda de ruptura a distintos casos reales, considerando varios tipos de hidrogramas de ruptura. Posteriormente, se realizó el tránsito de avenidas por el cauce de hidrogramas de tipo operativo. En forma paralela se describieron los modos de falla y los conceptos relativos a éstos, además de estudiar el comportamiento dinámico ocasionado por un sismo tanto en la cortina como en las diferentes estructuras.

Con los resultados principales al aplicar los modelos de tránsito de avenidas en embalses y cauce en distintas etapas de construcción de la cortina, así como durante la operación de la presa, se determinaron las zonas con riesgo de inundación ante avenidas con periodos de retorno hasta de 10 000 años, así como el tiempo estimado en que esto sucedería (véase fig 2).

En este proyecto trabaja Óscar Fuentes Mariles, de la Coordinación de Hidráulica.





**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

**ORQUESTA
SINFÓNICA
DE MINERÍA**

CONCIERTO DE GALA



CELEBRACIÓN DEL 50 ANIVERSARIO

Instituto de Ingeniería
de la UNAM

Directorio

UNAM

Dr Juan Ramón de la Fuente
Rector

Lic Enrique del Val Blanco
Secretario General

Mtro Daniel Barrera Pérez
Secretario Administrativo

Dra Rosaura Ruiz Gutiérrez
Secretaría de Desarrollo Institucional

Mtro José Antonio Vela Capdevila
Secretario de Servicios a la Comunidad

Mtro Jorge Islas López
Abogado General

Dr René Drucker Colín
Coordinador de la Investigación Científica

Lic Néstor Martínez Cristo
Director General de Comunicación Social

INSTITUTO DE INGENIERÍA

Dr Sergio M Alcocer Martínez de Castro
Director

Dr José Alberto Escobar Sánchez
Secretario Académico

Dr Mario Ordaz Schroeder
Subdirector de Estructuras

Mtro Víctor Franco
Subdirector de Hidráulica y Ambiental

Dr Luis A Álvarez-Icaza Longoria
Subdirector de Electromecánica

Mtro Lorenzo Daniel Sánchez Ibarra
Secretario Administrativo

Mtro Xavier Palomas Molina
Secretario Técnico

Mtra María Olvido Moreno Guzmán
Secretaría de Promoción y Comunicación

GACETA II

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual éste muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, cursos y talleres que imparte, así como sus tesis graduadas e información de interés general. Se publica los días 25 de cada mes, con un tiraje de 1200 ejemplares. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04 2005 041412241800 109. Certificados de Licitud de Título y de Contenido en trámite. Instituto de Ingeniería, UNAM, Edificio Fernando Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510, México, DF. Tel 5623 3615.

Editora responsable
Lic María Verónica Benítez Escudero

Correctora de estilo
L en L Olivia Gómez Mora

Colaboradora
I Q Margarita Moctezuma Riubí

Formación e impresión
Albino León Cruz

Distribución
Fidela Rangel



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

Visite la página del Instituto de Ingeniería:

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

Envíe sus comentarios a: gaceta@pumas.ii.unam.mx