



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

GACETA

DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA

NÚMERO 92 · AGOSTO, 2013

ISSN 1870-347X

EDITORIAL

Un semestre intenso en puerta;
bienvenida a los nuevos becarios

IMPACTO DE PROYECTOS

Geotecnia y aspectos constructivos
del túnel de la línea 12 del metro

ENTREVISTA

Alexandra Ossa López

UNAM

Rector

Dr. José Narro Robles

Secretario general

Dr. Eduardo Bárzana García

Secretario administrativo

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

Secretario de Desarrollo Institucional

Dr. Francisco José Trigo Tavera

Secretario de Servicios a la Comunidad

Enrique Balp Díaz

Abogado general

Lic. Luis Raúl González Pérez

Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz

Director general de Comunicación Social

Renato Dávalos López

INSTITUTO DE INGENIERÍA

Director

Dr. Adalberto Noyola Robles

Secretaria académica

Dra. Rosa María Ramírez Zamora

Subdirector de Estructuras y Geotecnia

Dr. Manuel Jesús Mendoza López

Subdirector de Hidráulica y Ambiental

Mtro. Alejandro Sánchez Huerta

Subdirector de Electromecánica

Dr. Ramón Gutiérrez Castrejón

Secretario administrativo

C. P. Alfredo Gómez Luna Maya

Secretario técnico

Arq. Aurelio López Espíndola

Jefe de la Unidad de Promoción y Comunicación

Lic. Guillermo Guerrero Arenas

GACETA DEL II

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual este muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, los cursos y los talleres que imparte, reportajes de interés e información general. Se publica los días 10 de cada mes, con un tiraje de 1500 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, D. F., tel.: 5623 3615.

Editor responsable

Lic. Guillermo Guerrero Arenas

Reportera

Lic. Verónica Benítez Escudero

Corrección de estilo

ArqIga. Elena Nieva Sánchez

Fotografías

Lic. Verónica Benítez Escudero

Lic. Guillermo Guerrero Arenas

Shutterstock

Fotografía de la portada

UPyC

Diseño

Lic. Ruth Eunice Pérez Pérez

Impresión

Navegantes S.A. de C.V.

Distribución

Guadalupe De Gante Ramírez

Un semestre intenso en puerta; bienvenida a los nuevos becarios

Estamos iniciando el mes de agosto, y con ello el segundo semestre académico del año. Es oportuno entonces dar la bienvenida a los nuevos becarios que se integran a los diversos proyectos que desarrolla nuestro personal académico. Arranca un nuevo ciclo apegado al modelo exitoso de formación de recursos humanos que tiene nuestro instituto desde sus orígenes: asociar al becario que desarrolla una tesis con proyectos de investigación aplicada o de asesoría de alto nivel técnico, en una relación ganar-ganar. La tradicional sesión de bienvenida a los becarios está en preparación y en breve será anunciada.

También es el inicio del período más intenso del año para nuestro personal académico y administrativo, ya que la gran mayoría de los proyectos con patrocinio externo entran en sus fases finales, y deben entregarse informes y cumplir con los compromisos derivados de los convenios respectivos. Asimismo, es un período de mucha actividad en congresos y diversos encuentros académicos, lo que requiere de una gran cantidad de salidas tanto de investigadores y técnicos como de becarios.

En esta ocasión se presenta además el hecho de que varios convenios se han llevado más tiempo para concretarse, fundamentalmente debido a cierto retraso en alcanzar acuerdos en el aspecto técnico, pero sobre todo en el proceso de toma de decisiones por parte de algunas dependencias gubernamentales. Esto en parte se explica por encontrarnos en el primer año de la nueva administración federal. Tal situación incrementará la presión sobre el personal académico para concluir los alcances en tiempo, y para la Unidad de Gestión de Convenios y Contratos, que verá su trabajo concentrado.

Ante este panorama, se reconoce de antemano el esfuerzo que realizarán los académicos involucrados en estos proyectos, en conjunto con sus equipos de trabajo. La administración del Instituto deberá también adecuarse, dentro de los límites que marca nuestra normatividad, a este intenso ritmo de trabajo que ya se anuncia.

Por otro lado, en este semestre se realiza el relanzamiento de un buen número de acciones relacionadas con los 8 proyectos del Plan de Desarrollo. Hemos tenido varias reuniones con algunos académicos para invitarlos a participar en acciones específicas dentro de cada proyecto, con el objetivo de distribuir el trabajo y el liderazgo necesarios para avanzar en las metas programadas. Todos han aceptado con entusiasmo y compromiso.

Merece mención especial el avance logrado a la fecha en el proyecto Temas Estratégicos de Investigación (TEI), donde ya se tienen los resultados de la búsqueda de información e identificación de las tendencias de investigación y de los grupos líderes en tres temas. En dos de ellos, los resultados preliminares ya se han presentado a nuestros expertos en los temas, y se han obtenido valiosos comentarios y sugerencias que han ayudado al grupo de trabajo a afinar la búsqueda.

Finalmente, deseo señalar el arranque formal del proceso de búsqueda e identificación de nuevas formas de organización académica para nuestro instituto. En efecto, el jueves 8 de agosto nos reuniremos durante todo el día alrededor de 50 colegas que conforman una muestra representativa de nuestro personal académico, para iniciar la discusión sobre el tema. Para ello contaremos con consultores expertos en este tipo de actividades, de tal forma que nos ayuden a conducir las discusiones y poder llegar al término de la jornada con conclusiones que nos permitan plantear el siguiente paso.

A todos, un excelente reinicio de labores lleno de ánimo.

Adalberto Noyola Robles
Director

Profesores visitantes del Reino Unido

Por Verónica Benítez Escudero

El Instituto de Ingeniería recibió la visita de los profesores Luciana Esteves, de la Universidad de Bournemouth, y Jon Williams, de la ABP Marine Environmental Research, ambos del Reino Unido.

Los investigadores estuvieron dos semanas en México y durante este tiempo visitaron la Universidad Autónoma de Baja California, el CICESE, el CINVESTAV-Mérida y la Universidad Autónoma de Campeche, además del Instituto de Ingeniería de la UNAM, con el fin de establecer lazos de colaboración con universidades mexicanas para trabajar de manera conjunta proyectos de investigación y fomentar el intercambio de estancias académicas entre estudiantes. Los temas que les interesan son principalmente riesgos en invasiones, erosión, planeación, gestión, ingeniería costera, así como impactos en la biodiversidad y en los ecosistemas.

En agosto de 2012 –comenta la profesora Esteves– trabajamos con el doctor Rodolfo Silva en un proyecto de investigación sobre impacto ambiental que enviamos a la comunidad europea. Hoy día en Europa tenemos una preocupación muy grande por problemas como el cambio climático; de hecho las técnicas que se utilizan para hacer protección costera están cambiando. Actualmente, hay una técnica que se llama “manage relaiment”, que consiste en romper la protección costera con el fin de crear espacio para apoyar el desarrollo de los ecosistemas costeros. El objetivo de nuestro grupo es mantener la parte ambiental con menos impacto de ingeniería; en pocas palabras: evitar resolver un problema ocasionando otros.

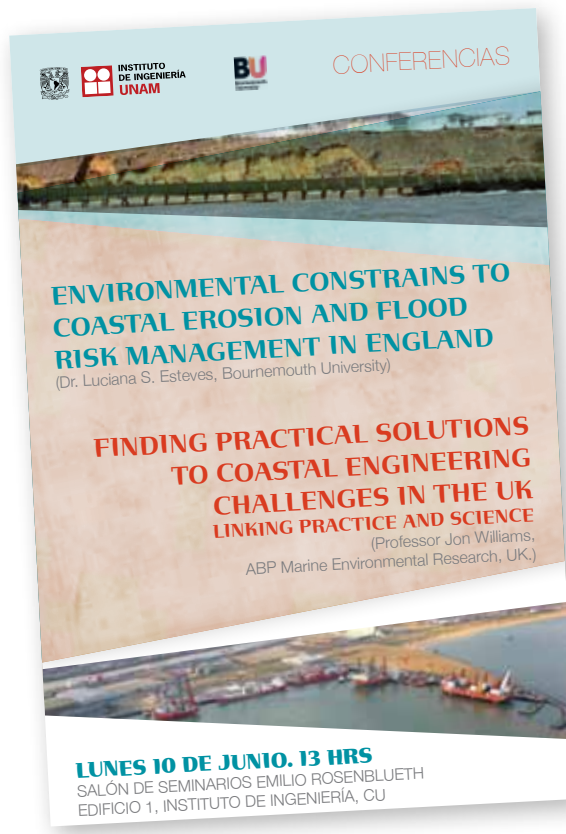
Tomar medidas en este sentido es importante, y lo digo porque, por ejemplo, hace 300 años se construyeron barreras, como los malecones y los muros marinos, estructuras rígidas en ambientes muy dinámicos, y esto empezó a afectar el transporte, lo que provocó erosión. Hoy día restablecer los ecosistemas costeros para que estos respondan dinámicamente a los cambios climáticos, de oleaje y de tormentas requiere de una inversión considerable; por ello es mejor evitar que se presente este tipo de situaciones. Por otra parte, los problemas que hay en México son parecidos a los que surgen en Inglaterra; sin embargo, en México

es necesario hacer más conciencia sobre el cuidado del medioambiente.

Estamos formando un buen equipo; por ejemplo, Jon trabajó muchos años como investigador en la Universidad y en una dependencia del gobierno donde se hacen estudios del medioambiente. Actualmente hace consultoría ambiental para una empresa privada en los temas de ingeniería costera, impactos ambientales y transporte de sedimentos, pero su formación le permite analizar los proyectos de ingeniería desde muchas perspectivas.

En Inglaterra las empresas y las universidades trabajan de manera conjunta. Es obvio que nosotros analizamos las obras desde un punto diferente al de los ingenieros; sin embargo, trabajar de manera conjunta es muy importante, pues evitamos que las obras de ingeniería tengan un impacto ambiental negativo. Esta forma de trabajo permite proteger el ambiente, mejorar la protección costera y mitigar los riesgos, es decir, juntar los deseos de todos de una manera amigable.

Hay que resaltar –nos dice Rodolfo Silva– que Luciana está trabajando para juntar grupos de investigadores de diferentes países a fin de formar una red mundial donde podamos aprovechar nuestras capacidades y ubicar nichos potenciales de colaboración para tener una relación más horizontal. La profesora Esteves va a detectar si hay intereses similares y cómo aprovecharlos. En especial nos interesa fomentar el intercambio de estudiantes entre universidades. Tenemos muchas cosas en común, y el objetivo es hacer un universo más rico, donde el intercambio de experiencias les sirva a todos para evitar repetir errores. |



Procedimiento para automatización de metodologías de identificación de sistemas en el análisis de edificios instrumentados

El 1º de febrero José Camargo Pérez obtuvo el grado de doctor en Ingeniería Civil (Estructuras) con la tesis *Procedimiento para automatización de metodologías de identificación de sistemas en el análisis de edificios instrumentados*, dirigida por el doctor David Murià Vila, investigador de la Coordinación de Estructuras y Materiales.

En esta tesis se presenta un nuevo procedimiento automatizado para obtener de manera rápida y confiable los parámetros que definen el comportamiento estructural ante solicitaciones dinámicas a partir del análisis de registros sísmicos en edificios instrumentados. Se escogió una metodología

paramétrica de identificación de sistemas basada en la minimización de errores entre las señales de aceleración medidas en la estructura y las calculadas con un modelo idealizado de esta. Dicha metodología ha presentado muy buenos resultados en la estimación de propiedades dinámicas; no obstante, para poder ser utilizada en el procedimiento automático se tuvieron que hacer adaptaciones y mejoras.

La principal contribución a la metodología fue el desarrollo y la implementación de un método de convergencia basado en algoritmos genéticos. El uso de estos algoritmos facilitó la automatización del procedi-

miento. Este se validó con sistemas estructurales planos y tridimensionales de varios grados de libertad y con diferentes niveles de acoplamiento entre sus modos. Para tal fin, los resultados de la estimación de parámetros se compararon con metodologías de identificación de sistemas comunes en la literatura técnica, y se tomaron en cuenta aspectos como exactitud, robustez, velocidad y versatilidad del método. Finalmente, se aplicó exitosamente a dos edificios instrumentados: uno en la ciudad de México y otro en la ciudad de Acapulco, y se obtuvieron resultados similares a los procedimientos tradicionales. |

Nuevos nombramientos en la Secretaría Académica

A partir del mes de julio se integran a la Secretaría Académica Rosa Gabriela Coutiño Hernández y Pablo Hernández Ávila.

Rosa Gabriela Coutiño es licenciada en Administración egresada de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM, y se incorpora a la Secretaría Académica del IIUNAM para apoyar y atender a los

alumnos que desarrollan tesis, estancias y servicio social en el Instituto. El Programa de Becas del Instituto de Ingeniería es, sin duda, uno de los más ambiciosos dentro de nuestra universidad, ya que actualmente tiene 825 estudiantes, de los cuales 142 son de doctorado, 255 de maestría, 22 de especialidad, 394 de licenciatura y 12 más

de prelicenciatura. La licenciada Coutiño laboró durante los últimos 5 años en el grupo de proyectos de la Facultad de Química como asistente administrativa, donde ayudaba al coordinador a llevar las cuentas de los gastos y otros trámites referentes a los proyectos de investigación que ahí se desarrollan.

Por su parte, Pablo Hernández Ávila es licenciado en Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana. Dentro de sus actividades participará en la elaboración del informe anual del Instituto a través de la recopilación, la organización y el proceso de datos. Parte importante de sus labores se enfocará a diseñar, administrar, actualizar y mantener el sistema de bases de datos que tienen relación directa con la Secretaría Académica.

Les damos la más cordial bienvenida. |



Lingüística Forense

Por Verónica Benítez Escudero

Del 24 al 27 de junio se llevó a cabo la undécima edición de la conferencia bienal de la Asociación Internacional de Lingüística Forense (IAFL, por sus siglas en inglés) en la Torre de Ingeniería de Ciudad Universitaria. Dentro del marco de dicha conferencia se dieron cita expertos de diferentes países del mundo y se presentaron ponencias relacionadas con diversos temas, como interpretación jurídica, interrogatorios policiales, atribución de autoría y registro de marcas.

El principal impacto de que México haya sido sede de dicha conferencia radica en la transición que se está llevando a cabo en nuestro país a un sistema penal acusatorio. La nueva implementación de los juicios orales conlleva una serie de cambios donde la oralidad juega un papel fundamental. Países como Inglaterra, Estados Unidos y Australia gozan de una larga tradición de estudios alrededor de lo que se conoce como *common law*, y han sido estos países los que han estado más involucrados en el desarrollo de la lingüística forense. La realización de la undécima edición de la conferencia bienal de la IAFL en un país de habla hispana consolida las investigaciones relacionadas con el ámbito de la lingüística forense en español, principalmente en México.

Asimismo, la nueva implementación del sistema penal acusatorio requerirá la presencia de expertos de diferentes áreas de conocimiento. La lingüística forense incluye el desarrollo de investigaciones en lenguaje evidencial o probatorio, es decir, el análisis de evidencia oral o escrita.

Las ponencias plenarias estuvieron a cargo de los doctores Diego Valadés, Peter Gray, Edward Finegan, José Ramón Cossío y Georganne Weller, quienes además de contar con una alta preparación académica, tienen una vasta experiencia, ya que han utilizado la lingüística forense en su trabajo diario.

El tema es de interés y la UNAM está apoyándolo fuertemente a través de la Facultad



de Filosofía y Letras, y los institutos de Investigaciones Jurídicas y de Ingeniería. También es importante mencionar que recientemente se abrió la licenciatura en Ciencia Forense, con un enfoque interdisciplinario. La idea es que participen alumnos de distintas facultades, principalmente de las carreras de Derecho, Medicina y Psicología, y de las que se imparten en la Facultad de Filosofía y Letras.

A pesar de que el tema de la lingüística forense se maneja desde hace muchos años en varios países, entre los que se encuentran España, Francia y Colombia, en México estamos empezando; de hecho, el programa de estudio de la nueva licenciatura en Ciencia Forense no tiene una materia sobre lingüística forense, solo existe la de Acústica Forense; sin embargo, se le ha solicitado a la coordinadora de la licenciatura que esta materia se incluya en el programa.

El Grupo de Ingeniería Lingüística del Instituto de Ingeniería (GIL), que ha desarrollado herramientas de computación para realizar análisis de información, también está interesado en la formación de académicos en este campo de la ciencia forense, como es el caso de la doctora Fernanda López

La ciencia forense es muy interesante, pues sirve para mostrar evidencia de todo tipo en casos donde se requiere un análisis judicial, en aquellos donde es necesario saber cuáles fueron las razones o causas de un homicidio, cómo murió la persona, etc. No solo la parte médica es importante, sino que se requiere que jueces y abogados tengan

más información sobre los hechos para poder descubrir cómo pasaron las cosas.

Quiero comentar –agregó el doctor Gerardo Sierra, quien dirige el Grupo de Ingeniería Lingüística del IUNAM– que el GIL trabaja con el grupo de ingeniería forense proporcionándole apoyo a través de programas de computación para que pueda procesar la información que ha analizado previamente. Por ejemplo, hay casos donde se quiere identificar qué persona realizó una llamada, y para poder hacerlo se utilizan grandes bases de datos. En las cárceles, por ejemplo, existen bases de datos que contienen las voces de quienes están ahí. Otro caso es cuando se quiere identificar a alguna persona que está enviando mensajes de texto a través del correo electrónico. O si queremos determinar en qué correos se está enviando información confidencial y en cuáles se está cometiendo un fraude, etc.; hay que revisar una infinidad de correos. Cuando esta situación se llega a dar en una empresa, se está hablando de procesar de 10 a 15 mil correos por empleado, y si la planta es de 100 personas, solo lo puedes hacer con ayuda de una computadora. Estas herramientas permiten el análisis de espectrogramas de voz y de las ondas magnéticas, en pocas palabras: con la parte fonética puedes detectar la edad, la ubicación geográfica y el nivel sociocultural, y toda esta información te ayuda a detectar quién es el posible culpable. Es importante darse cuenta de que debemos trabajar de manera multidisciplinaria –concluyó.

Laboratorio del Túnel de Viento

Por Neftalí Rodríguez y Verónica Benítez

El Túnel de Viento es uno de los laboratorios del Instituto de Ingeniería. En él se llevan a cabo estudios para conocer las presiones y los movimientos que produce el viento sobre una estructura. Es una herramienta que permite colocar modelos a escala, a los que se les aplica flujo de viento en diversas direcciones, y se obtiene así información sobre los movimientos y los efectos de flexotorsión que se presentan en edificios.

Es muy importante establecer las características estructurales adecuadas, sobre todo cuando son edificios muy altos o de diseños caprichosos, donde el riesgo de sufrir un colapso aumenta. Además de conocer el comportamiento estructural de un edificio, se da seguridad a las personas que lo ocupan.

Pero no solo el diseño de estructuras es el motivo de estos estudios, también se considera la ubicación de nuestro país como causa de los efectos catastróficos ocasionados por los vientos intensos. Los daños van desde la caída de puentes, la desaparición de carreteras y viviendas, la interrupción del servicio de los sistemas de agua, hasta la pérdida de hectáreas de cultivo. En México, durante la temporada de vientos intensos, los daños han llegado a sobrepasar los 60 mil millones de pesos; en años tranquilos han alcanzado los 10 mil millones de pesos; incluso en los años considerados los de menor afectación por este motivo, se tiene registro de daños por 6 mil millones de pesos.

No hay que olvidar que México se encuentra entre los océanos Pacífico y Atlántico, y por ello está sometido a la acción de un proceso termodinámico que proviene del Sol. Uno de los fenómenos que esto ocasiona es la aparición de ciclones y huracanes en las costas mexicanas. El profesor Neftalí Rodríguez, investigador emérito del Instituto de Ingeniería, nos dice: *hemos trabajado mucho en este*

sentido; ahora sabemos que Cancún, Chetumal, Los Cabos y Tamaulipas son zonas donde los vientos son más intensos. Para el Distrito Federal el registro más alto es de 120 km/h; sin embargo, el año pasado, muy cerca del DF, en la zona de Ecatepec, en el estado de México, se generó un tornado. Los tornados son los fenómenos más intensos que produce el viento, por lo que decidimos investigarlo. Ahora estamos terminando el estudio de la acción del viento producido por un tornado sobre una estructura de 75 m de alto, donde la velocidad llega a los 460 km/h y se generan fuerzas que nunca antes había yo visto, tan fuertes que pueden producir la caída de la estructura. Además, también pudimos observar cómo se presenta el efecto de turbulencia y logramos establecer las fuerzas dinámicas que se producen, así como los desplazamientos, la separación de vórtices y el efecto de los vórtices de tipo senoidal, en resonancia con la construcción.

El estudio de los efectos del viento sobre los objetos es apasionante y complejo; incluso cuando Newton estableció el concepto de fuerzas, hace más de cuatro siglos, descubrió que existían fuerzas, pero no definió cómo se evalúan las que produce el viento al chocar contra un objeto. Tuvieron que transcurrir casi tres siglos para que se empezaran a construir los túneles de viento y responder la pregunta anterior.

El primer túnel de viento lo diseñó y lo operó en 1871 Francis H. Wenham, miembro del Consejo de la Sociedad Aeronáutica de Gran Bretaña, para estudiar la acción del viento sobre modelos de construcciones. Posteriormente, Eiffel realizó pruebas en un túnel de viento antes de construir su torre en París, que lleva más de 140 años vibrando. Estudios posteriores realizados por los hermanos Wright en un túnel de viento, no

mayor a la extensión de mis brazos, crearon las bases de la aeronáutica, las cuales permitieron durante el siglo XX el desarrollo de la aviación. En 1905 se logró elevar sobre la superficie terrestre el primer objeto más pesado que el aire.

A partir de entonces, se han creado túneles de viento de diversos tipos que se han clasificado, por su modo de actuar el fluido, en (a) túneles por inyección, (b) túneles por aspiración y (c) túneles en circuito cerrado. Por la limitación de la vena fluida existen los de vena libre o limitada. Por las condiciones físicas o termodinámicas han sido construidos túneles de densidad constante o de densidad variable.

Otra persona que hizo aportaciones importantes fue el ingeniero y físico Osborne Reynolds, de la Universidad de Manchester, quien demostró que el patrón del flujo de aire sobre un modelo a escala sería el mismo para el prototipo, si un parámetro del flujo, conocido como el número de Reynolds, fuese el mismo en ambos casos. Este es el parámetro básico en la descripción de todas las situaciones de fluido-estructura, incluidas las formas de los patrones del flujo, la facilidad de transmisión del calor y la presencia de la turbulencia. Esto resulta ser la justificación científica central para el uso de modelos en los túneles aerodinámicos, para simular los fenómenos que produce la interacción del viento sobre edificaciones de diversos tipos. Otra aplicación importante fue el teorema de Buckingham, con el cual se han establecido los parámetros adimensionales que controlan la similitud de los fenómenos que se generan en la sección de pruebas de un túnel de viento, y las edificaciones reales.

Aunque la mayoría de los túneles de viento se construyen para ensayar modelos en su sección de pruebas, algunos tienen capa-

cidad para ensayar con aviones reales, o aerogeneradores, para analizar en detalle sus características de operación. Existen túneles en los cuales la velocidad del viento puede alcanzar valores próximos a 30 000 km/h, como el que opera en Buffalo, NY.

Cien años después, prácticamente hay túneles de viento en casi todos los países del mundo, porque se ha demostrado que son una herramienta muy útil para poder construir con seguridad, y además establecer las normas técnicas de construcción en distintos tipos de edificaciones. Ha quedado demostrado que el viento afecta directamente al comportamiento de las estructuras, lo que puede ocasionar graves problemas; por ello, el Instituto de Ingeniería, desde 1966, cuenta con este laboratorio, que tiene una sección de pruebas de 0.80 x 1.20 m y longitud de 2.40 m, donde se producen velocidades de hasta 150 km/h. Cuenta con un analizador de espectros, varios tipos de

sensores, un sistema central de turbulencia, un inversor Hitachi y un equipo mecánico de trabajo, con motor de 75 HP.

Algunas de las investigaciones que se han realizado en estas instalaciones son los regímenes de viento en la vecindad de helipuertos, para facilitar su operación; mediciones directas de las presiones resultantes de la acción del viento en modelos aerodinámicos, que incluyen la definición de reacciones en la base de edificios altos; pruebas de secciones de modelos aeroelásticos, con soporte dinámicamente similar, para definir la respuesta total bajo acciones media y dinámicas, así como las derivadas aerodinámicas que se requieren para establecer la estabilidad de una construcción, especialmente en puentes flexibles. Pruebas aerolásticas, que ensayan modelos escalados dinámicamente, para prueba de edificios y estructuras, permiten la medición directa de las acciones medias y dinámicas, inducidas

por la interacción viento-estructura, a fin de conocer los desplazamientos, rotaciones y aceleraciones, en diversos niveles de una estructura. Estudios en túneles de viento proporcionan información para establecer la influencia de la presurización en el comportamiento de estructuras infladas; además, permiten establecer la efectividad de sistemas activos y pasivos para control de movimientos dinámicos.

En el Túnel de Viento del IUNAM se han llevado a cabo estudios para el desarrollo de aerogeneradores, y de importantes diseños arquitectónicos, entre los que podemos mencionar el Palacio de los Deportes de la ciudad de México, el puente atirantado de la carretera México-Acapulco y un puente en Cancún, Quintana Roo, entre otros proyectos. Actualmente se trabaja sobre la prueba modelo de un edificio de 40 niveles, que se va a construir en la ciudad de México –concluyó el profesor Rodríguez Cuevas. |

La Universidad Nacional Autónoma de México invita a la

FERIA DE ÚTILES ESCOLARES Y CÓMPUTO UNAM 2013

- **Objetivo:** ofrecer a la comunidad universitaria opciones preferenciales para la adquisición de útiles escolares, equipo de cómputo, *software* y materiales de apoyo al estudio
- Dirigida a estudiantes de bachillerato, licenciatura y posgrado, a los exalumnos, al personal académico y administrativo de la UNAM, y a los estudiantes y profesores del sistema incorporado y afiliados de la Fundación UNAM

DEL 15 AL 18 DE AGOSTO MUSEO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS Y ARTES (MUCA)
UBICADO EN EL COSTADO SUR DE LA TORRE DE RECTORÍA EN CIUDAD UNIVERSITARIA

DEL 20 AL 30 DE AGOSTO EN PLANTELES DE LA UNAM
UBICADOS EN EL ÁREA METROPOLITANA

Más información en www.utilesycomputo.unam.mx

Proyecto de desarrollo de un Reductor de Velocidad Magnético

Ricardo Chicurel Uziel, Coordinación de Mecánica y Energía

En el año 2010 se inició en el Instituto de Ingeniería el proyecto de desarrollo de un Reductor de Velocidad Cicloidal, en el que se transmite la potencia mecánica mediante engranes que, en lugar de dientes, llevan imanes permanentes en su periferia. El eje magnético de estos tiene una dirección radial, y los polos exteriores se alternan entre N y S. En la investigación se ha contado con el apoyo del PAPIIT y también con la colaboración del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico.

En el número de marzo de 2012 de la *Gaceta del II* se publicó una reseña (“Reductor de velocidad de engranes magnéticos”) del concepto y del diseño de un prototipo que se encontraba en el proceso de fabricación, la cual se concluyó unos meses después.

En el presente artículo se muestra el avance de la investigación hasta este momento.

El engrane móvil rueda sobre la superficie interna del engrane fijo al ser impulsado su centro en una órbita circular por la flecha de alta velocidad. Así, se genera una rotación lenta de dicho engrane móvil superpuesta al movimiento circular rápido de su centro. La razón entre estas dos velocidades angulares es de 26:1, que es la relación de reducción del mecanismo.

La figura 1 es una fotografía de un ensamble parcial del reductor mostrando el engrane móvil.

El engrane móvil está montado en un rodamiento que a su vez va montado en una pieza central con un agujero en forma de ojal en el que penetra un segmento plano de la flecha de alta velocidad. Con este arreglo, el engrane es impulsado sin restringir su libertad para desplazarse libremente en dirección radial. De esta manera, la atracción magnética entre los engranes, aunada a la fuerza centrífuga debida al movimiento orbital del engrane móvil, genera una presión de con-



Figura 1. Ensamble parcial del reductor

tacto considerable entre ambos engranes; ello incrementa la capacidad de transmisión del par debido a la fuerza de fricción, que no existiría si no hubiera contacto.

Como se comentó en la reseña anterior, otros beneficios de este diseño son mayor

fuerza entre imanes al no existir una separación entre los engranes, menos exigencias de precisión en la fabricación y eliminación de la carga radial en el rodamiento del engrane móvil.

La flecha de salida de baja velocidad es impulsada por el engrane móvil mediante



Figura 2. Reductor abierto (se aprecia el plato con los pernos y rodamientos, y el engrane móvil)



Figura 3. Prototipo de reductor de velocidad magnético



Figura 4. Prueba dinamométrica del reductor

un acoplamiento que filtra el movimiento de traslación circular de este último transfiriendo únicamente su rotación lenta. El acoplamiento consiste en un plato integrado a la flecha de baja velocidad con seis pernos que penetran en sendos agujeros del engrane

móvil visibles en la figura 1. Dicho acoplamiento se ha usado convencionalmente en reductores cicloidales; sin embargo, el del reductor del Instituto de Ingeniería incorpora una mejora consistente en la introducción de rodamientos de agujas montados en los

pernos para eliminar el roce entre estos y los agujeros del engrane móvil, y reducir así las pérdidas por fricción. La figura 2 es una fotografía del reductor abierto mostrando el plato con los pernos y rodamientos. La figura 3 es una fotografía del reductor completo visto del lado de la flecha de alta velocidad.

Se ha iniciado un programa de pruebas dinamométricas del reductor; para ello se acopló la flecha de entrada de alta velocidad a un motor eléctrico de velocidad variable y la de salida a un dinamómetro de absorción. El arreglo se muestra en la fotografía de la figura 4.

A manera de conclusión, cabe mencionar que los resultados preliminares muestran hasta un 79 % de eficiencia.

Finalmente, el proyecto dio lugar a una tesis de maestría en Ingeniería Mecánica: *Diseño y construcción de un reductor de velocidad cicloidal magnético balanceado* (Luis Alberto Vázquez Pérez, 2013), y a una de licenciatura en Ingeniería Mecánica: *Pruebas para evaluar un reductor de velocidad cicloidal de engranes magnéticos* (Jesús Omar Sánchez Morfín, 2013).

ALEXANDRA OSSA LÓPEZ



Trabajaba en una empresa de consultoría y supervisión; los proyectos importantes de Colombia pasaban por esta oficina. Se atendía la construcción de centrales hidroeléctricas, carreteras, presas etc., y tal vez por eso sentí la necesidad de prepararme más.

En esa época en mi ciudad no había la maestría en Geotecnia, por lo que decidí salir del país y estudiar un posgrado en México. Fue fácil establecer contacto con el IIUNAM, porque algunos de mis jefes habían pasado por este instituto y, por así decirlo, ya estaba la comunicación abierta. Además había otra ventaja: el examen de admisión se podía hacer desde Colombia; lo presenté, lo aprobé y me aceptaron. Llegué a México sin beca y estuve un semestre viviendo de mis ahorros.

Con la beca del Instituto empecé a trabajar con Efraín Ovando, incluso él fue mi director de tesis de maestría, y del doctorado fue el doctor Miguel Romo.

Mi intención era obtener el grado y regresarme a mi país; de hecho no renuncié a mi empleo, únicamente solicité un permiso, pero en el camino fui descubriendo que quería trabajar en investigación. Al término del doctorado, el doctor Noyola, director del IIUNAM, quiso fortalecer las líneas de investigación, y entonces hubo la oportunidad de integrarme como investigadora en el área de vías terrestres. La idea es que el Instituto de Ingeniería, a través del Laboratorio de Vías Terrestres, se haga presente en asesorías a empresas de ingeniería para la realización de grandes proyectos y en la formación de recursos humanos.

La formación de estudiantes te da muchas satisfacciones. He sido profesora en la Facultad de Ingeniería, y en lo personal creo que los planes básicos de estudio de esta escuela se deben mantener. Creo que es muy importante que el estudiante tenga bases muy firmes de matemáticas y física, ya que estas materias son fundamentales en la formación de un buen ingeniero.

Los ingenieros deben tener la habilidad de dar soluciones, de ser creativos e innovadores. También necesitan tener una visión global de varias cosas para especializarse en una. La función de este profesionalista es construir y diseñar proyectos que mejoren la calidad de vida de las personas.

Ahora en mi familia hay muchos ingenieros civiles, pero yo fui la primera. Solo tengo un hermano, que por supuesto también es ingeniero; vive en Colombia, está casado y en unos meses va a ser papá.

En realidad, aunque vivamos a muchos kilómetros de distancia, somos muy unidos. Desafortunadamente mi papá falleció cuando yo estaba muy pequeña. Mi mamá se dedicaba a sus hijos y de pronto tuvo que salir a trabajar; esto cambió la dinámica familiar y ocasionó que mi hermano y yo seamos muy independientes. Mi mamá vive en Colombia, trabaja en la administración y es una persona a la que admiro mucho porque pudo sacar adelante a su familia.

En realidad, estoy satisfecha con mi vida, con todo lo que he hecho. Mi mejor experiencia ha sido tener a mi hija, los hijos cambian la vida y, aunque siempre tuve claro que quería ser madre, nunca me imaginé que la experiencia pudiera ser tan gratificante. Puedes estar muy cansada, pero siempre hay fuerza, voluntad y ánimo de hacer las cosas por los hijos y con los hijos; esto es algo que te hace sentir muy bien.





Mi mamá quisiera que regresara a Colombia, pero yo no lo veo factible. Al terminar la maestría me tracé un plan de vida: decidí quedarme en México, y así lo hice. Y es que además de que me encanta mi trabajo, tengo un esposo y una hija mexicanos.

Recuerdo que cuando llegué a México los primeros seis meses me sentí como turista: no extrañaba nada, todo era novedad, pero pasado este tiempo empecé a extrañar mis cosas, a mi familia, mi entorno; esto es lo más difícil. Finalmente me quedé aquí, y a pesar de que la condición de extranjera sigue primando, porque es algo que

siempre va a estar conmigo, ahora veo las cosas de manera diferente, porque con los años vas sentando raíces, donde estás vas teniendo amigos, vas haciendo historia, te vas sintiendo parte del entorno. En mi caso necesito sentir que soy parte del lugar donde estoy viviendo, y esto me hace pensar que no solo voy de paso, es una manera de ir sentando raíces. Ahora en México tengo amigos, tengo historia, y ese vacío que antes sentía se va llenando poco a poco.

Todo el tiempo libre que me queda se lo dedico a mi hija; por eso no tengo pasatiempos, más bien conservo el gusto por la lectura, en especial de novelas históricas. Siempre tengo un libro en mi mesa de noche. En el futuro me gustaría retomar el ejercicio, regresar a los aeróbicos.

He tenido mucha suerte, porque he podido cumplir con el plan de vida que me tracé tanto en el aspecto profesional como en mi vida personal, de forma satisfactoria y en paralelo. Afortunadamente, mi esposo es muy analítico, es muy tranquilo, y eso es muy bueno para mí porque a veces soy un poquito impulsiva. A él lo conocí en la maestría, y actualmente es consultor en geotecnia. Después de dos años de novios nos casamos en México por el civil y un año después viajamos, junto con la familia mexicana, a Colombia para celebrar la boda religiosa.

En general yo me he adaptado muy bien a México. Incluso con la comida, tal vez porque desde Colombia me gustaba el picante, y es que en realidad la base de los alimentos es la misma, solo que aquí va muy acompañado de salsas, y no necesariamente picosas. Después de vivir en México por 12 años he aprendido a cocinar, y por supuesto que combino ingredientes colombianos con mexicanos. Lo que me ha llamado mucho la atención desde que llegué a México es que aquí, a diferencia de Colombia, se socializa con la comida, y por lo mismo hay muchos restaurantes y muchos lugares donde comer. Me refiero a lugares que son desde formales hasta informales; de hecho aquí se trabaja desayunando, se trabaja comiendo, se trabaja cenando; no se concibe una reunión familiar o de amigos sin comida. Como imaginarás, no fue difícil para mí adoptar esta costumbre.

Por supuesto que estando lejos siempre extrañas a tu familia, por eso me mantengo en contacto con ellos constantemente y procuro ir a Colombia por lo menos una vez al año.

Estoy muy contenta de que logré quedarme a trabajar en investigación y en la UNAM; eso me llena mucho, es muy satisfactorio. Formar estudiantes y participar en proyectos para la infraestructura del país es muy gratificante porque estás aportando para lograr cosas buenas. Por ejemplo, en el tema del transporte es importante lograr reducir el tiempo que utilizan las personas para dirigirse a su trabajo, lo que repercute en una mejor calidad de vida. En lo personal me sentiría muy satisfecha si lográramos una etapa intermedia, es decir, que las personas que tardan mucho en desplazarse de su casa a sus trabajos pudieran disminuir esos tiempos, porque estoy segura de que esto se reflejaría en un beneficio social importante. |



El potencial de la biotecnología algal en ingeniería ambiental: Fundamentos y aplicaciones



Dr. Raúl Muñoz Torre

Universidad de Valladolid, España

LUGAR

Torre de Ingeniería UNAM

15 de agosto de 2013: Salón 1 y 2 Norte

16 de agosto de 2013 Auditorio José Luis Sánchez Bibriesca

PROGRAMA

Día 15 de agosto

10:00 - 11:00 Introducción a la biotecnología Algal (Parte Teórica)

11:00 - 12:00 Introducción al diseño de fotobiorreactores (Parte Teórica)

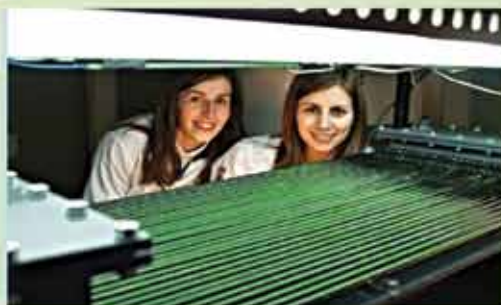
12:00 - 13:00 Diseño de un Fotobiorreactor para el tratamiento de aguas residuales (Parte Práctica)

Día 16 de agosto

10:00 - 11:00 Biocombustibles de microalgas (Parte Teórica)

11:00 - 12:00 Tratamiento de Aguas residuales y biogas con Aguas residuales (Parte Teórica)

12:00 - 14:00 Balances de Materia y Energía a un sistema de purificación de biogas acoplado al tratamiento de aguas residuales (Parte Práctica)



ENTRADA LIBRE

PREREGISTRO: Mariana Franco Morgado: MFrancoM@iingen.unam.mx

TELÉFONO: 56233600 extensión 8696

GEOTECNIA Y ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DEL TÚNEL DE LA LÍNEA 12 DEL METRO

Ismail BENAMAR
Exgerente de construcción en ICA-Construcción Especializada



INTRODUCCIÓN

La finalidad de construir gran parte del tramo poniente de la línea 12 del Metro en túnel fue minimizar las afectaciones en superficie de una zona de la ciudad densamente poblada y con presencia de algunos de los ejes de vialidad más transitados.

En la zona de los últimos 900 m al extremo poniente de la línea, el terreno es competente; no hay presencia de agua freática a nivel del trazado de la línea, y este tramo, al situarse al poniente de la estación terminal Mixcoac, tiene una sección con geometría en forma de herradura ancha para la instalación de varias vías de estacionamiento de los trenes, lo que permitió su ejecución con un método convencional (NATM) sin problemas.



La otra parte en túnel, con longitud de 7.7 km, transcurre en suelos blandos bajo nivel freático. Estos suelos varían, en el sentido oriente-poniente, desde suelos arcillosos blandos con alto contenido de agua y alta compresibilidad, hasta suelos limoarenosos compactos, e incluso con presencia de gravas y boleos. El método de excavación elegido fue con una tuneladora de presión de tierra balanceada (EPB-Earth Pressure Balanced) que permite equilibrar las presiones del terreno en el frente de excavación por medio de la presión que mantiene el material excavado dentro de la cámara de excavación de la tuneladora, y de esta forma minimizar las perturbaciones a las estructuras enterradas o superficiales cercanas al túnel.

El túnel con tuneladora tiene una diámetro excavado de 10.20 m y un diámetro terminado revestido de 9.11 m. El revestimiento está compuesto por anillos de dovelas prefabricadas de concreto armado, con espesor de 40 cm (7 dovelas + 1 cuña/anillo).

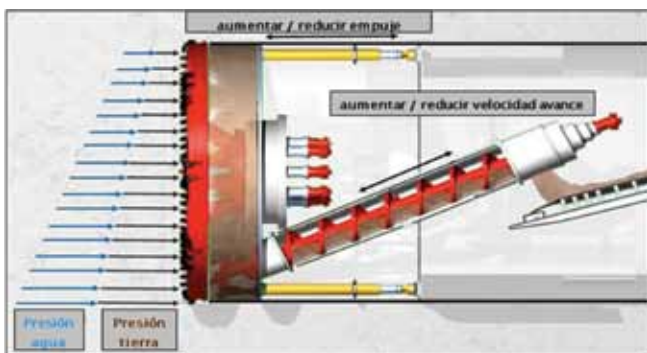


Figura 1. Principio de funcionamiento de una tuneladora tipo EPB

El objetivo del presente artículo relacionado con el túnel hecho con tuneladora de la línea 12 es presentar el contexto geotécnico en el cual se ha desarrollado la excavación del túnel, las particularidades de la tuneladora seleccionada, el procedimiento de montaje y la excavación con la tuneladora que le permite avanzar en los terrenos presentes con baja cobertura sin afectar las estructuras cercanas, y finalmente la instrumentación geotécnica llevada a cabo para el control del procedimiento de excavación.

CONTEXTO GEOTÉCNICO

En su parte inicial, el túnel se encuentra con una estratigrafía compuesta principalmente por suelos blandos arcillosos con altos contenidos de agua (hasta más del 300%), alta plasticidad y baja resistencia intercalados por lentes de arena y ceniza volcánica. Por encima de estas arcillas blandas se encuentra un estrato de arcilla arenosa de consistencia firme, y más arriba la costra o relleno superficial de materiales arenolimosos. Bajo el estrato arcilloso en el que corre el túnel se encuentran los depósitos profundos de limos arenosos y arenas con gravas aisladas.

Al avanzar hacia el poniente, el túnel se va introduciendo en los depósitos profundos de arenas limosas, limos arenosos y arenas con gravas aisladas. En el tramo intermedio del túnel, el perfil ascendente de los depósitos profundos hace que el túnel se encuentre empotrado en su parte inferior en estos depósitos más duros. Hacia el final del trazo, el túnel fue en su totalidad excavado en los limos y las arenas de la zona de Lomas, y en su paso se encontraron boleos.

Es importante mencionar que los estratos arcillosos en los que se desarrolla el túnel en su tramo inicial están sujetos, como el resto del



subsuelo arcilloso de la ciudad de México, a la consolidación regional por la extracción de agua. Dentro de la información recabada durante la campaña de investigación geotécnica se encontró el nivel de aguas freáticas entre 2 y 3 m de profundidad. De este nivel y hasta profundidades de alrededor de 11 a 15 m, la distribución piezométrica es la hidrostática. A profundidades mayores, las curvas piezométricas mostraron abatimiento hasta alcanzar los depósitos profundos donde la presión intersticial es prácticamente nula. El perfil estratigráfico del túnel se muestra en la figura 2.

Con el perfil estratigráfico del túnel establecido y los datos geotécnicos de los diferentes estratos se realizaron cálculos previos al inicio de la excavación para estimar los valores de presión frontal a aplicar durante la fase de excavación con la tuneladora EPB y los asentamientos máximos previsibles en superficie (Attewell *et al.*, 1982; Kolymbas, 2008).

Por otro lado, dada la heterogeneidad, en el sentido longitudinal, de los terrenos atravesados por la tuneladora, y para optimizar el diseño del revestimiento del túnel a base de dovelas de concreto armado, se ha dividido el trazo del túnel en 5 zonas geotécnicamente homogéneas. Se ha elaborado un diseño estructural del revestimiento distinto en cada zona (sin cambio de geometría).

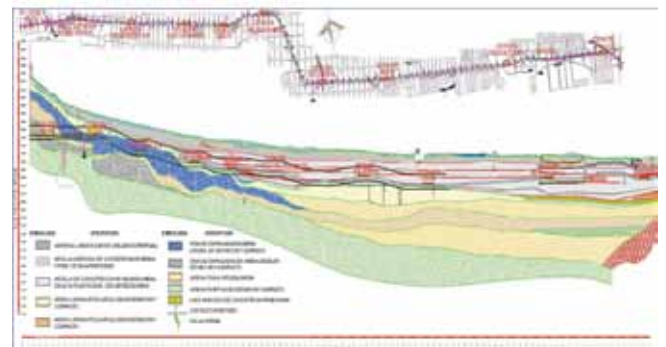


Figura 2. Perfil estratigráfico del túnel de la línea 12

CARACTERÍSTICAS DE LA TUNELADORA

El túnel de la línea 12 transcurre en un medio urbano en suelos blandos bajo nivel freático; por lo tanto, el uso de una tuneladora con frente presurizado se imponía. En este caso, dos tipos de tuneladoras se pueden usar: con presión de tierra (EPB) o con presión de lodos (Slurryshield). En los terrenos que atraviesa el túnel predominan los finos, y en este caso se recomienda el uso de una tuneladora tipo EPB, según se puede deducir de la gráfica de la figura 3. En la parte final del túnel, hacia el oeste, predominan los terrenos granulares, pero la tuneladora EPB puede lidiar con estos terrenos mediante el uso de aditivos condicionantes del terreno.

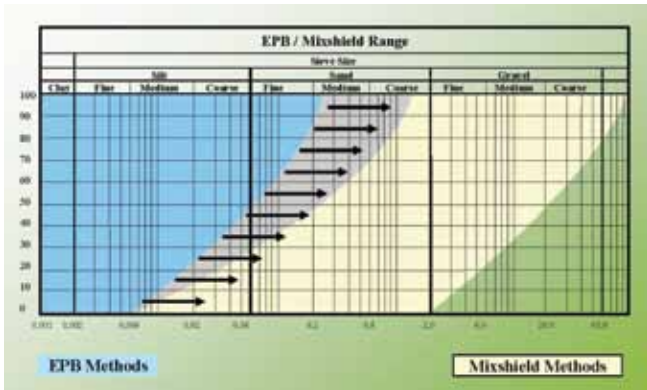


Figura 3. Gráfica de campo de aplicación de tuneladoras EPB y Slurryshield

Una vez definido el tipo de tuneladora (EPB), se trabaja de la mano con el proveedor de la tuneladora para considerar las opciones adicionales que debe llevar la máquina para adecuarla a las condiciones de la obra. En este caso, se consideran para su estudio parámetros como la longitud total por excavar, las dimensiones de las lumbreras de inicio y de salida, el diámetro de excavación como función del gálibo funcional del túnel, el método de retiro de rezaga, las características geométricas del alineamiento del túnel (pendientes y curvas), etc. Las principales características geométricas y físicas de la tuneladora seleccionada están resumidas en la tabla 1.

Tabla 1. Principales características de la tuneladora

Diámetro de excavación	10.20 m
Diámetro interior del revestimiento	9.11 m
Longitud total escudo + back up	108 m
Empuje máximo	8400 t
Torque máximo	20 300 kN.m
Potencia eléctrica instalada	5000 kVA
Capacidad de retiro de rezaga	360 m ³ /h
Peso total	1100 t

Un requisito importante en este túnel, excavado en medio urbano denso con gran diámetro en suelos blandos y con baja cobertura, es minimizar los asentamientos en superficie y las interacciones con las estructuras vecinas enterradas o en superficie. Para su cumplimiento se ha decidido usar la inyección de relleno anular (entre el terreno excavado y el revestimiento de dovelas) atrás de la tuneladora mediante bicomponente. Es una técnica muy utilizada en Japón, pero poco común en el resto del mundo al momento que fue pedida esta tuneladora (a finales de 2008). Últimamente estamos viendo que su uso se está generalizando.

El bicomponente es una mezcla de dos líquidos:

- Líquido A: lechada, que a su vez es una mezcla de agua, bentonita y cemento.
- Líquido B: aditivo acelerante.

Los líquidos A y B están almacenados en dos tanques distintos en el *back up* de la tuneladora y se inyectan a través de dos circuitos paralelos e independientes. Los dos líquidos se mezclan únicamente en la parte final del sistema de inyección justo antes de llegar al espacio anular. Al momento que se mezclan, el líquido B actúa sobre el líquido A para generar una masa gelatinosa en cuestión de segundos, y en algunos minutos se inicia el fraguado de la mezcla (ver figura 4).

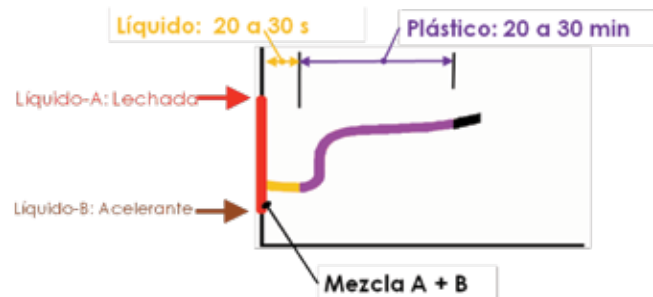


Figura 4. Curva de inicio de fraguado de la mezcla bicomponente

Con su fraguado rápido en el terreno, el uso del bicomponente en los terrenos muy blandos con capacidad nula de autosoporte, como el caso de las arcillas blandas de la ciudad de México, nos ha permitido mantener los asentamientos en superficie en rangos controlables que no han afectado las estructuras vecinas.

ENSAMBLE DE LA TUNELADORA E INICIO DE LA EXCAVACIÓN

El proceso de excavación del túnel de la línea 12 se inició con el ensamble de la tuneladora en el sitio de la obra. Comúnmente se lleva a cabo un preensamble y pruebas de las tuneladoras en la planta de fabricación del proveedor previamente a su envío a la obra y posteriormente a su ensamble definitivo. En el caso de la tuneladora de la línea 12, se llevó a cabo el primer ensamble de la tuneladora directamente en el sitio de obra en un proceso llamado On-site First Time Assembly (OFTA). El proceso OFTA fue convenido con el proveedor desde la fase de pedido de la tuneladora para reducir el plazo de entrega de sus componentes al sitio de la obra. El proceso completo de montaje y prueba de la tuneladora en el sitio de la obra tardó 2.5



meses, que se considera dentro del promedio de tiempos de ensamble de tuneladoras similares. Esto significa que el ahorro en tiempo que ha aportado el proceso OFTA es real y puede considerarse en otros proyectos similares.



Figura 5. Proceso de ensamble de la tuneladora

La lumbrera de ensamble de la tuneladora está situada entre las estaciones Atlalilco y Mexicaltzingo. Esta lumbrera fue ejecutada mediante pantallas preexcavadas de concreto armado (muros Milán). Es rectangular, de 34 m de largo, 14 m de ancho y 17 m de profundidad. Se ha optimizado su diseño para poder disponer de la máxima área libre para el ensamble del escudo. Esta lumbrera ha permitido el ensamble en su fondo del escudo y del primer remolque del *back up* que contiene en particular el segundo tornillo sin fin, la cabina de operación de la tuneladora y las unidades hidráulicas. El resto de los remolques del *back up* (6 remolques) fueron ensamblados en superficie y conectados al escudo mediante “cordón umbilical”, constituido por una serie de mangueras hidráulicas y cables eléctricos que han permitido el inicio de la excavación con los 6 remolques del *back up* en superficie. A medida que avanzaba el escudo en el terreno, se podían bajar los remolques por pareja y seguir así avanzando hasta que se completó toda la tuneladora dentro del túnel.

Antes de iniciar la excavación se ha realizado un mejoramiento del terreno detrás del muro de ataque de la lumbrera de ensamble, lo que ha permitido demoler la sección equivalente a la rueda de corte de la tuneladora en el muro de ataque sin riesgo de inestabilidad del terreno. También se ha colocado un doble sello circular sobre el muro de ataque y dentro del cual pasó la rueda de corte antes de iniciar la excavación del terreno.

El mejoramiento del terreno se ha realizado por sustitución del terreno de mala calidad mediante la ejecución de pilas de suelo-cemento. Este mejoramiento tiene la ventaja, en este caso, de ser fácil de ejecución y económico, y se coloca un terreno mejorado estable con resistencia final no muy alta (del orden de 3 MPa).

Este mejoramiento se ha ejecutado en la entrada y la salida de todas las estaciones subterráneas cruzadas por la tuneladora.



Figura 6. Vista del terreno mejorado

INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO DE LA EXCAVACIÓN

La instrumentación geotécnica es una parte muy importante dentro del proceso de excavación de un túnel, ya que permite verificar los efectos que la excavación está produciendo en el terreno, en superficie, en el mismo túnel y en las estructuras cercanas al túnel.

El túnel de la línea 12 se ha excavado en condiciones adversas: terreno excavado de muy mala calidad, por debajo del nivel freático, en zona urbana densa, gran diámetro de excavación con poca cobertura de terreno en el techo del túnel (entre 0.7 y 1.4 veces el diámetro de excavación), cruce de estructuras sensibles, etc. Por esta razón, se ha elaborado un extenso plan de instrumentación a lo largo del trazo del túnel, que incluye mediciones en superficie y en profundidad, en el terreno y en las estructuras potencialmente afectadas, incluido el propio túnel.

El plan de instrumentación se ha dividido en dos partes:

- Instrumentación convencional a lo largo del trazo del túnel, que incluye referencias superficiales sobre el eje del túnel, referencias transversales al eje del túnel, medición de convergencias en el túnel, referencias en todas las fachadas de los edificios y casas alrededor



Figura 7. Ejemplo de curva de asentamientos sobre el eje del túnel (escala vertical en metros)

del trazo del túnel, y medición de inclinación de todos los edificios de más de 3 pisos alrededor del trazo del túnel.

- Instrumentación detallada enfocada a estructuras sensibles, y que incluye inclinómetros, extensómetros, piezómetros, piezoceldas, celdas de carga en las dovelas del revestimiento, medición de convergencia automatizada dentro del túnel e inclinómetros en las estructuras elevadas.

La instrumentación convencional nos permite llevar un control continuo durante la fase de excavación del túnel y poder corregir el procedimiento de excavación con la tuneladora en presencia de cualquier anomalía en los resultados de las mediciones llevadas a cabo. Esto supone una alimentación permanente y en tiempo de la información generada al equipo de ejecución del túnel para poder actuar, en su caso, de manera oportuna.

Todos los resultados de esta instrumentación han sido conformes a lo previsto en cada una de las zonas geotécnicas atravesadas por el túnel: los asentamientos máximos han sido iguales o menores a los calculados sin afectar las estructuras vecinas, y las convergencias dentro del túnel han sido limitadas a un máximo de 0.4 % del diámetro interior del túnel.

La instrumentación detallada ha sido instalada estratégicamente en las siguientes cinco secciones:

Iglesia San Marcos: paso del eje de la tuneladora a 10 m del borde de una iglesia del siglo XVI con cimentación superficial.

Cruce Churubusco: paso del túnel por un cruce bajo colector en funcionamiento de diámetro 4 m, bajo un río entubado y entre dos columnas de un puente vial con cimentación profunda a base de pilas. La distancia entre el techo del túnel y la base del colector es igual a 4 m. La distancia mínima entre el túnel y las pilas de los apoyos del puente es igual a 5 m.

Cruce Tlalpan: paso del túnel bajo la línea 2 del Metro, la cual es superficial en este tramo con una cobertura de terreno de apenas 8 m.

El túnel cruzó también un paso deprimido vehicular con una cobertura de apenas 5 m.

Cruce Tokio: paso del túnel bajo casas de 1 a 3 niveles sin cimentación profunda y en un caso con un nivel de sótano. Paso del túnel a una distancia mínima de 60 cm de las pilas de cimentación de un edificio alto.

Cruce Zapata: paso del túnel bajo la línea 3 del Metro, la cual está en un cajón somero con una cobertura de 3 m.

A pesar de la complejidad de estos cruces, después de realizar análisis numéricos de interacción suelo-estructura para simular el paso de la tuneladora por estos cruces, se ha concluido que si se lleva un control riguroso de los parámetros de avance de la tuneladora, las deformaciones que iban a ser generadas no deberían ocasionar desperfectos a las estructuras vecinas en cada cruce. Y, por lo tanto, no era necesario llevar trabajos de refuerzo del terreno alrededor de estos cruces antes del paso de la tuneladora.

En cada caso, los instrumentos fueron instalados semanas antes del paso de la tuneladora, así como también las lecturas fueron verificadas y estabilizadas. En el caso de la instrumentación detallada, a excepción de los inclinómetros, los otros instrumentos miden de manera continua y con la frecuencia deseada los datos almacenados en un *datalogger* que a su vez era verificado y sus datos analizados hasta 4 veces por día.

En la figura 8 podemos ver la configuración del cruce Churubusco.

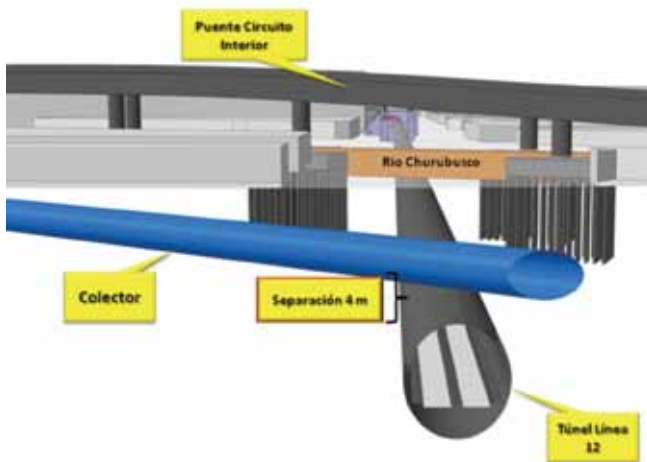


Figura 8. Configuración del cruce Churubusco

En las figuras 9a a 9c podemos ver las gráficas de los resultados de mediciones durante y después del paso de la tuneladora por el cruce Churubusco.





Figura 9a. Ubicación y mediciones de los inclinómetros

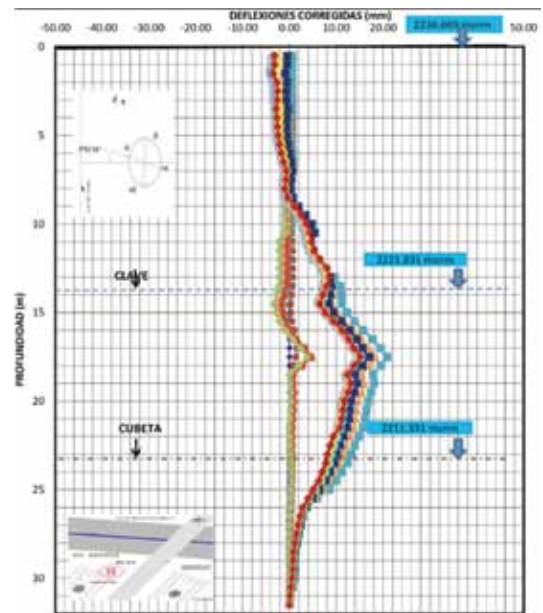


Figura 9c. Mediciones del inclinómetro

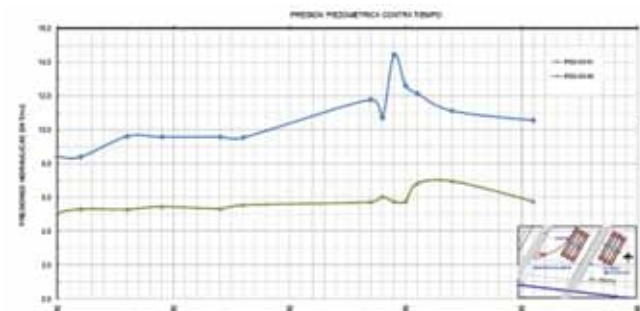


Figura 9b. Mediciones de los piezómetros

Se puede observar que las magnitudes de las deformaciones fueron limitadas y tendieron hacia la estabilidad rápidamente después del paso de la tuneladora. Al igual, para la presión piezométrica se ha notado un incremento temporal durante el paso de la tuneladora y después del paso se volvió a estabilizar a su valor anterior al paso. Esto demuestra también que el túnel es estanco y no actúa como un dren.

Lo anterior fue resultado de un estricto control de los parámetros de avance de la tuneladora, como la presión frontal, y el volumen y la presión de inyección de la mezcla bicomponente en el espacio anular entre terreno y revestimiento.

Este control se está realizando gracias a la disposición de una conexión que permite la visualización de todos los parámetros de avance de la tuneladora en tiempo real desde cualquier ordenador equipado de una conexión a Internet. Estos datos también se almacenan con una frecuencia seleccionada y se procesan diariamente para su posterior análisis.

CONCLUSIONES

Para la excavación del túnel de la línea 12 se eligió el método de excavación con tuneladora tipo EPB a la cual se acondicionaron algunos complementos necesarios para llevar un mejor control de las deformaciones en las condiciones adversas de excavación de este túnel.

Con la instrumentación instalada fue posible medir en tiempo real los efectos de la excavación en el entorno. Los resultados muestran que el control de los parámetros de avance de la tuneladora fue el adecuado.

Es importante observar que los parámetros de avance se están llevando con base en valores calculados, y estos valores dependen de los datos geotécnicos del terreno obtenidos a partir de una extensa campaña geotécnica.

REFERENCIAS

- Atwell y Woodman (1982), Predicting the dynamics of ground settlement and its derivatives caused by tunneling in soil, *Ground Engineering* 15(8), pp. 13-22.
- Kolymbas (2008), *Tunnelling and tunnel mechanics - a rational approach to tunnelling*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Alemania, pp. 331-336.

Seguimiento de la producción de artículos publicados en revistas con factor de impacto del personal académico del II

Para informar sobre la publicación de artículos indizados en revistas del Journal Citation Report (JCR) por parte del personal académico del Instituto, y con ello darle seguimiento a la meta institucional de un

artículo del JCR por investigador y por año, la USI-Biblioteca mantendrá un servicio de alerta mensual sobre este tipo de producto académico con base en el monitoreo de la Web of Science.

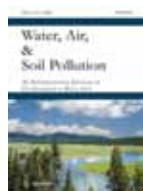
ACUMULATIVO A LOS MESES DE JULIO Y AGOSTO: 35



- **Ávila-Carrera, R.; Sánchez-Sesma, F. J. (2013).** The variational projection method (VPM): A modern technique to simulate the seismic response of shallow alluvial valleys. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 50, pp. 134-142. FI: 1.210



- **Güereca, L. P.; Torres, N.; Noyola, A. (2013).** Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 47, pp. 396-403. FI: 3.398



- **Buitrón, G.; Cervantes-Astorga, C. (2013).** Performance Evaluation of a Low-Cost Microbial Fuel Cell Using Municipal Wastewater. *Water, Air and Soil Pollution*, 224 (3), pp. 1-8. FI: 1.748



- **Gutiérrez-Castrejón, R.; Torres-Ferrera, P. (2013).** Design and technical feasibility of next 400 GbE 40-km PMD based on 16 × 25 Gbps architecture. *Journal of Lightwave Technology*, 31 (14), pp. 2386-2393. FI: 2.555



- **Carmona Benítez, R. B., Carmona Paredes, R. B., Lodewijks, G., Nabais, J. L. (2013).** Damp trend Grey Model forecasting method for airline industry. *Expert Systems with Applications*, 40 (12), pp. 4915-4921. FI: 1.854



- **Jaimes, M. A.; Reinoso, E.; Esteva, L. (2013).** Seismic vulnerability of building contents for a given occupancy due to multiple failure modes. *Journal of Earthquake Engineering*, 17 (5), pp. 658-672. FI: 0.661



- **Carrillo, J.; Alcocer, S. M. (2013).** Shear strength of reinforced concrete walls for seismic design of low-rise housing. *ACI Structural Journal*, 110 (3), pp. 415-425. FI: 0.806



- **Ordaz, M.; Martinelli, F.; D'Amico, V.; Meletti, C. (2013).** CRISIS2008: A flexible tool to perform probabilistic seismic hazard assessment. *Seismological Research Letters*, 84 (3), pp.495-504. FI: 3.036



- **Carrillo, J.; Alcocer, S. M. (2013).** Simplified equation for estimating periods of vibration of concrete wall housing. *Engineering Structures*. 52. pp. 446-454. FI: 1.713



- **Solís, J. C.; Sheinbaum, C. (2013).** Energy consumption and greenhouse gas emission trends in Mexican road transport. *Energy for Sustainable Development*, 17 (3), pp. 280-287. FI: 2.221

“Un idioma es la sangre de un pueblo; el lenguaje, la de la humanidad”. Juan Karigüe¹



VOCALES, DIPTINGOS, Y ACENTOS

Después de las deliciosas vacaciones, que deseo hayan sido disfrutadas al máximo por todos, voy a tratar un tema bastante

sencillo, pero que sospecho no está bien entendido, porque con frecuencia encuentro acentos mal colocados por su culpa. ¿Saben bien cuáles son las vocales cerradas o débiles y cuáles las abiertas o fuertes? ¿Tienen dudas al dividir las palabras en sílabas por haber olvidado esto?

Las **cerradas o débiles** son **i, u**, y las **abiertas o fuertes**, **a, e, o**

Seguro que recuerdan que en la escuela nos repitieron muchas veces que un diptongo (unión de dos vocales en una sílaba) se forma con una cerrada y una abierta (o viceversa)². Esto ayuda a atinar cuándo ponerle tilde a ciertas palabras, porque si la fuerza de la voz está en la vocal cerrada de un diptongo, esta vocal se fortalece y es como si ambas vocales fueran abiertas o fuertes, con lo cual ya son dos sílabas y no un diptongo. Dado que la regla de acentuación más conocida alude a la clasificación por sílabas prosódicas —según la fuerza de la voz caiga en la última, penúltima o antepenúltima sílaba las palabras son agudas, graves o esdrújulas—, saber si tenemos diptongo o dos sílabas es muy útil para acentuar gráficamente bien. Otra regla esencial es: si la fuerza de la voz recae en una vocal cerrada (i,u), en aparente diptongo, **esta vocal se acentúa gráficamente siempre** y el diptongo no existe.

Ejemplos:

a-tri-bu-l-a, som-brí-o, co-hí-ba, E-lí-as, Ka-lú-a, ba-hí-a, son-re-l-a, o-l-a, for-mal-de-hí-do, po-li-te-ís-mo, rí-o, re-ír, re-ú-ne, re-ú-so, sal-drí-a, si-tú-a, va-cí-o, va-lí-a, ve-hí-culo, e-go-ís-mo, grú-a, dú-o, o-ír, pl-o, o-ír...

Según haya o no este reforzamiento de la vocal cerrada (que se llama hiato por la pausa que separa las vocales cuando sucede), los vocablos suelen tener diferente sentido, como en: *-con-ti-nú-a/con tí nua, sa-bí-a/sa-bia, ha-cía/ha-cí-a, a-ú-lla/au-lla, va-cío/va-cí-o, ac-tú-a/ac-tua-re-mos, re-ír/rei-rá, a-lí-as/a-lías, a-cen-tú-a/a-cen-tuar, a-hú-man/ahu-mado...*

En cualquier caso, aprender a oír las diferencias de fuerza prosódica en cada palabra es esencial para escribir los

acentos correctamente. Entre *de-se-é* y *de-se-e*, *pa-se-é* y *pa-se-e* (pretérito o presente de subjuntivo) para escribir con tino el acento hay que sentir primero dónde va. Los pretéritos *deseé* y *paseé* son palabras agudas que se acentúan gráficamente si terminan en vocal; *desee* y *pasee* son graves que no terminan en consonante, por eso no se acentúan. Dos vocales abiertas o cerradas juntas constituyen dos sílabas y se acentúan según las reglas de acentuación más generales: *o-cé-a-no, e-é-li-co, diá-me-tro, ca-ú-ti-co sín-dro-me, es-pé-ci-men*, etc, son **esdrújulas** y **siempre** se acentúan; *crá-ter; es-tán-dar, í-tem, sí-mil, lí-der, bú-rax, ná-huatl, ar-ca-ís-mo*, etc, son **graves** y llevan tilde si terminan **en consonante**, salvo n o s; *ar-gón, cha-flán, ar-ma-zón, a-trás, fric-ción, es-tá, te-rra-plán, de-ri-va-ción, bur-gués, tra-vés, Pa-rís, co-mún, Pe-rú*, etc, son palabras **agudas** que llevan tilde si terminan **en vocal, n o s**.

La razón de que se acentúen palabras graves como *dis-tra-í-do, con-tra-í-do, ar-ca-ís-mo*, que no terminan en consonante, muestra la preponderancia de la regla de la tilde en las vocales usualmente cerradas que se hacen abiertas por el acento prosódico. En ejemplos como *es-tru-í-do*, y *cons-tru-i-do* simplemente hay dos vocales cerradas, que no ameritan tilde.

DIVISIÓN DE PALABRAS AL FINAL DE RENGLÓN

Al cortar una palabra porque se acabó el renglón, se debe considerar que las consonantes no pueden ir solas, necesitan siempre una vocal, y aunque las vocales aisladas sí son una sílaba, no es aceptable ponerlas así al terminar un renglón. Es mejor escribir: *ale-gría*, que dejar a la **a** sola al final de la línea (*a-legría*). Además estas separaciones al final de línea pueden hacerse también etimológicamente: es decir, *des-am-pa-ro* es tan correcto como *de-sam-pa-ro*. Los dígrafos **rr, ll, ch** nunca deben separarse, no los dejen solos con el procesador.



Se acabó la página y, aunque hay mucho más que decir de las sílabas y los acentos, me conformo aquí con aspirar a que aprovechemos el entusiasmo y alegría de los mejores momentos al retomar seriamente el trabajo.

Olivia Gómez Mora (OgomezM@ingen.unam.mx)



¹Poeta y novelista peruano que vive actualmente en Argentina y nació en 1944. No está incluido en la Wikipedia, pero algunos de sus poemas y pensamientos me parecen excelentes.

²Omito tratar los triptongos por falta de espacio y porque su funcionamiento no difiere mayormente del de los diptongo para la acentuación.



series instituto, de ingeniería

**CASI 700 TÍTULOS DE TODAS
LAS ÁREAS DE LA INGENIERÍA.
DESCARGA GRATUITA**

Serie Investigación y Desarrollo (AZUL)

- Investigaciones del Instituto de Ingeniería
- Arbitradas por especialistas nacionales e internacionales
- En español o inglés

Serie Manuales (VERDE)

- Normas, reglamentos, manuales, bases de datos

Serie Docencia (OCRE)

- Temas especializados de cursos universitarios

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

<http://www.ii.unam.mx> (PUBLICACIONES)

- Gratuitamente accesibles en todo el mundo
- Catálogo (2012-1956)
- Instrucciones a los autores

Informes: 56 23 36 00, ext. 8114

