



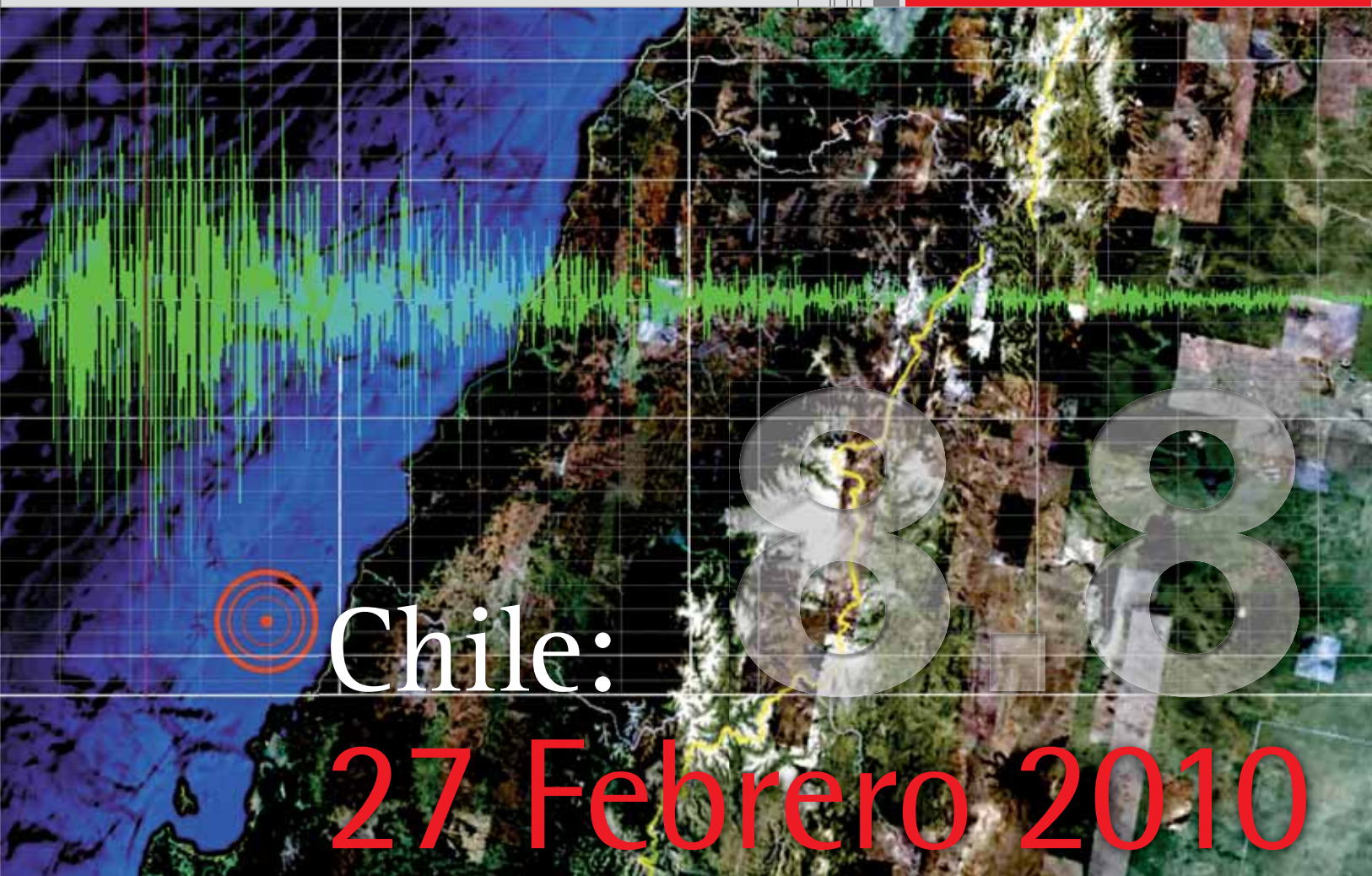
**fcfm**

Ingeniería  
y Ciencias

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Revista

n°48 | OTOÑO-INVIERNO 2010



Chile:

8.8

27 Febrero 2010

Lecciones y  
Reflexiones  
de la  
Catástrofe

IDIEM:  
Certificando  
entre  
Réplicas

Hospitales:  
El paciente  
más crítico

Terremoto y  
Tsunami  
El Nuevo  
Chile Costero

El Chequemático que revoluciona  
el sistema de autoservicio

n°48 | O T O Ñ O  
I N V I E R N O

**fcfm**

Ingeniería  
y Ciencias

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Representante Legal  
Francisco Brieva R.

Director  
Patricio Aceituno G.

Editora Periodística  
Valeria Villagrán A.

Periodistas:  
Ana María Sáez C.  
Sofía Vargas P.

Colaboradores:  
Daniela Cid M.,  
Ana Gabriela Martínez A.,  
Jorge Rivas O.

Fotografía:  
Patricio Baeza, Marco Antonio Angelini,  
Miguel Candía, Pablo Madariaga.  
Equipo Área de Comunicaciones y  
Colaboradores FCFM.

Dirección  
Beauchef 850, Torre Central, 3° piso  
Área de Comunicaciones  
Santiago, Chile  
Teléfono: 9784417  
E-mail: [comunicaciones@ing.uchile.cl](mailto:comunicaciones@ing.uchile.cl)  
Sitio Web: [ingenieria.uchile.cl](http://ingenieria.uchile.cl)

Diseño:  
[www.publisiga.cl](http://www.publisiga.cl)

Revista FCFM es una publicación  
de la Facultad de Ciencias Físicas y  
Matemáticas de la Universidad de Chile.  
La reproducción, total o parcial, de sus  
artículos debe citar el nombre de la Revista  
y su Institución.

Revista FCFM n°48 – ISSN 0716-3088

Versión online disponible en:  
[http://ingenieria.uchile.cl/revista\\_fcfm](http://ingenieria.uchile.cl/revista_fcfm)

siempre un paso más adelante

[www.ingenieria.uchile.cl](http://www.ingenieria.uchile.cl)

## Noticias y Eventos

• Semana de Inducción • Según estudio internacional el "CL" es el más seguro de América • Prof. Roberto Román elegido vicepresidente de la International Solar Energy Society • Profesores del DCC obtienen Best Paper Award • Prof. Juan Asenjo es el nuevo presidente de la Academia Chilena de Ciencias • MOP premia a académicos • FCFM y Gallyas firman acuerdo de cooperación • Académico joven del DIE gana competencia en la Universidad de Wisconsin-Madison • FCFM adquiere el computador más poderoso del país • Departamento de Ingeniería Industrial inauguró Nuevo referente para el diseño e implementación de políticas públicas • Fallece académico del DIE Óscar Moya • Tecnología 4G se probó en Beauchef..... 2-7

## Actualidad

- Radiografía al Terremoto..... 8-11
- Lecciones y Reflexiones de la Catástrofe..... 12-19
- Red de Acelerógrafos: Ciudades Monitoreadas ..... 20-23
- IDIEM: Certificando entre Réplicas..... 24-26
- Hospitales: El paciente más crítico..... 27-29
- Breves..... 30-31

## Investigación

- Terremoto y Tsunami: El Nuevo Chile Costero ..... 32-35
- Estudio de Grietas: Fracturas que dejan huella ..... 36-37

## Facultad

- Beauchefianos: ¡Manos a la obra!..... 38-39



5



12



24



43



48

## Alumnos

- Preuniversitario José Carrasco Tapia: 20 años entregando Oportunidades..... 40-42

## Vinculación empresa

- El Chequemático que revoluciona el sistema de autoservicio..... 43-45
- Juan Manuel Torres, Vicepresidente de Constructora Tecsca Fe Grande: Devolver la mano..... 46-47

## Históricos Innovadores

- Una historia en partículas..... 48-51

## Recomendaciones Online

- Gonzalo Palma • Paulina Lira • Juan Velásquez ..... 52

## Semana de Inducción da la bienvenida a los mechones de la FCFM

Conocer a los compañeros de sección, establecer los primeros lazos de amistad, recorrer las instalaciones y prepararse para el comienzo de clases, fueron las principales objetivos de la sexta versión de la Semana de Inducción realizada en marzo, actividad en la que participan los estudiantes de primer año de Plan Común y que en esta oportunidad tuvo un componente especial con motivo del terremoto.

"Estas jornadas cumplen con el objetivo de romper el hielo los primeros días, la idea principal es que se acerquen y conozcan la Facultad", señaló el Profesor Héctor Augusto, coordinador de la actividad. A diferencia de años anteriores, las jornadas fueron más cortas con el objetivo de que los estudiantes se unieran durante las tardes a las labores de voluntariado que los alumnos de Beauchef realizaron en beneficio de los afectados por el sismo de febrero pasado.



## Según estudio internacional el ".CL" es el más seguro de América para navegar por la web

La tercera versión del estudio anual "Mapping the Mal Web", realizado por McAfee, empresa internacional de seguridad, posicionó al dominio .CL de Chile como el más seguro de América Latina para navegar por la web, ubicándolo en el lugar 23 del mundo.

El estudio analizó más de 27 millones de sitios web ubicados bajo 104 dominios en todo el globo y buscó vulnerabilidades en los sitios como spyware, phishing, pop-ups excesivos y descargas maliciosas. La publicación ubicó a Chile como líder de la región, seguido por Uruguay, Brasil y México.

En nuestro país .CL es administrado por NIC Chile, dependiente del Departamento de Ciencias de la Computación, DCC, de la FCFM. Según señala el Director de NIC Chile, profesor Patricio Poblete, la positiva evaluación obtenida en este estudio internacional "es un incentivo importante al desarrollo del comercio electrónico y a todo tipo de transacciones realizadas por esta vía". Agregó que las características que hacen de .CL un lugar seguro a nivel mundial se basan en la exigencia de proveer un medio de identificación de titular válido en el país y en una respuesta rápida frente a denuncias de phishing. En la misma línea, Hugo Salgado,



ingeniero de NIC Chile, afirma "la clave para mejorar la seguridad del sistema está en tener una coordinación rápida con los proveedores de hosting. Así, ante cualquier denuncia podemos responder rápidamente".

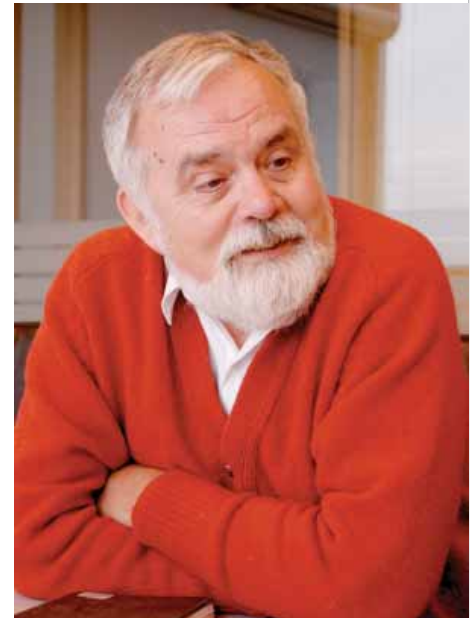
## Profesor Roberto Román elegido vicepresidente de la International Solar Energy Society

El académico del Departamento de Ingeniería Mecánica, Roberto Román, fue elegido Vice President for Membership Affairs de la International Solar Energy Society (ISES), la organización académica internacional más antigua y prestigiosa en el campo de la energía solar, con presencia en 50 países.

El profesor Román, quien es socio de esta organización desde hace más de 30 años e integró su directorio entre 1990 y 1992, ocupa el nuevo cargo desde marzo de este año. La nominación resultó de una elección interna entre los veinticinco miembros del Directorio. En el mismo proceso se escogió

al Dr. David Renée, del NREL (National Renewable Energy Laboratories, USA) como Presidente de ISES.

Para el profesor Román este cargo presenta muchos desafíos, destacando "el de integrar a profesionales jóvenes en estas materias. Tenemos que contar con una generación de recambio, jóvenes que se involucren con el tema de las energías renovables", y agrega que "tener una sociedad más sustentable pasa absolutamente por el uso masivo de estas energías. Creo que la energía nuclear no es opción y el petróleo tampoco. Lo que se requiere es un cambio cultural y esos son los cambios más difíciles. Y por ello debemos trabajar", concluyó el académico.



## Profesores del DCC obtienen Best Paper Award

Con la investigación "Execution Levels for Aspect-Oriented Programming" el académico del Departamento de Ciencias de la Computación (DCC), Eric Tanter obtuvo el reconocimiento Best Paper Award, en la novena edición de la "International Conference on Aspect-Oriented Software Development", una de las conferencias más prestigiosas del área, realizada entre el 15 y 19 de marzo en Rennes y Saint Malo, Francia. Dentro de los aportes de este estudio, el profesor Tanter destaca "la identificación de un problema fundamental en el diseño de lenguajes de programación por aspectos ("AOP"), que está latente en todos los lenguajes propuestos hasta la fecha, incluyendo los más usados como AspectJ".

Por otra parte los profesores del DCC, Nelson Baloian y José A. Pino, con el artículo "Learning with patterns: an effective way to implement computer supported pervasive learning",



Profesores Eric Tanter, José A. Pino y Nelson Baloian.

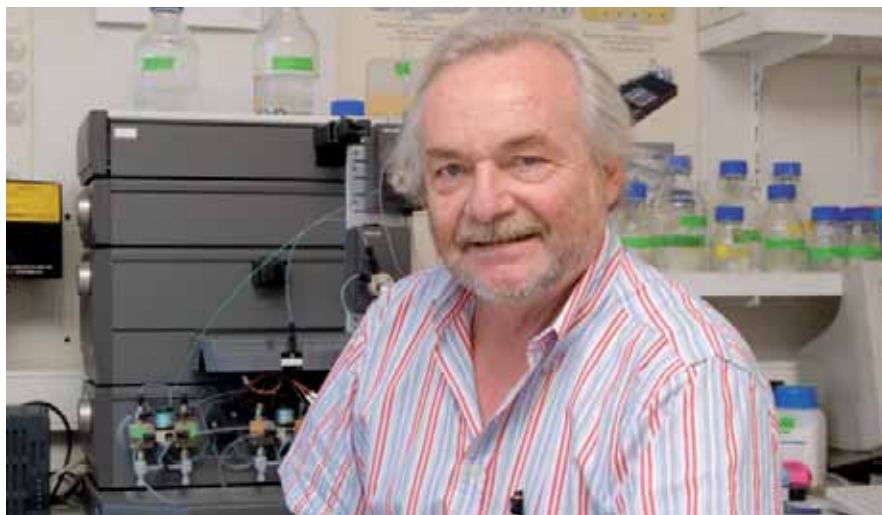
obtuvieron el Best Paper Award en la 14th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2010), una de las conferencias más importantes a nivel mundial sobre

Sistemas Colaborativos, que se realizó del 14 al 16 de abril en Shanghai, China. Este trabajo ilustra cómo la tecnología puede apoyar a los estudiantes en forma continua, sin interrupciones tecnológicas o metodológicas.

## Prof. Juan Asenjo es el nuevo presidente de la Academia Chilena de Ciencias

**E**n diciembre pasado la Academia Chilena de Ciencias realizó su proceso de elecciones para la directiva 2010-2012. El académico del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología de la FCFM, Juan Asenjo de Leuze, fue electo como Presidente del organismo.

El profesor Juan Asenjo es Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas (2004), Ingeniero Civil Químico de la Universidad de Chile y Doctor de la University College London. Actualmente dirige el Instituto Milenio de Dinámica Celular y Biotecnología (ICDB), albergado en la FCFM y encabeza el Centro de Ingeniería Bioquímica y Biotecnología, perteneciente al Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología de la FCFM. Es autor de 175 publicaciones en revistas internacionales y capítulos de libro, y forma parte del Comité Editorial de siete revistas internacionales en las áreas de su especialidad.



Asenjo, es Miembro de Número de la Academia Chilena de Ciencias y fue Vicepresidente de la institución entre los años 2004 y 2009.

Desde este nuevo cargo, el Prof. Asenjo señaló que la ciencia en Chile posee dos problemas centrales: su desconocimiento por parte de la sociedad y de los líderes de opinión; y la desvinculación que la

ciudadanía tiene entre ciencia y desarrollo país. "La única forma de desarrollar innovación es entregando más recursos a las ciencias básicas y aplicadas. Además es necesario priorizar. Por ejemplo, la física experimental y las ingenierías son algunas de las disciplinas que deberían recibir recursos adicionales, tal como se ha hecho en los países del Sudeste Asiático, Brasil, Estados Unidos y Europa".

## MOP premia a académicos de la FCFM

**C**omo un reconocimiento a su contribución a mejorar la infraestructura del país, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) otorgó el 29 de enero el premio "Presidente José Manuel Balmaceda", al Profesor Titular de la FCFM, Ernesto Brown y al ex director del IDIEM, Pedro Ortigosa.

El premio, que lleva el nombre de quien fuera Presidente entre 1886 y 1891, bajo cuya administración se creó el Ministerio de Obras Públicas, fue entregado a 15 profesionales elegidos por el equipo directivo del MOP y a entidades vinculadas a su labor, universidades y colegios profesionales. A los profesores Brown y Ortigosa el galardón les fue otorgada con el grado de "Gran Oficial" por logros destacados y larga trayectoria.

Según palabras del entonces Ministro de Obras Públicas, Sergio Bitar, los premiados se han caracterizado como "personas creativas e inteligentes con vocación de servicio público, que destacan por su integridad personal y el cultivo de valores". Agregó que "el Ministerio quiere premiar a quienes, a través de sus obras, buscan mejorar la calidad de vida de la gente".

Ambos condecorados se mostraron sorprendidos con el premio y valoraron la iniciativa. "Siempre he estado relacionado con el tema de los recursos de agua, básicamente es un premio a la trayectoria y es bueno que se valore el trabajo y el aporte realizado", dijo Ernesto Brown.

Prof. Ernesto Brown.



## FCFM y Gallyas firman acuerdo de cooperación en telecomunicaciones

Aunar conocimientos en el ámbito de las telecomunicaciones es el propósito del convenio firmado el pasado 24 de marzo entre la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM), a través de su Departamento de Ingeniería Eléctrica, y la empresa Gallyas S.A.

El convenio, que tendrá una duración indefinida, fue firmado por el Decano de la FCFM, Francisco Brieva, y por el Gerente General de Gallyas S.A., Alfredo García. La iniciativa contempla la realización de proyectos de investigación



Alfredo García, Gerente de Gallyas, y el Decano de la FCFM, Francisco Brieva.

conjuntos, programas de capacitación, estadias de profesionales de Gallyas S.A. en las instalaciones de la FCFM, prácticas profesionales para estudiantes y la entrega del premio "Gallyas" que reconocerá al mejor Ingeniero Civil Eléctrico de cada promoción.

El acuerdo establecido surgió tanto por el reconocimiento en la formación de ingenieros civiles eléctricos de la FCFM y su capacidad académica y de investigación en el área de telecomunicaciones, como por la innovación y la calidad de servicios de radiocomunicaciones por parte de Gallyas.

## Académico joven del DIE gana competencia en la Universidad de Wisconsin-Madison

Una excelente noticia recibió el 21 de abril, el joven académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE) de la FCFM, Patricio Mendoza, quien obtuvo junto a los estudiantes de doctorado, Daniel Ludois y Jonathan Lee, el primer lugar en la competencia "Climate Leadership Challenge", organizada por la Universidad de Wisconsin-Madison.

El objetivo del concurso fue impulsar ideas innovadoras para contrarrestar el cambio climático. La idea desarrollada por el equipo fue "The Microformer", una solución de bajo costo para la distribución de energía eléctrica en zonas rurales de países en vías de desarrollo. Además, puede trabajar a la par con fuentes de energías renovables.

Patricio Mendoza (izq.) junto a sus compañeros de doctorado también premiados.



El sistema utiliza componentes reciclados por lo que reduce los costos para su construcción.

"Desde el punto de vista técnico, es un sistema de distribución eléctrica que funciona con 2.500 Volts, y que permite alcanzar mayores distancias de cobertura, pues reduce las pérdidas de transmisión que típicamente se encuentran en las redes rurales de baja tensión", señaló el profesor Mendoza.

Esta innovación les permitió obtener el premio "most action-ready", que consistió en US\$50.000 para el desarrollo del proyecto y US\$5.000 para un viaje promocional. Entre los criterios de selección del proyecto ganador -concuraron 22 propuestas- los jueces consideraron tanto la rapidez con que podrían ser implementados, como el impacto social en la comunidad.

## FCFM adquiere el computador más poderoso del país



Una significativa mejora en su capacidad de modelamiento y simulación numérica obtendrá el Centro de Modelamiento Matemático (CMM) de la FCFM, gracias a la integración a sus sistemas del potente computador IBM iDataPlex.

El equipo es del tipo "HPC" o "High Performance Computing" y su potencia equivale a unos 1.700 computadores de uso

personal, siendo el más potente en nuestro país y uno de los más poderosos en Sudamérica. Esta capacidad la logra gracias a sus 528 núcleos de cómputo y otros 80 de apoyo.

Con una inversión superior a los 600 mil dólares, el equipo ayudará

a resolver problemas en diversas áreas del conocimiento, por ejemplo, calcular inversiones y operaciones óptimas para redes complejas en problemas de energía y telecomunicaciones, simular complejas condiciones medioambientales en proyectos mineros, estimar con mayor precisión los recursos hídricos disponibles en las cuencas del norte de Chile, así como también la dispersión terrestre y aérea de residuos contaminantes. También se puede emplear para el estudio de desastres naturales y

análisis de riesgo, y para el análisis de imágenes en tiempo real provenientes de la medicina y la astronomía.

"Esperamos que apoye las actividades que se realizan en el país en ciencia de frontera y se cree una red de cooperación que utilice la computación de alto rendimiento para entregar una ventaja estratégica al sector industrial de Chile, con el propósito de hacerlo más competitivo", explicó el ingeniero Claudio Baeza del Laboratorio High Performance Computing y Grid del CMM.

El Decano de la FCFM, Francisco Brieve, destacó que se trata de "una máquina excepcional para lo que existe en Chile, pues refleja lo mejor en tecnología disponible. Con su enorme capacidad de cálculo va a dar oportunidades a grupos de investigación importantes en el país". Este esfuerzo, desde su perspectiva, "llena un vacío de muchos años" y da cuenta de "la debilidad del país a la hora de invertir oportunamente".

## Departamento de Ingeniería Industrial inauguró nuevo referente para el diseño e implementación de políticas públicas

En el marco de una masiva convocatoria, el Departamento de Ingeniería Industrial (DII) de la FCFM lanzó, el 13 de mayo, el Centro de Sistemas Públicos (CSP) ([www.sistemaspublicos.cl](http://www.sistemaspublicos.cl)), que nace con el fin de posicionarse como referente latinoamericano en gestión pública. A futuro, su propuesta también considera convertirse en un Observatorio Latinoamericano de Innovación y Buenas Prácticas en el diseño e implementación de políticas públicas.

El CSP es liderado por Máximo Bosch, Director del Departamento de Ingeniería Industrial, y por Mario Waissbluth, académico del DII y Director del Programa de Gestión y Políticas Públicas del Departamento. El Centro cuenta también

con un Consejo Consultivo integrado por Javier Etcheberry, Presidente de Etcheberry Consultores; Richard

Weber, académico del DII y Director del Doctorado en Sistemas de Ingeniería; Pablo González, Investigador Adjunto del Centro de Economía Aplicada (CEA), y Felipe Lamarca, Ingeniero Comercial de la Universidad Católica y empresario. A su vez, el CSP también está respaldado por un equipo de 30 académicos, investigadores y profesionales asociados y su Director Ejecutivo es el abogado y Magister en Gestión y Políticas Públicas, José Inostroza.



Mario Waissbluth junto al equipo del CSP.

Mario Waissbluth, Director Académico del CSP, señaló que se trata de un centro 2.0 que articulará las distintas iniciativas que existen en el Departamento, así como al equipo de profesionales relacionados con ellas. Por su parte, Javier Etcheberry, miembro del Consejo Consultivo de este Centro, felicitó al Departamento de Ingeniería Industrial por esta iniciativa, ya que -indicó- el sector público debe ser tan moderno y eficiente como el sector privado.



## Fallece académico del DIE Óscar Moya



En la madrugada del 17 de mayo y a consecuencia de un cáncer, falleció el Prof. Óscar Moya Aravena, quien por más de cuatro décadas ejerció la docencia en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la FCFM.

El Prof. Óscar Moya era Ingeniero Civil Eléctrico de la Universidad de Chile (1968) y Ph.D. del Imperial College, U.K. (1976). Durante su carrera profesional se especializó en Sistemas de Potencia. "Fue un académico y profesional muy reconocido por sus competencias", indicó el Director del DIE, Prof. Pablo Estévez.

En marzo de 1966 ingresó al cuerpo académico de la FCFM, ejerciendo esta labor por 44 años alcanzando la jerarquía de Profesor Asociado. Hasta pocos días

antes de su muerte dictó la cátedra de pre y postgrado del DIE "Análisis y Operación de Sistemas".

"El profesor Óscar Moya tuvo una trayectoria muy destacada en la formación de profesionales y académicos en el área de sistemas eléctricos de potencia. Realizó clases y participó en comisiones de memoria de título hasta hace pocos días, lo que refleja su alto compromiso con la Universidad y el Departamento de Ingeniería Eléctrica", señaló el Prof. Estévez.

El Director del DIE, lo recuerda como un hombre introvertido y de conversaciones amistosas. "Aunque era algo reservado, tenía una chispa ingeniosa, por lo que siempre era entretenido conversar con él. Es sin duda una gran pérdida para la Facultad", concluyó.

## Primera vez en Latinoamérica: Tecnología 4G se probó en Beauchef

Como un hito en las telecomunicaciones fue calificada la prueba realizada en el campus Beauchef por Entel PCS y la empresa sueca Ericsson. Se trató de la primera conexión a Internet inalámbrica con tecnología LTE (Long Term Evolution) de América Latina, lo que representó un gran paso hacia la adopción de las próximas tecnologías de banda ancha móvil de Cuarta Generación (4G).

LTE es considerada la siguiente generación en las tecnologías de transmisiones de datos móviles, al alcanzar velocidades de hasta 100 Mbps de descarga y 50 Mbps de subida. Con estaciones de notebooks y dispositivos USB demostraron las altas velocidades que se alcanzan al descargar y subir archivos -incluso videos en alta definición- llegando a los cerca de 50 Mbps.

Las pruebas se realizaron en la FCFM debido a que cuenta con la infraestructura necesaria para ello y posee un convenio de colaboración con ambas empresas desde 2007, cuando nació el primer laboratorio especializado en tecnologías móviles de Tercera Generación (3G) de Latinoamérica. El coordinador del laboratorio y académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Nicolás Beltrán, señaló que "no existe otro lugar en Latinoamérica que posea una infraestructura como la nuestra. A eso debemos sumar el trabajo que hemos desarrollado desde hace algunos años, especialmente capacitando a los profesionales de estas empresas".

Para el Vicedecano de la FCFM, Patricio Aceituno, este

hecho histórico en las telecomunicaciones se enmarca en las mejores tradiciones de la Facultad como estar siempre a la vanguardia. "En esta misma Facultad se desarrolló el primer ejemplo de Rayos X, la primera transmisión pública de televisión en Chile, la primera conexión a Internet, por lo que este hito es la continuidad de nuestra presencia en los grandes avances tecnológicos", indicó.





# Radiografía al Terremoto

Intenso ha sido el trabajo que desde el 27 de febrero están realizando los sismólogos y profesionales del Servicio Sismológico y del Departamento de Geofísica de la FCFM. Apenas terminó el sismo de magnitud 8.8, los investigadores iniciaron un despliegue técnico y humano para estudiar este fenómeno que abarcó a gran parte del país.

## LAS PRIMERAS HORAS

**La madrugada del sábado 27 de febrero de 2010 difícilmente será olvidada por los habitantes de la zona centro sur de Chile.** Eran las 03:34 hrs. cuando comenzó uno de los terremotos más grandes de la historia.

De inmediato los investigadores del Servicio Sismológico y del Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile, se trasladaron hasta las dependencias del Servicio para comenzar a desplegar todos sus recursos técnicos y humanos para localizar el gran sismo e iniciar su estudio en terreno.

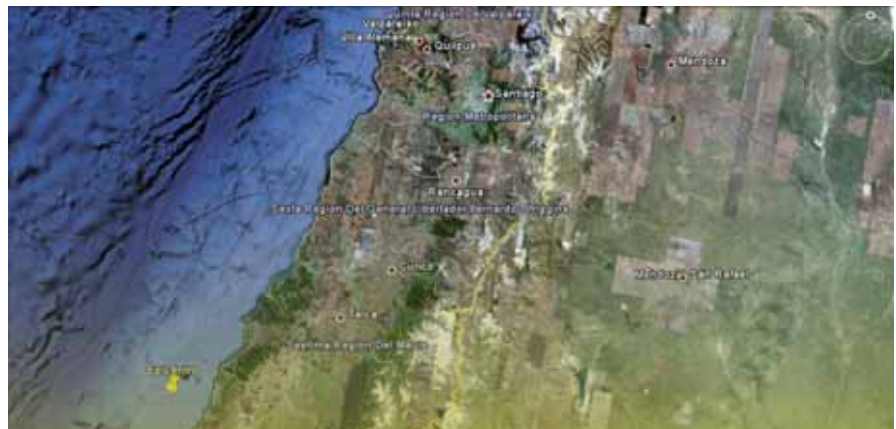
Así, lograron recopilar los primeros datos de los sismógrafos desplegados en la zona, los que informaron - en primera instancia- vía radio y después personalmente a la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI): magnitud 8.3 Richter y epicentro localizado a 43 km al SO de Cobquecura. Información preliminar que luego, con más antecedentes, fue corregida a 8.8 en la escala Richter.

"El gran terremoto se originó por el desplazamiento súbito de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana -entre 12 y 14 m-, en un área que se extiende aproximadamente desde la Península de Arauco hasta Pichilemu".

A estos datos proporcionados por instrumentación sismológica, también se sumaron los entregados por la Red Nacional de Acelerógrafos del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM. Éstos lograron capturar valiosa información para la ingeniería antisísmica: el impacto de un megasismo en construcciones como edificios, viviendas sociales, puentes y caminos. Estas mediciones serán fundamentales a la hora de entregar recomendaciones de diseño que puedan ser incorporadas en normas sismorresistentes de todo el mundo (ver pág. 20).

## LO QUE OCURRIÓ

"El gran terremoto se originó por el desplazamiento súbito de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana -entre 12 y 14 m-, en un área que se extiende aproximadamente desde la Península de Arauco hasta Pichilemu", indica el Director del Servicio Sismológico, Sergio Barrientos. Esta zona de falla, o segmento en que las placas ejercieron fuerza entre sí, cubrió 450 km de longitud y 150 km de ancho aproximadamente.



## EL ESTUDIO PREVIO: LA ADVERTENCIA

En 2007 y producto de un proyecto de colaboración entre la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile, el Instituto de Física del Globo de Paris y la Escuela Normal Superior de Paris, un destacado grupo de investigadores en Ciencias de la Tierra, realizaron un estudio que daba a conocer la probabilidad de un terremoto en la zona de Concepción y Constitución.

El estudio "Interseismic strain accumulation measured by GPS in the seismic gap between Constitución and Concepción in Chile" en la que participaron los sismólogos de la FCFM, Sergio Barrientos, Jaime Campos y Edgar Kausel, fue publicado en 2009 por la revista científica ScienceDirect. Allí estipularon que "la zona de Concepción- Constitución [35-37° S], es probablemente una brecha sísmica madura, ya que ningún sismo de subducción se ha producido allí desde 1835". El estudio añade que el movimiento de convergencia entre las placas, de 68 mm/año aproximadamente, representa más de 10 m de desplazamiento acumulado desde el último gran evento de subducción en esta zona (1835). "Por lo tanto, en el peor de los casos, la zona sufriría un potencial terremoto de gran tamaño, alrededor de Mw 8.0-8.5, el que se produciría en un futuro próximo", concluye.

Para que en un futuro vuelva a ocurrir este desplazamiento, será necesaria la acumulación de energía elástica durante decenas de años, ya que la velocidad de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana frente a Chile, es del orden de 6.7 cm/año.



Illoca.

Según explica el Dr. Barrientos, para que en un futuro vuelva a ocurrir este desplazamiento, será necesaria la acumulación de energía elástica durante decenas de años, ya que la velocidad de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana frente a Chile, es del orden de 6.7 cm/año. "Estas velocidades han sido determinadas con precisión geodésica mediante observaciones de GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Precisamente dicha convergencia es la responsable de la ocurrencia de los grandes terremotos de subducción en Chile", asegura.

Por otra parte, el hipocentro - lugar donde se inició la ruptura- se ubicó a 30 km de profundidad. "Es usual que la ruptura no ocurra simultáneamente en toda la extensión de la falla, sino que se propague a una velocidad de 2.5 a 3.5 km/seg. En este caso, se propagó por alrededor de 110 segundos", señala el Dr. Barrientos. Precisamente esta propagación contribuyó a que el gran sismo fuera percibido por los habitantes de la V a la IX región por alrededor de 2 minutos 45 segundos, provocando gran temor.

Miedo que se acrecentó en las zonas pobladas del borde costero ante la ocurrencia de un tsunami. Fenómeno que se produjo minutos después en las costas de las regiones VI, VII, VIII, IX y, en menor grado, en Valparaíso y Valdivia. De acuerdo con las cifras dadas a conocer por el Ministerio del Interior en abril pasado, alrededor de 486 personas fallecieron durante el terremoto y posterior tsunami, mientras que otras 79 se encuentran desaparecidas.

## Y SIGUE EL MOVIMIENTO

Desde ocurrido el gran sismo, numerosas réplicas se han dejado sentir en las zonas afectadas. Las de mayor magnitud se registraron el 11 de marzo, con epicentros en las cercanías de Pichilemu, alcanzando -una de ellas- la magnitud de 6.9 en la escala Richter.

"Es totalmente normal que un terremoto de magnitud 8.8 genere réplicas durante meses. De todas formas, es muy difícil que se registre una de magnitud similar a la del terremoto, eso históricamente no ha pasado. Con el tiempo éstas debieran empezar a decaer, por

## EN LA ESCALA DE MERCALLI

Concepción	IX
Rancagua	VIII
Santiago	VIII
Talca	VIII
Temuco	VIII
Valdivia	VI
Valparaíso	VI
Viña del Mar	VI
Pto. Montt	V
Vicuña	III-IV
Copiapó	III
Coquimbo	III
T. Amarilla	III
Antofagasta	II
Calama	II

Fuente:  
ONEMI- Terremoto 27 de febrero de 2010.

lo que en dos o tres meses debiéramos tener una actividad sísmica que no sea perceptible para la gente", señala el Dr. Jaime Campos, académico del Departamento de Geofísica de la FCFM y Director del Núcleo Milenio Centro Internacional de Investigación de Terremotos Montessus de Ballore (CIIT-MB).


Durante los dos primeros meses luego de ocurrido el terremoto, se registraron más de 279 réplicas con magnitud superior a 5.0 y 22 iguales o mayores a 6.0. "Estas réplicas ocurren principalmente en la zona de fractura y en los extremos de la zona de ruptura, en este caso, tanto el extremo norte (VI Región) como en el sur (VIII Región)", indica el Dr. Barrientos.

## FOCO DE ESTUDIOS

Analizarlo "in situ". Ése es el propósito de los investigadores vinculados a las Ciencias de la Tierra, que durante estos meses se encuentran estudiando en terreno las manifestaciones de este gran evento sísmico.

Estos análisis se iniciaron a sólo horas de ocurrido el violento sismo. La académica del Departamento de Geofísica de la FCFM y sismóloga, Diana Comte, comenzó con la instalación de sismógrafos desde San Fernando hacia el norte, mientras que el especialista del Servicio Sismológico, Carlos Aranda y personal técnico, lo hicieron hacia el sur. A la fecha, hay más de 140 lugares de observación en las zonas afectadas, a cargo de científicos nacionales y extranjeros, coordinados desde la FCFM.

"En el trabajo en terreno hemos podido rescatar información de sismógrafos y de unidades GPS que durante el terremoto no entregaron antecedentes por la caída de los sistemas de comunicación. Estos datos y los recogidos durante este período nos han permitido conocer más el terremoto, el desplazamiento de la falla, dónde se inició y cuántos metros se propagó", señala el Dr. Barrientos.

A estos estudios sismológicos, que están en desarrollo, se han sumado los llevados a cabo por investigadores del Departamento de Geología de la FCFM. Éstos se han trasladado a distintas zonas para analizar sus implicancias en la deformación costera (ver pág. 32) y en las rupturas superficiales de terrenos, como las ocurridas en Isla de Maipo (ver pág. 36). 

*Texto: Ana María Sáez C.*

## TERREMOTOS QUE MARCARON LA HISTORIA

**Históricamente Chile ha sido un país de megaterremotos.** Es así como en los últimos 450 años han ocurrido 50 terremotos destructores. A continuación, algunos de ellos:

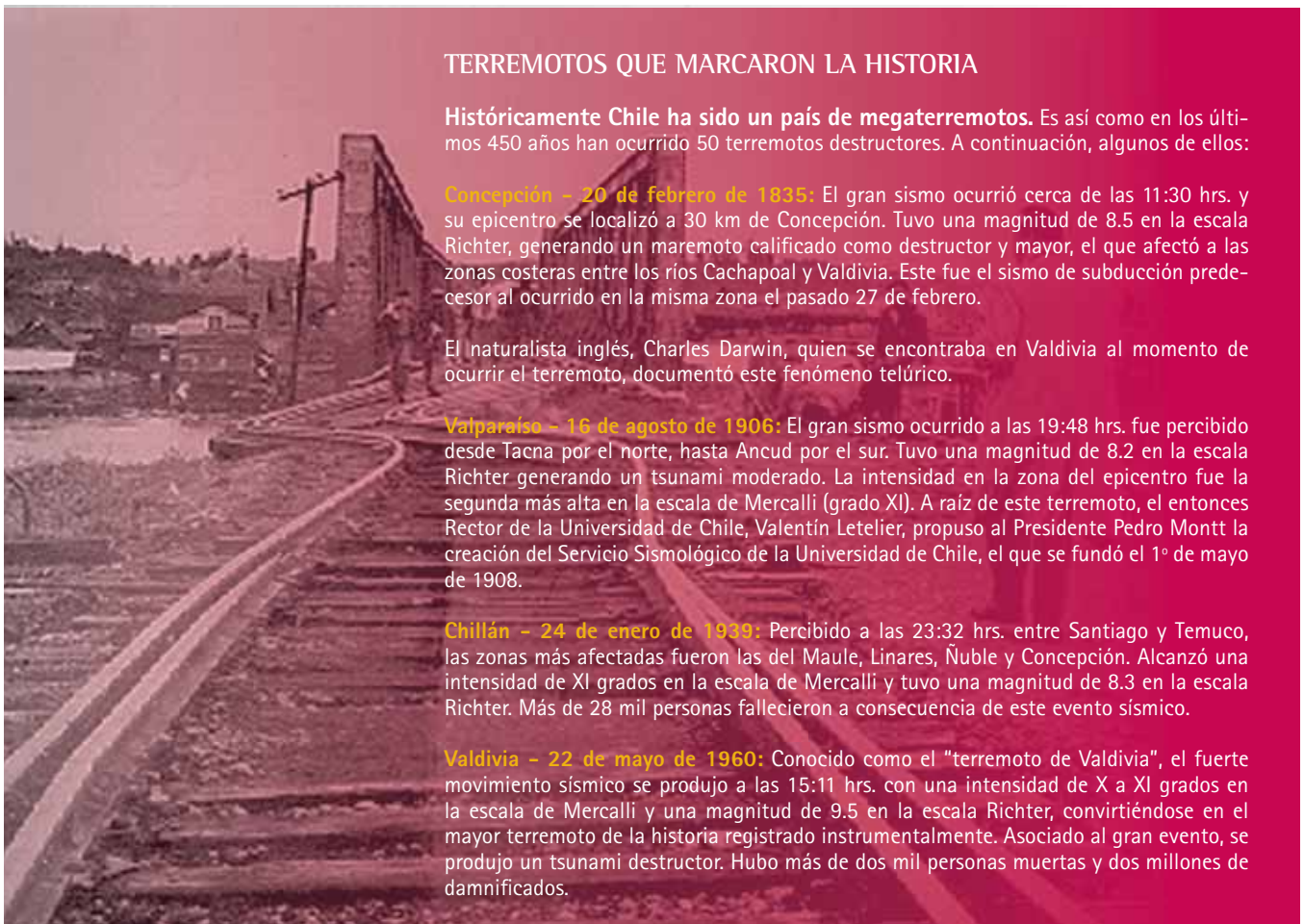
**Concepción – 20 de febrero de 1835:** El gran sismo ocurrió cerca de las 11:30 hrs. y su epicentro se localizó a 30 km de Concepción. Tuvo una magnitud de 8.5 en la escala Richter, generando un maremoto calificado como destructor y mayor, el que afectó a las zonas costeras entre los ríos Cachapoal y Valdivia. Este fue el sismo de subducción predecesor al ocurrido en la misma zona el pasado 27 de febrero.

El naturalista inglés, Charles Darwin, quien se encontraba en Valdivia al momento de ocurrir el terremoto, documentó este fenómeno telúrico.

**Valparaíso – 16 de agosto de 1906:** El gran sismo ocurrido a las 19:48 hrs. fue percibido desde Tacna por el norte, hasta Ancud por el sur. Tuvo una magnitud de 8.2 en la escala Richter generando un tsunami moderado. La intensidad en la zona del epicentro fue la segunda más alta en la escala de Mercalli (grado XI). A raíz de este terremoto, el entonces Rector de la Universidad de Chile, Valentín Letelier, propuso al Presidente Pedro Montt la creación del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, el que se fundó el 1º de mayo de 1908.

**Chillán – 24 de enero de 1939:** Percibido a las 23:32 hrs. entre Santiago y Temuco, las zonas más afectadas fueron las del Maule, Linares, Ñuble y Concepción. Alcanzó una intensidad de XI grados en la escala de Mercalli y tuvo una magnitud de 8.3 en la escala Richter. Más de 28 mil personas fallecieron a consecuencia de este evento sísmico.

**Valdivia – 22 de mayo de 1960:** Conocido como el "terremoto de Valdivia", el fuerte movimiento sísmico se produjo a las 15:11 hrs. con una intensidad de X a XI grados en la escala de Mercalli y una magnitud de 9.5 en la escala Richter, convirtiéndose en el mayor terremoto de la historia registrado instrumentalmente. Asociado al gran evento, se produjo un tsunami destructor. Hubo más de dos mil personas muertas y dos millones de damnificados.



Fotografía del Terremoto de Valdivia de 1960.

# Lecciones y Reflexiones de la Catástrofe



Sentados: Profs. María Ofelia Moroni, Rodolfo Saragoni, Rubén Boroschek, Gabriel Vargas y Nicolás Beltrán.  
De pie: Diana Comte y Sergio Barrientos.

Aunque somos un país acostumbrado a los grandes sismos, aún no podemos afirmar que estamos preparados para ellos. A poco más de tres meses de ocurrido el terremoto del 27 de febrero, académicos e investigadores de la FCFM hacen un balance de lo que fue y de lo que debiéramos aprender de esta tragedia para enfrentar de mejor manera una realidad de la que no podemos escapar.

## COMUNICACIONES MÁS ROBUSTAS

Sin duda, una de las primeras lecciones de esta catástrofe está relacionada con las comunicaciones, ya que por largas horas los habitantes de las zonas afectadas permanecieron incomunicados por la falta de energía eléctrica, el colapso en las telefonías fija y móvil y la caída de Internet. Estas fallas de conectividad, que afectaron tanto a particulares como a entidades oficiales, dificultaron la toma de decisiones por parte de las autoridades, decisiones que probablemente hubiesen salvado vidas.

Para el académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Dr. Nicolás Beltrán, esta crisis debe llevar a una revisión de las redes de telecomunicaciones existentes actualmente en Chile y su capacidad para enfrentar situaciones de emergencia. Junto a ello, sostiene, también se debe analizar su dependencia del suministro eléctrico para su operación, ya que "situaciones como las vividas el 27 de febrero ponen en jaque todo el sistema y, con ello, el traspaso de información tan necesario en momentos de crisis", señala.

En un reciente seminario organizado por la FCFM, "Comunicaciones en emergencias provocadas por desastres naturales", un grupo de expertos en el área, liderados por el Prof. Beltrán, sugirieron la creación de un Centro de Control de Comunicaciones en Emergencias (CCCE), distribuido en todas las regiones del país, el que establecería protocolos que regirían el proceder de los encargados de los Centros de Control Regionales. Las emergencias serían clasificadas en distintos niveles (amarillo, naranja, rojo), por lo que una vez declaradas, cada organización local se preocuparía de las comunicaciones que afectan a su región, garantizando la interoperabilidad entre ellas.

## GEOEDUCACIÓN: EL TERREMOTO EN LOS MEDIOS

**El terremoto magnitud 8.8 que afectó la zona centro-sur de Chile la madrugada del 27 de febrero de 2010 tuvo una inédita cobertura en los medios de comunicación.** Como es de esperar, en los primeros días las noticias se centraron en los efectos de la catástrofe sobre las distintas ciudades y pueblos, los operativos de emergencia y las acciones (u omisiones) del gobierno para enfrentar el desastre natural de mayor impacto en las últimas décadas. Gradualmente, la cobertura periodística comenzó a incluir una serie de reportajes, entrevistas y noticias que buscaban explicaciones de los fenómenos observados por parte de la comunidad científica: el tamaño y características del terremoto, el tsunami, las réplicas, los efectos del suelo en los daños, la aparición de grietas en los campos, las deformaciones y movimientos del continente, los daños estructurales en las construcciones y un largo etcétera. Estos temas se presentaron



difusamente en los diarios, la radio y la televisión por más de dos meses, desplazando a otro tipo de noticias que usualmente copan la agenda periodística.

Un porcentaje mayoritario de los especialistas entrevista-

dos fueron académicos e investigadores de la FCFM, lo que refleja su liderazgo en estas materias a nivel nacional.

Este fenómeno mediático ha representado una gran oportunidad de transmitir conocimientos de geociencias a la comunidad. En general, en el pasado los especialistas del área hemos sido reacios a aparecer en la prensa, porque usualmente los periodistas tienden a sobresimplificar los argumentos y en algunos casos interpretan equivocadamente lo que se les explica, entregándose información imprecisa. Esta actitud, explicable por la rigurosidad académica que nos es propia, tiene como efecto el que no se difundan los temas o bien que aparezcan otros "expertos" que entregan informaciones muchas veces incorrectas. La cobertura del terremoto nos ha enseñado que, tratando de minimizar las imprecisiones, es deseable la interacción con la comunidad a través de los medios de comunicación.

En un país donde la educación en geociencias en los colegios es insuficiente, el uso de los medios es una herramienta poderosa para transmitir, al menos parcialmente, conocimientos básicos al público general, de todas las edades y condiciones socioeconómicas. Esta última característica, en especial de la televisión, los hace atractivos también como instrumentos para futuras campañas de prevención de desastres naturales.

Sergio Sepúlveda.  
Departamento de Geología, FCFM.

"Es muy importante para el país el contar con comunicaciones más robustas, como las satelitales, porque su buen funcionamiento es vital para acceder a la información a tiempo y así tomar las medidas apropiadas", Dr. Sergio Barrientos.

"Este centro implica la mantención de una red de emergencia robusta, única para todos los organismos involucrados, cuya infraestructura de obras civiles puede ser compartida con los operadores de redes públicas. También contemplaría el respaldo permanente de generación eléctrica para suplirla en caso de fallas", señala el investigador.

La creación del CCCE, que contemplaría la aplicación de diversas tecnologías como radio-comunicaciones y redes de radioaficionados, HF

(estaciones de onda corta), telefonía satelital e Internet, es vital para el óptimo funcionamiento de instituciones que en determinadas emergencias poseen un rol preponderante, como las que tuvieron que actuar después del terremoto del 27 de febrero.

En esta misma línea, el Dr. Sergio Barrientos, Director Científico del Servicio Sismológico de la FCFM, asegura que la Red Sismológica Nacional que se está poniendo en marcha actualmente, sí contempla la adquisición de

## APORTES ESTRATÉGICOS DE LA FCFM AL PROBLEMA SÍSMICO NACIONAL

**El reciente terremoto de M8.8 del 27/F nos recuerda el impacto negativo que estos eventos históricamente han tenido para la economía de nuestro país y de sus consecuencias traumáticas en términos de pérdidas humanas y de infraestructura.** Nuestra historia sísmica nos ha modulado como nación en un sentido socio-cultural amplio. Más de 60 terremotos destructores han ocurrido en Chile desde los albores de la Colonia. En promedio enfrentamos un terremoto cada 7 años y durante el siglo XX en nuestro territorio se liberó del orden del 40% del total de la energía sísmica del planeta. Estimaciones del impacto económico de los terremotos en Chile indican un costo anual del orden del 1% al 2 % del PNB. Esto afecta notablemente nuestro desarrollo y capacidad de crecimiento y representa una carga enorme que se traduce en un problema nacional ineludible que debemos enfrentar.

Reconocer y caracterizar la amenaza sísmica en Chile es una tarea básica y fundamental de primera prioridad. Por casi cien años la FCFM ha sido un catalizador del desarrollo de la investigación sismológica en nuestro país. En los últimos 10 años los resultados científicos obtenidos por el conjunto de investigadores y alumnos de postgrado en las disciplinas de Geotecnia, Geología y Sismología que se cultivan en la FCFM, han producido nuevos antecedentes y conocimientos para la caracterización del peligro sísmico en Chile. Entre ellos se destacan las evidencias de que la Falla San Ramón es una falla tectónicamente activa, lo que cambió radicalmente el estado del arte del conocimiento de la amenaza sísmica de la ciudad de Santiago. Los resultados científicos

que permitieron la caracterización del enorme potencial de peligro sísmico de la zona comprendida entre Constitución-Concepción, antes del terremoto M8.8 del 27/F, y los estudios en la laguna sísmica del Norte y Centro-Norte de Chile, son otros resultados recientes del Programa de Riesgo Sísmico de la U. de Chile.

Falta mucho aún por hacer. Los equipos multidisciplinarios trabajan hoy en estrecha colaboración con otras instituciones académicas nacionales e internacionales, abordando estudios de efectos de sitio, detección de fallas superficiales que se encuentran sísmicamente activas, mapas de sismicidad, de peligro sísmico, etc. Todo este esfuerzo contribuye a generar conocimiento básico y fundamental para abordar adecuadamente la caracterización de la amenaza sísmica en Chile. Instrumentos de planificación territorial que incorporen estos aspectos del peligro y riesgo sísmico detallados como el país requiere, son en la actualidad precarios y/o inexistentes, y la contribución de la FCFM en esta materia es determinante.

La formación de un adecuado arsenal de nuevos investigadores que contribuyan al problema sísmico nacional es necesaria. El programa de doctorado del Departamento de Geología de la FCFM de la U. de Chile ha permitido atraer e incorporar nuevos jóvenes científicos que abordan estos temas, y varias tesis de doctorado en curso, en co-tutela con universidades en Francia, se benefician del acuerdo de colaboración que la FCFM mantiene con el CNRS de Francia.

Desde nuestra mirada, el país requiere crear una institucionalidad adecuada que aborde todos los aspectos. Esto significa contar con un programa nacional en sismología que contemple estímulos orientados a la conformación de los cuadros científicos y el potenciamiento de la investigación a través de los programas de postgrado del sistema universitario nacional. El contar con los medios materiales para conformar una red sismológica de cobertura nacional no es suficiente. El desarrollo de observatorios sismológicos en los principales centros de investigación del país es una dimensión que tenemos pendiente.

Jaime Campos  
Departamento de Geofísica de la FCFM



estas tecnologías, ya que "es muy importante para el país el contar con comunicaciones más robustas, como las satelitales, porque su buen funcionamiento es vital para acceder a la información a tiempo y así tomar las medidas apropiadas", concluye.

## ASEGURAR LA CONECTIVIDAD VIAL

En situaciones de emergencia nacional, como la ocurrida el 27 de febrero, es crucial el contar con rutas expeditas y en buen estado. Precisamente este funcionamiento se vio interrumpido por el colapso de puentes, pasarelas peatonales y caminos, dejando a numerosas localidades aisladas e impidiendo el libre tránsito de las personas.

"Quedamos varios días sin carreteras, por lo que estos colapsos no son admisibles, especialmente en las carreteras 5 Norte y 5 Sur, Vespucio Norte Express y Costanera Norte, ya que son vías vitales de la ciudad e impidieron el traslado de la ayuda a la zona amagada", señala el académico de la FCFM y experto en ingeniería sísmica, Prof. Rodolfo Saragoni, quien analizó el comportamiento de las obras viales de Santiago durante el megasismo.

El actual diseño sísmico de estas infraestructuras está contemplado en el Manual de Carreteras implementado por el Ministerio de Obras Públicas el 2001, y que obliga a las concesionarias a cumplir esta normativa. "Estos daños no debieron ocurrir porque se construyeron después de la entrada en vigencia de esta norma, así que no me cabe la menor duda de que, por ejemplo, las pasarelas están mal diseñadas y no siguieron estos criterios", agrega Saragoni. De acuerdo con su análisis, estos colapsos se habrían producido, en el caso de los puentes, por la caída de los tableros debido a la insuficiente longitud de apoyo en el cabezal de las pilas de sustentación.

"Estos problemas de conectividad vial, que no debieron producirse, confirman que debemos ser muy estrictos en el diseño de puentes y pasarelas, ya que en países como Chile en que existe sólo una carretera central, no podemos quedar aislados por la caída de estas infraestructuras, eso no es aceptable", afirma.



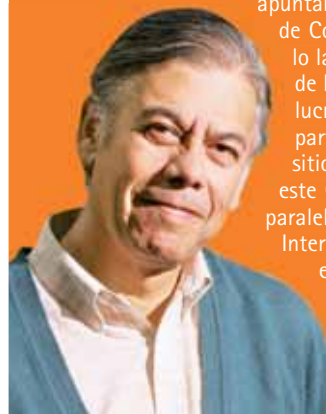
Pasarela ubicada en la Ruta 5 Norte.

## LAS COMUNICACIONES EN TIEMPOS DE EMERGENCIA

**Los años 1939, 1960, 1985 y 2010 dan cuenta de una periodicidad temporal casi regular para eventos de sismos con consecuencias desastrosas en nuestro país y donde las comunicaciones con las zonas afectadas se han visto abruptamente interrumpidas.** Esta situación fue dramática en el último terremoto donde aparece una debilidad adicional, la evidencia de un Estado subsidiario tal vez más de lo que percibíamos. En el curso-seminario que el DIE organizó en mayo sobre "Comunicaciones en Emergencias provocadas por desastres naturales" para intercambiar ideas sobre soluciones a esta problemática, constatamos que no existe un Plan de Emergencia para mantener las comunicaciones y que ellas dependen del grado de eficiencia de las empresas que entregan el servicio.

Evidentemente la red de telefonía móvil en las condiciones como es operada no constituye una red de emergencia. En efecto, si se considera que entre los tres operadores que ofrecen el servicio en Chile, mantienen alrededor de 54.000 portadoras y con la tecnología utilizada es posible atender 8 usuarios por canal de radio, un simple cálculo aritmético lleva a que el máximo número de usuarios que puede mantener servicios de voz son 432.000. Considerando que el parque de aparatos móviles en Chile alcanza actualmente una cifra de 16 millones, es claro que cualquier número de usuarios que sobrepase el máximo no podrá tener acceso al servicio en un cierto momento dado.

Las soluciones requieren de más organización donde el Estado tiene un rol de conductor que es ineludible, dada la experiencia que ya tenemos con sismos destructores. Para ello no se necesita reinventar la rueda y pueden adaptarse formas de organización ya desarrolladas y probadas en otros países. Las conclusiones del curso-seminario apuntan a ello, proponiendo la formación de un Centro de Control de Comunicaciones en Emergencias (CCCE) que se distribuya a lo largo de las 15 regiones del país. El CCCE mantiene una Red de Emergencia robusta, única para todos los organismos involucrados, cuya infraestructura de obras civiles puede ser compartida con los operadores de redes públicas, reforzando los sitios identificados como críticos. En situaciones de emergencia este Centro administraría además las comunicaciones de redes paralelas: radioaficionados, estaciones de HF, telefonía satelital e Internet. Si estas recomendaciones fueran adoptadas, estaremos en mejores condiciones de mantener comunicaciones a lo largo del país para el próximo terremoto.



Nicolás Beltrán  
Departamento de Ingeniería Eléctrica de la FCFM



Edificio Don Tristán.

Sólo 50 edificios con severos daños estructurales en un parque de más de 2.000 construcciones en altura es una muy buena noticia para un país que ha sufrido un terremoto grado 8.8 en la escala de Richter.

## ¿RESGUARDAR LA VIDA Y LA INVERSIÓN?

Sólo 50 edificios con severos daños estructurales en un parque de más de 2.000 construcciones en altura es una muy buena noticia para un país que ha sufrido un terremoto grado 8.8 en la escala de Richter. Sin embargo, y a pesar de este positivo balance inicial de nuestros especialistas, esta estadística no sirve de consuelo para centenares de personas que perdieron –en muchos casos– la inversión más importante de su vida. Este terremoto dejó en evidencia la importancia de analizar la actual norma de diseño sísmico de edificios (NCh433. Of96), que protege la vida y no la inversión. El modelo, que se aplica en países sísmicos como Estados Unidos y Japón, fue adoptado también en Chile tras comprobar el buen desempeño de las edificaciones durante el terremoto grado 7.7 en la escala de Richter, y que afectó a la zona central en marzo de 1985.

"Cuando se hizo esta norma no se imaginó ni a Viña del Mar ni a Concepción con edificios altos", dice el Prof. Rodolfo Saragoni. En su calidad de coautor del código vigente desde 1996, el ingeniero sísmico reconoce no estar satisfecho con el paradigma que, pese a evitar el colapso de las estructuras durante sismos de intensidad excepcionalmente severa, sí considera como aceptables los daños estructurales y no estructurales en las edificaciones. De hecho, se manifiesta más partidario de elevar la reglamentación a un nivel de exigencia similar al de la actual norma de diseño sísmico de industrias (NCh2369. Of2003), inspirada en el comportamiento del sector productivo durante el terremoto de Valdivia en 1960, y donde el criterio es proteger la inversión y garantizar la continuidad de las operaciones. "Los costos estructurales no son tan grandes como los costos de producción y por ello los empresarios están dispuestos a invertir más en seguridad", explica el Prof. Saragoni.

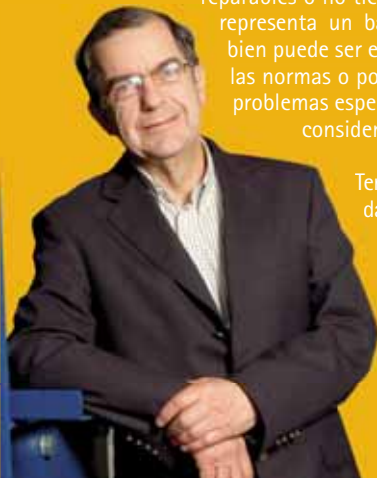
Sin embargo, su colega y también coautor de las mencionadas normas sísmicas, el académico y Jefe de la División de Estructuras, Construcción y Geotecnia del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM, Rubén Boroschek, asegura que asumir los altos costos de una norma sísmica exigente para todos los edificios residenciales y de oficinas, encarecería los proyectos inmobiliarios. Aún así, precisa, deberían ser las propias personas las que elijan cuánto quieren pagar. Por esta razón, el investigador propone mantener en la norma sísmica el aceptar daños y proteger la vida. "Lo importante es tener flexibilidad para construir de acuerdo con los requerimientos de las personas y ser transparentes al momento de presentarles las especificaciones de los planes de edificación", plantea. Boroschek se manifiesta más partidario de realizar cambios al cuerpo legal sin modificar su paradigma y a ello ha dedicado gran parte de su tiempo en las últimas semanas, junto a un grupo de profesionales de la Asociación Chilena de Sismología e

## ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

**El colapso de un edificio moderno en Concepción durante el terremoto del 27 de febrero, así como la falla o daño de otros edificios altos, han volcado la atención hacia los responsables de estas edificaciones. Ingenieros estructurales, mecánicos de suelo, arquitectos, constructores, inspectores de obras, han sido cuestionados.** Sin embargo, mirando las cosas en perspectiva, el comportamiento de las estructuras chilenas ha sido bueno, ha estado dentro de lo esperado por las normas.

La actual norma de diseño sismorresistente de edificios (NCh 433) establece que para sismos de gran magnitud – como fue el del 27 de febrero – los edificios pueden sufrir daños en elementos no-estructurales (paneles divisorios, ventanales, cielos falsos) y también de elementos estructurales (pilares, vigas, muros o losas) siempre que ello no represente peligro para la vida de las personas. Haciendo un balance del comportamiento de los edificios durante el último sismo, se puede decir que desde el punto de vista estructural fue satisfactorio. Del orden de 10.000 edificios construidos en los últimos años en las ciudades afectadas por el terremoto, sólo uno colapsó afectando la vida de las personas y alrededor de 10 son irrecuperables y deberán ser demolidos. El resto tienen daños

reparables o no tienen daños estructurales, lo que representa un bajo porcentaje defectuoso que bien puede ser explicado por mala aplicación de las normas o por construcción deficiente, o por problemas especiales del suelo no debidamente considerados.



Teniendo en cuenta la gran cantidad de daños en elementos no-estructurales registrados durante el sismo y que en los actuales edificios la estructura no representa más de un tercio de su costo, especialmente en hospitales y edificios comerciales, la dirección que están tomando

las nuevas normas es el diseño por desempeño, que consiste en definir el nivel de comportamiento que se espera del edificio para diferentes grados de sollicitación sísmica. Parámetros a considerar son el control de deformaciones laterales y de aceleraciones de pisos. Esto determina el daño al contenido del edificio y el pánico de las personas que lo habitan. El uso de aisladores en la base, así como la inclusión de disipadores de energía en su interior, son métodos que se están empleando actualmente para mejorar el desempeño del edificio. Estos dispositivos son, sin embargo, efectivos sólo en ciertas circunstancias que dependen de las características del edificio y del suelo de fundación.

Cada sismo representa una prueba para las disposiciones de diseño sismorresistente y una rica fuente de información para los especialistas en su trabajo de normalización. Las normas han sido modificadas después de cada terremoto, como lo fueron luego de Chillán (1939), Valdivia (1960), Lolleo (1985) y ya se han iniciado los estudios para modificar las normas actuales introduciendo las enseñanzas del sismo del 27 de febrero de 2010. Los daños observados en las edificaciones en altura muestran al menos tres deficiencias que deberán ser estudiadas cuidadosamente: a) El espectro de diseño, que ha resultado sobrepasado especialmente en el caso de suelos blandos. Los registros sísmicos han mostrado un gran contenido de energía para frecuencias relativamente altas (uno a dos segundos), b) Se han detectado muchos problemas en muros de edificios altos debidos a compresiones importantes en los pisos inferiores, al poco espesor de estos muros y al mal detallamiento de las armaduras y c) Demasiados daños en elementos no estructurales, que representan un porcentaje muy importante del valor del edificio.

La información conseguida en este sismo es sustancial y su utilización en el desarrollo de métodos de diseño estructural sismorresistente permitirá hacer estructuras más seguras y que protejan mejor el valor de las edificaciones y su contenido.

Mauricio Sarrazín  
Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM

Ingeniería Antisísmica (ACHISINA). Parte de esas correcciones serán incluidas en un documento provisorio de emergencia a la norma sísmica 433, que será lanzado a mediados de 2010. Entre las modificaciones sugeridas se incluyen la importancia de exigir estudios de mecánica de suelo para cada proyecto inmobiliario, ya que actualmente no son obligatorios.

Esta demanda ha sido apoyada por los expertos en geología de la FCFM, quienes enfatizan ade-

más en la necesidad de contar con estudios de suelos de las principales ciudades del país con los que se puedan realizar mapas de suelo. Esto porque el terremoto 8.8 comprobó la relación que existe entre la formación de los suelos y los niveles de daños de las estructuras. Así lo señala el Doctor en geología de la Universidad de Leeds (Inglaterra) y académico de la FCFM, Sergio Sepúlveda, quien advierte que "Santiago fue fuertemente dañado en algunas zonas porque el suelo está compuesto por materiales finos".

El investigador explica que cuando se construyen edificios en zonas con suelos blandos, las ondas sísmicas rebotan, contribuyendo a que la intensidad del evento sea mayor".

A esta sugerencia se suman otras como la obligación de confinar los muros estructurales de hormigón, incorporar el diseño sísmico de los componentes arquitectónicos como parte de la norma 433 para mejorar la resistencia



Casona Lolol.

"Si se leen los informes post terremoto del '60, la conclusión es que no se debe construir con adobe. Lo mismo pasó con el sismo del '85. ¡Ojalá que con éste terminemos por aprender!", señala el Prof. Astroza.

de elementos no estructurales propensos a sufrir daños durante un terremoto y, en esta misma línea, crear una nueva norma especial para regular la implementación de elementos no estructurales. "Es inaceptable que la gente quede encerrada en sus departamentos porque las cerraduras de seguridad no funcionan", acota Rodolfo Saragoni. "Por eso siempre le digo a nuestros estudiantes que, más allá de la investigación científica, nuestro trabajo también apunta a salvar vidas", asegura el académico.

## ADIÓS AL ADOBE

Como "adobecidio" cataloga el Prof. Rodolfo Saragoni, a lo ocurrido en febrero pasado. Esto porque el terremoto destruyó cerca del 80% de las viviendas de adobe. La misma opinión comparte el Prof. Maximiliano Astroza, para quien los antecedentes históricos confirman que este material no debe ser utilizado para la construcción en Chile. "Si se leen los informes post terremoto del '60, la conclusión es que no se debe construir con adobe. Lo mismo pasó con el sismo del '85. ¡Ojalá que con éste terminemos por aprender!", señala el Prof. Astroza.

Efectivamente si se revisan las cifras de sismos pasados, éstas no benefician al controvertido material. En Chillán, en 1939, debido al terremoto de magnitud 7.8 en la escala Richter, colapsaron 3.526 viviendas de adobe de la ciudad. Situación similar se vivió para el gran sismo de la zona central de 1985 (7.8), el que destruyó 142.489 construcciones (80% de adobe). Para el terremoto de febrero pasado (8.8), el escenario no fue muy distinto. Por ejemplo, en Lolol y Talca, según sus autoridades, el daño en este tipo de estructuras alcanzó entre un 80% y un 90%.

Según los especialistas, "el daño se produce porque el adobe es un material que sólo resiste cargas de compresión", señala el académico Mauricio Sarrazín. Es decir, el adobe puede resistir el peso de las edificaciones, pero no las fuerzas provocadas por un sismo de gran intensidad.

Este material, al presentar una alta vulnerabilidad sísmica, ha sido prohibido en países latinoamericanos como Costa Rica y se ubica en el peor lugar de la escala internacional de materiales sismorresistentes. A pesar de esto agrupaciones y personas en Chile han salido en defensa del controvertido material, remarcando su bajo costo y sus ventajas térmicas. Sin embargo, los expertos de la FCFM son enfáticos en señalar que el adobe sólo puede ser utilizado en países que no tienen la fuerte actividad sísmica de Chile.

Actualmente, el debate sobre el uso del adobe ha llegado a la esfera de las políticas públicas. El Ministerio de Vivienda y Urbanismo durante abril señaló que si bien no se puede prohibir explícitamente el uso de ningún material, respecto de la norma antisísmica vigente (NCH. Of. 1996) se hará una precisión sobre el adobe y su posible utilización.

## INSTRUMENTAR EL PAÍS

Dada la necesidad de mejorar la calidad y accesibilidad de la información sísmica del país y sus impactos, es vital contar con instrumentación apropiada a lo largo y ancho de todo nuestro territorio.

Para conocer los parámetros dinámicos de las estructuras y entender cómo y por qué se dañan durante un terremoto, los ingenieros necesitan de los acelerógrafos, instrumentos que permiten medir las aceleraciones que experimentan las estructuras durante los sismos. Esta información es clave en los modelos matemáticos que se utilizan en la fase de diseño de un edificio, y que permiten analizar su comportamiento durante terremotos de gran magnitud.

"Contar con esta información facilita el entendimiento de estos tipos de terremotos y contribuye a mejorar las normas de construcción", señala el Prof. Boroschek.

## INTERNET NO SE PUEDE CAER

**El sismo de febrero permitió poner a prueba una hipótesis: la teoría indicaba que Internet debía ser el primer medio de comunicación en funcionar.** Y casi fue así: durante los primeros minutos y hasta una media hora después del terremoto, Internet, incluida la banda ancha móvil, funcionaba muy bien, mientras el sistema telefónico era totalmente inútil. Pero algo falló: pasado un tiempo bastante breve, Internet completo empezó a fallar.

En nuestro laboratorio de investigación en NIC Chile nos pusimos como meta encontrar un valor concreto y medible que indicara qué porcentaje del Internet chileno estuvo caído esa noche. Las estadísticas que NIC Chile tenía de sus propios servidores indicaban un comportamiento muy anormal de la red entre las 4:00 hasta las 9:00 e incluso hasta el mediodía del sábado 27 de febrero, siendo inestable todo ese fin de semana. Sin embargo, no ha habido ningún revuelo mediático en torno a este tema y la posición oficial del país parece ser que Internet se comportó bien.



Después de semanas de recopilación de datos, principalmente tablas de rutas desde fuera de Chile que indican qué redes estaban vivas y cuáles no, el trabajo rindió sus frutos: a las 5:00 AM del 27 de febrero de 2010, un 64% del Internet chileno no era visible desde el resto del mundo. Una presentación de los resultados en detalle y los métodos utilizados pueden encontrarlos en: <http://www.niclabs.cl/terremoto>

Y esto es grave: si Internet hubiese estado operativo durante ese tiempo, hubiésemos sabido de nuestros familiares antes, los medios de comunicación hubiesen tenido información que difundir en vez de tener que inventar casi un día entero de rumores, la ONEMI hubiese visto la alerta de tsunami de Estados Unidos y la Presidenta hubiese sabido a tiempo que ese mismo tsunami había destruido la base naval de Talcahuano. Mucha gente habría podido tomar decisiones importantes al estar mejor informada, y eso puede salvar vidas. La operación continua de Internet hoy es mucho más importante que la de la telefonía y, además, es mucho más factible de garantizar. En nuestro mundo moderno, Internet es una pieza clave en la infraestructura crítica de un país pero la comunidad tiende a olvidar ese hecho.

José Miguel Piquer  
Departamento de Ciencias de la Computación de la FCFM  
NIC Chile

Hasta la fecha, sólo estructuras como la Cámara Chilena de la Construcción, la Torre Central del Campus Beauchef de la FCFM y el edificio Alcázar de Viña del Mar, están instrumentados para este fin. En los tres casos, la medición ha estado a cargo de especialistas de la FCFM. "Aumentar el número de edificios instrumentados es una necesidad que se debe valorar a nivel de país", señala el Prof. Boroschek. En esta misma línea, el Centro Sismológico Nacional, que se está poniendo en marcha este 2010, contempla la adquisición de 300 acelerógrafos de superficie y una red portátil, para así captar el impacto real de estos megasismos en la infraestructura del país.


Y tan importante como registrar la salud estructural de las construcciones, es indispensable conocer la realidad sísmica de cada zona del país. "El contar con una red de sismógrafos con cobertura nacional es indispensable para realizar una correcta identificación del peligro, la reducción y manejo del riesgo sísmico", señala el Director del Servicio Sismológico, Sergio Barrientos.

Para ello, el nuevo Centro contará con un moderno equipamiento de sismógrafos y GPS, ya que "queremos tener una cobertura homogénea en las zonas donde se han generado los grandes terremotos en Chile. La idea es ubicar estaciones cuyo distanciamiento entre ellas no supere los 100 km.", concluye el Dr. Barrientos.

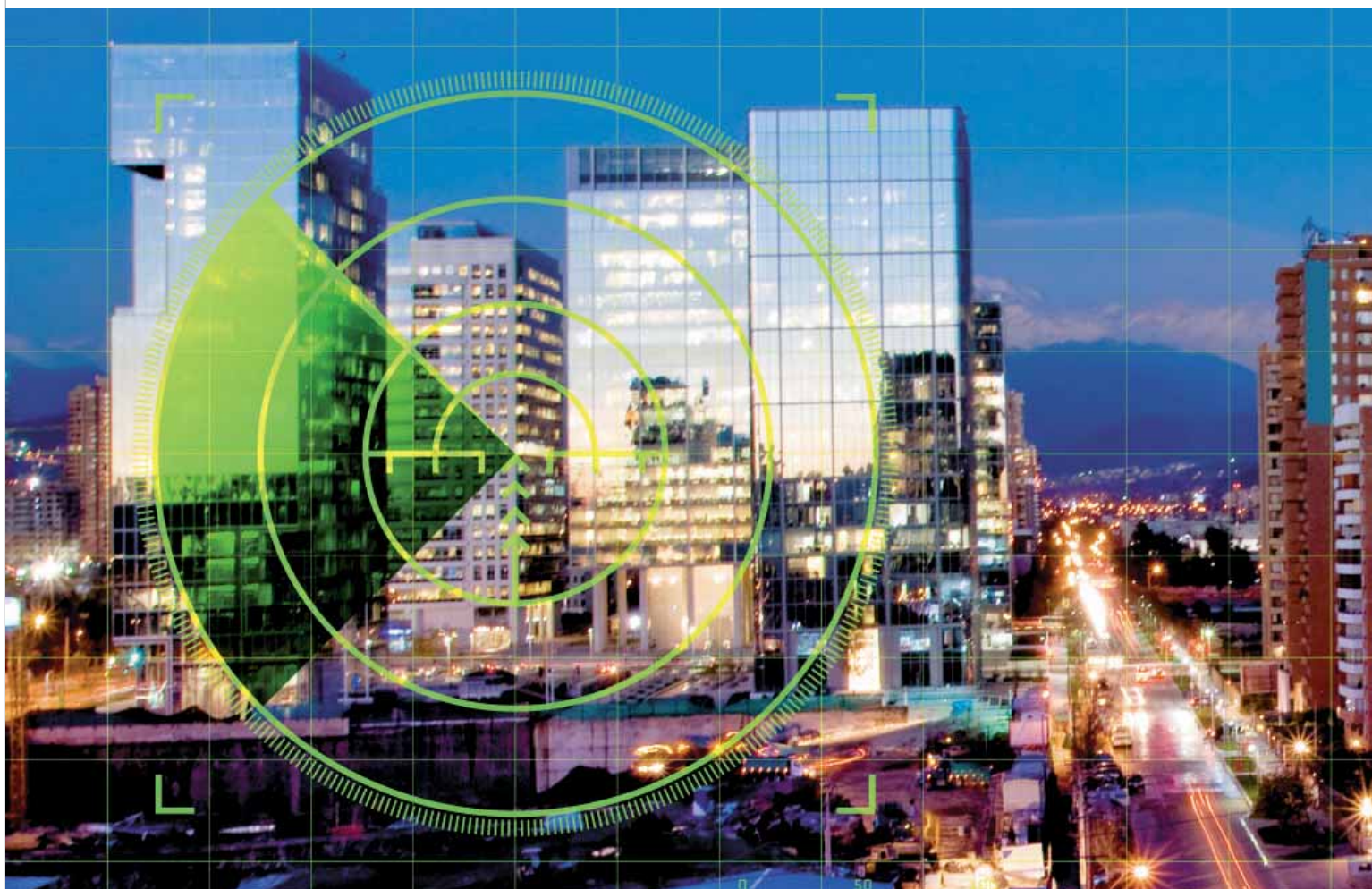
## MÁS ESPECIALISTAS

Si en Chile son escasos los profesionales dedicados a las ciencias, el escenario es aún más reducido en el caso de las Ciencias de la Tierra. Para el geólogo y académico de la FCFM, Gabriel Vargas, esta escasez de recursos humanos quedó claramente evidenciada en esta catástrofe, por lo que en el corto plazo deberían diseñarse políticas que apunten al fortalecimiento de la formación de expertos en estas áreas: "Dadas las características naturales de nuestro territorio es necesario incrementar la cantidad de especialistas que se dediquen a estudiar, por ejemplo, los terremotos y sus impactos", señala.

El objetivo es que estos fenómenos sean abordados por equipos multidisciplinarios como sismólogos, geólogos, ingenieros y geógrafos, los que más allá de las investigaciones específicas que realicen, formen parte de los grupos técnicos encargados de formular y aplicar las políticas públicas en torno a estos temas.

La FCFM ha tenido un rol preponderante en la formación de estos expertos. Ingenieros, geofísicos y geólogos, interactúan a diario en el ámbito académico y de investigación. "Podemos analizar estos fenómenos desde distintas perspectivas y desarrollar estudios que ayuden a mitigar sus impactos. Por lo que las universidades tienen un rol fundamental y la nuestra está en una posición de liderazgo en la formación de estos especialistas de carácter multidisciplinario", concluye el Prof. Vargas 

Textos:  
Ana María Sáez C.  
Sofía Vargas P.  
Daniela Cid M.



Red de Acelerógrafos:

Ciudades

Monitoreadas



El terremoto del 27 de febrero, el quinto más grande en los últimos 1200 años de acuerdo con el Servicio Geológico de los Estados Unidos, fue el primer megasismo de estas características registrado con instrumentos de uso directo en estructuras. Los datos fueron obtenidos por la Red Nacional de Acelerógrafos de la FCFM y permitirán conocer el comportamiento de las edificaciones durante grandes movimientos sísmicos.

**"De nada sirve haber visto el monstruo del Lago Ness si no se le saca una fotografía. Bueno, nosotros lo hicimos"**, señala el académico del Departamento de Ingeniería Civil, Rodolfo Saragoni, al ser consultado por la importancia de haber registrado el impacto del megasismo 8.8 de febrero pasado en la infraestructura nacional mediante los instrumentos de la Red Nacional de Acelerógrafos (RENADIC) a cargo de la división de Estructuras y Construcción del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

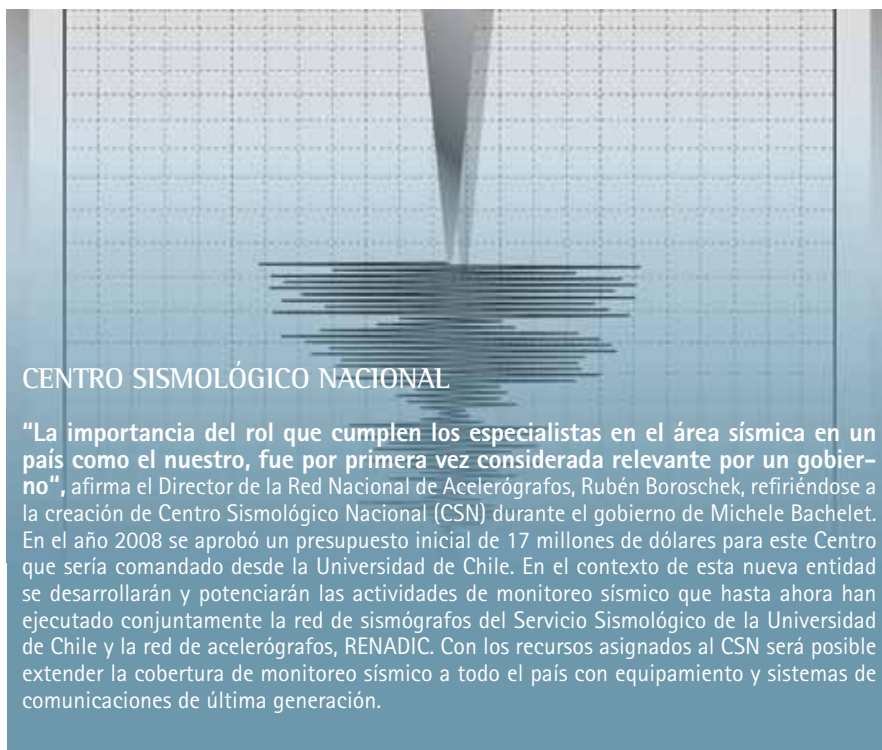
Contar con instrumentación en el interior de las ciudades que permita conocer desde cerca cómo afecta un terremoto a las estructuras, es un desafío que asumen la mayoría de los países sísmicos del planeta.

Contar con instrumentación en el interior de las ciudades que permita conocer desde cerca cómo afecta un terremoto a las estructuras, es un desafío que asumen la mayoría de los países sísmicos del planeta. Si bien naciones latinoamericanas como Colombia, México y Perú cuentan con redes de acelerógrafos, es en Chile donde se han obtenido registros de los terremotos más grandes de los últimos años, como el que afectó el sur del Perú en 2001 (Mw=8.4) y el 2007 en Tocopilla (Mw=7.7). Es así como la RENADIC cuenta con registros únicos y el terremoto de febrero pasado marcó un nuevo hito.

Si bien es cierto al ocurrir un gran sismo, lo primero que se requiere saber es el epicentro y su magnitud -datos que se obtienen a través de sismógrafos- para los ingenieros resulta de vital importancia conocer cómo se comportó o resistió la infraestructura. Para ello recurren a los acelerógrafos, instrumentos que miden los esfuerzos o tensiones que se ejercen sobre una determinada estructura. La información entregada por la Red es clave para entender la dimensión de un megasismo, la que se complementa con la proporcionada por los sismógrafos, instrumentos que se instalan generalmente en la periferia de las ciudades y que permiten entender el origen del terremoto como localización, profundidad y magnitud.



Ruben Boroschek, Director de la RENADIC.





## EL REGISTRO MÁS CERCANO A LA FUENTE DEL TERREMOTO

Desde comienzos del año 2009 el Colegio San Pedro de Concepción forma parte del grupo que compone la Red Sismológica en Colegios, proyecto de la Universidad de Chile que desde hace 11 años promueve el desarrollo científico en estudiantes de enseñanza básica y media. En cada colegio se han instalado estaciones sismológicas que capturan los sismos que ocurren en sus respectivas localidades en cada región y que son extraídos y analizados por los propios estudiantes organizados en Academias Científicas Juveniles en Ciencias de la Tierra.

El Colegio San Pedro está ubicado en Concepción, sobre lo que fue el área de ruptura sísmica del terremoto M8.8 ocurrido este año. El 27 de febrero, el instrumento instala-


do en ese colegio (acelerógrafo de última generación) capturó en su totalidad el movimiento fuerte en la zona epicentral, haciendo de este registro el dato más cercano a la fuente de un terremoto M8.8 nunca antes obtenido en el mundo. Esta información es muy valiosa para los sismólogos que estudian aspectos de la dinámica de la ruptura sísmica, y para las leyes empíricas de la ingeniería sismorresistente mundial. "El registro, como otros capturados por instrumentos instalados en colegios pertenecientes al mismo proyecto de difusión educativa en la región, y del Servicio Sismológico de la U. de Chile, se pusieron a disposición de toda la comunidad nacional e internacional a través de la página web [ssn.dgf.uchile.cl](http://ssn.dgf.uchile.cl)", señala Jaime Campos, académico del Departamento de Geofísica de la FCFM y Director de este proyecto de difusión hacia el mundo escolar.

A 40 años de su creación, la RENADIC cuenta con 60 acelerógrafos, entre digitales y análogos, dispuestos en zonas estratégicas a lo largo del territorio nacional como hospitales, colegios y centros policiales desde Arica a Valdivia. Las mediciones realizadas por la Red son fundamentales para el desarrollo y comprensión de fenómenos sísmicos y permiten entregar recomendaciones de diseño a las autoridades para su eventual incorporación en las normas sismorresistentes nacionales.

A los registros obtenidos por esta Red durante el terremoto de febrero pasado, se suma el aporte del Servicio Sismológico, organismo que ha entregado sus mediciones a la RENADIC. Destaca además la contribución del programa "Red sismológica en Colegios" a cargo del sismólogo y académico del Departamento de Geofísica, Jaime Campos. En efecto, el acelerógrafo instalado por esa red en el Colegio San Pedro de Concepción permitió obtener el registro más cercano a la fuente del terremoto.

Toda la información sísmica generada por el terremoto del 27 febrero y sus réplicas se ha traducido en cientos de registros y ha sido publicada en cuatro informes enviados a la comunidad de expertos nacionales y extranjeros. "Ahora podremos entender cuáles son los

factores de seguridad y será posible mejorar los modelos matemáticos que se estaban utilizando para diseñar una construcción", señala Rubén Boroschek, Director de la Red Nacional de Acelerógrafos y académico de la división en Estructuras del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM.

Actualmente la Red de Acelerógrafos se encuentra analizando los datos digitales y procesando la información análoga registrada en el reciente terremoto. Los expertos estiman que contarán con los registros procesados completamente a mediados de julio, esto porque más de la mitad del equipamiento ubicado en la zona del terremoto es análogo, es decir, la información recopilada se captura en películas de tres metros de largo y 70 milímetros de ancho, lo que hace más lento su análisis. "Sabemos que esto ha generado ansiedad en la comunidad científica y profesional", señala el Director de la RENADIC, "por ello esperamos contar luego con equipamiento moderno, que entregue la información de manera más inmediata", indica, aludiendo a los recursos con que contarán a través del Centro Sismológico Nacional, y que permitirán a la RENADIC mejorar su equipamiento. 

Texto: Sofía Vargas P.

## INSTRUMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS

Con el fin de estudiar el comportamiento de estructuras durante eventos sísmicos de gran magnitud, la Red Nacional de Acelerógrafos ha instalado acelerógrafos digitales en diferentes estructuras:

**Edificio de la Cámara Chilena de la Construcción:** Ubicado en la comuna de Providencia en Santiago, cuenta con 12 acelerógrafos distribuidos desde los subterráneos hasta el piso 20, lo que permitirá caracterizar el comportamiento de edificios de altura.

**Torre Central Campus Beauchef:** Con 9 pisos y un subterráneo, la estructura de 30 metros de altura de hormigón armado cuenta con un sistema de monitoreo continuo realizado por 8 acelerógrafos y tres sensores de humedad. Los resultados se publican en tiempo real en Internet <http://www.ingcivil.uchile.cl/shm/>

**Viaducto Marga Marga:** Ubicado en Viña del Mar, es la primera obra de infraestructura vial que se encuentra aislada sísmicamente en Chile. Cuenta con una red de acelerógrafos que monitorea de forma permanente el comportamiento dinámico de la estructura.

**Edificio Comunidad Andalucía:** Ubicado en la comuna de Santiago, este edificio habitacional aislado sísmicamente cuenta con 4 acelerógrafos que registran su comportamiento durante eventos sísmicos. Los resultados obtenidos hasta la fecha han demostrado que el aislamiento sísmico es una buena alternativa para proteger edificios del impacto producido por movimientos telúricos fuertes.



Torre Central de la FCFM - U. de Chile.

IDIEM:

# Certificando entre Réplicas



Edificio Don Tristán de Maipú.

Equipos profesionales del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales, IDIEM, realizan sin parar informes técnicos que dan cuenta de los daños provocados por el terremoto del 27 de febrero. En distintos puntos de la zona afectada y especialmente en la Región Metropolitana, sus expertos son requeridos para determinar cuán habitables y seguras están las estructuras que quedaron en pie.

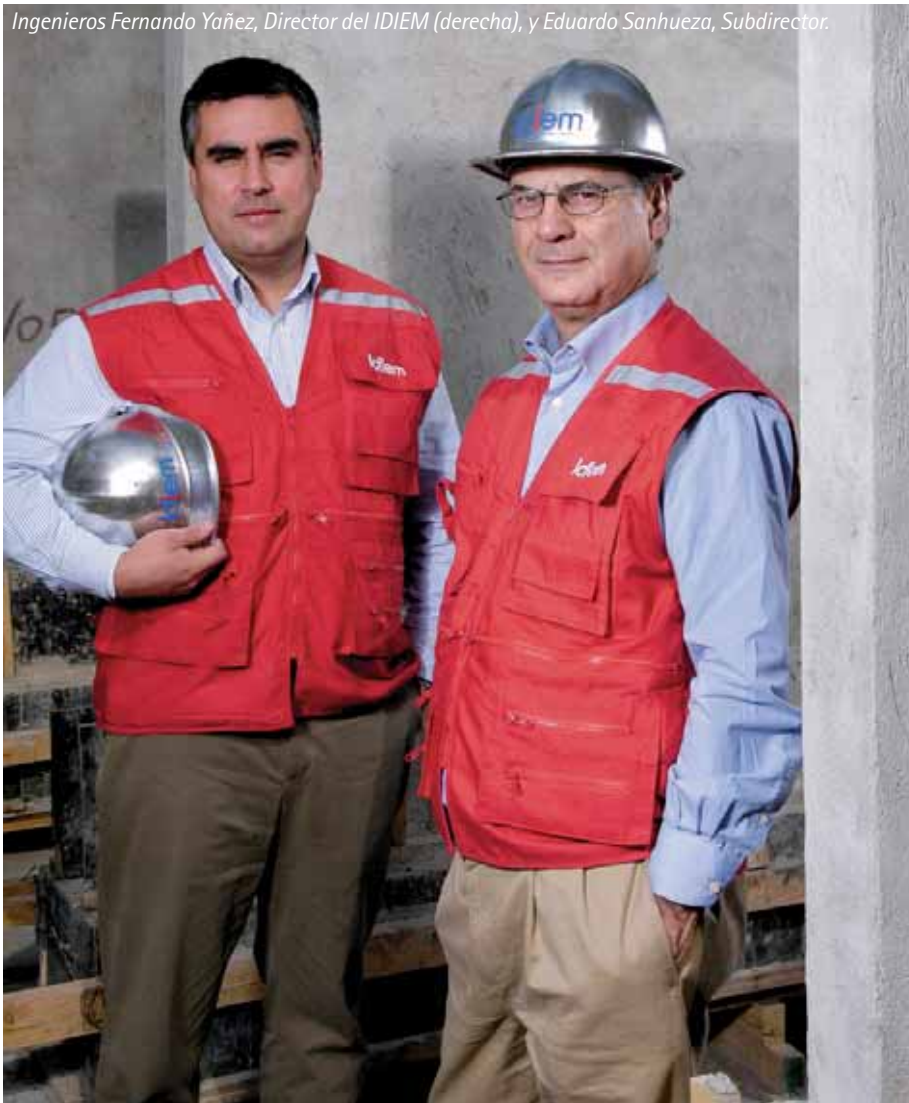
### Sintió que el epicentro era cerca y que los daños serían de proporciones.

Venía desde el sur de Argentina y como era su último día de vacaciones, optó por recorrer los caminos costeros antes de llegar a Santiago. Fernando Yáñez, Director del IDIEM, pernoctó el 27 de febrero en una hostería en Coelemu, a 198 kilómetros de Concepción. "Tuve la fortuna de encontrar una hostería muy sólida, sin saberlo, podría haber estado en un recinto de adobe. Entonces, opté por no seguir por la costa hasta San Antonio, sino que me volví a la carretera del Itata, la ruta estaba impecable, pese a que estaba en el epicentro. Al llegar a Parral nos dimos cuenta de que el pueblo estaba en el suelo. Comenzamos a desviarnos. Llegué a contar cinco desvíos a lo largo del viaje. Salí de Coelemu como las 4:30 de la mañana y llegué a Santiago a las 4:30 de la tarde".

En pleno viaje a Santiago, el Director del IDIEM comenzó a contactar a su equipo. Sabía que las jornadas venideras serían de un intenso trabajo. El mismo día sábado apareció su primer demandante: el Ministerio de Vivienda y Urbanismo le solicitó al IDIEM evaluar estructuras en varios lugares de la zona afectada. "El Ministerio nos pidió hacer una serie de peritajes urgentes a edificios y poblaciones, tanto de Santiago como de Viña del Mar. También muros de contención en la Quinta Región y varios edificios y villas en Concepción. Y así en muchas otras partes: en Angol, en Los Ángeles, en Curicó, en Talca, prácticamente en todas las regiones afectadas tuvimos que hacer evaluaciones urgentes", remarca.

Pese a las dificultades personales, de transporte y de comunicaciones, los integrantes del IDIEM en Santiago se organizaron en equipos encabezados por 60 ingenieros civiles para iniciar el trabajo encomendado. A su vez, en Concepción, la oficina del IDIEM estuvo en terreno a sólo un día del terremoto. Sus ochenta integrantes también representan el "espíritu de trabajo del IDIEM", según palabras de Fernando Yáñez. "Aquí hay cero burocracia. El IDIEM es el antítesis de una institución burocrática, nosotros tenemos una capacidad de respuesta más rápida, me atrevo a decir, que una empresa privada, que es lo que nos ha otorgado prestigio y reconocimiento. Tenemos una institución organizada que es muy joven, con una gran mística, con gran competencia técnica y eso hace que toda la

Ingenieros Fernando Yáñez, Director del IDIEM (derecha), y Eduardo Sanhueza, Subdirector.



institución esté con la camiseta puesta y tenga un espíritu de trabajo de resorte que salta en las emergencias".

### EVALUANDO ENTRE RÉPLICAS

Se promocionaba por su calidad material y ser parte de la renovación urbana de Concepción. El edificio "Alto Río" colapsó en pleno terremoto provocando la muerte de ocho residentes y dejando 79 heridos. En lo que se denominó "Zona Cero", integrantes del IDIEM se hicieron presentes atendiendo a una solicitud del Minis-

terio Público. "Yo estaba en Concepción, cuando recibí una llamada de la Fiscalía, les dije que me podía reunir con ellos durante el día, nos juntamos y me plantearon sus requerimientos", recuerda Eduardo Sanhueza, Subdirector del IDIEM. El peritaje para determinar las causas del colapso del edificio "Alto Río", durará por lo menos hasta finales de junio.

Al pasar los días los demandantes del IDIEM siguieron multiplicándose. "Estamos con una gran demanda de parte de inmobiliarias que están revisando sus propios edificios y también



Un terremoto de estas dimensiones genera material de estudio para muchos años. ¿A qué se deben los daños de un edificio con respecto a otros que a pocos metros resistieron la intensidad del terremoto? Es una de las tantas preguntas que comienzan a aparecer en el IDIEM.



de comunidades de propietarios que también desean tener información independiente. Y nosotros somos reconocidos como una entidad independiente, que da confianza para todos los sectores, lo que para nosotros es un motivo de satisfacción y de gran orgullo", señala Yáñez.


Inspecciones que también se realizan con un fin social. La rectoría de la Universidad de Chile, le solicitó al IDIEM, ir en ayuda de la ciudad de Parral, donde se evaluaron los posibles daños de poblaciones y viviendas con el fin de que el informe técnico realizado sirva al municipio local.

## UN LABORATORIO EN TERRENO

Un terremoto de estas dimensiones genera material de estudio para muchos años. ¿A qué se deben los daños de un edificio con respecto a otros que a pocos metros resistieron la intensidad del terremoto? Es una de las tantas preguntas que comienzan a aparecer en el IDIEM luego de participar en numerosas inspecciones. Mientras en sus informes técnicos se repiten rasgos comunes en los daños, como las llamadas "fallas de piso blando" que se han visto en la mayoría de los edificios donde el daño severo se concentra en los primeros pisos y en los primeros subterráneos, y para arriba quedan relativamente "sanos". Otra característica que se repite son daños en paredes muy delgadas, de 20 centímetros o menos.

"También se ve que en algunas zonas el tipo de suelo tiene influencia", señala Yáñez. "Por ejemplo, el caso de la Ciudad Empresarial que se vio bastante dañada, se sabe que está construida en suelos finos. Allí, como en otras zonas, es evidente que los temas de suelo son importantes", señala el Director del IDIEM. "Creo que el tema de suelos ha sido bastante descuidado a la hora de construir y eso se ha hecho evidente después de este terremoto. Es muy importante, en especial en edificación en altura, hacer la mecánica de suelo para el lugar específico de la construcción y no extrapolar datos de otro lado".

Los daños observados del terremoto permiten, según Eduardo Sanhueza, comprobar en terreno la precisión de los trabajos que realizan en sus laboratorios al momento de evaluar diversos materiales. "En este tipo de inspecciones se aprende mucho, es posible llevar a la práctica los conocimientos teóricos y experimentales realizados en nuestros laboratorios. Además, se tiene mucho contacto con la gente, y realmente uno se da cuenta que nuestro trabajo es muy importante".

En un corto plazo todos estos análisis deberán estudiarse en profundidad, para realizar propuestas que modifiquen y mejoren las normas y ordenanzas de construcciones. Mientras tanto el IDIEM sigue recibiendo solicitudes de informes técnicos de nuevos demandantes. 

Texto: Jorge Rivas O.

Hospital de Cauquenes.



## Hospitales: El paciente más crítico

Más allá de las desgracias materiales, el terremoto del 27 de febrero dejó en evidencia una de las eternas deudas de la sociedad chilena: la falta de preocupación por su sistema de seguridad hospitalaria.



Todo estaba listo para recibir a María Soto en la sala. Su parto había sido una intervención compleja que la había dejado convaleciente la madrugada del 27 de febrero en la maternidad del Hospital San Juan de Dios de Cauquenes. Sin embargo, tras el terremoto de magnitud 8.8 que azotó la zona centro-sur del país se vio obligada a evacuar la sala y permanecer por horas junto a su hijo en el estacionamiento del hospital. "Acudí al servicio pues ese día teníamos aproximadamente sesenta enfermos internados. Se me pasó todo por la cabeza, pues ellos se encontraban en el segundo piso del edificio. Al llegar observé que todos los funcionarios y otras personas que no eran parte del personal de planta, ayudaban a sacar enfermos hacia el estacionamiento. Algunos pacientes habían quedado lesionados tras arrancar muy deprisa", describe el Director del Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, Carlos Zapata.

El terremoto del 27 de febrero afectó a las regiones que contemplan el 71 por ciento de la red hospitalaria del país y no sólo dejó a 25 hospitales con graves daños estructurales sino que también dejó inhabilitado el 63% del total de camas del sistema público de salud. Daños que simbolizan la precariedad de Chile para resolver las falencias de infraestructura de sus hospitales de modo que puedan resistir un sismo de gran intensidad.

El hospital de Cauquenes es uno de los 17 que colapsaron funcionalmente. Las salas, pabellones, equipos de esterilización y otras instalaciones fueron afectados por los daños de un edificio que superaba los 63 años. "Se notaba el edificio muy dañado. Se asumieron muchos riesgos para tratar de rescatar algunos implementos que nos servían para atender a las personas que estaban en post operación. De hecho, cerca de las ocho de la mañana nos llegaron pacientes bastante graves, producto del terremoto, los cuales tuvimos que atender en la calle", recuerda Zapata.

¿En qué medida hubiese bajado la tensión, la improvisación y los daños de las instalaciones si los equipos de salud hubiesen tomado las acciones recomendadas en el Informe de Estimación de daños estructurales de los Hospitales Chilenos que un grupo de profesionales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas les entregó en 1996?

Probablemente bastante y, más aún, si los hospitales que se construyeron en las últimas décadas se hubiesen edificado bajo normas más estrictas, dice Rubén Boroschek, Jefe de la División de Estructuras, Construcción y Geotecnia del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM).

El académico, que desde 1997 se desempeña como director del Centro Colaborador en Mitigación de Desastres en los establecimientos de

"El requisito para construir nuevos hospitales era la protección funcional. Esto no se cumplió por una falta de organización que no sólo impidió al ejecutante de la obra aplicar una técnica adecuada de protección a elementos estructurales y no estructurales, sino también imposibilitó al supervisor de detectar esas deficiencias", explica Prof. Boroschek.

Salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), realiza desde Beauchef una labor de transferencia técnica hacia servicios de salud de toda América Latina en el área de seguridad hospitalaria, por lo que es una fuente autorizada en el tema. "El hecho de que se hayan dañado algunos hospitales antiguos no es raro. Se sabía. Hay guías con recomendaciones y memorias de título que fueron entregadas a cada servicio de salud sobre este tema y en ellas se confirma que hay hospitales que estaban condenados a salir de funciones desde hace años, tal como ocurrió con los centros como los de Curicó, Talca, Santa Cruz", dice Rubén Boroschek.

## TAREA PENDIENTE

La realidad de recintos como el Hospital de Cauquenes no es tan diferente de los centros construidos en los últimos 20 años. Hospitales como el Regional de Temuco, construido en 1994, y el Arturo Hillerns de Puerto Saavedra, ambos ubicados en la Región de la Araucanía también son ejemplos de los severos daños ocasionados por el terremoto. Sin embargo, en casos como los recién mencionados, la fuerza de la naturaleza no es la única responsable, dice el Prof. Boroschek. "El requisito para construir nuevos hospitales era la protección funcional. Esto no se cumplió por una falta de organización que no sólo impidió al ejecutante de la obra aplicar una técnica adecuada de protección a elementos estructurales y no estructurales, sino también imposibilitó al supervisor de detectar esas deficiencias", explica.



Hospital Militar.



Hospital de Cauquenes.

Los dichos del Jefe de la División de Estructuras, Construcción y Geotecnia del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM son apoyados por profesionales como Carlos Bascuñán, director de la Asociación de Ingenieros Estructurales de Chile, quien agrega que en la actualidad el Estado suele pedir experiencia previa para participar en licitaciones de hospitales, en circunstancias que muchas de estas empresas con experiencia en cálculo de centros de salud son responsables de edificaciones que han resultado gravemente

dañadas tras sismos fuertes, tal como ocurrió con el Hospital de Tocopilla tras el terremoto de Tocopilla ocurrido en diciembre de 2007. "Quienes hayan calculado el proyecto de un hospital de estos que han caído, sencillamente no debieran participar en este tipo de licitaciones", manifiesta Carlos Bascuñán, quien destaca que lo más importante a considerar en la edificación de un centro hospitalario es la estructuración del proyecto. "Si el plan está bien pensado, todo va ir bien. El problema es que muchas veces el norte está en que desarrollemos el proyecto lo más rápido posible y la estructuración la dejamos para después", dice Bascuñán.

Rubén Boroschek, por su parte, precisa que gran parte del problema radica en que "en la norma actual suelen encontrarse recomendaciones genéricas como 'proteja el contenido', sin embargo nadie explica qué alambres usar para las tabiquerías o muros interiores, los ascensores, etc. Esto es precisamente lo que ocurrió con los hospitales construidos durante los últimos 20 años: el Estado encargó un Mercedes Benz, pero cuando le entregaron el auto no verificó en forma efectiva si realmente le habían dado lo que había pedido, particularmente en lo referente a la protección de elementos no estructurales y la protección de función", agrega Rubén Boroschek.

Al ser consultado por la solución del problema, Boroschek es enfático: "Mientras no haya un cambio en la organización y en los procesos de desarrollo de infraestructura para proteger la función hospitalaria y mientras la fiscalización no sea externa ni independiente, estaremos perdiendo dinero y causando un daño político y administrativo tremendo, aparte de las eventuales desgracias personales provocados por las falencias constructivas. Este no es un problema de recursos sino de falta de organización".

Este no es el caso del Hospital Militar de La Reina, un recinto de 90.000 metros cuadrados y desarrollado con un sistema de aisladores en la base para lograr que durante un sismo violento el servicio no colapse y, por ende, no haya necesidad de interrumpir su funcionamiento, tal como ocurrió en la madrugada del 27 de febrero último. "Es una solución 15 por ciento más cara, pero creo que incorpora una tecnología que los hospitales tienen que asumir porque permite que las edificaciones se muevan nueve veces menos, lo que se traduce en que en los pabellones quirúrgicos, por ejemplo, se pueda seguir operando y que en las demás dependencias del hospital la evacuación de enfermos no sea necesaria", destaca el director de la Asociación de Ingenieros Estructurales de Chile.

Pero más allá de las críticas, el académico de la FCFM propone que, en el futuro, los aproximadamente 2.000 dólares o más que se destinan a cada metro cuadrado de hospital consideren un diseño sismo resistente que incluya tanto elementos estructurales como no estructurales. La buena noticia es que las especificaciones pueden encontrarse incluso en Internet y en documentos de coautoría del propio Boroschek, tal como ocurre con "Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de Salud", publicado en 1997 y que contempla la mayoría de los aspectos que deben considerarse en la construcción de un hospital, partiendo por lo más básico: un reporte en el que participen arquitectos, médicos, ingenieros y administradores. "La pérdida de vidas y de propiedades causadas por sismos se puede evitar con la aplicación de tecnologías existentes y sin realizar enormes esfuerzos financieros. Lo único que se requiere es la voluntad de hacerlo", asegura Rubén Boroschek. Una recomendación que hoy aparece como absolutamente apropiada si se considera que la reconstrucción de miles de metros cuadrados marcará la tendencia en el Sector Salud en los años que vienen. 📌

Texto: Jorge Rivas O. y Daniela Cid M.

## Sistemas Antisísmicos:

# Cumplieron


La experiencia mundial ha demostrado que son capaces de disminuir notablemente los daños que producen los terremotos en las infraestructuras, y en Chile quedó de manifiesto en febrero pasado. Se trata de los sistemas de aislación sísmica de base y de disipación de energía. "Los primeros, se utilizan en edificios bajos, poco flexibles a nivel de fundación y evitan que la energía sísmica pase a la estructura, ya que los aisladores son capaces de deformarse y disipar esa energía. En cambio, los disipadores se distribuyen en edificios altos, de manera que toda la energía sísmica que pasa a la estructura se disipa a través de estos elementos", señala la académica del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM, María Ofelia Moroni.

Monitoreadas por la División de Estructuras-Construcción-Geotecnia de Ingeniería Civil- que desde la década del '80 investiga el desarrollo y la aplicación de estas tecnologías en el país- las

infraestructuras que poseen estos mecanismos resistieron sin inconvenientes la intensidad del megasismo. Aisladas sísmicamente, éstas son el edificio de la Comunidad Andalucía en Santiago, un tramo de la línea 5 elevada del Metro y el Viaducto El Salto en Viña del Mar, que cuentan con registros sísmicos que prueban la efectividad del sistema. "Las tres resistieron bien el terremoto. En la comunidad Andalucía todos los edificios se comportaron bien, salvo que en los edificios no aislados, las aceleraciones máximas registradas son 4.5 veces mayores, provocando la caída de elementos al interior de los departamentos. En el caso del puente y Metro, las aceleraciones en las superestructuras son del mismo orden que las del suelo", agrega la investigadora.

Pionero en el uso de aislación sísmica de base en Chile, el edificio Andalucía fue la primera infraestructura habitacional antisísmica del país. Este proyecto a cargo de la FCFM e inaugurado

en 1992, se construyó sobre un conjunto de seis aisladores de goma de alto amortiguamiento que lo conectan a los cimientos, de modo que al producirse un movimiento en el suelo, como el de un sismo, la goma se deforma, pero el edificio no sigue el movimiento.

Sin embargo, los mayores costos asociados a la aplicación de estos mecanismos en las construcciones, no han permitido su masividad. "El edificio Andalucía costó un 25% más que el edificio convencional, por lo que estos sistemas se pueden aplicar en estructuras caras, cuyos dueños dispongan de recursos extras para asegurar no sólo la estructura sino que el contenido de ellas", concluye la Prof. Moroni. 

Texto: Ana María Sáez C.



La Prof. María Ofelia Moroni muestra los aisladores sísmicos en la Comunidad Andalucía.



Comunidad Científica Internacional

# Chile en los Ojos del Mundo



Desde el 27 de febrero, ingenieros y científicos de distintos países han llegado semana a semana al país. En este marco el campus Beauchef se ha transformado en un centro de operaciones para muchas de estas delegaciones extranjeras de sismólogos e ingenieros estructurales que han viajado para analizar este fenómeno telúrico que ha sido catalogado como uno de los más grandes de los que se tiene registro en la historia.

"Será el terremoto mejor documentado..." concuerdan los investigadores nacionales y extranjeros que durante estos meses han concentrado su interés y sus recursos en estudiar paso a paso las causas, la evolución y las implicancias del terremoto que afectó a Chile en febrero pasado.

## A COMPARTIR LA CIENCIA

Esfuerzos multinacionales han posibilitado la instalación de 140 estaciones sismológicas a lo largo de la zona de ruptura -Pichilemu a Arauco-, las que permitirán estudiar las réplicas que han ocurrido y seguirán registrándose en el área. De esta forma, el Servicio Sismológico y el Departamento de Geofísica de la FCFM en conjunto con instituciones internacionales, se encuentran desplegando una red de observación post-terremoto que incluyen modernos instrumentos como GPS, sismógrafos de banda ancha, estaciones de período corto y acelerógrafos. Estos equipos serán los encargados de monitorizar durante seis meses la evolución del fenómeno telúrico.

Los resultados de este trabajo colaborativo estarán a disposición de todas las comunidades científicas que los requieran.

Entre los organismos que han enviado delegaciones de investigadores se encuentran el GeoForschung Zentrum de Potsdam (GFZ) de Alemania, el Instituto de Física del Globo de París (IPGP), la Escuela Normal Superior de París, Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) de Estados Unidos, United States Geological Survey (USGS), California Institute of Technology, Liverpool University, Cambridge University, entre otros.


Para el Dr. Barrientos, este trabajo colaborativo marcará un antes y un después en la comunidad sismológica mundial: "Es la primera vez en la historia sismológica que tanta gente de diferentes instituciones internacionales se ha puesto de acuerdo para compartir y distribuir públicamente los datos que vayamos adquiriendo. Es un cambio radical en la forma de hacer ciencia, especialmente sismología, por lo que creo que habrá una sismología antes y después del terremoto de 2010".

## INGENIEROS ESTRUCTURALES

Además de las delegaciones de sismólogos y expertos en Ciencias de la Tierra, han llegado también comitivas de ingenieros estructurales motivados por conocer el impacto que tuvo este megasismo en estructuras como edificios de gran altura, puentes o puertos. El Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM coordinó la gran mayoría de estas delegaciones.

"Un evento como éste ocurre cada cien años y tenemos la responsabilidad de difundir la información adquirida", señala Rodolfo Saragoni, académico y experto en ingeniería sísmica.

Entre las comisiones extranjeras especializadas en ingeniería antisísmica, destacan los investigadores estadounidenses provenientes de Los Angeles Tall Building Structural Design Council, del Banco Mundial, de la American Society of Civil Engineers y de las Universidades de California, San Diego y Stanford, en EE.UU.

Según, Rodolfo Saragoni, el gran interés de profesionales estadounidenses se debe a que, según estudios sísmicos, en EE.UU se espera un terremoto de gran intensidad. "Se tiene conocimiento de que podría afectar la zona noroeste de Estados Unidos y a Canadá (Seattle y Vancouver). Por ello, quieren conocer cómo se comportaron las estructuras en nuestro país", señala el Prof. Saragoni. Los planteles americanos se suman a misiones provenientes de centros europeos como las Universidades de Padua, Ferrara y Trieste; y de países como Japón y Nueva Zelanda. 

Texto: Ana María Sáez C. / Sofía Vargas P.

Terremoto y Tsunami

# El Nuevo Chile Costero



Importantes cambios geográficos en las zonas costeras afectadas por el gran terremoto y posterior tsunami que azotó a Chile en febrero pasado evidenció un estudio liderado por geólogos de la FCFM y desarrollado en colaboración con científicos chilenos y franceses.



Alzamiento de costa de Lebu.

### El litoral chileno ya no es el mismo. El intenso sismo del sábado 27 de febrero y el consiguiente maremoto, provocaron cambios en su fisonomía desde la V a la X Región.

Estas alteraciones -levantamientos y hundimientos de la costa producto de la presión de la placa de Nazca bajo la Sudamericana- quedaron en evidencia en el estudio *"Alzamiento cosísmico asociado al terremoto Mw8.8 en Chile central y efectos del tsunami entre los 33,2°S y 39,8°S"*, realizado por investigadores del Laboratorio Internacional Asociado Montessus de Ballore de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile y CNRS, la Universidad de Concepción, el Institut de Recherche pour le Développement (IRD), y el Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) de Francia.

Para llevar a cabo los análisis, entre el 5 y el 27 de marzo los científicos investigaron en terreno el borde costero comprendido entre Valparaíso y Valdivia. "Nuestro objetivo era realizar observaciones y recoger testimonios sobre la deformación costera vertical y la altura máxima de inundación del tsunami", señala el académico del Departamento de Geología

de la FCFM, Gabriel Vargas, quien encabezó el equipo. Éste estuvo integrado por los geólogos Marcelo Farías, Rodrigo Rauld, Andrés Tassara, Daniel Melnick, Sébastien Carretier, Stéphane Baize, y los sismólogos Jaime Campos y Diana Comte.

### LAS HUELLAS GEOGRÁFICAS DEL CATACLISMO

Al menos trece zonas del borde costero de la VI a la VIII Región se elevaron durante el terremoto. Así lo da a conocer el informe de este grupo de investigadores que evidencia deformaciones verticales entre la costa de Punta Topocalma y Tirúa.

"Estos resultados los obtuvimos a partir de las observaciones de la franja de algas coralinas del grupo lithothamnium, recientemente expuestas a raíz del terremoto", indica Vargas. La especie más común de este biomarcador -validado científicamente como registro de alzamiento cosísmico, es decir, producido durante un sismo- se caracteriza por un color rojizo a rosado, que se torna blanquecino al quedar expuesto sin humedad en forma permanente.

De esta forma, los científicos midieron la diferencia entre el límite superior de la franja de algas blanqueadas -correspondiente a su distribución previa al terremoto- y la demarcación superior de las algas rojizas -correspondiente al límite actual de su disposición vertical- es decir, posterior al 27 de febrero.

Así constataron que los alzamientos producidos durante el gran sismo variaron entre los 15 cm. y los 2.8 m. La zona más afectada por estas elevaciones fue la costa occidental de la península de Arauco. Localidades como El Piure alcanzaron los 2.8 m, Rumena 2.4 m, Morhuilla 2.15 m, Lebu 1.7 m y Punta Lavapié 1.5 m. "Los mayores alzamientos se observaron en las zonas más cercanas a la fosa, es decir, al contacto entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, como es el caso de la península de Arauco", señala el Prof. Vargas.

En tanto, más al norte, sectores como Loanco experimentaron levantamientos de 30 cm, Topocalma 40 cm y Pichilemu 20 cm. Los cambios provocados por esta deformación vertical no sólo se traducen en una nueva geografía costera, sino también en un nuevo escenario económico

Iloca.



para los habitantes de las localidades afectadas, ya que donde antes existían recursos marinos ahora sólo se observan roqueríos.

A lo largo de sus recorridos, los científicos también evidenciaron hundimientos de terrenos. "En algunos casos observamos descensos, cuya estimación cuantitativa la realizamos en base a observaciones geomorfológicas de dominios costeros, estuariales o lacustres", indica el geólogo. Así, por ejemplo, en Bucalemu se registraron descensos de 60 cm y en sectores aledaños de hasta 1 m.

"En términos regionales, los datos muestran un cambio de alzamiento a subsidencia (hundimiento) a una distancia del orden de 110 a 120 km. desde la fosa hacia el Este, lo que coincide con observaciones geodésicas, realizadas a partir de datos de GPS recopilados durante estudios previos al sismo", asegura el Prof. Gabriel Vargas.

## EL TSUNAMI QUE LLEGÓ

Luego del gran movimiento telúrico que afectó a parte de la zona centro sur de Chile, la preocupación de los habitantes del borde costero se centró en la posibilidad de la llegada de un tsunami, producto de la perturbación del fondo oceánico durante el terremoto. Minutos más tarde su preocupación se hizo realidad.

Las costas de las regiones VI, VII, VIII, IX y, en menor medida, Valparaíso y Valdivia, fueron afectadas por un maremoto que causó gran destrucción, provocando pérdidas humanas y materiales.

Según los testimonios recogidos por los investigadores, el tiempo de llegada del oleaje varió entre 15 y 25 minutos en las zonas más cercanas al epicentro del terremoto y hasta 30 y 60 minutos en los sectores más alejados. "Los lugareños coinciden en la llegada de tres olas u ondas de inundación, siendo cada vez más destructivas, y con varios minutos entre cada oleaje", indica el Prof. Vargas, experto en oceanografía.

Para estimar las máximas alturas alcanzadas en cada localidad, los investigadores realizaron mediciones con altímetro barométrico y huincha de precisión milimétrica. "Se midió la altura


Dichato.



máxima de las marcas de vegetación arrasada, de erosión, de depósitos y de destrucción generada por la inundación, con respecto al nivel del mar al momento de la medición", señala el geólogo. Luego estas mediciones fueron corregidas -por el efecto de las mareas- para referenciar la altura máxima del tsunami respecto del nivel del mar al momento de su ocurrencia.

Así, el grupo de investigación pudo constatar que las mayores alturas de inundación se registraron inmediatamente al norte del epicentro alcanzando los 14 m y disminuyeron progresivamente hasta 2.5 m al sur de Valparaíso.

En localidades como Loanco y Pelluhue alcanzó los 14 m, en Punta Topocalma y Tregualemu los 8 m, en las zonas de Dichato, Talcahuano, Tirúa y Puerto Saavedra entre 6 y 8 m, y en la costa cercana a Cobquecura entre 2 y 4 m. "La distribución de las alturas máximas alcanzadas por el tsunami, entre el área ubicada al sur de Cobquecura y hasta Niebla, muestra un patrón irregular que podría haber sido condicionado por factores morfológicos del fondo marino y de la geomorfología costera, sin descartar una eventual direccionalidad inicial de carácter regional, hacia el norte del maremoto", indica el Prof. Vargas.

Para el investigador, la importancia de la realización de estos estudios radica en sus análisis en terreno y de una visión integral de los fenómenos de levantamiento y hundimiento del borde costero y del posterior tsunami. "Nuestro objetivo fue visualizar ambos fenómenos en conjunto y abordarlos desde una óptica regional, para ayudar a comprender científicamente lo que ocurrió aquel sábado 27 de febrero", concluye. 

*Texto: Ana María Sáez C.*



Estudio de Grietas

# Fracturas que dejan huella

Cahuil, IV Región.



El terremoto del 27 de febrero provocó importantes rupturas de superficie a lo largo del territorio nacional. Entre las más significativas están las encontradas en Isla de Maipo, y expertos de la FCFM analizaron el fenómeno.

**"Fue terrible, la cancha de fútbol se dividió en dos... pensamos que el mundo se iba a acabar"**, cuenta una vecina de la comuna de Isla de Maipo al relatar la escena de terror que ella y los demás habitantes de esta localidad presenciaron durante la madrugada del 27 de febrero último, cuando se generó una grieta de cuatro kilómetros de largo y dos metros de profundidad que hoy aparece como una de las rupturas de superficie de mayor envergadura producida por el terremoto.

El fenómeno -que dejó siete casas con daños severos y dividió una cancha de fútbol en dos- fue analizado por un equipo de geólogos y geofísicos de la FCFM liderado por el Prof. César Arriagada del Departamento de Geología.

Los expertos recorrieron, durante las semanas posteriores al terremoto, más de 100 localidades registrando y estudiando deslizamientos y rupturas de este tipo; las que ocurren comúnmente cuando el hipocentro del sismo es cercano a la superficie de la tierra, pero que los científicos chilenos no habían tenido la oportunidad de estudiar anteriormente.

## REACTIVACIÓN DE FALLAS

Según los especialistas de la Universidad de Chile, grietas como la de Isla de Maipo, conocida como "Falla de Naltahua", se pueden ver a lo largo de toda la zona afectada por el sismo, que abarca unos 500 kilómetros desde Arauco hasta San Antonio. "El movimiento provocó fallas cuyas dimensiones van desde sólo algunos centímetros hasta un máximo de uno o dos metros", dice el Prof. Arriagada.

"Hasta ahora no había evidencia geológica de rompimiento de superficie en la zona centro sur del país", dice Arriagada y añade que "si bien algunos vecinos comentaron que hubo episodios similares para el terremoto de 1985, no hay en Chile estudios científicos detallados que hayan caracterizado estas rupturas".

Los especialistas de la FCFM sospecharon que este fenómeno podría tratarse de una falla que se reactivó producto del terremoto, por ello, realizaron, gracias al apoyo de la Municipalidad de Isla de Maipo, una trinchera que dividió perpendicularmente la Falla de Naltahua.

El mapeo detallado realizado por el Prof. Arriagada, junto con los investigadores Daniel Carrizo del Dpto. de Geofísica y Fernando Martínez del Dpto. de Geología, ha permitido recabar una serie de nuevos antecedentes en esta región.



## ESTUDIANTES REALIZAN MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA

En marzo, un equipo de 20 estudiantes del último año de la carrera de Geología viajaron a la comuna de Isla de Maipo bajo la supervisión del Prof. César Arriagada, para analizar en terreno los efectos del terremoto.

"Los jóvenes tuvieron una oportunidad única", cuenta el académico. Si bien los estudiantes de la carrera de Geología salen frecuentemente a terreno, experiencias de este tipo son muy importantes, porque, según Arriagada están motivadas por un interés científico que implica un aporte directo a la sociedad. En este caso los futuros geólogos lograron confeccionar un detallado mapa geológico que muestra las geometrías y estilos estructurales observados en la ahora famosa «falla de la cancha».


Estos datos fueron entregados a la Municipalidad de Isla de Maipo y serán utilizados en el catastro de daños y en la planificación urbana de la localidad.

Los datos recopilados indican que la "grieta" o Falla de Naltahua efectivamente muestra evidencias de movimiento anteriores al sismo del 27 de febrero. El equipo pesquisó en el interior de la ruptura un fósil de un árbol, lo que indicaría que grieta anterior provocó la inmersión del tronco. "Pareciera que sismos grandes tienen la capacidad de reactivar zonas de fallas aparentemente inactivas, aunque el epicentro sea bastante lejos", señaló el académico.

## GRIETAS EN ARENA

Si bien las grietas de Isla de Maipo son un ejemplo de la gran intensidad del reciente sismo, este tipo de rupturas se repiten en todo el territorio nacional. Según el Prof. Arriagada,

otra de las zonas interesantes de analizar se encuentra en localidad de Cahuil, ubicada en la VII Región.

En este pueblo de 450 habitantes situado a 12 km al sur de Pichilemu, se registró un extraño fenómeno: grietas profundas en la arena. Según Arriagada, las geometrías encontradas aparecen como "clásicas de zonas de tectónica extensional", similares a las que se encuentran en un proceso de apertura continental. "¿Qué quiere decir esto? Es lo que estamos investigando. Hasta el momento sabemos que este fenómeno se reconoce a lo largo de toda la costa y es una deformación impresionante", concluye el Prof. Arriagada. 

Texto: Sofía Vargas P.



Beauchefianos:

*Estudiantes en Empedrado.*

# ¡Manos a la obra!

Fiel ejemplo del compromiso país de la Universidad de Chile, a través de distintas iniciativas alumnos, profesores y funcionarios de la FCFM ayudan a reconstruir el Chile del bicentenario azotado por el terremoto del pasado 27 de febrero.



## Cientos de estudiantes han ido en ayuda de las personas afectadas por el terremoto, mientras que expertos de la FCFM han proporcionado asesoría técnica a distintas localidades.

La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas asumió su compromiso social con el país y se sumó a la campaña "U x Chile".

### CONSTRUYENDO ESPERANZA

Con gran entusiasmo, los estudiantes de la FCFM han utilizando sus fines de semana y las vacaciones de mitad de semestre para construir viviendas de emergencia. Coordinados por el Centro de Estudiantes de Ingeniería, CEI, por el Centro de Estudiantes de Plan Común, CEPC, y por la organización de estudiantes universitarios CapSocial, los beauchefianos se han sumado a la campaña liderada por la Federación de Estudiantes de la U. de Chile, FECH, de apoyo a la organización no gubernamental Un Techo para Chile que tiene como principal objetivo construir mediaguas. De esta forma estudiantes de la FCFM han colaborado en la construcción de alrededor de 200 viviendas en las localidades de Laja, Chimbarongo, Las Cabras, Empedrado y San Rafael.

El Centro de Estudiantes de Ingeniería considera que las labores han sido todo un éxito y esperan continuar realizando actividades de ayuda durante todo el año. "Sabemos que el camino a la reconstrucción es complejo y de largo plazo, por lo cual hemos hecho un compromiso de continuar trabajando con las comunidades ya intervenidas", señala Matías Grau, estudiante de Ingeniería Industrial e integrante del CEI. De esta forma, los jóvenes han aportado con un grano de arena a la titánica tarea de proveer a las familias afectadas por el terremoto de un lugar razonablemente protegido donde pasar este invierno.

### REGRESO A CLASES

Al igual que los estudiantes, los expertos de la FCFM se sumaron al llamado de la Universidad de Chile para "aportar desde el saber y la experiencia". Fue por ello que un grupo de ingenieros del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales (IDIEM) de la FCFM encabezados por su subdirector, Eduardo Sanhueza, junto a cinco académicos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) y el estudiante de Ingeniería Civil Miguel

Bravo visitaron la Región del Maule, con el objetivo de revisar estructuralmente todos los establecimientos educacionales municipales de la comuna de Parral.

En 10 horas de trabajo el equipo logró la maratónica labor de revisar el 100% de los colegios municipales de la localidad, evaluando el nivel de daños sufridos por cada uno de ellos, lo cual permitió que cerca de 4000 estudiantes pudieran ingresar a clases la primera semana de abril.

Parral, comuna que cuenta con una población cercana a los 38.000 habitantes, fue una de las ciudades más dañadas por el terremoto. "Estamos muy contentos y agradecidos porque conocer el estado de habitabilidad de los establecimientos y contar con un informe de daños fue clave para que los estudiantes volvieran a clases", señaló Walter Belmar, Director (S) del Departamento Administrativo de Educación Municipal (DAEM).

La delegación de la U. de Chile calificó como "un pequeño aporte a la reconstrucción", la labor realizada en la VII Región. "En la situación que vive Chile debemos demostrar qué tan valiosos somos. Ser profesionales de la Universidad de Chile conlleva el deber de contribuir a la sociedad. Hoy aportamos velando por la seguridad de las personas", señaló el académico de la FAU e integrante de la delegación, Alberto Fernández.


### LEVANTANDO CHILE

Con el slogan "Ingenieros Levantando Chile", el programa Construyendo Mis Sueños (CMS) de la Escuela de Ingeniería y Ciencias, el Centro de Graduados, la Corporación de Ingenieros Civiles Industriales (ICI) y el Centro de Estudiantes (CEI) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, fueron en ayuda de los microempresarios más afectados de la VI y VII Región.

Durante marzo, cerca de 200 voluntarios realizaron un catastro técnico de las zonas afectadas, establecieron la condición de habitabilidad de las casas y trabajaron por mejorar los sistemas hidráulicos y sanitarios.

La labor de "Ingenieros Levantando Chile" se concentró en tres zonas críticas: Licantén, Curepto y Pichidegua. "Son localidades que

han sido realmente devastadas. Los microempresarios lo han perdido todo. En Licantén, por ejemplo, hay 120 pescadores que perdieron su fuente de trabajo, lo mismo pasa con aquellos que tenían negocios pequeños", señaló Solsiré Giaverini, Directora del programa "Construyendo Mis Sueños, CMS.

Actualmente el equipo se encuentra apoyando la gestión de los municipios y continúa ayudando al trabajo de los microempresarios de la zona. 

*Texto: Sofía Vargas P.*

### AYUDA AL LICEO ABATE MOLINA

Siguiendo el llamado de la Universidad de Chile de apoyar a las zonas afectadas por el terremoto la FCFM decidió apadrinar a los alumnos del Liceo Abate Molina de Talca, LAM, establecimiento que resultó fuertemente dañado durante el terremoto. Tutorías Universitarias, implementación de U - Cursos y talleres de física serán algunas de las acciones de apoyo que se realizarán durante el 2010.

Al proyecto se han sumado profesores, alumnos y funcionarios de la FCFM entregando su aporte desde distintos frentes, y que seguirán participando a lo largo de todo el año.

"Queremos convencerlos a ustedes de que es posible alcanzar los sueños. Es por eso que estamos aquí. Un terremoto no puede truncar sus metas", dijo el Decano Francisco Brieva, el sábado 29 de mayo cuando se dio inicio al proyecto.



Preuniversitario José Carrasco Tapia:

# 20 años entregando oportunidades



*Profesores voluntarios 2010.*

En sus veinte años de vida, más de ocho mil alumnos han pasado por el Preuniversitario José Carrasco Tapia, un exitoso grupo organizado de la FCFM que cada año abre las puertas de la universidad a jóvenes de escasos recursos.

**La historia se inició en septiembre de 1989 cuando un grupo de universitarios voluntarios realizaba labores de reforzamiento escolar a alumnos de enseñanza media en el Centro Cultural José Carrasco Tapia de la comuna de Pudahuel.** La gran mayoría de estos voluntarios pertenecían a la Escuela de Ingeniería y Ciencias de la Universidad de Chile, y fueron ellos quienes, motivados por extender esta acción a un preuniversitario propiamente tal, gestionaron el traslado de esta iniciativa a las aulas de la FCFM, idea que se materializó en 1990. Nace así el Preuniversitario José Carrasco Tapia, un grupo organizado ampliamente reconocido en esta Facultad que prepara a jóvenes de escasos recursos para rendir la Prueba de Selección Universitaria (PSU).

En los primeros años dictaban sólo clases de matemática, química y física. Sin embargo, el buen funcionamiento del proyecto significó que los mismos alumnos una vez que lograban ingresar a la universidad regresaran como voluntarios del Preu. De esta manera, al grupo de estudiantes de ingeniería se sumaron otros de carreras como pedagogía y biología, lo que permitió que se fueran abordando todas las materias que comprendía la entonces P.A.A., hoy PSU.

## PROYECTO CONJUNTO

Este año el preuniversitario tiene 480 alumnos y 67 profesores voluntarios, 25 de ellos son estudiantes de la FCFM y el resto proviene de otras facultades tanto de la U. de Chile como de otras universidades, quienes además de realizar las clases están a cargo de la administración de la iniciativa.

Guillermo Muñoz, director del preuniversitario y estudiante de ingeniería civil de la FCFM, es voluntario desde 2007. Define dos razones por las cuales el preuniversitario ha durado tanto tiempo. Una, tiene que ver con los resultados obtenidos por los alumnos y, la segunda, se relaciona con el enfoque que, según sus palabras, "ha permitido que el preuniversitario tenga una trascendencia mayor, la que se relaciona con el ambiente que se genera al compartir, con la capacidad de superación, con que no sólo hago clases, sino que motivo a los alumnos a estudiar, que si ellos tienen un problema de orientación vocacional también los podemos

ayudar conversando, lo que crea lazos muy fuertes y me hace sentir que soy parte de un gran proyecto conjunto".

En general, los voluntarios comparten la idea de entregar a otros jóvenes oportunidades de educación. Según cuentan los estudiantes de ingeniería eléctrica de la FCFM, Sebastián Derteano y Pedro Sánchez, quienes llevan tres y cinco años como voluntarios, lo que comienza como una acción voluntaria más, termina adquiriendo un enorme valor en su paso por la universidad.

"Acá en la Escuela te entregan muchos conocimientos teóricos y técnicos, y creo que no es bueno dejárselos para uno mismo, sino transmitirlos a otras personas y que ojalá lo puedan ocupar de la mejor manera posible. Participar en el preu tiene que ver con intentar retribuir lo que para mí ha sido tener la suerte de estudiar en esta Facultad", afirma Derteano. Similares razones tuvo Pedro Sánchez para integrarse al preuniversitario y cuenta que luego de conocer a sus alumnos la motivación fue mayor: "Al compartir con ellos te das cuenta de que el sistema educacional chileno es muy injusto y eso fortaleció mis ganas de entregarles todo lo que sé sin cobrar, porque la educación y los conocimientos deberían ser gratis".

Y junto a la motivación, la buena organización de los voluntarios ha sido fundamental. Para esto tienen una directiva que se renueva cada año, eligiéndose ésta entre los mismos voluntarios. "Lo más importante que establece el reglamento es que el director y el jefe financiero tienen que ser alumnos de esta Facultad", dice Guillermo Muñoz.

Para financiarse, el preuniversitario postula a fondos concursables que la Facultad destina cada año a los grupos organizados y realiza un cobro anual de 30 mil pesos por estudiante. Con estos ingresos, cubren gastos básicos de administración, fotocopias y realizan actividades de esparcimiento.

También otorgan becas de transporte y colación. Pero como la mayoría de los estudiantes del preu son de bajos recursos, para dar estos beneficios crearon una Dirección de Asuntos Estudiantiles que realiza una evaluación que considera aspectos como asistencia, compromiso y esfuerzo en superación. "Hasta el año

pasado se entregaban mensualmente becas de locomoción a alrededor de 25 estudiantes. Se estima que este año se puede ampliar el beneficio a 40, a lo que se suman diez becas de alimentación que implementamos desde este año", dice el director.

Asimismo, en estos veinte años ha sido fundamental el apoyo que la Facultad les brinda, materializándose en la disponibilidad diaria de salas de clases y de toda la infraestructura necesaria para realizar los cursos. También han existido instancias de integración en los laboratorios de la FCFM donde académicos han realizado experimentos con grupos de estudiantes.

Respecto de los materiales que entregan a los alumnos, el director del preu explica que éste en su mayoría es recopilado o elaborado por los mismos voluntarios, quienes también aportan maquetas didácticas y libros. Hay otros implementos que son financiados por el preuniversitario como mapas geográficos o libros de preparación para la PSU.

## PARTIENDO DESDE CERO

Para el desarrollo de las clases, los voluntarios se dividen en seis áreas, una por cada contenido: biología, física, historia, lenguaje, matemática y química. Cada sección cuenta con un coordinador a cargo de realizar la planificación del curso.

Para ingresar al preuniversitario los alumnos deben postular. Este año postularon más de 800 estudiantes de tercero y cuarto medio y algunos egresados de enseñanza media. El factor común de todos ellos es la imposibilidad de acceder a un preuniversitario pagado: "Son personas que tienen que buscar las oportunidades y por eso llegan acá, lo que incluso toca a alumnos de buenos colegios", dice Muñoz.

Así lo ve Karina Vásquez, alumna de cuarto medio del Colegio Chile de la comuna de San Miguel: "Es una oportunidad para los que no tenemos suficientes recursos económicos y aunque sé hartas cosas, acá las he profundizado". Cuenta que si bien a veces le resulta difícil compatibilizar el colegio con el preuniversitario "para lograr algo hay que esforzarse".



Alumnos de la generación del año 2000

Los voluntarios del Preuniversitario José Carrasco Tapia, coinciden en señalar que los alumnos tienden a comenzar con bajas expectativas de entrar a una carrera universitaria, "pero a final de año muchos logran estudiar donde quieren, la carrera que quieren. Y aunque hay otros que no lo consiguen, aún así mejoran bastante", dice Pedro Sánchez.

Hay otros casos como el de Camila Astorga, quien estudió Párvulos en un colegio técnico y hoy combina su práctica profesional con las clases del preuniversitario con la expectativa de estudiar algo similar en la Universidad: "Ha sido un apoyo importante, porque hay contenidos que no manejaba y en ese sentido los profesores son muy comprensivos y pasan las materias de manera que todos podamos entenderlas y aplicarlas", comenta.

Una de las características que destaca a este preuniversitario de otros es la alta demanda en tiempo que se solicita de los estudiantes: los alumnos deben asistir todos los días a clases, desde marzo a noviembre e ingresar a un programa que les exige cursar todos los ramos de las pruebas de la PSU que vayan a rendir. Tienen tres clases a la semana de matemática, dos clases de lenguaje y según si escogen ciencia o historia, tienen cuatro clases de ciencias - biología, química, física más un electivo- o tres clases de historia. Esto, debido al enfoque que sostiene el preuniversitario: "Creemos que al ser baja la calidad de educación que reciben en el colegio es necesario partir de cero. Preferimos plantearnos que somos el principal curso con el que se van a preparar para entrar a la universidad", explica

Guillermo Muñoz, y agrega que la cantidad de voluntarios, aproximadamente ocho por cada curso de cuarenta a sesenta personas, permite que se pueda realizar un trabajo mucho más personalizado.

## PUNTAJES EN ALZA


Los voluntarios del Preuniversitario José Carrasco Tapia, coinciden en señalar que los alumnos tienden a comenzar con bajas expectativas de entrar a una carrera universitaria, "pero a final de año muchos logran estudiar donde quieren, la carrera que quieren. Y aunque hay otros que no lo consiguen, aún así mejoran bastante", dice Pedro Sánchez.

Según datos entregados por Guillermo Muñoz, de los alumnos que logran ingresar a la universidad entre dos y tres estudiantes lo hacen a la FCFM, aunque el año pasado esta cifra subió a cinco.

A nivel general, hasta 2008 un tercio de los alumnos del preuniversitario ingresaba a la educación superior, cifra que según su director va en aumento: "En 2009 por lo menos la mitad entró a alguna institución, sea universidad o centro de formación técnica, y hay grupos de

cursos donde esa cifra aumenta al 80%. Hay muchos factores que influyen en que algunos grupos tengan mejores resultados que otros, como el grado de afiatamiento como curso, o la coincidencia en las motivaciones individuales, pero independientemente de eso, sabemos que al menos la mitad de nuestros estudiantes ingresará a la educación superior".

Señala que en 2009 se logró superar en diez a quince puntos los puntajes de todas las pruebas con relación a los años anteriores, llegando a un promedio de 580 puntos. Detalla que más de 30 personas obtuvieron sobre 700 puntos en la prueba de matemática, y en la prueba de historia alrededor de 10 estudiantes alcanzaron los 750.

Y junto a las clases, al interior de las salas también surge un estrecho vínculo entre alumno y profesor. "Para muchos de ellos somos la única persona que les habla de universidad y las mismas anécdotas que contamos de cómo son nuestros estudios son súper valiosas para ellos y va más allá de enseñarles un contenido", concluye Muñoz. 

Texto: Ana Gabriela Martínez A.

Exitosa iniciativa tecnológica Universidad – Empresa

# El Chequemático que revolucionó el sistema de autoservicio



A través del diseño e implementación de algoritmos, investigadores del DCC lograron que una máquina, única en el mundo, valide cheques mediante el reconocimiento de números y textos manuscritos; tan distintos unos de otros como clientes interactúan con el servicio.

**Terminar con las largas filas de espera y promover la autoatención de los clientes han sido algunos de los resultados del "Chequemático"**, un innovador sistema de autoservicio implementado en 2009 por el Banco de Crédito e Inversiones (BCI), que permite cobrar cheques y realizar depósitos de documentos bancarios las 24 horas del día, los siete días de la semana.

Para crearlo, la entidad bancaria seleccionó a Orand Innovación, empresa especializada en el desarrollo de software para proyectos de alto desafío tecnológico. Y Orand, a su vez, contactó al académico del Departamento de Ciencias de la Computación (DCC), Benjamín Bustos, para que dirigiera la implementación de los algoritmos necesarios para el funcionamiento de esta tecnología. Una tarea desde el comienzo nada sencilla.

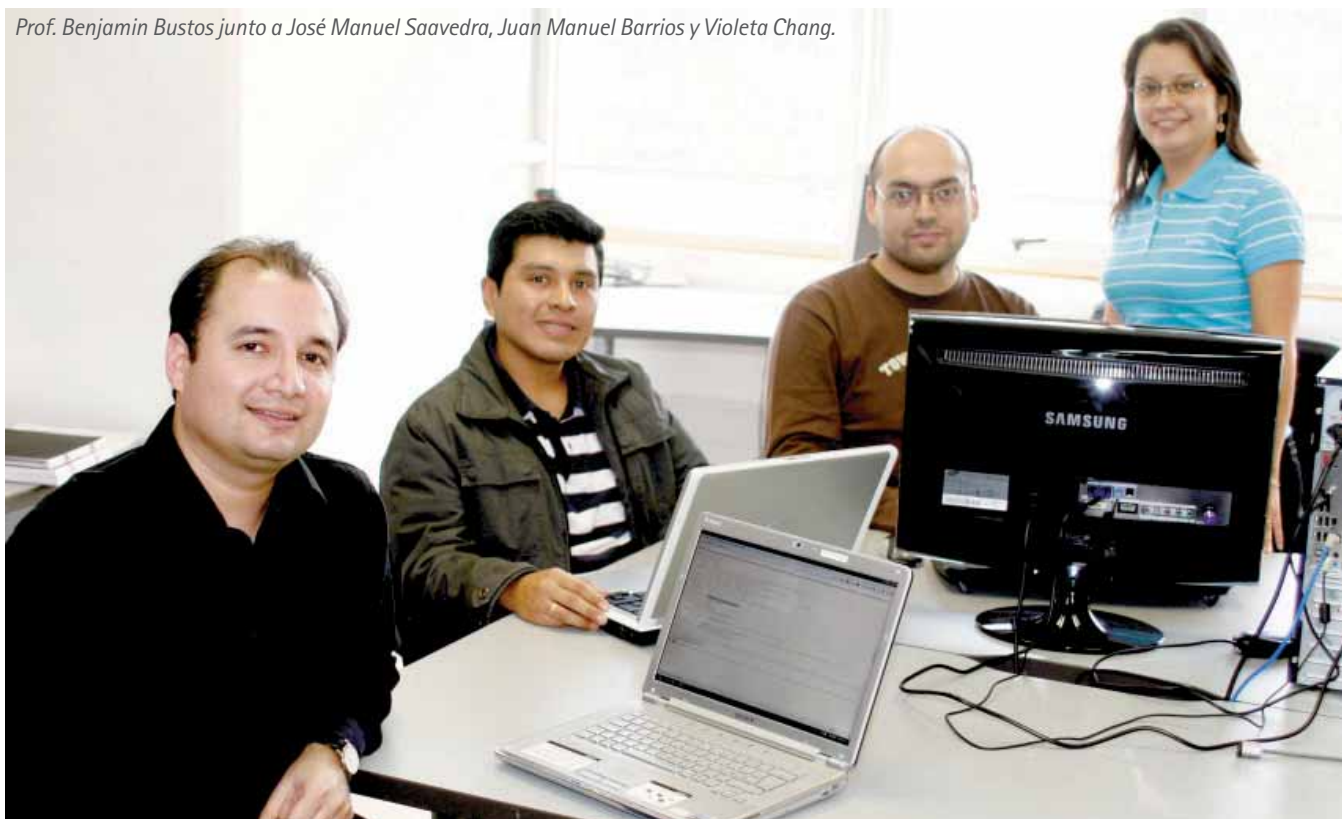
En el desarrollo del "Chequemático" participaron junto al profesor Bustos los alumnos de doctorado del DCC e integrantes del grupo de investigación PRISMA: Violeta Chang, José Manuel Saavedra y Juan Manuel Barrios. Y como contraparte, el proyecto fue liderado por Mauricio Palma, gerente general de Orand Innovación; Mauricio Gaueca, gerente de desarrollo e investigación de la misma empresa; y Héctor Contreras, jefe de proyectos de la Gerencia de Innovación del Banco BCI.

Según explica Mauricio Palma, el "Chequemático" es un sistema que, "entre otras cosas, paga y deposita automáticamente cheques, por lo que requiere la implementación de mecanismos automáticos de reconocimiento y validación de documentos, que fue el ámbito del problema que abordamos con el DCC". En este sentido, la experticia del grupo que dirige

el profesor Bustos fue fundamental, ya que PRISMA investiga temas relacionados con análisis de imágenes e información multimedia y reconocimiento de patrones. "Cuando nos propusieron el tema nos llamó la atención que era un problema de ingeniería que requería de un componente del área de investigación, de tener un conocimiento más profundo del estado del arte y pasarlo de la teoría a la práctica. Y eso es justamente lo que nosotros podemos proveer", señala Benjamín Bustos.

Se trata de un exitoso caso de transferencia tecnológica desde la academia a la empresa, que significó que la entidad bancaria recibiera en 2009 el premio "Innovación Empresarial TI" por parte de la Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de la Información (ACTI).

*Prof. Benjamin Bustos junto a José Manuel Saavedra, Juan Manuel Barrios y Violeta Chang.*



## IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS

El trabajo encomendado al DCC por parte de Orand tuvo varias etapas. Partió por la investigación de varios métodos, su evaluación, selección e implementación. Luego el diseño de un nuevo algoritmo de reconocimiento, la realización de pruebas masivas y la puesta en producción que finalmente se implementó con buenos resultados. En particular, Héctor Contreras enfatiza que la labor del DCC se relacionó con la automatización del reconocimiento y validación del documento, específicamente de su texto compuesto tanto de letras como de números. Una "necesidad que tiene el sistema "Chequemático", el que ya estaba en gran parte desarrollado por BCI y Orand".

La labor de los investigadores se centró en establecer qué técnicas debían utilizar para hacer un buen reconocimiento del cheque, un problema complejo pues la mayoría son manuscritos. Los investigadores así recibieron muestras de cheques que constituían un universo representativo de las distintas formas en que éstos se completan. "Si nosotros como personas no entendíamos lo que decía, por momentos nos parecía imposible que una máquina pudiera hacerlo. Era tan distinta la forma de escribir de una persona a otra, algunas no conectaban bien las letras o las escribían en forma incompleta o ponían muy cerca el nombre y el apellido; otras escribían en el medio de la línea del cheque, y quedaba una raya atravesada en el nombre. Y también venían cheques cruzados (lo que se hace cuando se quieren depositar en una cuenta) entonces había que determinar si esas rayas eran parte del nombre o no. Y pese a que tratamos de elegir un grupo representativo de cheques, que tuviesen todo tipo de formas de escribir, resolver estos detalles fue el mayor desafío de todos", dice Violeta Chang.

Para superar estas dificultades fue necesario que el grupo de investigación implementara varios algoritmos, de modo de validar el cheque reconociendo las distintas maneras en que se presentaba la información. "Conocíamos algunos algoritmos estándar para hacer reconocimiento manuscrito de caracteres. Pero no sabíamos si para este problema en particular iban a funcionar porque no es un papel en blanco. Entonces había que identificar bien las zonas

donde se escribe el nombre y después hacer la validación con el nombre que aparece en el carné de identidad de la persona que realiza el cobro. Esto significó que tuviéramos que investigar, revisar la literatura relacionada para saber cuáles eran las técnicas que funcionaban mejor en la teoría; tomar esas técnicas, aplicarlas y modificarlas para este problema en particular", dice Benjamín Bustos.

En esta etapa realizaron pruebas en las que lograron validar más del cincuenta por ciento de los cheques. Este resultado impulsó al grupo a continuar con el proyecto en los meses siguientes, tiempo en que se dedicaron a perfeccionar los algoritmos y establecer los parámetros que requerían para el correcto funcionamiento de la aplicación; realizar pruebas y mejorar los algoritmos de análisis del cheque y definir cuál era el procedimiento correcto de aplicación de éstos. En este período trabajaron en contacto directo con los ingenieros de Orand, quienes desarrollaron en paralelo todos los otros componentes necesarios para la implementación y puesta en marcha del "Chequemático".

## SISTEMA ÚNICO EN EL MUNDO

Otro desafío a resolver por los investigadores de PRISMA tuvo que ver con el reconocimiento del endoso (los datos al reverso del cheque). Sobre este aspecto, el profesor Bustos cuenta que el trabajo también se dividió en varias partes, porque debían implementar los algoritmos necesarios para el reconocimiento de todo el contenido: firma, RUT y cuenta corriente. "Y ahí la dificultad, pues tuvimos que determinar dónde estaba puesta la información y nos encontramos con que no todos escriben en el orden que establece el cheque ni en los lugares definidos para ser escritos. En algunos casos la persona escribió cuenta corriente, RUT, firma, y en otro caso escribió RUT, cuenta corriente, firma y otras variaciones que también implicaron un montón de posibilidades que tuvimos que analizar".

El resultado final de todo el trabajo se tradujo en la creación de un sistema único en su tipo en todo el mundo. "Existían otras soluciones similares (para depósito de cheques) pero no conocemos un sistema que pague cheques automáticamente y en línea", dice Héctor Contreras.

## PRISMA

**PRISMA (Pattern Recognition, Similarity Search, and Indexing in Multimedia Archives), es un grupo de investigación del Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la FCFM, dirigido por el Profesor Benjamín Bustos. Su objetivo principal es investigar nuevos algoritmos y técnicas para poder realizar búsquedas en grandes colecciones de datos multimedia.**

Junto al profesor Bustos conforman este grupo los estudiantes de doctorado Juan Manuel Barrios, Violeta Chang, José Saavedra e Iván Sipirán, y los estudiantes Víctor Sepúlveda y Diego Díaz.

Las principales áreas de investigación en las que PRISMA trabaja son: búsqueda por similitud en colecciones de datos multimedia (objetos 3D, imágenes y video), métodos de indexamiento (Multidimensionales, Métricos, No-métricos) y reconocimiento de patrones.

Agrega que desde el punto de vista del banco se trata de "un producto exitoso, que está en pleno proceso de masificación y evolución tecnológica".

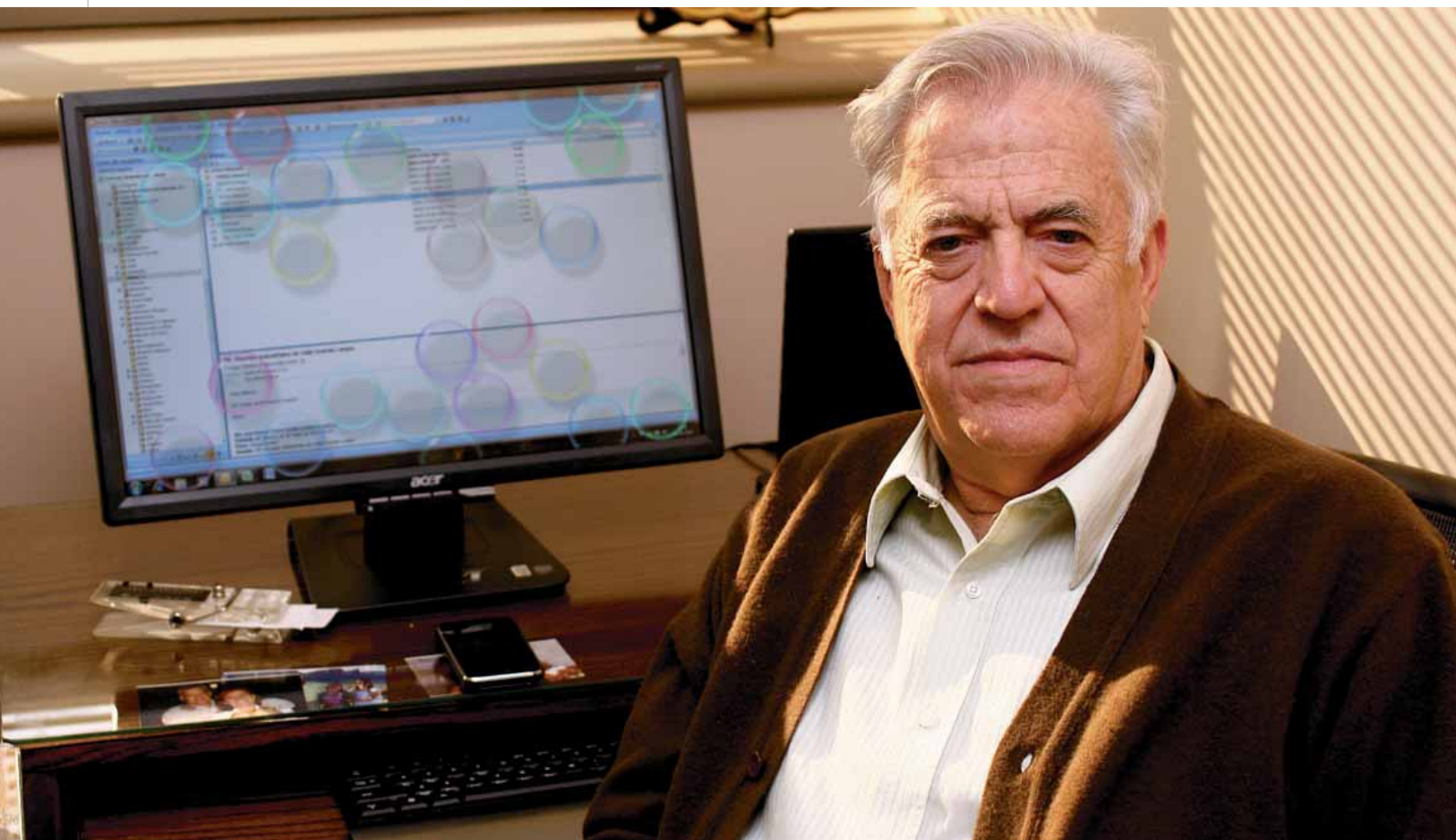
Por su parte, Mauricio Palma destaca que con este producto hay un aporte que tiene que ver con un impacto real en el negocio del cliente: "en este caso la tecnología permite a BCI habilitar un servicio cómodo y útil a sus clientes, que también lo distingue como un banco innovador. Creo además que el desarrollo de estas innovaciones potenciará futuros trabajos de este tipo, puesto que como empresa de tecnología, industria financiera y universidad, ya estamos aprendiendo y creando un entorno propicio para realizarlos".

El gerente de Orand Innovación afirma que la experiencia de trabajar con el DCC "fue extraordinariamente positiva y confirmó que es posible desarrollar proyectos conjuntos entre la industria y la academia". De hecho, Orand y PRISMA ya trabajan en un nuevo proyecto y existen otros en carpeta. 

Texto: Ana Gabriela Martínez A.

Juan Manuel Torres,  
Vicepresidente de Constructora Tecs Fe Grande

# Devolver la mano



Guiados por la firme convicción de que el dinero no debe ser un obstáculo para que buenos alumnos de la FCFM dejen sus estudios, la empresa Constructora Tecs Fe Grande ha colaborado activamente con la Fundación Moisés Mellado, por más de diez años. Su Vicepresidente, Juan Manuel Torres, se refiere a la satisfacción de su institución por participar en esta red de ingenieros solidarios.



**La Fundación Moisés Mellado de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) nació en septiembre de 1998 como un proyecto solidario de un grupo de alumnos**, motivados por ayudar a resolver el problema de muchos de sus compañeros que no podían enfocarse plenamente en sus estudios por la necesidad de buscar ingresos para solventar gastos básicos como alimentación, transporte y materiales. Bautizaron la institución en honor a Moisés Mellado Guajardo, profesor emblemático de la FCFM que alcanzó altos niveles académicos a pesar de su modesto origen.

Actualmente, la Fundación otorga cerca de 330 Becas de Mantención a alumnos de primero a quinto año de la Facultad, quienes son escogidos a través de un procedimiento de selección que considera principalmente el rendimiento del estudiante y el puntaje que obtienen en el Programa de Apoyo Estudiantil (PAE) de la Universidad de Chile, que mide sus necesidades económicas.

Para que la Fundación pueda llevar adelante su labor, los aportes económicos que realizan empresas asociadas a egresados de esta Facultad han sido fundamentales. Actualmente, 18 instituciones otorgan Becas de Mantención, y Constructora Tecs Fe Grande es una de ellas, colaborando desde 1999, tiempo en que ha beneficiado a 17 alumnos, nueve de los cuales ya se titularon de ingeniero.

El Vicepresidente Ejecutivo de Tecs Fe Grande, Juan Manuel Torres -Ingeniero Civil en Estructuras de la FCFM- cuenta que en su empresa la mayoría de los integrantes de la plana ejecutiva son ingenieros civiles de esta Facultad, quienes además fueron alumnos de Moisés Mellado: "Así que no fue difícil para nosotros tentarnos en colaborar y lo hemos hecho por varios años y con muchas ganas de seguir porque creemos que la labor que hace la Fundación es muy importante", dice Torres.

No duda en señalar que para Tecs Fe Grande uno de los motivos principales por los cuales decidieron unirse a esta red de ingenieros solidarios, fue "la firme convicción de que el tema financiero no debe ser un limitante para que los buenos alumnos de la Escuela interrumpian sus estudios y si podemos ayudar a resolver aunque sea parcialmente sus dificultades económicas, estaremos ahí".


Y no sólo eso, sino también ofrecen a los becados la posibilidad de realizar prácticas profesionales. Según explica, esto se debe a que más allá del aporte económico, surge un vínculo con los estudiantes que los lleva a sentirse como una suerte de padrinos. "Constantemente realizamos reuniones con nuestros becados, porque nos preocupa que exista una buena relación, así que nos juntamos, evaluamos cómo ha sido esta relación y estamos siempre atentos a lo que pasa. Recibimos información sobre sus notas y los resultados que van registrando en la universidad, de modo que vivimos de alguna manera el progreso de sus estudios junto a ellos", dice Torres.

Y como consecuencia de este vínculo Juan Manuel Torres, sostiene que al interior de su empresa están muy conscientes de que la ayuda que otorgan por medio de las Becas de Mantención, es un aporte valiosísimo para los alumnos durante su paso por la universidad: "Cuando nos reunimos con nuestros becados es muy impresionante escucharlos, porque efectivamente entiendes que lo que necesitan es un desayuno o un pasaje de micro, una cosa que para muchos puede ser menor pero que sin ella no podrían pensar en estudiar en la universidad. Y a través de este aporte que hacemos nos damos cuenta de que se sienten apoyados y protegidos".

Por lo mismo, destaca que "no es de extrañar que las notas y el comportamiento de los becados por la Fundación sean excepcionales, no sólo porque es una de las condiciones para que reciban este beneficio, sino porque al conocerlos te das cuenta que así son ellos: excepcionales como personas, por lo tanto la ayuda que entregamos es muy bien recibida y eso es emocionante y satisfactorio".

El ejecutivo dice que en lo personal, también existe una tremenda satisfacción por ser parte de esta red de ingenieros solidarios, entendiendo que la colaboración que realizan en su empresa también constituye una acción que le permite devolver a otros la misma oportunidad que tuvo él de recibir educación gratuita de calidad: "Me siento con una tremenda deuda, porque vengo de una época en que la educación era prácticamente gratis y de excelencia, no solamente en la universidad sino también en el colegio, porque estudié en el Instituto Nacional. Y por lo mismo, mi percepción es que egresamos con una deuda hacia el país y si hoy está en

nuestras manos devolver un poco de toda esa buena educación que recibimos, lo vamos a hacer", dice Torres.

Por lo mismo, para Juan Manuel Torres, no es extraño que una iniciativa solidaria como la Fundación Moisés Mellado haya surgido al interior de las aulas de Beauchef: "Los ingenieros somos por un lado muy cuadrados, pero por otro somos bastante blandos en términos de sentimientos. Y todo el grupo de empresarios, profesores y funcionarios de la Facultad tienen una inspiración muy social, así que no es raro que haya nacido aquí una Fundación como ésta. Y no debiera ser difícil para quien haya conocido a Moisés Mellado o la realidad de nuestra Escuela, unirse a esta causa que se justifica plenamente", concluye. 

<http://www.fundacionmellado.cl/>

*Texto: Ana Gabriela Martínez A.*

## LA META ES LLEGAR A 500 BECADOS

**Carolina Díaz, gerente de la Fundación Moisés Mellado** cuenta que hoy trabajan activamente para aumentar a 500 el número de becados. "Actualmente tenemos 330 y la meta de aquí a dos años es llegar a los 500 y para eso esperamos aumentar durante este año a 400 el número de beneficiados y el próximo incrementar esa cifra en cien más", dice la ejecutiva.

Agrega que este crecimiento se basa en incorporar nuevas empresas y en la puesta en marcha de la iniciativa 1+1 propuesta por la Facultad, esto es que por cada beca nueva que incorpore la Fundación, la Facultad otorgará otra más.



Oscar Wittke manipula una Cámara de Precisión. Observan los cristalógrafos Hugo Villarroel, Julio Garrido e Isabel Garaycochea-Wittke.



# Una historia en partículas

Hace 50 años estudiar Física era ir rumbo a lo desconocido, pero un grupo de científicos se propuso cambiar el paradigma y fundar una licenciatura que no sólo marcó un antes y un después en la enseñanza de esta disciplina, sino también en la ingeniería del país.

Es 1960 y en una sala que recuerda como "atiborrada de profesores" el estudiante de Ingeniería, Patricio Cordero, se prepara para la primera pregunta de su prueba de admisión a la nueva Licenciatura en Física de la Universidad de Chile. "Si usted tiene un vaso lleno de bolitas transparentes y desea ver a través de ellas, ¿qué es lo que tiene que hacer?", pregunta uno de los integrantes de la comisión examinadora. "¿Llenar el vaso de agua?", responde con ciertas dudas el joven postulante. El grupo de profesores integrado, entre otros, por Juan Carlos Martinoya, Darío

Moreno, Oscar Wittke y Enrique Grünbaum, le informa que su respuesta es incorrecta y formula la siguiente pregunta. "Tres personas tienen un sombrero cada una. Dos son negros y uno es rojo. ¿Cómo saber de qué color es el sombrero que tiene cada persona?". El joven postulante Patricio Cordero queda pensando antes de responder, pero poco a poco comienza a divertirse con la larga interrogación. Quince días después se entera de que ha sido aceptado como estudiante de la Licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y no duda ni por un minuto en dejar Ingeniería para cambiarse a la

recién creada carrera. Ser ingeniero no le atrae para nada y, con apenas 17 años de edad, ya tiene claro que lo suyo es ser científico. Sin comentar nada sobre el cambio de carrera a sus padres, Patricio Cordero comienza a cursar los primeros meses del programa, en 1960, junto a sus nuevos compañeros Luis Gomberoff, Raúl Goldschmidt y Jorge González, grupo que se une a la primera generación de la Licenciatura formada por Enrique Tirapegui y Luis Romero, quienes habían ingresado algunos meses antes cuando las autoridades académicas de la Facultad aún discutían si sería buena idea iniciar una licenciatura con fines científicos.

En ese tiempo, la enseñanza de la Física no sólo era escasa en el país. También la profesión de físico era vista como algo completamente desconocido. Consciente de ello y de que los países más ricos eran precisamente los que se nutrían de la investigación científica, el entonces Rector de la Universidad de Chile, Prof. Juan Gómez Millas, comienza a impulsar la enseñanza de las llamadas Ciencias Básicas en la Casa de Bello y ve en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) el lugar más apto para sembrar esta semilla. Sin embargo, el camino se tornaría complicado y lleno de esfuerzos por muchos aún desconocidos para llegar a la cosecha actual: cincuenta años de existencia caracterizados por el sello de la investigación y la alta calidad del cuerpo de profesores entre los cuales destacan dos Premios Nacionales en Ciencias: Igor Saavedra (1981) y Fernando Lund (2001). En total, el programa ha graduado a más de 450 licenciados en Física, entre quienes se cuentan los Premios Nacionales de Ciencias Exactas, Enrique Tiraepugui (1991) y Rafael Benguria (2005).

Nada puede reflejar mejor el ánimo de los creadores de la Licenciatura en Física de la FCFM que el reglamento publicado para orientar a sus postulantes a mediados de la década del '60. "No aseguramos a nadie que hará fortuna, pero después de todo estamos seguros de que usted apreciará el dedicar su vida a una actividad siempre estimulante, libre del peligro de la rutina (...) y que le permitirá, sin duda, vivir a usted y su familia decentemente", precisa el documento bajo el subtítulo de "Expectativas Profesionales del Egresado". Esta realidad la confirma el Premio Nacional de Ciencias Exactas, Rafael Benguria. "Entré a estudiar Ingeniería Eléctrica en 1968 por influencia de mi tío abuelo y profesor del Instituto de Hidráulica y Ferrocarriles, Miguel Montalva, pero a los pocos meses me hice amigo de muchos estudiantes de Física, entre ellos, Roberto Hojman. Él me recomendó tomar el ramo de Mecánica que se impartía en la Escuela de Física y no el de los ingenieros y la verdad es que de ahí, literalmente me fui como por un tubo", asegura el ex profesor de la Licenciatura en Física de la FCFM. Como dato aclaratorio, cabe destacar que, en rigor, Rafael Benguria realizó el Magíster en Ciencias con Mención en Física y no la Licenciatura en Física. Sin embargo, en 1970 los requisitos para estudiar la Licenciatura y el Magíster eran exactamente los mismos y el entonces estudiante de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas decidió cursar la carrera

de Ingeniería Civil Eléctrica y el Magíster en Física en forma paralela. Mientras de la primera obtuvo su título en agosto de 1974, de la segunda alcanzó su correspondiente grado en enero de 1975.

De este período, Rafael Benguria recuerda a profesores muy jóvenes haciendo todos los esfuerzos posibles por crear un postgrado en Física y clases prácticamente personalizadas. "Tenía que mantenerme al día en todos los ramos y era una tremenda obligación porque no podía estar en la luna si un profesor me preguntaba qué había pasado en la clase anterior. En ese sentido diría que era muy bueno porque las clases eran sólo para mí e iban a mi ritmo", destaca quien fue académico de la FCFM hasta 1990. En la década del '80, y ya como profesor, el físico vivió momentos complicados como la intervención de la Facultad, protestas universitarias y un terremoto que dejó en muy mal estado el edificio del Departamento de Física ubicado en Blanco Encalada 2008. "Tuvimos que irnos a Ingeniería Eléctrica y, para trasladar nuestras cosas, formamos un 'batallón de la mudanza'", relata Benguria, quien también recuerda que esa fue la primera vez que manejó un camión y que el traslado de muebles y cajas le tomó cerca de un mes y medio a él y a sus alumnos. "Ahora que lo pienso, quizá habría sido mejor pagar por un

servicio de mudanza, pero la verdad es que se produjo una camaradería muy estrecha y esas cosas forman los espíritus", destaca.

## TRABAJANDO A PULSO

Espíritus como esos parecen recurrentes en la historia de la Licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias Físicas Matemáticas. Pocos imaginan a un Igor Saavedra barriendo arañas en una sala destinada a ser un laboratorio. O a un Patricio Martens y un Jacobo Rapaport renunciando a sus trabajos en la Siderúrgica Huachipato y Endesa, respectivamente, para dedicarse a una disciplina prácticamente desconocida, pero así fue. Si a eso se suma el escaso interés por la Física que había en el país en la década del '50 y el prácticamente nulo conocimiento de lo que significaba la investigación académica, puede concluirse que las posibilidades de levantar un programa curricular en la disciplina eran prácticamente nulas. Sin embargo, un equipo formado inicialmente por los ingenieros Arturo Arias, Jacobo Rapaport, Jaime Escudero, Jorge Zamudio, Lincoyán González, Igor Saavedra y Alex Trier, fue el que comenzó a marcar la diferencia.

El llamado grupo de Física Nuclear desarrolló la primera etapa de su trabajo en torno a un acelerador de partículas tipo Cockroft-Walton.



Enrique Grünbaum, el científico irlandés John Desmond Bernal, Isabel Garaycochea-Wittke y José Ward analizan diagramas de difracción de electrones.



Parte de los fundadores de la Licenciatura en Física de la FCFM. Sentados: Arturo Arias, Hendrik Spaa, Ana María Császár, Jaime Escudero y Jacobo Rapaport. De pie: Lincoyán González, Igor Saavedra, Alex Trier y Nicolás Mitrofanov.

El aparato, que funcionó desde fines de 1956 hasta 1967, fue la pieza fundamental que pondría en marcha las labores de investigación del naciente Laboratorio de Física Nuclear Pura y Aplicada, también conocido por la sigla FINU, y que constituyó un verdadero campo de pruebas para experimentos en Física Nuclear, Electrónica Nuclear, Radioquímica y Biofísica. La evolución del trabajo en el laboratorio avanzó más rápido de lo esperado gracias al profesionalismo de los incipientes científicos y al apoyo de académicos extranjeros como Hendrik Spaa, Jan Van Loef y Edward Burke, por mencionar a algunos. Para ese entonces, el Instituto de Física y Matemáticas tenía como director al Prof. Juan Carlos Martinoya y el trabajo estaba dividido en secciones de Física Nuclear, Física Teórica, Matemáticas y Cristalografía, esta última liderada por los físicos provenientes del Instituto Pedagógico, Nahum Joel, Oscar Wittke e Isabel Garaycochea, entre otros. A ellas se sumaban los talleres de Electrónica, Mecánica de Precisión y de Vidrio y una biblioteca con más de tres mil ejemplares.

## DEL LABORATORIO A LAS AULAS

A pesar de estos logros, los integrantes del Instituto de Física y Matemáticas estaban

conscientes de que su trabajo no iba a ser completamente validado sin un grado académico que lo respaldara. Fue así como surgieron las primeras gestiones en torno a la creación de una Licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Como toda idea que implica cambios, la iniciativa contó con la total desaprobación de las autoridades académicas de ese tiempo. "No sé por qué razón lo veían como un peligro para las carreras de ingeniería. Todos los que hacían clases en Beauchef eran ingenieros, por lo que percibíamos que la Facultad se estaba encerrando demasiado en sí misma", dice el físico y ex académico de la FCFM, Oscar Wittke.

La visión del reconocido cristalógrafo es compartida, en parte, por su colega Nahum Joel, quien también participó en las discusiones previas a la creación de la licenciatura. "En ese tiempo, igual que ahora, veíamos que las empresas preferían contratar a ingenieros con alguna especialidad y no a licenciados. A fin de cuentas, no era aceptable decirles que estudiaran algo para que luego se vieran sin muchas posibilidades de encontrar trabajo", recuerda el ex profesor de la Licenciatura en Física. "Por alguna razón, se decidió finalmente crear la licenciatura y con ello se siguió una tendencia más de países desarrollados donde

la ciencia está más avanzada y se conoce el valor de un licenciado en ciencias", precisa Nahum Joel.

Una vez que se aprueba la creación de la Licenciatura en Física para ser impartida por la recientemente fundada Escuela de Física –cuya acta de creación data de diciembre de 1958– se desarrollan nuevas discusiones en torno a los programas de estudio y las especialidades. Los cursos del nuevo programa incluirán Física Nuclear, Mecánica Clásica, Electricidad y Magnetismo y Física del Estado Sólido o Cristalografía y Rayos X, entre otras asignaturas. Precisamente esta última es la que le corresponde dictar a Joel, quien recuerda a sus alumnos como "gente muy entusiasta al interesarse por una carrera tan nueva". Entre los más brillantes, Joel cuenta a Daphne Boys, Luis Romero y Patricio Cordero, pero este último toma los halagos con calma y el gesto en su cara es evidente ante la pregunta de si era muy difícil estudiar la Licenciatura. "Era lo que tenía que ser no más", confiesa con la sonrisa característica del estudiante aplicado. "De los primeros años recuerdo a un profesor de matemática, Raúl Bravo, que enseñaba muy bien. No puedo decir lo mismo de Juan Carlos Martinoya, que era muy desordenado", dice el respetado físico y académico de la FCFM, quien recuerda las clases de Martinoya en la sala F12 del edificio del Departamento de Física, donde había un gran mesón sobre el que su profesor encendía unos mecheros de gas para entibiar el ambiente en el invierno. El físico y ex Prof. de la FCFM, Patricio Martens, por su parte, recuerda a Juan Carlos Martinoya como alguien genial "con una agilidad mental que uno envidiaba". Como profesor auxiliar de Martinoya, Martens fue testigo de su capacidad para inventar problemas en interrogaciones orales. "Si en su época de estudiante hubiera habido infraestructura suficiente para la enseñanza de la Física, el habría sido físico en lugar de ingeniero", asegura Patricio Martens.

A medida que el programa de la Licenciatura en Física fue evolucionando, nuevos cursos de alta exigencia en Física se incorporaron a los contenidos del Plan Común de Ingeniería y elevaron su nivel. Uno de ellos, "Electricidad y Magnetismo", era motivo de comentarios entre los estudiantes de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y así lo recuerda el ex profesor de la Licenciatura en Física, Igor Saavedra. "Se llegó a decir que aprobar este ramo era un prerrequisito para aprobar la carrera de Ingeniería", asegura el Premio Nacional de

Ciencias. Pero a pesar del rigor académico, los primeros estudiantes de la Licenciatura en Física, que hoy son prestigiosos científicos, también se daban ciertos lujos como dormir durante clases enteras, esconderse para no ir a clases de profesores que les parecían aburridos y hacer bromas mechonas. "Cuando recién entramos a la Escuela, nos llevaron al laboratorio y nos explicaron cómo funcionaba todo. Al año siguiente se hizo lo mismo, pero al final del tour les dijimos a los nuevos estudiantes que se habían irradiado y les entregamos unos medicamentos que resultaron ser purgantes", cuenta Patricio Cordero.

## ACCIÓN Y REACCIÓN

Fuera de la sala de clases, las actividades de la Escuela de Física también se caracterizaban por su dinamismo. Recordada es la visita que en 1962 realizó el físico estadounidense Robert Oppenheimer, quien también es tristemente conocido como padre de la bomba atómica. El científico, que vino a Chile como parte del proyecto norteamericano "Átomos para la Paz", pidió a cada uno de los entonces estudiantes de la Licenciatura en Física realizar una pequeña exposición sobre un tema que fuera de su interés y los escuchó atentamente mientras inhalaba su pipa.


Posteriormente, en los '70 y '80, muchos profesores –entre ellos, Igor Saavedra– se vieron obligados, con bastante frecuencia, a saltar la reja del campus Beauchef para hacer clases en una Facultad asaltada o tomada por grupos de movimientos de izquierda o de derecha, según

el momento político que se viviera. En días de calma, el estudio era intenso para recuperar el tiempo perdido y así lo recuerda el también egresado de la Licenciatura en Física de la FCFM y actual académico del Departamento de Astronomía y Astrofísica de la Universidad Católica, Andreas Reisenegger, quien destaca el rigor del Prof. Fernando Lund quien le hizo clases de Electrodinámica y, además, fue el profesor guía de su tesis. Pero así como había exigencia también había cercanía y así lo confirma la Prof. Laura Gallardo Klenner, quien conserva la imagen de Igor Saavedra y Patricio Cordero dándose el tiempo para conversar con sus alumnos sobre la ciencia y la paz.

## TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

Como todo programa en formación, la Licenciatura en Física de la FCFM fue centro de numerosos conflictos, varios de ellos protagonizados por físicos teóricos y experimentales de la entonces Escuela de Física y que, posteriormente pasaría a ser el Departamento de Física (DFI) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, quienes declinaron ser entrevistados para este reportaje argumentando el deseo de "no reeditar antiguas disputas". Sin embargo, este antagonismo también tuvo sus momentos de tregua. Uno de ellos ocurrió en octubre de 1992 durante una visita del Premio Nobel de Química británico, Sir John Kendrew y es relatada por sus propios protagonistas: Igor Saavedra y Oscar Wittke. "Recuerdo que Igor tenía que hacer el discurso de recepción de John Kendrew y quería, como de costumbre, tener el máximo de información sobre su persona y trabajo, por

La Licenciatura en Física de la FCFM fue centro de numerosos conflictos, varios de ellos protagonizados por físicos teóricos y experimentales de la entonces Escuela de Física y que, posteriormente pasaría a ser el Departamento de Física (DFI) de la FCFM.

lo que me llamó para pedirme referencias. Yo no dudé en ofrecerle el libro 'Historical Atlas of Crystallography', editado por J.Lima de Faria y publicado por The International Union of Crystallography en 1990, que era lo mejor que tenía para el fin requerido", dice el exacadémico de la FCFM, quien en ese momento confió en que el Premio Nacional de Ciencia no se daría cuenta de que una investigación de Oscar Wittke sobre "Simetría del Color" aparecía citada como una de las más importantes de la década del 50. Para suerte (o desgracia) de Wittke, el más grande admirador de los trabajos teóricos del Departamento de Física, Igor Saavedra, sí reparó en este detalle y así lo dejó en claro durante su discurso de homenaje a Sir John Kendrew, el día en que fue recibido como Miembro por la Academia Chilena de Ciencias. "No puedo dejar de mencionar que en el mapa del tiempo correspondiente a Cristalografía Geométrica del siglo XX, hacia finales de la década del 50, aparece el nombre de uno de nuestros colegas en la Facultad: el jefe de grupo de Cristalografía de nuestro Departamento", leyó un inspirado Igor Saavedra. Desde su pragmatismo, Oscar Wittke recuerda el episodio con cierto pudor y aclara que el trabajo en cuestión era teórico, pues aludía a la teoría matemática de grupos. Sin embargo, su colega teórico, Igor Saavedra, lo ve casi como una oportunidad para reivindicarse de dichos anteriores. El reconocimiento a sus colegas experimentales podría representar para el Prof. Emérito de la Universidad de Chile el corolario de innumerables luchas por dar cimientos sólidos a un programa de Licenciatura que llevó a la enseñanza de la Física a niveles nunca antes vistos en el país. Por ahora, sólo queda esperar el mismo compromiso y confianza en el futuro para los nuevos desafíos de los años que vendrán. 

Texto: Daniela Cid M.



Pablo Jaramillo de Cristalerías Chile repara una pieza en el Taller de Vidrio.

## GONZALO PALMA

Académico del Departamento de Física. Ph.D. en Cosmología, DAMTP, Universidad de Cambridge, Inglaterra.

Recomienda:

<http://arXiv.org>

"Es la página web más relevante para un físico que pretende estar al día, y una de las verdaderas joyas de la red. Se pueden encontrar artículos técnicos en todas las áreas de la física de los últimos 20 años. Aquí se pueden subir artículos para darlos a conocer a la comunidad, incluso antes de mandarlos a revistas especializadas".



[http://www.dfi.uchile.cl/universo\\_oscuro](http://www.dfi.uchile.cl/universo_oscuro)

"Universo Oscuro es un intento local por mantener la interacción entre físic@s y astrónom@s con interés en las ciencias cosmológicas. En ella se pueden encontrar datos sobre los grupos en Chile que desarrollan investigación en el tema. Sirve de base para organizar un encuentro de cosmólog@s llamado "El Universo Oscuro", que se realiza cada dos o tres meses en distintas universidades del país".



## PAULINA LIRA

Académica del Departamento de Astronomía. Ph.D. en Astronomía, U. de Edimburgo, Reino Unido.

Recomienda:

<http://apod.nasa.gov/apod/>



"Este sitio web sube todos los días una imagen distinta de carácter astronómico. Algunas veces son nebulosas, galaxias o, simplemente, una linda puesta del sol".

<http://news.bbc.co.uk/>

"Esta página me permite ver las últimas noticias a nivel global y con el nivel periodístico de la BBC".



## JUAN VELÁSQUEZ

Académico del Departamento de Ingeniería Industrial. Ph.D. en Ingeniería de la Información, University of Tokyo.

Recomienda:

<http://www.kdnuggets.com>

"Es una muy buena página con un gran número de links, conferencias, libros, papers, etc. sobre el interesante mundo del Data Mining aplicado. Es posible encontrar un listado completo y actualizado de las principales conferencias internacionales del área, discusiones sobre nuevas técnicas, software, etc."



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

"Este sitio web contiene un resumen actualizado de información relativa a la gestión del conocimiento. Es muy completo."



# No pierdas el vínculo!

Ingeniería y Ciencias / Universidad de Chile



fcfm

**Porque siempre pasan cosas interesantes en Beauchef...**

Actualiza tus datos en: [www.ingenieria.uchile.cl](http://www.ingenieria.uchile.cl)



fcfm

[ingenieria.uchile.cl](http://ingenieria.uchile.cl)

Revista FCFM n°48 - ISSN 0716-3088 / Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Ingeniería  
y Ciencias