

03 Beauchef

2^{do} semestre 2012

M A G A Z I N E

Revista de Ingeniería y Ciencias
de la Universidad de Chile



Atascados por el Desarrollo

**170 años - FCFM
Universidad de Chile**

**Fab Lab: revolución
en la fabricación digital**

**Las oportunidades
que ofrece el litio**

03 Editorial

04 ¿Sabía que...?

06 Innovación

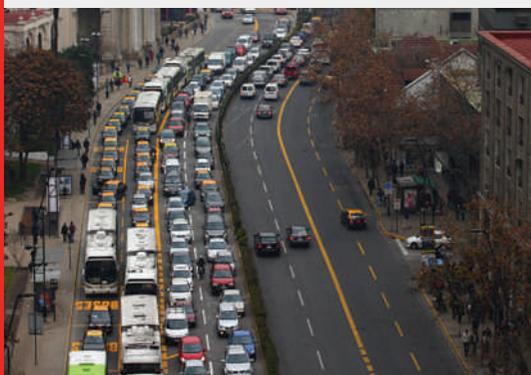
- ◆ Fab Lab: La revolución de la fabricación digital
- ◆ Sismicidad, tecnología y minería: Los nuevos socios

10 Papers

- ◆ El mejor en la última World Wide Web International Conference
- ◆ Hallazgo sismo-tectónico en el norte de Chile

11 Actualidad

- ◆ Congestión vehicular en Santiago: Atascados por el desarrollo



- ◆ Mapa solar de alta resolución: Chile, el lugar con mayor radiación del planeta
- ◆ Desarrollo de C&T: Las oportunidades que ofrece el litio
- ◆ Las distintas fórmulas para medir un sismo

24 Investigación y Desarrollo

- ◆ Búsqueda de una alternativa sustentable: Biocombustibles a partir de macroalgas
- ◆ Mejorar el cálculo minero: *Software* para la restitución de fallas y plegamientos

- ◆ Chile, Brasil y Bolivia: Hacia una Sudamérica renovable

- ◆ MAPS Chile: Acciones para el cambio climático

38 En el aula

- ◆ Modelamiento climático
- ◆ Emprendimiento, un espacio para todos

39 Tecno-Beauchef

- ◆ Anemómetro Láser Doppler
- ◆ Láser de onda continua de 2W

40 Facultad

- ◆ 170 años: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile



46 Alumnos

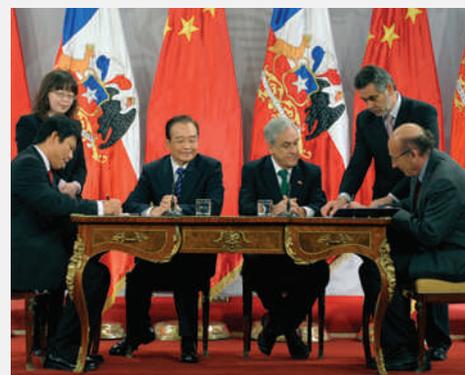
- ◆ Buenas ideas: Con colillas de cigarrillos crean alternativa para mediaguas
- ◆ Negocios digitales: Organizar el carrete a través de internet

48 Vinculación País

- ◆ Escuela de Ciencias: Experimentación científica para niños

51 Día a día

- ◆ Eolian III comenzó su nuevo recorrido
- ◆ 590 nuevos graduados en Beauchef
- ◆ Prof. Andrés Weintraub se convirtió en miembro de la Academia Nacional de Ingeniería de EE.UU.
- ◆ Ingeniería Civil publica libro que analiza a fondo el terremoto del 27F
- ◆ Académico fue nombrado parte del Consejo Superior de Ciencias de Fondecyt
- ◆ NIC Chile celebró 25 años de existencia
- ◆ Premio Nobel de Física recibe distinción *Doctor Honoris Causa*
- ◆ FCFM firma convenios de cooperación con China



- ◆ Prof. Salomé Martínez fue premiada por la Academia Chilena de Ciencias

54 Personajes

- ◆ La huella de Igor Saavedra



58 Recomendaciones Online



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Representante Legal: Francisco Brieva R.

Director: Felipe Álvarez D.

Editora Periodística: Valeria Villagrán A.

Periodistas: Catalina Caro C., Ana María Sáez C., Sofía Vargas P.

Colaboradores Periodísticos: Daniela Cid M., Andrea Dávalos O., Sofía Otero C.

Colaboradores Académicos: Patricio Aceituno G., Roberto Rondanelli R.

Fotografía: Patricio Baeza G., Miguel Candia C., Felipe Salfate, Comunicaciones FCFM.

Dirección: Beauchef 850, Torre Central, Piso 3, Área de Comunicaciones, Santiago, Chile. T: 9784417

E-mail: comunicaciones@ing.uchile.cl

Web: ingenieria.uchile.cl

Diseño: Anzuelo Creativo.

Beauchef MAGAZINE 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.

Beauchef MAGAZINE N° 03, ISSN 0719-126X

Venta de Publicidad: comunicaciones@ing.uchile.cl



El papel de esta revista proviene de bosques manejados en forma sustentable y fuentes controladas

Impreso en Ograma Impresores

Revisa nuestra versión digital en www.ingenieria.uchile.cl/revista

@UCHile_Beauchef



ingenieria.uchile

El 19 de noviembre de 2012 se conmemoran 170 años de la fundación de la Universidad de Chile. La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, que naciera con la Universidad, celebra además, un siglo desde su instalación en lo que hoy se conoce como el campus Beauchef. Parte de su historia nos la recuerda Patricio Aceituno en un artículo escrito especialmente para esta segunda edición del año 2012 de Beauchef Magazine.

En este contexto, hemos destacado a Igor Saavedra en la sección Personajes. A través suyo, quisiéramos homenajear simbólicamente a tantos profesores que, con rigurosidad, vocación y entrega, han tenido el privilegio de contribuir a la exigente formación de más de 20.000 estudiantes que han egresado de nuestras aulas, y a aquellos científicos que, con libertad de pensamiento y pasión por el saber, han dejado huella en cómo se entiende la academia en Beauchef.

No solo nuestro pasado a lo largo de estas 17 décadas nos enseña que tenemos buenas razones para celebrar. Con entusiasmo constatamos lo que sucede día a día en nuestras salas de clases, laboratorios, bibliotecas, lugares de estudio y conversación, dondequiera que un estudiante y un profesor se encuentran para aprender y enseñar, en que el mérito de las personas, ideas y argumentos es el valor que prevalece.

El dinamismo que hoy, nos ha conducido a Beauchef y sus egresados a lo que significan hoy nos llama a seguir en movimiento para ser capaces de abordar los desafíos científicos y tecnológicos de la Ingeniería del mañana, innovando en los métodos de aprendizaje como la fabricación digital, desarrollando nuevas tecnologías para la industria minera, investigando en torno al uso eficiente y sustentable de fuentes de energía, buscando nuevas soluciones a antiguos problemas como la congestión urbana, por mencionar algunos ejemplos que se tocan en este nuevo número de la revista.

Siempre cultivando una mente inquisitiva, pues en palabras de Andrés Bello (1781-1865) pronunciadas con ocasión de la inauguración de la Universidad de Chile: "... porque para guiar acertadamente la práctica, es necesario que el entendimiento se eleve a los puntos culminantes de la ciencia". ■

Felipe Álvarez Daziano
Vicedecano FCFM
Director Revista
Beauchef MAGAZINE

La sismicidad de Chile no afectaría, en el tiempo, la salud estructural de los edificios. La madrugada del martes 17 de abril, a las 00:50 hrs, un temblor de magnitud 6.4 grados en la escala de Richter sorprendió a los habitantes de la zona central de Chile. Tres semanas antes, uno 6.8 ya había generado alarma. Es por esto que la población empezó a preguntarse si las estructuras que resistieron los 8.8 grados del terremoto del 27 de febrero de 2010 están preparadas para resistir nuevos movimientos telúricos.

Según los expertos de la FCFM, estos movimientos de mediana intensidad no afectarían la seguridad de las estructuras porque los edificios en Chile están preparados para resistir miles de temblores. Situación distinta a la de edificios que no fueron reparados luego de los daños estructurales registrados en 2010.

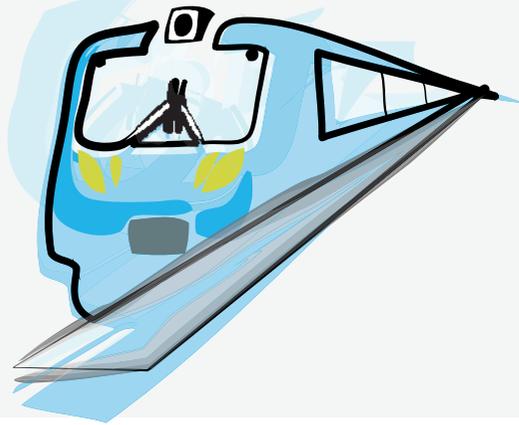


Cuatro objetos estelares llevan el nombre de académicos chilenos, todos del Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile.

La Unión Astronómica Internacional, organismo encargado de realizar el “bautismo cósmico”, ha reconocido la importante labor y los hallazgos astronómicos de los investigadores Ricardo Muñoz, Mario Hamuy, Paulina Lira y Luis González. Así es como en el espacio se puede encontrar: el cúmulo de estrellas Muñoz 1, el Asteroide Hamuy, la Ley Lira y el Cometa González.

Uno de los desafíos que enfrentan los transportes urbanos subterráneos de todo el mundo es la optimización del uso de energía.

Ese es el caso de Europa que busca disminuir el 10% del consumo energético antes del 2020 a través del proyecto OSIRIS (Optimal Strategy to Innovate and Reduce Energy Consumption in Urban Rail Systems). En esta trascendental iniciativa participan 17 instituciones, entre ellas, el Centro de Modelamiento Matemático de la FCFM, organismo que desarrollará un modelo energético y termal que permitirá hacer uso eficiente de los recursos, considerando la economía de los operadores y el bienestar de los pasajeros.



Estados Unidos, Filipinas, Indonesia y México son algunos de los 24 países en el mundo que usan la geotermia para producir electricidad. ¿Por qué Chile debiera potenciar el uso de esta energía? La respuesta la entrega el Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA).

- ◆ El potencial geotermal estimado de Chile es de 16.000 Mw. Ni un solo Mw es utilizado actualmente para generación eléctrica.
- ◆ Chile es uno de los países con mayores reservas de energías renovables no convencionales (ERNC) del mundo.
- ◆ El ahorro que un hogar o empresa puede llegar a tener al usar calefacción en base a geotermia es del 80% anual respecto a sistemas convencionales.
- ◆ Se estima que si Sudamérica se sumara a la producción de energía geotérmica, se podrían ahorrar 1.000 millones de toneladas anuales de emisión de CO₂ para 2050.

Marzo 2012 fue excepcionalmente cálido en

Santiago. Se registraron 20 días con temperaturas máximas iguales o superiores a 30°C, y el promedio mensual en la estación Quinta Normal (30.7°C) fue 3.0°C superior al promedio climatológico (referencia utilizada 1961-2001). ¿Cuál es la causa de este fenómeno? La respuesta todavía no se conoce pero está siendo estudiada por los investigadores del Departamento de Geofísica de la FCFM.



Para la estimación de la magnitud de tsunamis y terremotos en el mar es clave el estudio de la sismología marina.

Por ello geofísicos de la FCFM junto a investigadores de la Oregon State University, Scripps Institution of Oceanography y Universidad de Columbia realizaron durante mayo un crucero científico en las costas chilenas entre Valparaíso y Constitución. El objetivo del viaje fue monitorear la respuesta en la deformación del prisma de acreción (sedimentos deformados que se acumulan en el borde marino del continente) después del gran deslizamiento de la placa de Nazca respecto del continente ocurrido durante el gran terremoto del 2010. La expedición contó con la participación de Emilio Vera y Eduardo Contreras Reyes, académicos del Departamento de Geofísica, además de Andrei Maksymowicz, estudiante de doctorado, y Natalia Cornejo, Felipe González y Emilio Bravo, estudiantes de pregrado de la FCFM.

El hallazgo del bosón de Higgs (“Partícula de Dios”) completaría el Modelo Estándar que describe cómo interactúan las partículas fundamentales de la materia.

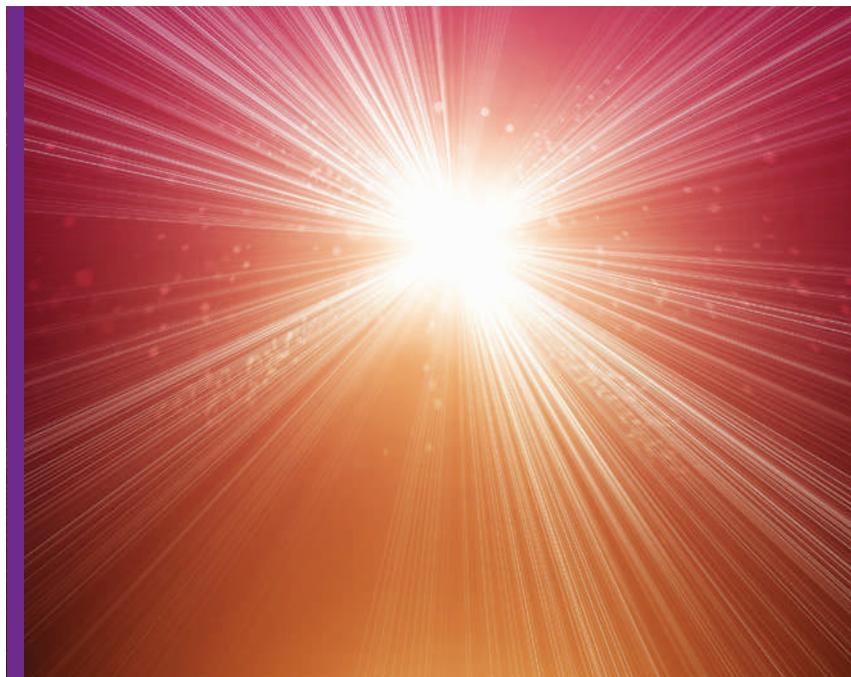
A principios de julio los investigadores del CERN (Centro Europeo para la Investigación Nuclear) hicieron público el posible hallazgo del bosón de Higgs, un tipo de partícula elemental (no está compuesta de otras) que sería la responsable de darle la masa a otros bosones, primos del fotón, para luego desaparecer.

La partícula recibe su nombre en honor a Peter Higgs, físico británico que en 1964 (junto a R. Brout y F. Englert) planteó la existencia de una especie de campo presente en todas partes con el que las partículas hasta entonces conocidas interactuarían adquiriendo masa, lo que demoró casi 50 años en ser probado.

A este bosón se le ha llamado “Partícula de Dios” ya que un libro escrito en los 90’ por el premio Nobel Leon Lederman, que originalmente se titulaba “The Goddamn Particle” (La Partícula Maldita), fue publicado como “The God Particle”, por una decisión editorial, haciéndose conocido con ese nombre.

De ser efectivo el descubrimiento, se completaría el Modelo Estándar que describe cómo interactúan las partículas fundamentales de las que está compuesta la materia que

nos rodea (solo faltaba descubrir la partícula que se utilizaba para generar la masa de algunos de sus componentes). Además, permitiría extender la física de partículas a energías más altas y así poder aspirar a entender más sobre el comienzo del universo (Big Bang). De todas formas aún hay un margen de error de uno en 1,7 millones de que no sea la partícula buscada.





Fab Lab: La revolución de la fabricación digital

Nacieron cerca del 2004 en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y hoy existen en las mejores universidades del mundo. Los Fab Labs son espacios de creación donde sus usuarios pueden construir de manera digital “casi cualquier cosa”. Acá les contamos la apuesta de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile por construir el laboratorio de fabricación digital más grande de Latinoamérica.

Por Sofía Vargas P.

¿Qué crearías si existiera un lugar donde pudieras fabricar prácticamente cualquier cosa que pudieras imaginar? Esa desafiante pregunta le formuló el Director del Center for Bits and Atoms (CBA) del MIT, Neil Gershefeld, a sus alumnos hace ocho años atrás. Así se configuró el lugar ideal para hacer real la posibilidad de construir, con la ayuda del ingenio y herramientas digitales, cualquier cosa: el Fab Lab (Digital Fabrication Laboratory).

Hoy estos recintos favorecen la creatividad proporcionando a sus usuarios instrumentos de fabricación digital. En estos espacios se puede crear desde una turbina hasta un avión, pasando por sistemas nanométricos o incluso modelos del sistema neuronal.

Los principios del Fab Lab son: pertenecer a la red global de laboratorios, contar con acceso libre, enfocarse en desarrollar proyectos colaborativos donde los diseños y procesos deben estar disponibles a la comunidad, permitir incubar actividades comerciales y por último, la seguridad, limpieza y operaciones debe ser responsabilidad de todos los usuarios.

El Fab Lab de la FCFM

En la FCFM la apuesta por la fabricación digital no es nueva. En 2008 la Escuela de Ingeniería y Ciencias decidió incorporar una cortadora láser para potenciar el trabajo práctico de los talleres de proyecto de los estudiantes. Luego, en 2010, alumnos del

Departamento de Ingeniería Mecánica (DIMEC) construyeron una impresora 3D siguiendo el *open hardware* de la Universidad de Cornell, Fab@home. Dos años después uno de los beauchefianos de este mismo grupo, Ariel Calderón, está finalizando la BeamMaker, una nueva impresora personal de fotopolímeros diseñada completamente en el DIMEC.

En Beauchef, la construcción de este laboratorio va de la mano de la iniciativa CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar) adoptada por la FCFM desde el 2007. Esta metodología de enseñanza y aprendizaje que nace en el MIT plantea que los cursos y cátedras deben diseñarse para que sus alumnos adquieran habilidades prácticas para poder desarrollar sistemas complejos. En este contexto, la creación del Fab Lab permitirá que se potencie esta forma de enseñar ingeniería y ciencia. “Queremos que los estudiantes cuenten con un espacio para poder llevar a la práctica los conocimientos teóricos aprendidos durante toda la carrera”, cuenta Ximena Vargas, Directora del Proyecto FIAC UCH1102 “Innovación en la formación en ingeniería y ciencias usando el enfoque CDIO”, iniciativa del MINEDUC que financia, junto a la FCFM, el laboratorio. De esta forma, se espera que proyectos emblemáticos de la Facultad como el auto solar Eolian o el satélite SUCHAI se multipliquen. “Queremos potenciar proyectos de largo aliento que se desarrollen no solo en un semestre sino que permitan que el alumno pueda ir ascendiendo en su desempeño”, señala la Prof. Vargas.

Este innovador laboratorio se instalará en el nuevo edificio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, ubicado en Beauchef 851. Serán 450 m² dedicados exclusivamente a la fabricación digital, lo que lo transformará en el más grande de América Latina por su superficie, equipamiento y la alta tecnología que reunirá, entre la que destaca: computadores con acceso a sitios de internet públicos donde se comparten modelos 3D, ideas y modelos de *open hardware*, así como impresoras 3D de escritorio y profesionales, cortadoras láser, captadores de movimiento, taller electrónico y *scanner* 3D, entre otros elementos.

“Este equipamiento es un excelente complemento para el proceso educativo porque tiene un tremendo impacto en la investigación experimental”, explica el académico Juan Cristóbal Zagal, “ya que proporcionan las herramientas para desarrollar cualquier artefacto útil para distintas disciplinas como ingeniería eléctrica, biotecnología, física o materiales”, señala. Adicionalmente, el laboratorio contará con espacios reservados especialmente para hacer videoconferencias con otros países y para desarrollar trabajos



El laboratorio Fab Lab de la FCFM es una iniciativa impulsada por los académicos Juan Cristóbal Zagal, de Ingeniería Mecánica, Marcos Díaz, de Ingeniería Eléctrica, Ximena Vargas, de Ingeniería Civil, junto a Héctor Augusto y Patricio Poblete de la Escuela de Ingeniería y Ciencias.

www.fablab.uchile.cl

en equipo, además de un lugar destinado para realizar diseños a gran escala.

Para el Prof. Zagal el Fab Lab de la FCFM permitirá completar todo el ciclo de diseño digital porque “se contará con todos los instrumentos necesarios para automatizar el proceso de integración de modelos del mundo real así como imprimir, cortar y diseñar nuevos elementos”.

Otra de las potencialidades de este laboratorio es que los estudiantes podrán trabajar sin intermediarios. Si bien el laboratorio contempla a un ingeniero que se encargará de dar respuesta y entregar los conocimientos necesarios para que cualquier beauchefiano pueda ocupar los instrumentos, serán los propios alumnos quienes podrán utilizar las maquinarias para sus proyectos.

El equipamiento del Fab Lab ya está siendo adquirido por la FCFM y espera estar operativo en marzo de 2013. 

Sismicidad, tecnología y minería: *Los nuevos socios*

Lo que para muchos puede ser un aspecto negativo de nuestro país, la sismicidad, también puede ser considerada como una oportunidad para desarrollar tecnología de avanzada. Así lo asumió un grupo de científicos de la FCFM; se trata de una nueva línea de investigación aplicada que permitirá el desarrollo de tomografías sísmicas de detalle para la detección y análisis de heterogeneidades en la corteza, vinculadas a los megayacimientos metálicos.

Por Ana María Sáez C.

En una industria como la minería que cumple un rol fundamental en el desarrollo de Chile y que en 2011 representó un 15,2% del Producto Interno Bruto del país, es fundamental ir creando nuevas tecnologías que ayuden a mejorar cada uno de sus procesos.

Precisamente en este desafío está trabajando un equipo de científicos de Beauchef. Su objetivo es aportar mayores antecedentes a la prospección minera, es decir, a la búsqueda y evaluación de recursos minerales y a estudios que determinen si el proyecto es rentable.

“El objetivo del proyecto –que comenzó en enero de este año– es diseñar un sistema que ayude al modelamiento y a la evaluación de yacimientos para disminuir la incertidumbre en los procesos de delimitación de tamaño y extensión de los cuerpos mineralizados subterráneos, para lo cual se efectuarán estudios, análisis y pruebas sobre el funcionamiento de un sistema de equipos de recolección de datos de tomografía sísmica”, señala el académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Marcos Díaz, Ph.D. de la Boston University, quien dirige la iniciativa.

Para ello proponen aprovechar la cualidad sísmica de nuestro territorio, utilizándola como fuente de información para analizar lo que pasa bajo tierra y entregar datos que ayuden al proceso de prospección. ¿Cómo?, a través de redes sismológicas portátiles que poseen sensores, conocidos como geófonos, los que registran una señal de velocidad de una onda sísmica, la procesan y almacenan.

Las ondas provenientes de una fuente sísmica al pasar por un cuerpo llevan la información de su trayectoria al registrador. “Al recibir señales distorsionadas por el medio a través del cual se propagó, podemos identificar algunas propiedades de dicho medio. A partir de esto se puede inferir la presencia de zonas fracturadas, de mayor y menor contraste de velocidades de ondas sísmicas y presencia de fluidos, lo que nos posibilita el entregar antecedentes que permitan mayor precisión en los sondajes, los que tienen un alto costo para la industria”, indica el Dr. Díaz.

Esta información es de gran importancia para la prospección minera, tanto así que en el mundo se adquieren estos antecedentes generando artificialmente las ondas a través de la utilización de grandes y sofisticadas maquinarias.

Tecnología de Beauchef

La gran ventaja que otorga la sismicidad para este tipo de estudios debe ser complementada con el uso de instrumentos de primer nivel. Precisamente los crecientes avances tecnológicos y la necesidad de mejorar la adquisición y tele-transmisión de estos datos, llevaron al equipo de investigadores de la FCFM a optimizar sustancialmente las estaciones sismológicas portátiles utilizadas hasta hoy para este propósito. Esto permitirá obtener información más precisa, robusta y confiable para, en este caso, la industria minera. “Los requerimientos técnicos tienen que ver con aumentar la tasa de muestreo, mejorar el diseño del registrador, implementar un sistema de telecomunicación eficiente, entre otros aspectos”,

señala la Dra. Diana Comte, académica del Departamento de Geofísica y Subdirectora del proyecto.

Escenario que conlleva a la evaluación y construcción de un dispositivo mejorado, más moderno, de menor consumo, tamaño y costo. “Actualmente estos dispositivos se instalan en la tierra y almacenan información en una memoria, nosotros estamos probando nuevas tecnologías para el procesamiento digital de las señales sísmicas, el desarrollo de un módulo complementario que permita la comunicación entre estaciones y una estación base para obtener datos en tiempo real, por ejemplo, en una mina; análisis de viabilidad de módulos de comunicación satelital y de almacenamiento energético”, indica el Dr. Díaz.

En la actualidad estos equipos funcionan con paneles solares por lo que su funcionamiento se limita a ciertos períodos del año en lugares como el sur de nuestro país. Ante esta situación, los investigadores están evaluando nuevas tecnologías que, dependiendo del

consumo del registrador, podrían durar alrededor de seis meses. “La idea es que estos equipos puedan ser instalados en cualquier lugar de Chile independientemente de las condiciones climáticas, de altura geográfica y de las variaciones del relieve”, señala la Dra. Comte, también investigadora del Centro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC) de la FCFM.

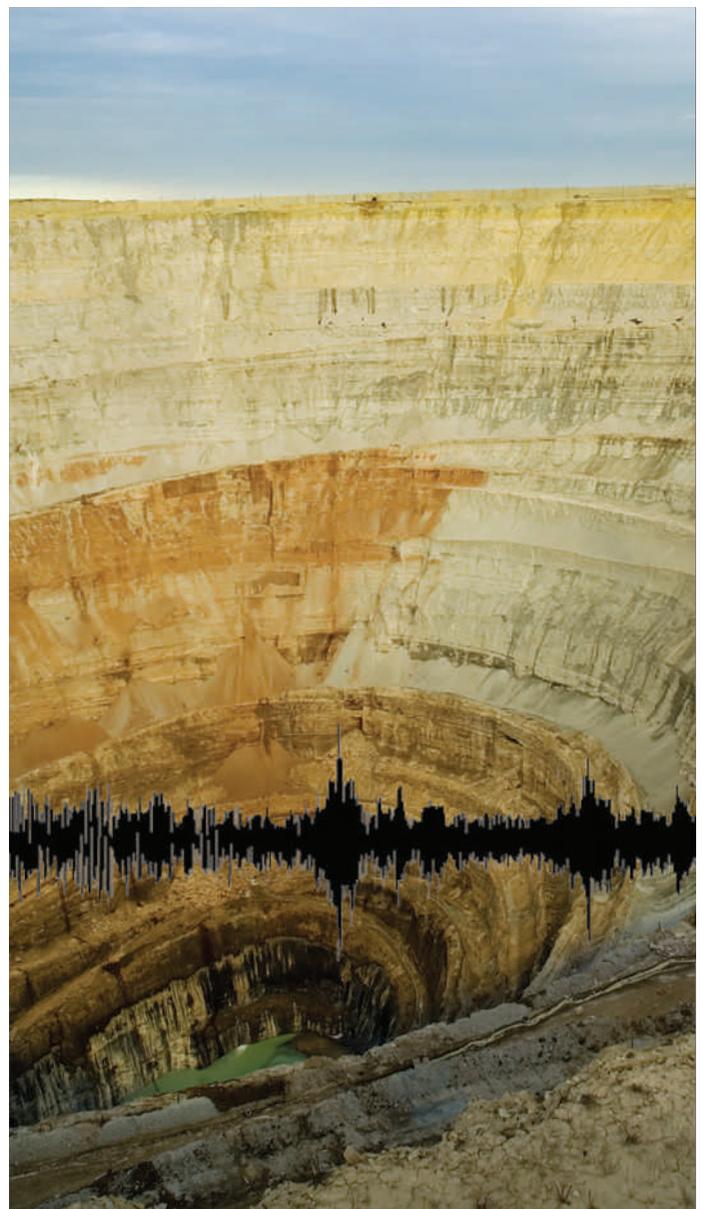


.....
Dr. Marcos Díaz.

En el 2013 se espera tener incorporadas estas innovaciones y comparar tanto en el laboratorio como en terreno el prototipo desarrollado en Beauchef versus el utilizado hasta hoy. Estas pruebas se llevarán a cabo en la II Región en el marco de los convenios acordados con diversas empresas mineras.

“La FCFM tiene la oportunidad de transformarse en líder latinoamericano en la construcción de estos instrumentos, proporcionándolos no solo a las empresas mineras sino también a organismos universitarios y de investigación, ya que el nuevo prototipo podría competir con otros equivalentes en el mercado, pero a menor costo”, concluye la Dra. Diana Comte. 

Agrupados por el Centro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC, por su sigla en inglés) en sus equipos de Automatización y Robótica y de Geo-Recursos y Exploración Aplicada, los investigadores se adjudicaron el proyecto de I+D Aplicada de Innova-CORFO, Línea 2, titulado “Sistema de valorización de yacimientos a partir de información geocientífica”, el cual tendrá una duración de dos años y recibirá recursos por cerca de cien millones de pesos.





El mejor en la última

World Wide Web International Conference

El artículo titulado "Counting beyond a Yottabyte, or how SPARQL 1.1 Property Paths will prevent adoption of the standard" propone dar una solución eficiente al problema de consultas de redes semánticas en la web. Escrito por el académico del Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la Universidad de Chile, Jorge Pérez, en conjunto con Marcelo Arenas y Sebastián Conca, del Departamento de Ciencias de la Computación de la PUC, este trabajo fue premiado como el mejor en la World Wide Web International Conference 2012, transformándose en los primeros latinoamericanos en recibir este galardón.

Esta conferencia es la más importante del mundo en investigación sobre la web. En el encuentro participan expertos de distintas nacionalidades que discuten los más importantes avances tecnológicos de internet. El trabajo realizado por los investigadores fue distinguido entre los 885 artículos presentados y trata de un estudio sobre una propuesta del World Wide Web Consortium (W3C), entidad encargada de dictar los estándares

de las tecnologías web que se radica en el Massachusetts Institute of Technology, MIT.

Desde el 2010, el W3C ha trabajado en un lenguaje para consultar datos semánticos en la web (SPARQL 1.1) y ha propuesto maneras de consultar en redes de datos como las redes sociales. Los investigadores chilenos analizaron los avances escritos por W3C y descubrieron errores en la propuesta, los que fueron consignados en el artículo técnico galardonado y que es resultado de un extenso trabajo teórico y práctico. "Propusimos desde un punto de vista positivo una solución eficiente para el problema de consultar información navegando en redes de datos semánticos", expresó Pérez.

El impacto del estudio es muy alto debido a que, luego de ser publicado, el W3C accedió a revisar su estándar y cambiarlo para considerar lo descubierto por estos académicos chilenos. "Esto implica que nuestra investigación tendrá un impacto mundial", dijo el académico del DCC. **■**

Hallazgo sismo-tectónico en el norte de Chile

Datos sísmicos de la zona y las réplicas del terremoto de Tocopilla del 2007 fueron informaciones clave para demostrar un cambio abrupto en el ángulo de subducción de la placa de Nazca en el Norte de Chile, zona de alto interés para científicos de todo el mundo pues allí existe una laguna sísmica, específicamente entre Antofagasta y Arica. Este descubrimiento explicaría por qué el terremoto que afectó la zona de Tocopilla hace cinco años no involucró zonas sumergidas del continente y, por lo tanto, no generó *tsunami*.

El estudio fue desarrollado por el académico del Departamento de Geofísica (DGF) de la FCFM Eduardo Contreras Reyes, en conjunto con Jorge Jara, estudiante de Licenciatura del DGF, Sergio Ruiz, tesista de doctorado, y Daniel Carrizo del Centro Avanzado de Tecnología para la Minería de la FCFM.

El equipo de investigación analizó durante el último año antiguos datos registrados en 1995 por el Institute of Marine Sciences GEOMAR de la Universidad de Kiel de Alemania, lugar donde desarrolló su doctorado el Prof. Contreras, así como la información generada partir del terremoto de Tocopilla.

El descubrimiento del cambio abrupto en el ángulo de subducción, explica el Prof. Contreras, es una geometría atípica,

la cual produce una anomalía de esfuerzos en la zona de contacto. Este fenómeno se transforma en una especie de barrera para la propagación de la ruptura. "Ese fue el caso del terremoto de Tocopilla de 2007 en donde la zona de ruptura se confina al este del cambio abrupto en el ángulo de subducción", señala Contreras. De esta forma el terremoto se diferenció de lo ocurrido el 27/F donde la ruptura involucró grandes regiones del continente sumergido provocando un *tsunami*. Sin embargo, la ocurrencia de eventos tsunamigénicos de gran magnitud en el norte de Chile puede también suceder al cruzar la barrera (el cambio abrupto en el ángulo de subducción). "Alternativamente, un *tsunami* también podría ocurrir al romper solo al oeste del cambio abrupto en el ángulo de subducción, ya que involucraría zonas sumergidas del continente", enfatiza el investigador.

"Esto abre una llave para investigar por qué se producen estos fenómenos y cómo se originan los maremotos", señala el Prof. Contreras, quien indica que el equipo continuará analizando esta línea de investigación en otras zonas de Chile.

Los resultados de la investigación fueron difundidos en el artículo "Abrupt change in the dip of the subducting plate beneath north" publicado en la revista Nature Geoscience el 8 de abril. **■**



Congestión vehicular en Santiago: **Atascados por el desarrollo**

La congestión vial es uno de los grandes problemas que afecta a las ciudades modernas. Los indicadores muestran que en Santiago este aspecto debería empeorar debido al aumento explosivo de vehículos y a la mala percepción que existe del transporte público. ¿Será el crecimiento del parque automotriz capaz de detener el flujo de la capital?

Por Sofía Vargas P.

Sentirse atrapado en una calle con alta congestión es una escena cada día más común en Santiago, ciudad de más de 6 millones de habitantes donde, según el Instituto Nacional de Estadísticas, se concentra un millón y medio de vehículos, 41% del parque vehicular de todo el país. Según la Asociación Nacional Automotriz de Chile, las ventas de automóviles el 2011 alcanzaron 334 mil unidades, las que representan un crecimiento de un 21% respecto al 2010 y se proyecta un crecimiento similar para el 2012. Ahora bien, si se observa con detención la misma escena probablemente cualquier persona se podrá percatar de otra

situación: en promedio en cada vehículo viaja solo un pasajero, en Santiago la tasa de ocupación vehicular bordea 1.2 usuarios. Estas cifras reflejan una situación que preocupa a los especialistas porque en el corto plazo no se observan cambios positivos. Cada vez son más quienes deciden comprarse un vehículo debido, entre otras causas, a la mala percepción del sistema de transporte público, lo que desencadena un aumento en el tiempo de traslado tanto del transporte privado como público. De hecho, según cifras del Ministerio de Transporte, en Santiago una persona en promedio utiliza 84 minutos diarios en movilizarse.

La especialista del Departamento de Ingeniería Civil (DIC) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, Marcela Munizaga, aclara que las ciudades jamás colapsan, pero lo que sí ocurre es que empeora la calidad de vida de quienes viven en ella y aumenta la contaminación. Un ejemplo dramático es lo que ocurre en Sao Paulo, Brasil, el área urbana más congestionada del mundo según la Revista Time, donde en 2009 se registró una marca histórica de 293 km de filas acumuladas de un total de 835 km monitoreados. Cabe preguntarse entonces...¿Queremos eso para Chile?

Ciudad en crecimiento

“Santiago ha crecido muy rápido y ahora tiene que resolver problemas de grandes urbes”, señala Munizaga, quien explica que el crecimiento extendido de Santiago y el aumento de la segregación han afectado la localización de las actividades, es decir, los ciudadanos se trasladan de una comuna a otra para realizar sus jornadas diarias. Por ejemplo, en países donde la segregación es menor a la chilena los escolares estudian en establecimientos que están dentro de sus comunas. En Chile en cambio la mayoría lo hace lejos del lugar donde reside. Situación similar ocurre con el lugar de trabajo, lo que provoca un aumento en el número de pasajeros que circulan por la ciudad.

A esto se debe sumar el auge económico y productivo experimentado en Santiago y que ha fomentado el crecimiento de la ciudad. Los desafíos que presenta este escenario son altos, así lo enfatiza Francisco Martínez, Ph.D. de la Universidad de Leeds, Inglaterra y académico del DIC. “Las ciudades que crecen tan rápido ven cómo la magnitud de sus problemas crece más rápido aún”. Según el experto, en este contexto, la postergación de las decisiones políticas llevan a decisiones mucho más críticas, refiriéndose a la urgente necesidad de planificación de las urbes. Situación imperiosa en Chile si se considera que hace más de 10 años que no se cuenta con un lineamiento general en materia de planificación urbana y territorial. Esto debido a que nuestro país ha tenido solo dos políticas de desarrollo urbano, aquellas promulgadas en 1979 y 1985 (esta última derogada en 2000 debido a que entregaba todas las decisiones de suelo al sector privado).

Construcciones en altura

El crecimiento de las ciudades en algunos casos es definido por las condiciones geográficas. Eso ocurre con Santiago donde la cordillera

de los Andes pone un límite al oriente e induce una mayor densidad en esa dirección. En este sector se concentra un alto número de comercio e industria lo que provoca un aumento en el costo del suelo y en el número de edificios de gran altura que se construyen en la zona. Un caso emblemático es el Costanera Center, primer rascacielos de Chile.

El megaproyecto de Cencosud, inaugurado en junio, continúa estando en el debate público debido a la congestión vial proyectada en el sector. Esto provocado por la alta afluencia de público que espera recibir, alrededor de 3 millones y medio de visitantes mensuales, y a los 5.700 estacionamientos construidos.

Para Leonardo Basso, Doctor de la Universidad de British Columbia, Canada, también académico del DIC, el polémico proyecto ubicado en el barrio conocido popularmente como ‘Sanhattan’, es un ejemplo dramático y una muestra más de la nula planificación urbana de Santiago. El especialista explica que la zona donde se emplaza el edificio es una de las más congestionadas de Santiago, el índice de saturación de sus semáforos es de 0.9 (de un máximo de 1.0) lo que provoca el clásico “cuello de botella” y allí además se encuentra una de las estaciones de Metro con mayor cantidad de transbordos del sistema: Tobalaba. Así lo daba cuenta un estudio del 2011 realizado por el Ministerio de Transporte que evaluaba la implementación de tarificación vial por congestión justamente en esa zona, al ser identificada como una de las más complejas de la capital.

La gran diferencia que se observa entre la experiencia chilena y algunas foráneas es la planificación de las obras de mitigación. En el caso del World Trade Center, en Estados Unidos, se construyeron 3.000 estacionamientos menos que en el Costanera Center y, entre las medidas de mitigación, se consideró contar con un punto de transporte público que reunía estaciones de metro y buses. Situación muy distinta se vive en Chile. “En nuestro país la legislación va en dirección contraria porque se pide que entre más alto sea el edificio más estacionamientos proporcione, y las medidas de mitigación son muy menores”, señala Basso, situación que se agrava al no considerar variables como la ubicación.

Según el docente y experto en transporte, el principal problema que se observa en este proyecto es la escasa preocupación por la conectividad y las externalidades del megaedificio. “Todas las propuestas de mitigación tienen un alcance muy pequeño y se basan en quitarle el espacio a otros medios de transporte o incluso



3.654.727

VEHÍCULOS SE REGISTRAN EN CHILE

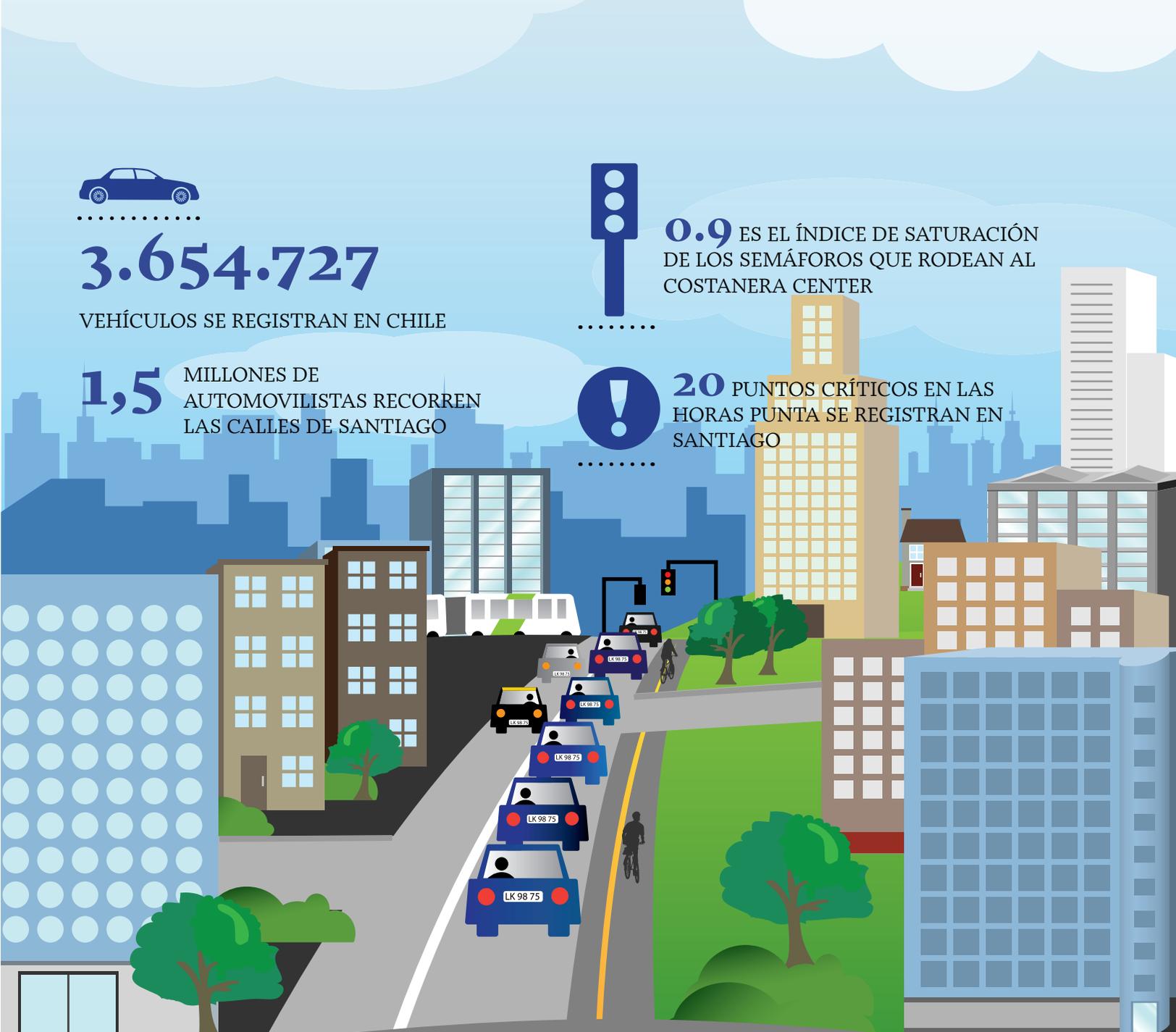
1,5 MILLONES DE AUTOMOVILISTAS RECORREN LAS CALLES DE SANTIAGO



0.9 ES EL ÍNDICE DE SATURACIÓN DE LOS SEMÁFOROS QUE RODEAN AL COSTANERA CENTER



20 PUNTOS CRÍTICOS EN LAS HORAS PUNTA SE REGISTRAN EN SANTIAGO



INDICADORES COMPARATIVOS DE MOVILIDAD

Consumo de Tiempo (min/hab/día) (2007)

Bogotá 67 / Buenos Aires 65 / Caracas 62 / Montevideo 45 / Santiago 84



HORAS DE MAYOR ATOCHAMIENTO

07:30 Y 09:00 AM
17:30 Y 20:00 PM



3 VIAJES DIARIOS REALIZAN LOS SANTIAGUINOS

1.000 ANUALES



En el año 2011 LA AFLUENCIA DE PASAJEROS EN LA RED METRO ALCANZÓ A 640 MILLONES DE VIAJES, AUMENTO DE 3,1% RESPECTO DEL 2010

Fuentes:

◇ Memoria Anual de Metro 2011. ◇ Presentación Planificación de transporte y desarrollo urbano, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Plenario Sochitran. ◇ Risk Habitat Megacity, Springer, 2012. ◇ CAF 2008

a los vecinos del sector. La única solución es la inversa: justamente quitarle espacio al transporte privado para potenciar el público”, enfatiza el investigador haciendo referencia a medidas como la construcción de una cuarta pista en avenida Santa María o la eliminación del cruce peatonal en Av. 11 de Septiembre.

¿Existe solución?

Los especialistas coinciden en que lo más importante para poder disminuir la congestión tanto en zonas altamente saturadas, como el sector de Pedro Fontova en Huechuraba o la intersección de las comunas Providencia y Las Condes, así como en el resto de la ciudad, es tratar de traspasar la mayor cantidad de usuarios al transporte público. En la Región Metropolitana el sistema de transporte urbano en superficie es el Transantiago, el cual se implementó el 2007 y se basa en una estructura de servicios de buses troncales y alimentadores, donde el Metro es la red estructurante de los viajes de la ciudad.

La mala percepción que existe del Transantiago ha hecho colapsar el servicio del tren urbano de la capital, el Metro. Según información de la empresa pública entre enero y abril de 2012 se han registrado 198 millones de validaciones, cinco millones más que en el mismo periodo de 2011. Además ha aumentado el interés de los usuarios por usar transporte privado.

Según los especialistas es clave crear políticas que desincentiven el uso del vehículo, por ejemplo, implementar la, para muchos impopular, “tarificación por congestión”, la misma que es muy utilizada en ciudades modelo en planificación urbana como Londres donde en promedio se paga diariamente alrededor de 5 mil pesos chilenos por circular por el centro. Esta medida que se concretó en el 2000 permitió disminuir entre un 44% y un 38% el uso del automóvil en 7 años.

“Tenemos que ser capaces de revertir la tendencia natural de querer usar un automóvil. De lo contrario el escenario en quince años será muy complejo”, señala Martínez, co-autor del libro ‘Risk Habitat Megacity’, texto publicado el 2012 que analiza el escenario social y económico de Santiago. Según este informe, que hace una

PARA EL **2030**

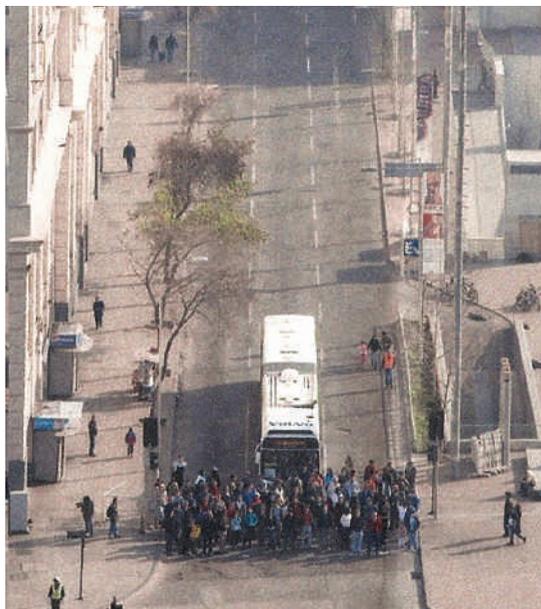
Se proyecta que la velocidad promedio de un vehículo en Santiago **disminuirá a 23,8 km/h. Actualmente es de 29,4 km/h.**

El tiempo de traslado en el sistema de transporte público sería de **52,3 minutos en promedio. Casi 40% más lento que en la actualidad.**

Medidas de mitigación Costanera Center

Las medidas de mitigación del Costanera Center, según los especialistas, deben ir en dirección de disminuir el número de estacionamientos y priorizar el uso del transporte público de superficie. Además, se requiere la construcción de vías exclusivas y reubicar semáforos y paraderos de micros. Otra propuesta es la construcción de un parque de estacionamiento (*park ride*) que permita que los automovilistas se ubiquen lejos de la zona de alta congestión para luego tomar un bus de acercamiento al Costanera Center o Titanium.

La fotografía tomada en Teatinos con Alameda muestra a un mismo número de personas ocupando los diferentes tipos de transporte. La imagen fue capturada el 2008 en el marco del International Workshop on Bus Rapid Transit (BRT) organizado por la PUC en colaboración con la FCFM de la Universidad de Chile.



proyección al 2030 considerando las condiciones actuales de la ciudad, la velocidad promedio de un vehículo pasaría de 29,4 km/h a 23,8 km/h. A su vez, el tiempo de traslado en el sistema de transporte público sería en 2030 de 52,3 minutos en promedio, lo que significa, casi 40% más lento que en la actualidad.

Para evitar o disminuir las probabilidades que este escenario ocurra, es clave, insisten los especialistas de la FCFM, mejorar el sistema de transporte público. “La única alternativa para disminuir la congestión, y mejorar los índices de calidad de vida de los capitalinos, está asociada a una decisión política que es priorizar el transporte público de superficie en contra de los autos”, enfatiza el Prof. Basso.

Otro punto importante, según el académico, es que las empresas de transporte trabajen coordinadas. Si bien el Metro y los buses cuentan con una forma de pago integrada, la tarjeta bip!, esta es la única integración del sistema, explica, haciendo referencia a que esto se debe a que el Metro de Santiago es una asociación anónima pública en cambio los buses del Transantiago pertenecen a empresas privadas. “La interacción solo la ejerce la Coordinación del Transantiago, la que debe lidiar con contratos bastante rígidos con las empresas de buses”, señala el académico.

El escenario es muy complejo, explica Basso, porque cuando la Coordinación pide a las empresas del Transantiago que aumenten la frecuencia de buses, “ellos responden que no pueden porque se rigen por un contrato. Esto se transforma en un tira y afloja que termina indemnizando a los privados más de lo necesario”, asegura el experto y hace hincapié en que el centro del problema es la estructura de propiedad, es decir, “las empresas de buses del Transantiago debieran ser públicas”, dice, enfático, el Dr. Basso. **f**



Ingeniería: Un actor clave

El rol de la ingeniería es fundamental a la hora de referirse a la planificación vial de las ciudades porque permite predecir y evaluar los futuros escenarios. La División de Ingeniería de Transporte del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM ha sido un actor clave en el estudio del crecimiento de la ciudad y del impacto de las políticas asociadas al transporte en Chile.

Es así como el Dr. Francisco Martínez, académico de la FCFM, creó el Modelo de Uso del Suelo de Santiago, MUSSA, que permite efectuar una evaluación económica de distintas variables como el desarrollo de la ciudad o la realización de proyectos de transporte. Este sistema hecho en Beauchef ya ha sido utilizado en ciudades como Minneapolis y París, actualmente se trabaja para construir el modelo de Berlín, Alemania y Singapur.

Actualmente Martínez junto a los académicos Marcela Munizaga y Cristian Cortés lideran el proyecto Fondef: “Herramientas avanzadas para la ciudad del futuro” que combina áreas como la planificación urbana, el transporte público y los servicios públicos de emergencia. En este último punto participan los

académicos Fernando Ordóñez y Daniel Espinoza, de Ingeniería Industrial (DII). A su vez, el académico Sergio Jara, Subdirector del Instituto Milenio Sistemas Complejos de Ingeniería de la FCFM, lidera en la actualidad un proyecto Fondecyt enfocado a mejorar el servicio de transporte considerando variables como el comportamiento de los usuarios, costos y diseño del sistema.

Adicionalmente los investigadores de la FCFM participan en instancias de discusión de las políticas nacionales. Es así como los académicos Leonardo Basso y Marcela Munizaga en variadas ocasiones han presentado propuestas de mejoras para el sistema de transporte público, Transantiago, al Ministerio de Transporte.

El Dr. Basso, quien preside la Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte, integra la Comisión para la Política Nacional de Desarrollo Urbano convocada por el Presidente de la República el 2012 con el objetivo de redactar un informe que funcione como “carta de navegación” para las políticas urbanas del país.

Mapa solar de alta resolución: *Chile, el lugar con mayor radiación del planeta*

El aprovechamiento de la radiación solar como fuente de energía requiere necesariamente de un conocimiento detallado de su valor en la superficie de la tierra. No basta con el conocimiento popular que indica la existencia de una gran cantidad de radiación solar disponible en el Norte Grande de Chile, es necesario construir un mapa solar de alta resolución para el país.



Por Roberto Rondanelli R.*

No son pocos los motivos que nos mueven a los meteorólogos a volcarnos al estudio de la radiación. Por ejemplo, desde el punto de vista teórico, la energía solar explica prácticamente todos los movimientos de la atmósfera y el océano en distintas escalas. Por otra parte, la radiación solar superficial determina el balance de energía de la superficie de la tierra y el

océano y tiene gran relevancia en todos los fenómenos que ocurren en la capa límite atmosférica. Motivaciones científicas que resultan también de interés político y económico, pues la evaluación de la factibilidad de un proyecto de energía solar y su financiamiento –alternativa que podría diversificar la matriz energética de Chile– dependen de una estimación precisa de la distribución espacial y temporal de la radiación en superficie.

En este contexto, construir un mapa solar chileno de alta resolución resulta clave. Chile presenta, además, una ventaja adicional porque posee un amplio rango de distribución de climas y regímenes de nubosidad. Esto hace que la metodología del mapa sea transferible a otras zonas del planeta con mayor confianza.

Fue así como, bajo el paraguas (o el quitasol) de un proyecto ejecutado por el Departamento de Geofísica (DGF) a petición del Ministerio de Energía, se está construyendo un mapa de alta resolución de la radiación solar superficial sobre el territorio de Chile continental. Esfuerzo que ya había sido realizado, desde mediados de 1960, por grupos nacionales e internacionales quienes elaboraron mapas en base a observaciones tomadas durante varios años en el país. La metodología utilizada para elaborar estos trabajos no ha podido ser reproducida en detalle y daban cuenta, por lo demás, de valores muy por debajo de mediciones recientes efectuadas en el Norte Grande.

Con el grupo liderado por el investigador del DGF, Mark Falvey, e integrado también por Alejandra Molina, estudiante de magíster del Programa de Meteorología y Climatología de la Facultad, combinamos información obtenida desde diversas fuentes como los datos de satélites que permiten identificar la cobertura y brillo de las nubes, modelos físicos y empíricos, y los campos meteorológicos obtenidos desde modelos numéricos globales de la atmósfera que indican la distribución del vapor agua y la temperatura.

Luego de 18 meses de investigación hasta la fecha reunimos la información sobre la radiación global horizontal para el periodo 2009 y 2010, y se espera extenderlo hasta completar 10 años. Gracias a este proyecto confirmamos la sospecha que el Norte Grande de Chile es una de las áreas del mundo que recibe mayor cantidad de radiación solar, entre 7 y 7.6 kwh/m.



Mark Falvey y Alejandra Molina, investigadores del DGF.

Como meteorólogos, sin ser expertos en las dificultades técnicas para su correcto aprovechamiento, nos detenemos al llegar a la superficie de la tierra y nos contentamos con estimar la cantidad de radiación solar disponible para ser aprovechada. Sin embargo, el mapa solar que presentamos deja al descubierto los lugares con mayor radiación solar del planeta y nos plantea preguntas fuera de nuestra propia disciplina. Resulta curioso constatar el gran desarrollo de las tecnologías de generación de electricidad a través de la radiación solar en países como Alemania que tiene muy poca radiación solar en comparación con nosotros. Un estimación conservadora indica que toda la energía eléctrica del país podría ser producida con un área de 20 por 20 km de paneles fotovoltaicos en el norte de Chile. Entonces ¿cuáles han sido los impedimentos para el desarrollo de esta energía en áreas en donde existe la demanda por ella y la infraestructura para transmitirla?

Similar a lo que sucede en el caso del desarrollo de la energía geotérmica en Chile, si comparamos nuestra situación con países en donde esta energía es de menor calidad y cantidad, el desarrollo de la energía solar se encuentra en un estado incipiente. Las noticias de la reciente licitación de la construcción de centrales fotovoltaicas para satisfacer parte de la demanda de la minera Inés de Collahuasi son motivo de optimismo.

Confirmar que la precordillera de la II Región es el lugar con mayor radiación superficial en el mundo, más allá de ser una curiosidad, puede ayudar a traer más atención al desarrollo e investigación relacionada con este tipo de energía en nuestro país. 

*Roberto Rondanelli, Ph.D. en Meteorología del Massachusetts Institute of Technology (MIT, USA), es académico del Departamento de Geofísica de la FCFM.

Durante la escritura de este artículo la empresa eslovaca SolarGIS lanzó a la venta un mapa solar para Chile, cuyo costo ascendería a varios millones de dolares si se comparara con la información, al mismo nivel de detalle, que entrega el mapa realizado en la Universidad de Chile.

El Gobierno de nuestro país, gracias al desarrollo hecho por el DGF, puso a disposición gratuita y pública el mapa solar para cualquier uso.

Mapa solar: <http://ernc.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/>

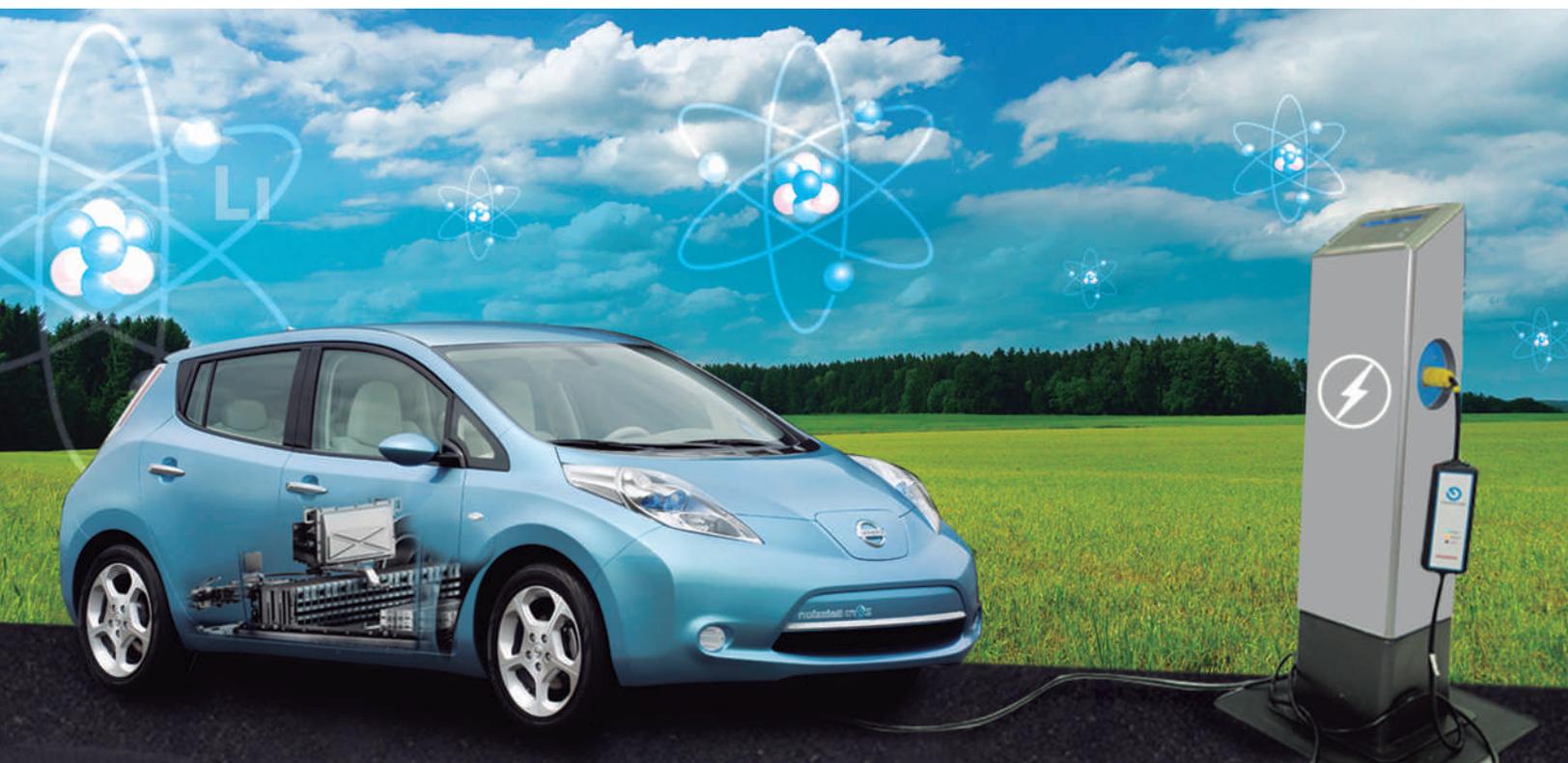
Influencia del agua

Si uno se pregunta por el lugar que recibe mayor cantidad de radiación del planeta, la respuesta pareciera ser sencilla: el Ecuador, punto donde la radiación solar cae de manera más cercana a la vertical sobre la superficie terrestre. Sin embargo, esta respuesta es incorrecta pues no considera la mayor causa de las variaciones de esta energía al llegar a la superficie: la distribución del agua atmosférica en sus distintas fases. Es justamente este aspecto el que le interesa investigar a los meteorólogos.

Tanto la latitud como la altura sobre el nivel del mar influyen en determinar el máximo de radiación solar. Cuanto mayor es la altura sobre el nivel del mar, menor es la dispersión que experimenta la radiación en su camino a la superficie y cuanto más cerca estemos del Ecuador, mayor es la radiación solar anual promedio fuera de la atmósfera. Dado que las mayores alturas se encuentran en la cordillera de la II Región cerca del límite con Bolivia, es ahí donde se esperaría encontrar los lugares con mayor radiación solar a esa latitud. Sin embargo, la nubosidad, en particular aquella relacionada con el Invierno Altiplánico, es capaz de mover ese lugar a alturas más bajas pero alejadas de la actividad de este fenómeno. Lo mismo ocurre con zonas cercanas al Ecuador, en donde los vientos superficiales generan zonas donde se concentra el vapor de agua, las nubes y la precipitación.

Desarrollo de C & T:

Las oportunidades que ofrece el litio



El uso de litio en baterías despertó gran interés por este metal que se encuentra disponible en importantes cantidades en nuestro país. Si bien parte de la población ve en su explotación una oportunidad de riqueza, los expertos indican que el desafío está en desarrollar ciencia y tecnología que le permita al país sumarse a este cambio de paradigma energético.

Por Catalina Caro C.

Hace décadas se anuncia el inminente agotamiento del petróleo en el mundo, la principal fuente de energía de los países desarrollados, cuyas reservas alcanzarían solo para unos 40 años más. Es por esta razón que durante las últimas décadas se realizan importantes esfuerzos por encontrar sustitutos a este combustible, los que en el área del transporte habrían encontrado una respuesta en los vehículos eléctricos, que a partir del desarrollo de baterías de ión-litio lograron un desempeño que permitió iniciar su comercialización.

Este tema ha despertado gran interés en nuestro país, ya que el creciente desarrollo y venta de vehículos eléctricos, más allá de ofrecernos una respuesta para la movilización actual y futura, abrió un interesante mercado para el litio a través de las baterías. Esto debido a que Chile cuenta con importantes reservas de este metal alcalino, que se estiman en 7.500.000 toneladas, más del 20% de las reservas mundiales, lo que actualmente posiciona al país como uno de los mayores productores a nivel global, alcanzando cerca del 40% del mercado.

¿Qué es el litio?

Según su definición, el litio es un elemento químico de símbolo Li y número atómico 3. En la tabla periódica se encuentra en el grupo 1, entre los elementos alcalinos. En su forma pura, es un metal blando, de color blanco plata, que se oxida rápidamente. Es el metal más ligero, su densidad es la mitad de la del agua. Al igual que los demás metales alcalinos es univalente y muy reactivo, aunque menos que el sodio, por lo que no se encuentra libre en la naturaleza.

Chile posee una gran reserva de este elemento en el salar de Atacama (II Región).

El litio es utilizado en baterías para vehículos eléctricos, sistemas de almacenamiento para energías renovables y aparatos electrónicos (*notebooks*, celulares, iPad). Este metal también es utilizado en la fabricación de vidrio, grasas y lubricantes, aluminio, polímeros, aires acondicionados, en la industria metalúrgica, en fármacos para tratar la depresión y tiene un gran potencial para la generación de energía nuclear.

Innovación para la industria

El proyecto Centro de Innovación del Litio (CIL) es una entidad nacida al alero del Centro de Energía de la FCFM. En este centro, académicos e investigadores de la Facultad trabajan en colaboración con diversas empresas como SQM, Rockwood Litio Ltda. y Marubeni, además de otras universidades como la de Antofagasta, la de Santiago, la Pontificia Universidad Católica de Chile, y centros de investigación como VTT de Finlandia, ICN de España y el CELIMIN de Antofagasta, para juntos dar vida a innovaciones que aportarán al desarrollo del país.

Adelantándose al auge del litio y frente a la oportunidad de poder sumar valor agregado a la producción de este metal blando, la FCFM de la Universidad de Chile inauguró el 2010 el Centro de Innovación del Litio (CIL), donde actualmente se están desarrollando cuatro importantes proyectos que buscan mejorar las baterías y entregar servicios que optimicen su uso.

Jaime Alée, Director del CIL, explica que frente al auge de las baterías “el camino a seguir no va por la sola explotación del litio, sino que Chile debe ir un paso más allá desarrollando ciencia y tecnología para entregar productos con valor agregado, ya que de lo contrario nos podría volver a ocurrir lo mismo que con el salitre”.

Además, hay que considerar que el litio es un metal abundante en el mundo, por lo que varios países ya lo explotan o están en vías de comenzar a hacerlo, y es posible que a corto plazo Australia supere nuestra producción. Otro antecedente a considerar es su bajo valor, “Chile vende casi US\$3.500 millones de cobre al mes, mientras que la producción total a nivel mundial de litio hoy en día es de US\$600 millones al año. Por ello, pese a su auge, el litio nunca será para nuestro país equivalente al cobre en ganancias, pues dicho metal es insignificante en la cadena de valor de las baterías, ya que representa alrededor del 0,5% del precio de estas, por lo que la oportunidad está en desarrollar tecnología”, insiste Jaime Alée.



Tomás Vargas, Marcos Orchard, Edgar Mosquera, Jaime Alée y Rodrigo Palma, integrantes del Centro de Innovación del Litio.

Los desafíos a superar

En el Centro de Innovación del Litio identificaron las principales barreras que enfrentan los vehículos eléctricos para su masificación, la principal de ellas es el alto costo de las baterías. “25 mil dólares era el precio de una batería de litio para un auto eléctrico a fines de 2010, costo equivalente al valor del vehículo, se espera que a fines de 2012 el precio llegue a 19 mil dólares, y la idea es llegar al 2020 con un costo menor a 5 mil dólares, lo que marcará el despegue definitivo de la industria”, explica Alée.

Al problema del alto precio se suma la necesidad de aumentar la densidad energética de las baterías, que actualmente es de 120 watt hora por kilo, a más de 150 Wh/kg. Inicialmente este objetivo apuntaba a mejorar la autonomía de los vehículos, que en la actualidad con una carga completa puede llegar a 160 km, pero finalmente se decidió apuntar a disminuir la masa de las baterías manteniendo la autonomía, ya que se considera que el rango actual es razonable para el 90% de los usuarios. Así al reducir el número de celdas también disminuye el costo total del paquete de baterías, que es el objetivo principal de la industria.

Como respuesta a estos desafíos el CIL presentó sus proyectos de innovación avanzada. El primero de ellos se denomina **NanoP**, y es liderado por Edgar Mosquera, profesor del Departamento de Ciencia de los Materiales.

El proyecto explora el desarrollo de procesos de manufactura de polvos nanoestructurados a escala industrial (desde Kgs a Ton/día)

empleando un sistema de bajo costo, seguro y ambientalmente amigable. Junto a ello se plantea la posibilidad de que dichos polvos sean manufacturados a nivel de partículas con buen control de tamaño, morfología y micro nanoestructura. “El objetivo es producir polvos nanoestructurados para cátodos de baterías recargables de ión-litio que sean de alta pureza, con el fin de mejorar el desempeño de estas baterías y responder a los requerimientos del mercado, pero con una tecnología más barata”, indica Mosquera.

La segunda iniciativa que busca mejorar el desempeño de las baterías es denominada **Ánodos de Litio**, y es liderada por Tomás Vargas, profesor del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología.

Una batería está compuesta básicamente por el ánodo, el cátodo y el electrolito. Hasta ahora en el ánodo, el litio está presente como ión inserto en una matriz de grafito, luego la posibilidad de utilizar un ánodo de litio metálico es muy atractiva ya que ayudaría a aumentar el potencial energético de la batería. Sin embargo, hasta ahora el ánodo de litio metálico no ha sido empleado comercialmente, ya que presenta problemas debido a que reacciona con el electrolito y forma dendritas que disminuyen rápidamente su carga durante el ciclado. Este proyecto busca evitar la formación de dendritas a través del desarrollo de ánodos de litio metálico nanoestructurados. El lograr operar con este tipo de ánodos posibilitaría alcanzar en las baterías de litio densidades de carga y energía de hasta 10 veces por sobre las actuales.

La salud de las baterías

Otro de los desafíos está en conocer en tiempo real el nivel de autonomía y el tiempo de vida útil remanente de las baterías. Esta necesidad es la que pretende satisfacer el **Proyecto SOC/SOH**, liderado por Marcos Orchard, profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la FCFM e investigador del Centro de Investigación Avanzada para la Minería (AMTC) de la FCFM. Este proyecto procura desarrollar un dispositivo que permita estimar el estado de carga (SOC) y el estado de salud (SOH) de baterías en base a litio, generando una predicción respecto del número de ciclos de trabajo en los que la batería puede operar antes de su degradación.

En la actualidad los paquetes de baterías utilizados en vehículos eléctricos garantizan una vida útil de 10 años con aproximadamente mil ciclos de carga y descarga. “La idea es que el sistema no solo indique el nivel de carga de la batería y autonomía del equipo energizado, sino que además entregue una predicción instantánea de la vida útil de la misma, frente a diferentes perfiles de uso. Esta información será de vital importancia, por ejemplo, a la hora de querer reutilizar la batería bajo otros perfiles de uso o en la certificación de un vehículo a la hora de su reventa”, indica Marcos Orchard. Agrega que el sistema está basado en modelos matemáticos predictivos y empíricos tomando en cuenta algunos parámetros instantáneos de la batería, como temperatura, voltaje y corriente.

El cuarto proyecto del CIL tiene relación con uno de los procesos fundamentales en el desarrollo y manufactura de las baterías, su configuración y montaje en un espacio especialmente creado para ello, de esta forma el proyecto se denomina **Empaquetamiento Óptimo de Baterías**, y es liderado por el Dr. Rodrigo Palma, académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Este proyecto desarrolla el concepto de empaquetamiento óptimo de acumuladores de energía en espacios limitados (automóviles). La composición de las baterías es un aspecto fundamental ya que se debe garantizar la seguridad y buen funcionamiento de estas, si eso no ocurre todos los otros esfuerzos por mejorar las baterías pueden perderse. Actualmente, la industria resuelve el problema de empaquetamiento utilizando métodos heurísticos, esta metodología requiere bastantes horas hombre de ingeniería, sin lograr aún soluciones óptimas. Por ello esta iniciativa plantea el desafío de desarrollar un sistema computacional que permita diseñar en forma automatizada una batería de ión-litio, que haga el cálculo y simulación de distintas configuraciones, con el fin de optimizar el comportamiento del paquete de baterías en



Intégrate a la empresa más importante del país

Trabaja con Nosotros

Postula en www.codelco.cl

- Programa de Graduados
- Prácticas profesionales
- Memorias de Titulación

Sé parte de Codelco, orgullo de todos



cuanto a vida útil, costos y seguridad, tomando en consideración la disponibilidad de espacio, condiciones de trabajo y ventilación, entre otros.

Además, el CIL recientemente generó un grupo de desarrollo de vehículos eléctricos, iniciativa académico-privada que liderará proyectos de emprendimiento con esta tecnología, incluyendo la fabricación de baterías, conversión de vehículos convencionales y fabricación de vehículos eléctricos. Se piensa en una industria incipiente pero posible de desarrollar en Chile.

Energía nuclear

Pese a los promisorios avances en la tecnología de las baterías, no debemos olvidar la potencialidad del litio para la generación de energía nuclear. Por ello, el Dr. Hugo Arellano, profesor del Departamento de Física, advierte que hay que ser cautos respecto de este tema ya que “existen dos grandes proyectos a nivel mundial, en los que se están invirtiendo miles de millones de dólares, con el fin de implementar una fórmula para obtener energía a partir de la fusión nuclear, donde el litio puede desempeñar un rol determinante”. Para Arellano la importancia de este metal sigue estando en el desarrollo nuclear, con el cual podrían generarse grandes cantidades de energía eléctrica que abastecerían a las ciudades de forma limpia.

Los dos proyectos más prominentes al respecto son el National Ignition Facility (NIF), donde el Gobierno de Estados Unidos ha invertido sobre US\$ 4.000 millones, y el International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), en el que participan la Unión Europea,

Canadá, Japón, Corea del Sur, India, Rusia y Estados Unidos, que cuenta con una inversión de más de US\$ 20.000 millones.

Estos proyectos buscan fusionar de forma controlada núcleos de deuterio y tritio, ambos isótopos del hidrógeno. El primero es muy abundante, sin embargo “el segundo es altamente escaso, hay apenas 8 kg de tritio en el mundo, pero se puede producir artificialmente mediante la irradiación de litio con neutrones”, explica Arellano.

El potencial de generar energía nuclear utilizando litio como parte importante de los insumos, llevó a que el Estado de Chile, en 1979, declarara al litio como no concesible, con el fin de reservarlo por su valor estratégico, con la excepción de concesiones o contratos especiales otorgados por el Estado. Aunque en los últimos años nada ha cambiado este panorama, frente al reciente auge del litio, en junio de este año el Gobierno inició un proceso de licitación para la explotación de este metal, cuyos resultados se conocerán en septiembre.

Si bien las investigaciones para generar energía nuclear mediante fusión aún son preliminares, la apuesta para este siglo es que su producción sea posible. En tal sentido, el litio continúa teniendo un importante potencial nuclear, cuyo desarrollo es latente, por lo que según los expertos vale la pena tomar resguardos, ya que de una forma u otra probablemente el litio será la energía del futuro. **■**



Las distintas fórmulas para medir un sismo

Frente a las décimas de diferencia entre la magnitud que el Servicio Sismológico de la Universidad de Chile (SSUCH) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) entregan regularmente respecto de los sismos ocurridos en el país, el Director Científico del SSUCH, Sergio Barrientos, explica que existen, al menos, seis formas de medir la magnitud de un temblor. Estas se determinan utilizando las distintas partes de un sismograma o las diferentes ondas que se registran, ya que para establecer las magnitudes se realizan procesos

que pueden implicar filtrar las señales sísmicas. La pregunta que surge: ¿Cuál es la más correcta? Frente a la consulta el sismólogo señala que no se puede decir que un tipo de magnitud sea más correcto que el otro, sino que son distintas formas de medición que cumplen diferentes objetivos científicos. Barrientos explica las más utilizadas:



Magnitud local (ML)

Es la fórmula utilizada por el Servicio Sismológico para obtener el cálculo preliminar de un sismo. Se calcula utilizando las ondas internas captadas por los sismógrafos, primarias (P) y secundarias (S). Para esta medición se consideran los sismogramas entregados por las estaciones más cercanas al lugar en donde se generó el temblor, aquellas ubicadas a menos de 600 km de distancia, se selecciona la amplitud mayor dentro del grupo de ondas P y S de cada sismograma, luego estas amplitudes se promedian, y ese resultado se toma como representativo del tamaño del sismo. El SSUCH luego corrige esta primera medición utilizando la magnitud del momento (M_w).

Magnitud de ondas internas (mb)

Fórmula utilizada por el USGS, para entregar su medición preliminar. Este cálculo es similar a la ML pero también considera las estaciones sismológicas lejanas al sismo, tomando en cuenta el mayor número de

estaciones posibles. De igual forma se seleccionan las ondas P y S de mayor amplitud y se promedian corrigiendo estos valores por distancia entre el epicentro y la estación. La posibilidad de considerar una mayor cantidad de mediciones, al contar con un número mayor de estaciones sismológicas permite obtener un cálculo un poco más exacto. Esto es posible debido a que las ondas sísmicas recorren una gran extensión de la tierra, por ejemplo, un sismo 4,6 puede ser percibido por instrumentos instalados a casi 10 mil kilómetros de distancia del lugar donde se generó el sismo. Por ello, para calcular la magnitud de un movimiento telúrico ocurrido en Chile el USGS además de considerar los datos de algunas de las estaciones del Servicio Sismológico, que actúa en colaboración con la institución norteamericana, incluye en su cálculo los resultados de otras estaciones alrededor del mundo que también alcanzan a captar el sismo, pues la entidad tiene convenios de cooperación con muchos países.

Magnitud de ondas superficiales (M_s)

Esta magnitud se calcula utilizando las ondas superficiales de los sismos, las que son filtradas dejando pasar solo las de períodos entre 15 y 25 segundos, de ellas se seleccionan las que poseen mayor amplitud, explica el Director del SSUCH. Agrega que uno de los problemas que genera este método es que las ondas de períodos entre 15 a 20 segundos se saturan para un sismo de 8 grados o superior, lo que no permite calcular adecuadamente sismos mayores, obligando a utilizar otro tipo de medición.

Magnitud momento (M_w)

Otra fórmula para medir un sismo es calcular el tamaño de la falla, el producto de su ancho y largo y el desplazamiento que produjo se multiplica por el módulo de rigidez, lo que entrega un momento sísmico. Con ese dato se calcula el logaritmo más algunas constantes, de tal manera que la M_s continúe con la misma pendiente, de forma que la magnitud coincida en algún momento con esta sin saturarse. Así se representa muy bien el tamaño del un temblor. 

También existe la magnitud de energía o ME, que mide la cantidad de energía irradiada por un sismo y la magnitud de duración o MD, calculada en base a la duración del registro de la señal sísmica.

Búsqueda de una alternativa sustentable:

Biocombustible a partir de macroalgas

Desde hace cinco años investigadores del Centro de Ingeniería Bioquímica y Biotecnología (CIByB) se han esmerado en desarrollar nuevas posibilidades técnicas para la producción de bioetanol en nuestro país a través de desechos agrícolas y forestales. Desde el año pasado decidieron ampliar su foco de investigación e incorporar algas marinas como fuente de biomasa para la producción de biocombustible, una materia prima abundante en nuestras costas pero poco estudiada para estos fines.

Por Andrea Dávalos O.

Aunque mundialmente el bioetanol ya se instaló como una alternativa sustentable para el reemplazo de las gasolinas, en Chile el uso de este combustible natural aún sigue siendo experimental. Pero el problema no es la tecnología ni la falta de recursos. Países como Brasil, principal productor en la región de bioetanol de primera generación –elaborado con materia prima de uso alimentario como la caña de azúcar–, utilizan grandes extensiones de terreno para su producción, algo que no es muy viable de realizar en nuestro territorio ya que sería un mercado que entraría a competir con cultivos de alimento. Sin embargo, la opción de hacer biocombustible de tercera generación, cuya obtención es a partir de la materia prima celulosa que se puede convertir en etanol, no se ve tan lejana a la realidad del país.

A fines del 2007, un grupo de investigadores del CIByB encabezado por los académicos del Departamento de Ingeniería Química y

Biotecnología de la FCFM, María Elena Lienqueo, Oriana Salazar y Juan Asenjo, comenzaron una investigación con el fin de buscar nuevas técnicas para la producción de este tipo de bioetanol, a través de materiales lignocelulósicos, es decir, residuos agrícolas y forestales.

Mediante procesos de pretratamiento para liberar los componentes de la madera, la conversión de celulosa a glucosa con enzimas extraídas de algunos hongos nativos y mejoradas genéticamente, y la posterior fermentación de esta azúcar, se ha obtenido etanol con resultados muy auspiciosos, lo que ha generado la incorporación de una nueva materia prima al estudio: las algas marinas.

Actualmente el equipo ya trabaja con dos tipos de macroalgas: la ulva, que proviene de las costas del norte, y la laminaria que se encuentra en el sur de nuestro país. “Estamos en proceso de



prueba para buscar enzimas y microorganismos para sacarificar y fermentar las azúcares de estas algas, algo poco usual ya que los estudios actuales se abocan a otro tipo de caracterizaciones”, señala la académica María Elena Lienqueo.

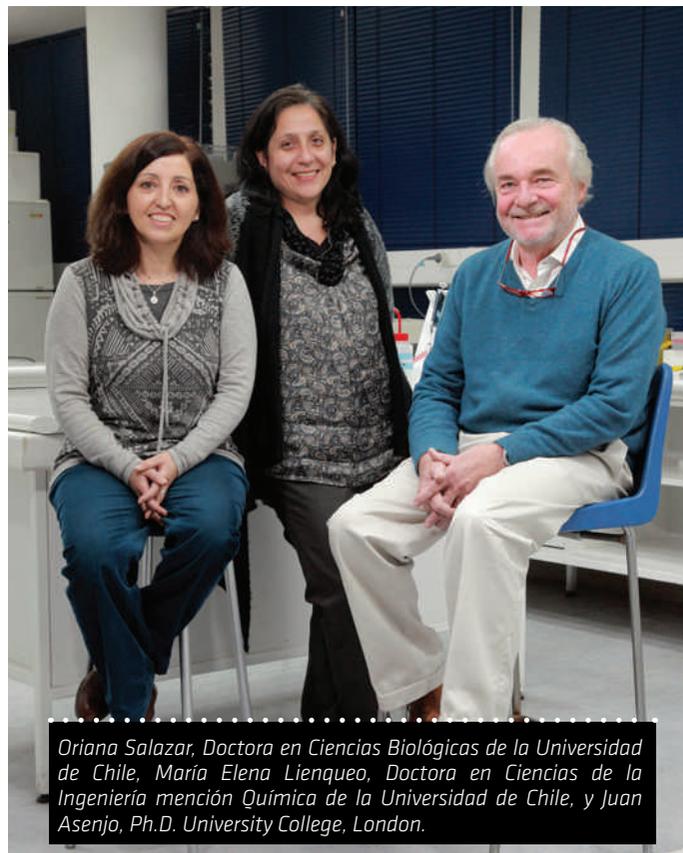
Aunque las algas no contienen tanta celulosa como los árboles, tienen la ventaja de no tener lignina -componente que da rigidez a la madera-, lo que hace que el proceso hacia el etanol sea más fácil. “Los resultados han sido muy interesantes, ya que no necesitan pretratamiento. Por otro lado, además de celulosa, las algas tienen otro tipo de azúcares, por lo que hay que ver cómo fermentarlos. Las levaduras con las que trabajamos fermentan bien la glucosa pero no las otras azúcares, de este modo también estamos viendo qué se puede hacer con ellas, no necesariamente ir al etanol sino a otros productos de alto interés comercial”, explica la investigadora del CIByB.

El estudio también ha tenido que direccionar sus esfuerzos para mejorar la rentabilidad del proceso, una de las grandes trabas del desarrollo del bioetanol. Es así como la biorrefinería -obtención de diversos productos de forma simultánea a partir de una única materia prima- es vital para pensar en un mercado futuro. “Es un proceso que hay que optimizar ya que el uso de las enzimas lo hace caro, por lo que hacer solo etanol no sale a cuenta. En general, actualmente resulta más caro producir etanol que gasolina, pero si tú además de etanol produces otros productos, se podría convertir en un proceso rentable”, añade Lienqueo.

De esta manera, la investigación, inicialmente financiada por el proyecto Domeyko de la Universidad de Chile y el proyecto Bicentenario de Cooperación Internacional con Finlandia y Canadá a través de Conicyt, ya cuenta con otro desafío: agregar una nueva fuente de biocombustible rentable y sustentable gracias a las macroalgas, las que podrían convertirse en una buena alternativa para una industria de bioetanol en nuestro país. 

Proyecto asociado

Siguiendo la misma línea de investigación, los académicos Juan Asenjo y Barbara Andrews, del Departamento de Química y Biotecnología, junto a estudiantes de doctorado y postdoctorado, están desarrollando un proyecto en el cual utilizan modelos matemáticos y metabólicos de última generación para introducir modificaciones genéticas en las levaduras y así estas puedan utilizar todas las fracciones de las macroalgas y hacer los rendimientos a etanol más eficientes. Este trabajo es una colaboración directa con la University of California de San Diego.



Oriana Salazar, Doctora en Ciencias Biológicas de la Universidad de Chile, María Elena Lienqueo, Doctora en Ciencias de la Ingeniería mención Química de la Universidad de Chile, y Juan Asenjo, Ph.D. University College, London.

Mejorar el cálculo minero:

Software para la restitución de fallas y plegamientos

Con el fin de mejorar el procedimiento operativo para definir la cuantificación de los recursos geológicos en yacimientos que presentan fallas y plegamientos, un equipo de investigadores de la FCFM desarrolló un prototipo de software que optimizará los resultados actuales de la estimación de recursos en la minería.

Por Andrea Dávalos O.

A pesar de que la industria minera sigue siendo la actividad económica más rentable en nuestro país, los riesgos monetarios que conlleva la extracción de metales y minerales son elevados. Es por eso que la exploración y recopilación de información sobre la geología del lugar se hace indispensable. Sin embargo, debido

a nuestra geomorfología, la dificultad de la explotación de estos recursos es aún mayor. Las fallas y plegamientos, producidas principalmente por movimientos tectónicos y erosión del suelo, dificultan el cálculo de recursos mineros, es decir, la determinación de la cantidad y ley de la materia prima contenida en un yacimiento.



Investigadores del laboratorio ALGES, Exequiel Sepúlveda, Álvaro Egaña, Julián Ortiz, Felipe Garrido, Fabián Soto, Cristian Pérez.

Visualización de perfil morfología original



Visualización de perfil morfología aplanada



Visualización de la aplicación del software: comparación entre la morfología original de los cuerpos geológicos y el caso aplanado -restitución geométrica aplicada- de un yacimiento de oro de la empresa Yamana Gold.

Fue con esta preocupación que la empresa minera internacional Yamana Gold se acercó al Laboratorio ALGES (Advanced Laboratory for Geostatistical Supercomputing), de la FCFM, con el objetivo de desarrollar una metodología para el modelamiento de leyes de oro en yacimientos afectados por estos accidentes. ALGES es un laboratorio orientado a la investigación de aplicaciones de supercómputo a la geoestadística que pertenece al Departamento de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, y forma parte, además, del Centro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC) de la Facultad.

De esta manera nació el proyecto Restitución Geométrica de Cuerpos Geológicos para Modelamiento de Recursos. “Un terreno tiene volúmenes de roca que contienen ciertas características, en este caso, que están mineralizados y que se vieron sometidos a eventos geológicos donde se produjeron pliegues o fracturas. La idea de este proyecto es poder reconstruir la geología, ya que volviendo al estado original, uno puede estimar mejor la distribución de los elementos que nos interesan, porque esos minerales se depositaron por fluidos que penetran la roca y, por tanto, hay continuidad en ciertas direcciones”, señala el investigador a cargo del estudio y Director del laboratorio, Profesor Julián Ortiz, Doctor en Ingeniería de Minas de la Universidad de Alberta, Canadá, y académico del Departamento de Ingeniería de Minas.

Es así como el resultado fue la creación de un *software* integrado, el cual comienza identificando las distintas estructuras en desplazamiento para luego, a través de un algoritmo, aplanar y cancelar los plegamientos y con el apoyo de herramientas de visualización 3D anula los efectos producidos por las fallas. Gracias a esto se puede generar un modelo de recursos mediante simulación

condicional, para, posteriormente, devolver la forma original pero esta vez con las leyes ya estimadas, obteniendo el modelo final.

“El desarrollo del *software* está orientado a dar una solución simple para la aplicación en la que se quiere usar. La idea de este sistema no es restituir la geología con todos los detalles de la deformación, sino que facilitar la inferencia de las funciones de continuidad espacial en un plano, y así tener una buena estimación de las leyes”, explica Ortiz, quien califica el procedimiento que actualmente utiliza la empresa como “muy tedioso”: “Tiene que ir dividiendo dominios, ir separando los volúmenes en sectores más chicos, por lo que es más difícil hacer la inferencia ya que uno tiene menos datos en cada sector. Fue por eso que ellos sintieron la necesidad de que nosotros le ofreciéramos este lineamiento del volumen para que los resultados se obtuvieran más rápido y fueran técnicamente mejores”.

El equipo de investigadores, que comenzó con el proyecto el año pasado, ya tiene el prototipo del *software*, el cual está a prueba en ambiente y uso real. Durante este año y el próximo será continuamente evaluado, con el fin de mejorarlo y complementarlo con algunas herramientas adicionales. ■

Chile, Brasil y Bolivia: *Hacia una Sudamérica renovable*

En un escenario en el que la energía es un insumo esencial para la sociedad, cuya disponibilidad y abastecimiento influyen directamente en el crecimiento social y económico, surge un gran desafío para los países: contar con recursos energéticos suficientes y competitivos para apoyar su desarrollo. Clave resulta entonces investigar nuevas formas de generación eléctrica que aprovechen las bondades locales. En Sudamérica algunos países ya están en esta tarea y en Chile, Beauchef emprendió este reto.

Por Ana María Sáez C.

El actual panorama mundial muestra una clara tendencia en materia energética hacia la incorporación de energías limpias. La generación y el uso de energías renovables no solo ofrecen beneficios medioambientales, sino también un potencial significativo para el desarrollo. En Sudamérica a pesar de que la mayoría de los países cuenta con planes para su generación, la implementación se ve amenazada por problemas legislativos, financieros, políticos y tecnológicos.

REGSA

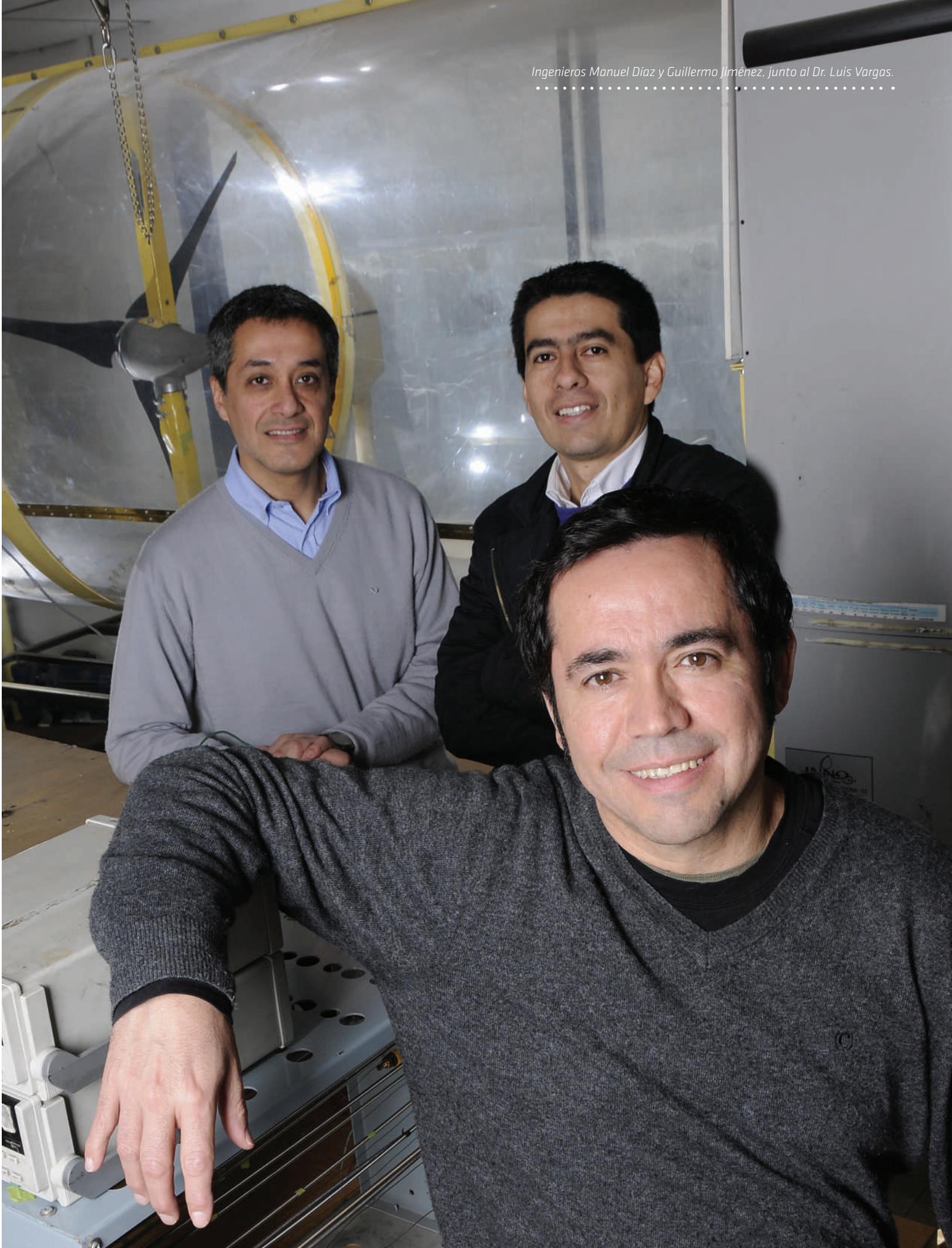
Precisamente para analizar los escenarios de Chile, Brasil y Bolivia, la Unión Europea está financiando el proyecto "Promoviendo la

Generación de Electricidad Renovable en Sudamérica" (REGSA, por sus siglas en inglés), el que en nuestro país es liderado por la Universidad de Chile y dirigido por el académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Luis Vargas, Ph.D. en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Waterloo, Canadá.

Con una duración de cuatro años (2010-2014) y un financiamiento de 300 mil euros para Chile, el proyecto apunta a contribuir a un incremento en la participación de las energías renovables en la generación eléctrica de estos países, los que representan diferentes etapas de desarrollo en el área. Por ejemplo, en Chile la matriz energética está compuesta solo por un 4% de ERNC (Energías Renovables No Convencionales), en Bolivia por un 1,7%, mientras que en Brasil ya alcanzó un 47,2% en 2009.

Ingenieros Manuel Díaz y Guillermo Jiménez, junto al Dr. Luis Vargas.

.....



“A través de esta iniciativa buscamos desarrollar tecnologías locales, por ejemplo, construir generadores de energías renovables de pequeña escala de manera que se transformen en experiencias útiles y replicables en otros países de la región”, indica el Dr. Vargas.

Adicionalmente se harán estudios y se crearán escenarios de generación de electricidad renovable incorporando aspectos políticos, tecnológicos y socioeconómicos. También se realizarán actividades de concientización y apoyo práctico para incrementar la planificación y el diseño de marcos de políticas a través de diálogos regionales de los actores clave públicos, privados y de los tomadores de decisiones. La iniciativa además brindará apoyo a tres comunidades piloto, una en cada país, a través de estudios de factibilidad mediante la Acción Piloto: Comunidades de Electricidad Renovable.

“En Chile estamos construyendo una central minihidro, que actualmente es un prototipo que tenemos en el laboratorio, pero que instalaremos en alguna localidad que aún no hemos definido”, señala el Dr. Vargas.

En tanto, en Bolivia se pretende desarrollar una micro-red para el alumbramiento de un sector rural a través del uso de tecnologías locales como sistemas de monitoreo y control, entre otros.

Algo similar se busca en Brasil, donde se pretende instalar una micro-red en base a recursos minihídricos para abastecer pequeñas comunidades rurales.

“La idea es realizar proyectos piloto que sean replicables y sustentables. Para nosotros es clave el que las comunidades rurales en las que se lleven a cabo estas iniciativas sean capacitadas para potenciar su participación. Esto es fundamental para la viabilidad de los proyectos”, indica el Dr. Vargas. Ejemplo de ello, es lo ocurrido en Huatacondo, localidad ubicada en el norte de nuestro país que se transformó en la primera micro-red inteligente basada en energías renovables y que consideró la participación de la comunidad en el uso eficiente de la energía y en la operación del sistema.

“Actualmente en REGSA estamos terminando una primera etapa que es la evaluación del estado actual del mercado eléctrico y la matriz energética de estos países. Analizamos la estructura del mercado, las políticas de promoción, los principales agentes y otros antecedentes que posteriormente nos permitirán hacer una evaluación y crear escenarios de simulación de proyección futura (2030)”, señala el Dr. Luis Vargas.

Para el 2014 se espera el término del proyecto con una conferencia final que se realizará en Brasil, en la que se darán a conocer los principales resultados y experiencias piloto llevadas a cabo en los tres países.

Estado del arte

En las últimas décadas Chile elevó el acceso a la electricidad desde un 55 a casi un 100% de la población a través de un programa de electrificación rural masivo. Hoy cuenta con una capacidad instalada de 16.970 MW, de los cuales 735 MW provienen de ERNC (biomasa 270 MW, mini-hidráulica 260 MW y eólica 205 MW), lo que representa cerca de un 4%.

La actual política energética de nuestro país a través de la ley 20.257 de fomento a las ERNC, exige a las empresas eléctricas incorporar a la matriz un 5% de este tipo de energías, estableciendo una meta de un 10% al 2024. “Chile ha tomado el camino de las cuotas, lo que hace muy lenta la incorporación con respecto a los planes y proyectos que hay en Europa cuyo propósito es conseguir 0% de emisiones. Ellos tienen políticas de Estado con fuertes incentivos de manera que la tecnología y la generación se muevan aceleradamente hacia las energías más limpias”, señala el Dr. Vargas.

“En Chile, agrega, falta un convencimiento a nivel nacional. Una visión estratégica país debiera apuntar a metas con porcentajes y plazos concretos, por ejemplo, que al 2050 toda la energía producida en Chile sea limpia y que las distintas industrias vayan con un sello que lo certifique. Esto, unido a nuestra virtud de que somos un país más bien aislado en términos de plagas, nos daría una enorme ventaja competitiva con respecto a otros productos en el extranjero. Una visión como esta debe venir del gobierno acompañada con políticas fuertes y decididas, ciertamente metas del 5 o 10% resultan insuficientes”.

En Bolivia la situación no es más alentadora. En 2006 el sector eléctrico tenía una cobertura del 67% de la población, por lo que más de 700 mil hogares rurales y 70 mil urbanos no contaban con energía eléctrica. De acuerdo al Plan de Universalización Bolivia con Energía, se estima que en el área rural la cobertura es de un 53%. Actualmente su matriz energética solo incorpora un 1,7% de energías alternativas, principalmente biomasa.

“Hoy existen fuerzas externas que nos van a obligar a movernos hacia las tecnologías más limpias, tanto por el cambio climático,

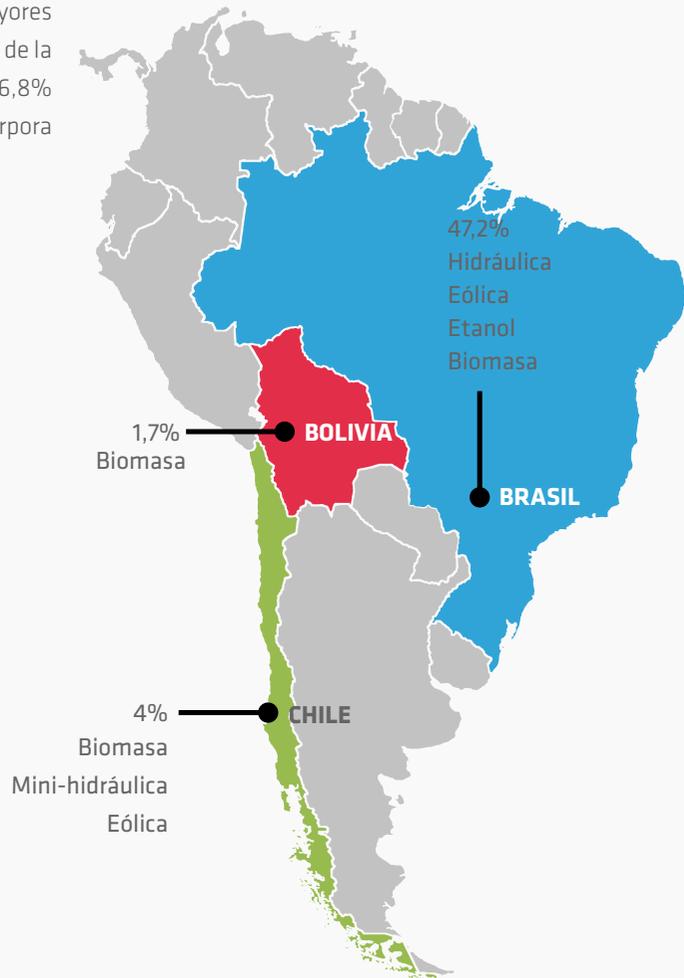
la disminución de las emisiones de CO₂, como a la asociación con países selectos con fuertes imposiciones a las emisiones. Entonces ya sea por una visión local o por una imposición externa, la tendencia se mueve hacia allá”, indica el Dr. Vargas.

Así lo entendió Brasil que se ha convertido en uno de los mayores protagonistas de la economía verde, ya que en el 2009 el 47,2% de la energía consumida provenía de fuentes renovables, versus el 6,8% de los países de la OECD y el 12,6% del mundo. Su matriz incorpora

energías limpias como la hidráulica, eólica, etanol y biomasa. De acuerdo al Plan de Expansión de Energía se espera que en el 2020 haya un incremento en el uso de etanol a base de caña de azúcar. **f**

Instituciones participantes en REGSA:

- ♦ **Alemania (socio principal):** Hamburg University of Applied Sciences (HAW Hamburg), Faculty of Life Sciences. Prof. Walter Leal, Veronika Schulte, Julia Gottwald.
- ♦ **Chile:** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Dr. Luis Vargas e ingenieros, Guillermo Jiménez y Manuel Díaz.
- ♦ **Bolivia:** Universidad Católica Boliviana, Instituto de Investigaciones Socio-Económicas. Dr. Javier Aliaga, Franziska Buch.
- ♦ **Brasil:** Fundação Universidade do Sul de Santa Catarina. Prof. Youssef Ahmad Youssef.



A LA VANGUARDIA EN INGENIERÍA DE FACHADAS

KBE

www.kbe.cl

OBRA: MUROS CORTINA CLÍNICA BICENTENARIO

Muro Cortina 16.000 m²



MAPS Chile:

Acciones para el Cambio Climático

El fenómeno del cambio climático plantea una serie de desafíos. Precisamente para contribuir a la toma de decisiones sobre la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, nuestro país inició el ambicioso proyecto MAPS Chile. La iniciativa es liderada en el área de investigación por el Centro de Energía de la FCFM.

Por Ana María Sáez C.

Si bien nuestro país tiene una participación menor en las emisiones globales de gases de efecto invernadero con solo un 0,2%, a nivel local estas han experimentado un crecimiento significativo llegando a un 232% entre 1990 y 2006.

Este incremento llevó a Chile a comunicar en la Cumbre de Copenhague el compromiso voluntario de implementar acciones de mitigación de modo de lograr una desviación del 20% por debajo de su trayectoria de emisiones de línea base en el 2020, según lo proyectado a partir del 2007.

En el ámbito internacional, como miembro de la OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), Chile en 2009 formó parte de la Declaración sobre Crecimiento Verde que dio origen a una estrategia que apoya a los países en su transición hacia un desarrollo con menores niveles de carbono.

Estos compromisos también se han materializado en diversos estudios que identifican, cuantifican y proyectan las emisiones nacionales en determinados sectores, sin embargo, no existía una iniciativa participativa y organizada que integrara y consolidara información de los diversos ámbitos. Precisamente esto es lo que busca realizar en Chile el proyecto MAPS (Mitigation Action Plans and Scenarios), que en el Área de Investigación es liderada por el Director del Centro de Energía (CE-FCFM) y académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la FCFM, Dr. Rodrigo Palma.

MAPS

“Esta es una iniciativa inédita, ya que hace tiempo se vienen realizando estudios sobre cambio climático y sustentabilidad, pero es la primera vez que se hace un esfuerzo sistemático, participativo, multisectorial y con una coherencia única”, señala el Dr. Palma.

El proyecto –que tendrá una duración de dos años y un presupuesto de 2,5 millones de dólares– es dirigido por un Comité Interministerial en el que participan dos representantes de los Ministerios de Relaciones Exteriores, Hacienda, Transportes y Telecomunicaciones, Agricultura, Minería, Energía, y Medio Ambiente, que actúa como secretaría ejecutiva. Cuenta con un experto en el área económica y un líder del proceso participativo. La gestión administrativa está a cargo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Entre los principales objetivos de MAPS están el generar, analizar y validar información sobre las trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero en Chile, identificar acciones de mitigación que sean compatibles con las estrategias nacionales de desarrollo, proponer posibles medidas de política pública y privada que permitan avanzar en el compromiso internacional de reducción de emisiones y proporcionar escenarios cuantificados y opciones de mitigación por sector para Chile en un horizonte de evaluación 2012-2050.

“Desde el punto de vista científico hay mucho que hacer. Uno de los principales desafíos es lo transversal del problema, es un esfuerzo multidisciplinario el llevar todo esto a un lenguaje común”, indica el Dr. Palma.

Investigación

El Prof. Rodrigo Palma llevará a cabo la coordinación del área de investigación junto al Centro de Energía de la FCFM en el que participan los investigadores Carlos Benavides y Manuel Díaz, y a José Miguel Sánchez y Josefa Aguirre de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Un Grupo de Construcción de Escenarios, integrado por cerca de 70 especialistas de diversas áreas afines al cambio climático, acompañará el desarrollo del proyecto e interactuará periódicamente con los equipos de investigación, cumpliendo un rol asesor en las decisiones relevantes de la iniciativa. “La retroalimentación con este grupo es fundamental. Nosotros les presentamos las estrategias y ellos toman una posición frente a cuestiones clave, validan información y realizan observaciones. Dan un sello de transparencia al proceso”, indica el Dr. Palma.

Además se implementarán Grupos Técnicos de Trabajo los que se concentrarán en temas o sectores específicos de relevancia para el análisis de escenarios y opciones de mitigación.

Todos los estudios que se realicen pasarán por un proceso de licitación pública. Para la información basal de MAPS Chile ya se adjudicaron dos proyectos: el primero relacionado con la elaboración de un estudio sobre el estado del arte de los modelos para la

investigación del calentamiento global a cargo de la académica del Departamento de Geofísica de la FCFM, Dra. Maisa Rojas; y el segundo, vinculado al levantamiento de información base para la definición del escenario requerido por la ciencia a manos de la ingeniera Maricel Gibbs.

Debido a que MAPS busca estudiar distintos escenarios de proyección de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Chile, en una primera etapa analizará la trayectoria de Crecimiento Sin Restricciones, que representa el escenario de emisiones con las tendencias de desarrollo que existían el 2007 proyectada al 2050, donde no se consideran acciones especiales de mitigación de GEI. Para ello se están licitando siete estudios en los sectores de transporte y urbanismo; minería, otras industrias y procesos productivos; generación y transporte de electricidad; residuos; agropecuario y cambio de uso de suelo; forestal y cambio de uso de suelo; y comercial, público y residencial.

En forma paralela se realizan estudios que representen un escenario (2007 a 2050) con las recomendaciones más estrictas que sugiere la ciencia, lo que redundaría en emisiones limitadas y decrecientes denominada RBS (Required by Science).

Entre los escenarios de Crecimiento Sin Restricciones y RBS se podrán identificar diversas opciones de mitigación, que resultarán de agrupar acciones concretas bajo distintos criterios y supuestos.

“En una tercera etapa se proyectará una línea tendencial (2012 a 2050) que corresponde al escenario más plausible de emisiones, tomando en cuenta las medidas de mitigación que a la fecha se encuentran implementadas y en evaluación en el país. Finalmente proyectarán planes específicos resultantes de combinaciones de medidas de mitigación”, señala el Dr. Palma.

Estas investigaciones derivarán en una serie de productos entre los que se encuentran una página web y un sistema de gestión del conocimiento; una librería y clasificación de medidas de mitigación; trayectoria 2007-2050 basada en crecimiento sin restricciones con inicio en 2007 y detalle en 2020, 2030 y 2050; alternativas

Las preguntas clave que MAPS Chile debe responder:

- ◆ ¿Cuáles son las opciones de mitigación más eficientes y efectivas para cumplir con los compromisos internacionales sobre cambio climático? Entre ellas, ¿cuáles son las más factibles y favorables de implementar?
- ◆ ¿Cuáles son las oportunidades y compensaciones asociadas con las diversas opciones de mitigación, en términos de aliviar la pobreza, contribuir a resultados macro y microeconómicos positivos y permitir que Chile gane y asegure su competitividad internacional?
- ◆ ¿Cuáles son los vínculos clave entre las opciones de mitigación y adaptación en el país?
- ◆ ¿Cuáles son las políticas públicas, instrumentos e iniciativas privadas clave que contribuirían a la mitigación del cambio climático, con el fin de mejorar el desarrollo de bajo carbono?

Origen de MAPS

El origen de MAPS (Mitigation Action Plans and Scenarios) se remonta al proyecto “Escenarios de Mitigación de Largo Plazo”, que se desarrolló en Sudáfrica entre 2005 y 2008. Como consecuencia de las evaluaciones positivas del proceso y sus resultados, el 2010 surgió la iniciativa MAPS Internacional. Este programa de trabajo busca apoyar a países en desarrollo a elaborar planes de progreso que sean compatibles con los desafíos del cambio climático. Actualmente se llevan a cabo proyectos MAPS en Brasil, Chile, Colombia, Argentina y Perú.

de reconocimiento a nivel país de compromisos en reducción de emisiones basados en un escenario global requerido por la ciencia; escenarios de planes de acción específicos para mitigación de emisiones; evaluación estratégica de planes específicos; y visualización de resultados a través de una herramienta interactiva que permita entender los compromisos de crecimiento y limitación de emisiones desde el punto de vista país.

“En septiembre ya tendremos algunos resultados de estudios. Serán los primeros indicios de un ejercicio estructurado donde hay compromisos desde el gobierno y de entidades de investigación, lo que nos permite pensar que de aquí a fines del próximo año habrá

un producto que puede darle a Chile una discusión objetiva sobre las estrategias para enfrentar el cambio climático”, concluye el Dr. Rodrigo Palma. **■**

Financiamiento

MAPS Chile cuenta con el financiamiento de CIFF (Children Investment Fund Foundation), CDKN (Climate and Development Knowledge Network) y de los gobiernos de Dinamarca, Suiza y Chile.

HOME CONTROL

CONTROL , EFICIENCIA & CONFORT

CONTROL DE

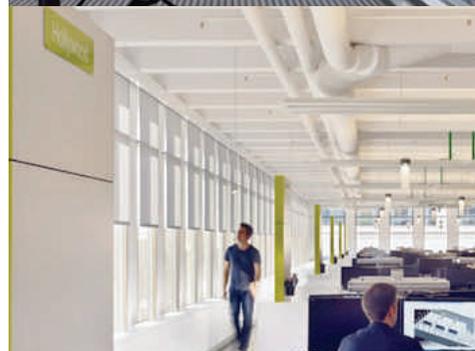
- Iluminación
- Música
- Calefacción
- Seguridad

CORTINAS DIGITALES

- 100% Controlables
- Ultra Silenciosas
- Seguimiento Solar Eficientes

ÚLTIMOS PROYECTOS DESTACADOS

- Edificio Beauchef 851
- Edificio Automotora Gildemesiter
- Edificio Komatsu
- Oficinas Euroamérica
- Edificio Santa Anita
- Edificio Brisas de Costa Brava
- Proy. Los Bosques – Inmobiliaria Manquehue
- Proy. Los Bravos - Socovesa



A photograph showing two researchers in a desert landscape. One researcher, wearing a red jacket and a blue bucket hat, is crouching and holding a piece of equipment. The other researcher, wearing a grey jacket and sunglasses, is also crouching and holding a blue-handled device. They appear to be conducting field research. The background shows a body of water with small islands of vegetation.

Desierto de Atacama: *¿Por qué existe yodo en el desierto?*

Además de ser la zona más árida del mundo, el desierto de Atacama esconde misterios únicos en su tipo. Uno de ellos es la acumulación de yodo en yacimientos de nitratos y de cobre, un suceso extraño sabiendo que este elemento es, principalmente, de procedencia marina. Es así como investigadores del Departamento de Geología de la FCFM de la Universidad de Chile tomaron el desafío y comenzaron un estudio para descubrir cuál es la fuente de este gran enigma geológico.

Por Andrea Dávalos O.

A ctualmente Chile es el principal productor de yodo en el mundo gracias a que posee las mayores reservas conocidas hasta el momento. En general, la procedencia de este mineral es fundamentalmente de naturaleza marina, pero al contrario de lo que se espera, su extracción nacional se realiza en pleno desierto de Atacama, lo que constituye la mayor anomalía de este elemento no metálico en la corteza terrestre, sin embargo, poco se sabe sobre el origen de estos depósitos.

Fue este hecho el que gatilló el interés del académico del Departamento de Geología e investigador del Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes de la FCFM, Martin Reich, quien, junto a la alumna de magíster, Alida Pérez, y a la estudiante de doctorado, Fernanda Álvarez, comenzaron el estudio con el fin de determinar el origen y los mecanismos de formación de este fenómeno que se produce entre las localidades de Iquique y Tal-Tal.

El estudio se centra en dos fuentes de yodo que se encuentran en el desierto: por un lado está en los yacimientos de nitratos o caliche, y en los yacimientos supérgenos de cobre, es decir, zonas de cobre que se han mineralizado y enriquecido a través de agua y oxígeno atmosférico. En ambas partes, la presencia de yodo no calza con el origen de los demás elementos que los acompañan. “Existen muchas teorías al respecto, pero ninguna de ellas explica bien la signatura o razón de por qué está ahí. Una de las más populares es que este elemento proviene de la atmósfera al igual que el nitrato, los cuales se filtraron en la tierra a través de precipitaciones. Sin embargo, el yodo no suele estar en la atmosfera”, explica Alida Pérez.

El trazador isotópico que se utilizó para la investigación fue el yodo-129 debido a su radiactividad, es decir, por su largo proceso de desintegración que permite obtener edades y, así, usarlo como

un método de datación. Pero, también, debido a que este isótopo puede caracterizar la “huella” isotópica de los diferentes reservorios de yodo en la tierra, tales como sedimentos, agua marina, agua superficial, agua de lluvia, entre otros.

“Los datos adquiridos indican que las concentraciones anómalas de yodo en Chuquicamata serían el resultado de la mezcla entre fluidos salinos profundos -relacionados a formaciones marinas del Mesozoico en el área- y fluidos de origen meteórico o superficial. Mientras que en los yacimientos de nitratos, los datos descartan un origen atmosférico o de *spray* marino, hipótesis tradicionalmente aceptada por décadas. Las razones isotópicas indican un origen profundo del yodo en los nitratos, el cual probablemente fue transportado desde la precordillera en estado químico reducido en las aguas subterráneas como el yoduro para ser fuertemente oxidado al aflorar estas en la vertiente oriental de la cordillera de la Costa. Esta hipótesis está siendo testeada, y los resultados hasta el momento indican que, contrario a lo que se especulaba, el yodo en Atacama no está relacionado con la atmósfera”, explica el Profesor Martin Reich, Ph.D. de la Universidad de Michigan, EE.UU., quien encabeza esta investigación que a fines de este año debiera tener resultados más concluyentes sobre estos análisis.

De esta manera, gracias al estudio, que también cuenta con la participación de los académicos Gabriel Vargas y Carlos Palacios, de Geología, además de colaboradores internacionales de EE.UU. y Japón, no solo se generará gran interés científico por refutar esta teoría, también aumentará el interés aplicado que impactará directamente tanto la exploración como la explotación de estos recursos en el país. 

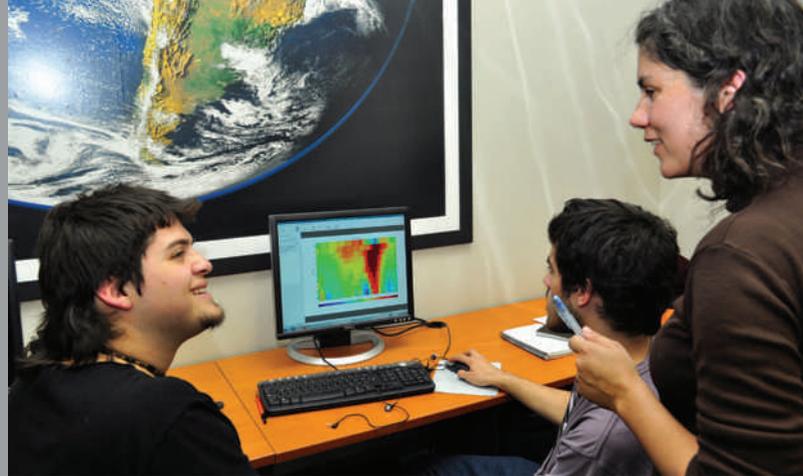


La investigadora Alida Pérez, el Profesor Gabriel Vargas, Iris (de la comunidad indígena), el Profesor Martin Reich y Fernanda Álvarez en los Geysers del Tatio, en la región de Antofagasta.

Modelamiento climático

¿Qué pasaría si no existiera el ozono en la atmósfera?, ¿Cuánto variaría el clima en el desierto del Sahara si es que existiera una enorme cordillera? o ¿Cómo sería la tierra sin continentes? Estas son algunas de las preguntas que los estudiantes del curso Modelación Climática dictado por la académica del Departamento de Geofísica, Maisa Rojas, responden durante el semestre, iniciativa que busca que los beauchefianos comprendan el sistema climático, pero más importante aún, que puedan, a temprana edad, conocer la rigurosidad de una investigación científica, elemento clave en el desarrollo de cualquier trabajo académico o profesional.

Este curso es estilo taller y apunta a que los estudiantes que no han tenido ningún acercamiento previo a áreas relacionadas con ciencias atmosféricas, pero que sí tienen inquietud científica, diseñen un experimento numérico para evaluar una hipótesis usando el modelo PLASIM, sistema complejo que simula la atmósfera desarrollado por la Universidad de Hamburgo.



Durante el trabajo dirigido por la profesora, los alumnos se plantean una pregunta relacionada con los cambios climáticos que experimentarían la tierra durante 30 años, luego, los estudiantes comparan sus observaciones, analizan temáticas y discuten los resultados. Este proceso permite manipular datos climáticos y además desarrollar aptitudes como trabajo en equipo, labor que queda plasmada en informes de presentación que buscan ser lo más parecido posible a un *paper* científico. “La invitación es a ‘tirarse al agua’, a experimentar, a conocer la rigurosidad del método científico sin manejar a cabalidad los conocimientos teóricos”, cuenta la Dra. Maisa Rojas. **f**

Emprendimiento, un espacio para todos

Steve Jobs, el padre fundador de Apple fue probablemente uno de los personajes más innovadores en el área de la tecnología y la informática, por lo que muchas veces se ocupa su ejemplo para enseñar acerca del emprendimiento en las aulas universitarias.

Sin embargo, David Alvo y Cristián Cofré, profesores del curso “Emprendimiento asociado a una idea de negocios” dictado por la Escuela de Ingeniería y Ciencias, señalan que ejemplos como el de Jobs asustan y alejan a los estudiantes de los proyectos de creativos. “La innovación va mucho más allá de los casos emblemáticos.

Debemos dejar de mirar a Google o Apple como modelos y tratar de aterrizar la idea del emprendimiento a través de ejemplos cercanos”, señala David Alvo, ingeniero industrial y mecánico, egresado de la FCFM, quien desde el 2011 realiza este curso enfocado en potenciar el desarrollo de iniciativas empresariales de los estudiantes con el fin de fomentar la creatividad y compartir experiencias en torno al desarrollo de proyectos.

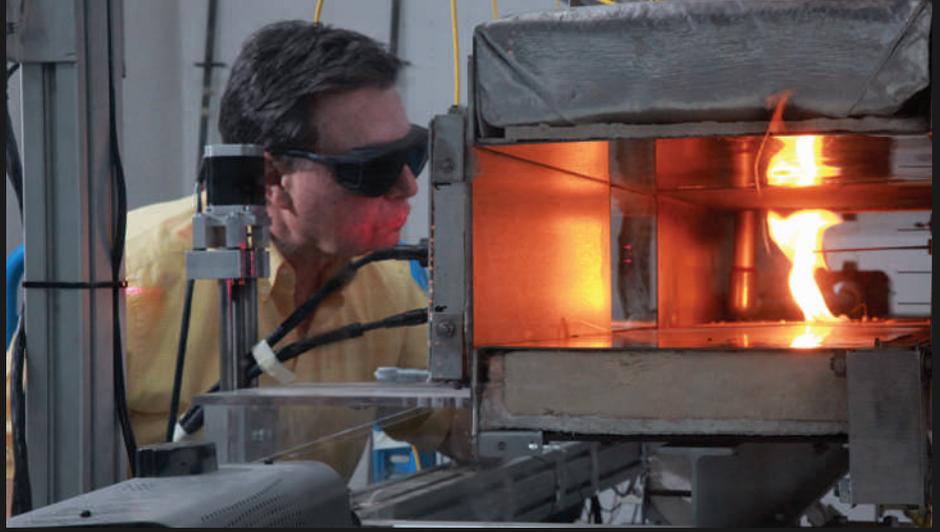
Durante el semestre, los beauchefianos deben crear una idea que les permita diseñar una empresa. Al final de curso, el grupo ganador obtiene un pequeño fondo que les permite por ejemplo, iniciar actividades en Servicios de Impuestos Internos. El objetivo es motivarlos a hacer realidad y concretar sus propósitos, así fue como el 2011 se creó la web u-polis, que buscaba ser una comunidad universitaria en línea. “Muchos consideran que una página web no es emprendimiento, nosotros pensamos que sí porque eso lleva a otros negocios. Con pequeñas cosas se acerca el camino hacía un negocio disruptivo. La idea es generar cultura real de emprendimiento”, señala Alvo.

Los estudiantes desarrollan, además, habilidades de comunicación efectiva y, lo más importante, según su profesor: aprenden a disfrutar del proceso formativo. “Siere emprendedor quizás no vas a generar más ingresos que el resto de los compañeros, pero definitivamente se pasa mucho mejor”. **f**



Anemómetro Láser Doppler

Nombre del Equipo: Anemómetro Láser Doppler
 Marca: MSE
 Modelo: MiniLDV 2D
 País de procedencia: EE.UU.



El instrumento es un Mini LDV (Láser Doppler Velocimeter) o LDA (Láser Doppler Anemometer) que consta de dos sondas láser que conforman haces luminosos y detectores ópticos, capaces de medir simultáneamente dos de los tres componentes de la velocidad (2D). La medición de la velocidad del fluido, como el aire o los gases, permite conocer algunas características de los fenómenos de transporte de dicho fluido bajo ciertas condiciones específicas.

Este equipo fue adquirido en el 2008 por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la FCFM, mediante un Proyecto Fondecyt y tuvo un costo total, incluida la internación, de 44 millones de pesos.

El anemómetro es parte del Laboratorio de Estudios en Fluidodinámica (LEF), dirigido por el académico Juan Carlos Elicer, donde es utilizado como instrumento esencial en mediciones al interior de un túnel a escala, en el que se mide la velocidad y la temperatura, con el fin de determinar

la contribución del transporte turbulento de calor y de humos que producen los siniestros (incendios). Esta tecnología permitió validar las cortinas de aire para el confinamiento de calor y fuego como sistema de seguridad al interior de túneles, evitando la propagación de estos y del humo. El sistema fue bautizado como “confinamiento celular”, donde cada célula está conformada por dos cortinas de aire capaces de aislar el siniestro, lo que podría salvar vidas. 

Láser de onda continua de 2W

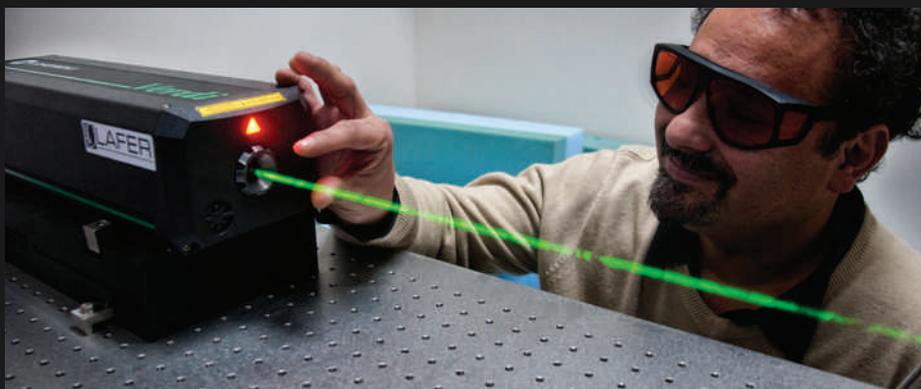
Nombre del Equipo: Láser de onda continua.
 Marca: Coherent.
 Modelo: Verdi V2.
 País de procedencia: Italia

El Laboratorio de Fenómenos Robustos en Óptica No Lineal (LaFer) del Departamento de Física de la FCFM centra su estudio en la interacción entre la luz y la materia mediada por interacciones

no-lineales entre ellas. Para excitar y medir este tipo de comportamiento, se requiere una alta inyección de energía e instrumentos adecuados para poder capturar los cambios que ocurren tanto en la luz como en el medio por el cual ella transita. Para ello, el equipamiento del LaFer incluye un Láser Verdi de 532 nm de longitud de onda (verde), que en modo de onda continuo genera hasta 2 W de potencia, con excelente estabilidad en la dispersión del haz.

Estas instalaciones fueron implementadas para realizar estudios experimentales, inicialmente en cristales líquidos, por lo que también cuenta con una mesa óptica ThorLabs, terminales, osciloscopios, photodiodos acoplados a medidores de potencia, una máscara de cristal líquido activo para controlar el láser, una gran variedad de lentes, espejos y filtros ópticos, generadores de frecuencia, aisladores ópticos y cámaras de video para campo cercano y lejano.

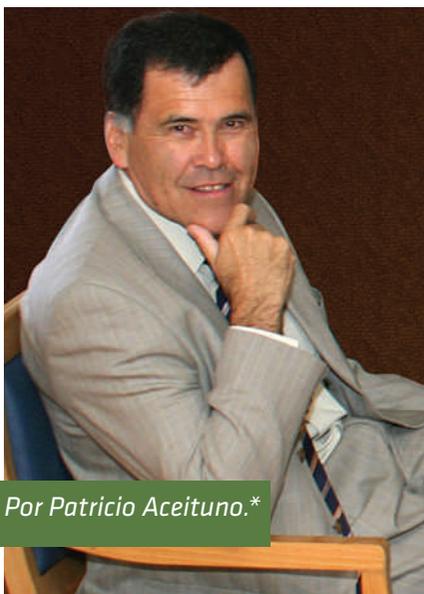
El objetivo principal de este laboratorio es formar la primera generación de físicos e ingenieros que desarrollen y apliquen nuevos conocimientos en cristales líquidos y óptica no lineal para el control y estudio de los fenómenos robustos que la luz muestra en medios no lineales. 





170 años

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas *Universidad de Chile*



Por Patricio Aceituno.*

Este artículo corresponde a una mirada libre hacia un pasado más bien remoto de la Facultad, en el cual se incubó su carácter actual caracterizado por la rigurosidad, la búsqueda permanente de la excelencia y de nuevos desafíos en los ámbitos que le son propios. El propósito es captar la atención de las generaciones más jóvenes por aspectos de la historia de la Facultad por la mayoría ignorados.

Pocas instituciones en nuestro país pueden celebrar su aniversario número 170. La Universidad de Chile es una de ellas, con cuatro de sus unidades académicas compartiendo el privilegio de haberse constituido en el momento de su fundación: la Facultad de Derecho (originalmente de Leyes y Ciencias Políticas), la Facultad de Filosofía y Humanidades, la Facultad de Medicina y la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, que en su origen y por un tiempo relativamente breve fue denominada como Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas.

La ley que dio vida a la Universidad en 1842 estableció en su primer artículo lo siguiente: *“Habrá un cuerpo encargado de la enseñanza, y el cultivo de las letras y ciencias en Chile. Corresponde a este cuerpo la dirección de los establecimientos literarios y científicos nacionales y la inspección sobre todos los demás establecimientos de educación”*. Por otra parte, en el artículo 8 del mismo cuerpo legal se explicitaron las tareas específicas que debía abordar la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas: *“Además del fomento general de todos los ramos de este departamento científico, dedicará la Facultad una atención particular*

a la geografía y la historia natural de Chile, ya la construcción de todos los edificios y obras públicas. El Decano presidirá a la economía, gobierno y custodia del museo o gabinete de historia natural, y será responsable de su conservación”.

Para entonces habían transcurrido unas pocas décadas desde el momento cuando el país declaró su independencia. Estaba todo por hacer, aunque con escasos recursos materiales y humanos, lo que queda de manifiesto en la dificultad encontrada para nombrar los 30 Miembros Académicos que debían integrar la Facultad en el momento de su creación. Solo fue posible convocar a 11, aparte del ingeniero y militar español don Andrés Antonio de Gorbea, que asumió como primer Decano a la edad de 60 años. Don Andrés había llegado al país en 1826 con un contrato para ejercer como profesor del Instituto Nacional, y en el mismo año que asumió la tarea de organizar la Facultad fue nombrado por el gobierno como Director del Cuerpo de Ingenieros Civiles. Entre los Miembros Académicos fundadores de la Facultad destacan Ignacio Domeyko, quien posteriormente ocuparía por largos años el cargo de Rector de la Universidad, así como el naturalista

francés Claudio Gay, que al momento de su nominación ya se encontraba de vuelta en su país. Los restantes cupos fueron llenados por un par de ingenieros militares –Simón Molinare y Santiago Ballarna–, un farmacólogo –José Vicente Bustillos–, varios agrimensores, y dos sacerdotes que ejercían como profesores en el Instituto Nacional, uno de física experimental –José Alejo Bezanilla– y el otro de matemáticas –Francisco Puento. De este modo, realidades que hoy nos resultan impensadas, no lo fueron en esa época inicial de la institución, marcada por una significativa influencia de la Iglesia Católica sobre la Universidad. En efecto, tras el fallecimiento de Gorbea en 1852 asumió como Decano subrogante el clérigo y Miembro Académico, José Alejo Bezanilla. Por lo demás, la influencia religiosa se revelaba en la presencia de la Facultad de Teología como una de las unidades académicas que se establecieron al momento de la fundación de la Universidad. De esa realidad inicial proviene el símbolo que la representaba, caracterizado por una serpiente en círculo que se muerde la cola envolviendo un ojo inserto en un triángulo, que hasta el día de hoy ocupa el centro del escudo institucional.



Paulatinamente se fueron nombrando otros Miembros Académicos. Aunque no todos ellos ejercían la docencia, que por lo demás en las primeras décadas de la Universidad se concentraba en la Sección Universitaria del Instituto Nacional, en su conjunto eran los responsables de llevar a cabo la misión de la Facultad, particularmente en lo que se refiere al cultivo de las ciencias. En esta tarea fue especialmente relevante la contribución de naturalistas y científicos que llegaron desde el extranjero, como Ignacio Domeyko en los ámbitos de la geología, química, metalurgia y mineralogía, Claudio Gay y Rodolfo Philippi, en las ciencias naturales, Pedro Amado Pissis, en la geología, y Guillermo Moesta en Astronomía.

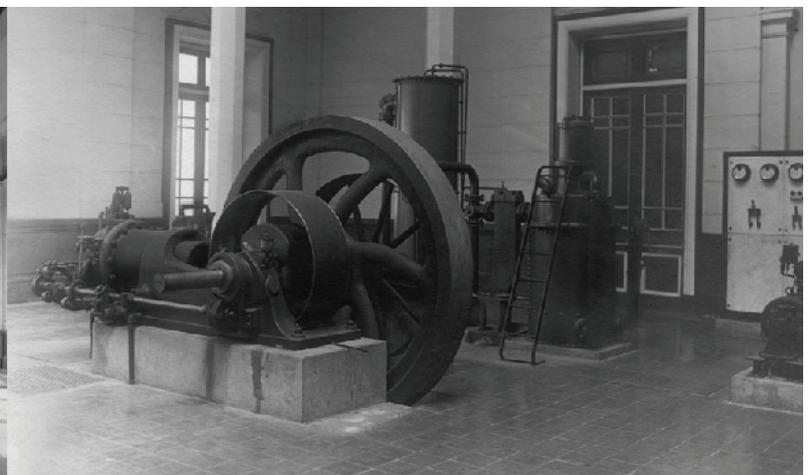
El valioso concurso de científicos extranjeros, en su mayoría proveniente de países europeos, continuó durante las décadas siguientes contribuyendo al fortalecimiento de diversas disciplinas en la Facultad, incluyendo las matemáticas, astronomía, sismología, química, geología, arquitectura, así como diversas ramas de la ingeniería. Apellidos como Krauss, Koning, Bidez, Beutell, Ristenpart, Coll y Pi, Köerting, Montessus de Ballore, Obrecht, Malsch, Poenisch, Bruggen, Forteza, Johow, Schulze, Jariez, Charme,

Krassa, Tafelmacher, Grandjot, entre otros, dan cuenta de la valiosa presencia y aporte de extranjeros en el desarrollo inicial de la Facultad. En particular, uno de ellos, el austríaco Pablo Krassa Krohn, ocupó el cargo de Decano entre 1945 y 1948, periodo durante el cual impulsó una reforma de los estudios de ingeniería y la creación de las especialidades de ingenieros industriales y electricistas. En atención a lo expresado, resulta difícil de entender la normativa que por muchas décadas limitó el acceso de extranjeros a cargos directivos superiores, situación que solo recientemente fue corregida en parte.

Con el transcurso del tiempo, la calidad de Miembro Académico adquirió un carácter más bien honorífico, a través del cual la Universidad reconocía la trayectoria profesional o académica de personas que se vinculaban con la institución en los ámbitos disciplinarios correspondientes a cada una de sus Facultades. A lo largo de los años, se otorgó esta distinción a varios ex-Decanos, a profesores que contaban con gran reconocimiento por su labor docente y/o de investigación, como en 1862 a Ramón Picarte cuya contribución a las matemáticas se tradujo en la invención de tablas de

multiplicar y dividir que fue presentada con gran reconocimiento en la Academia de Ciencias de Francia en 1859; Alberto Obrecht en 1897 por su desempeño en el Observatorio Astronómico Nacional donde ocupó el cargo de Director entre 1886 y 1908, y por su docencia de reconocida calidad en las cátedras de Mecánica y de Cálculo Diferencial e Integral, entre tantos otros. En tiempos cuando aún no se alcanzaba el nivel de profesionalismo que actualmente caracteriza la academia, cabe hacer presente que un número significativo de Miembros Académicos de la Facultad desempeñaron altos cargos en la política, ya sea como diputados o senadores de la República, así como también en la administración del Estado como ministros, intendentes o directivos de empresas públicas. Por otra parte, muchos de ellos ocuparon el cargo de Presidente del Instituto de Ingenieros.

A principio de los años 60, y coincidiendo con la creación de la Academia de Ciencias, se extinguió la práctica de nombrar nuevos Miembros Académicos de la Facultad en reemplazo de los fallecidos. Hasta entonces más de 80 personas habían sido reconocidas con esta distinción. Ninguna mujer entre ellos, lo que da cuenta del fuerte sesgo



hacia el género masculino que caracterizó el desarrollo de la ciencia en general, y de la ingeniería en particular en el país.

Es probable que cualquier recuento de los grandes personajes que dieron vida a la Facultad hasta mediados del siglo XX incluya los profesores ya mencionados. Sin embargo, no necesariamente hay coincidencia respecto de quienes dejaron una huella más profunda en su devenir. En mi opinión los nombres de Ignacio Domeyko, Arturo Salazar Valencia y Gustavo Lira Manso, son parte de ese selecto grupo de individuos a quienes la Facultad debe especial reconocimiento.



IGNACIO DOMEYKO nació en Niedzwiedka, Polonia, en 1802. Estudió en la Universidad de Vilna (Polonia) y en la Escuela de Minas de París. En 1837 fue contratado por el Gobierno como profesor del Liceo de Coquimbo. Al momento de la fundación de la Universidad de Chile, asumió como Secretario de la Facultad, equivalente al actual cargo de Vicedecano. Fue responsable de las cátedras de química general, metalurgia, química analítica, física y mineralogía. Desarrolló y publicó estudios

en diversas áreas del conocimiento. Posteriormente, a partir de 1867, ejerció como Rector por tres periodos consecutivos, contribuyendo significativamente a la organización y desarrollo de la Universidad, así como también a la reforma del sistema educacional en el país.



ARTURO SALAZAR VALENCIA nació en Andacollo en 1855. Fue profesor de Física de la Escuela Naval entre 1883 y 1894. En 1896 inició su actividad en la Facultad como ayudante del físico Luis Zegers. Impulsó activamente el desarrollo científico en el país y en particular la ingeniería eléctrica, sirviendo durante 27 años la cátedra de Electrotecnia. En 1912 propuso, y fue aprobado por el Consejo de Facultad, un plan de especialización en esta disciplina para los ingenieros civiles y de minas. Participó en diversos desarrollos tecnológicos innovadores en el país, como la construcción del primer gramófono en 1878, la primera aplicación de rayos X, en 1896 en colaboración con Luis Zegers, y la primera transmisión radiofónica, junto a Enrique Sazie, en 1922. En enero de 1936 le fue otorgada la distinción de Miembro Académico de la Facultad.



GUSTAVO LIRA MANSO nació en Santiago en 1897. Realizó sus estudios secundarios en el Liceo de Aplicación, obteniendo posteriormente el título de ingeniero civil en la Universidad de Chile en mayo de 1909. En la Facultad fue responsable de las cátedras de Física General, Hidráulica Teórica, Hidráulica Agrícola e Hidrología. Ocupó los cargos de Director de la Escuela de Ingeniería, Decano durante dos periodos (1929 - 1930; 1933 - 1945) y Rector entre 1930 y 1931. En cuatro oportunidades y por periodos breves se desempeñó como ministro de Estado, en las carteras de Obras Públicas en 1925, 1932 y 1944, y Educación en 1931. Fue el fundador y primer Director de la Dirección General de Servicios Eléctricos, así como también Presidente del Instituto de Ingenieros entre 1923 y 1924, institución que lo distinguió con la medalla de oro en 1958. La Facultad le otorgó la distinción de Miembro Académico en 1949. En 1964 se incorporó como miembro de número de la Academia de Ciencias, ocupando el sillón N° 1.

La presentación de los resúmenes biográficos de estos tres personajes históricos busca destacar, a través de ellos,

la riqueza de la historia de la Facultad, que vale la pena honrar y sentirse orgulloso de ella.

Respecto de la formación de profesionales no existe información completamente fidedigna respecto del número de títulos profesionales entregados por la Facultad desde su inicio en 1842, estimándose que hasta 2011 bordeaban los 20.000 incluyendo los egresados de las carreras técnicas que se ofrecieron durante varias décadas (ensayadores de obras, constructores civiles, técnicos electricistas, técnicos en computación).

El ritmo de crecimiento durante los primeros 100 años de historia fue relativamente lento. En efecto, un índice de profesionales titulados en la FCFM publicado por la Universidad en 1932, mostró que en los primeros 14 años luego de la fundación de la Universidad solo se titularon agrimensores, dando cuenta de la continuidad de la formación que previamente ofrecía la Universidad de San Felipe, institución antecesora a la Universidad de Chile. Los primeros títulos de ingeniería de minas fueron entregados en 1856, cuando también se titularon los primeros egresados bajo la denominación de ingeniero geógrafo. En 1869 la Facultad entregó el primer título de ingeniero civil. A partir de 1891 la titulación de ingenieros geógrafos prácticamente se extinguió, concentrándose la formación en las especialidades de ingeniería civil y la ingeniería de minas, situación que se mantuvo hasta aproximadamente mediados del siglo XX. En la publicación mencionada se consigna un total de 1.272 títulos entregados entre 1842 y 1930, lo que representa un promedio anual cercano a los 14 titulados por año, promedio que subió a 38 entre 1931 y 1945, según consta en otra publicación de 1946. Estas estadísticas incluyen a los arquitectos que se formaron

durante las más de cuatro décadas (1900 – 1943) en que Arquitectura se desarrolló en la Facultad, albergada en el edificio ubicado en la esquina nororiente del campus, actualmente ocupado por el Departamento de Geología.

Espacios y edificios

Una reflexión sobre el desarrollo de los espacios y edificios que la Facultad ocupó a lo largo del tiempo. El aniversario N° 170 que celebramos coincide con el desarrollo del mayor proyecto de infraestructura en la Facultad desde la inauguración de su edificio emblemático en Beauchef 850, que permitirá ampliar la superficie edificada en aproximadamente un 50%. En medio de este escenario promisorio vale la pena recordar a los más jóvenes de la comunidad beauchefiana, algunos aspectos de la historia que nos ha llevado a esta realidad.

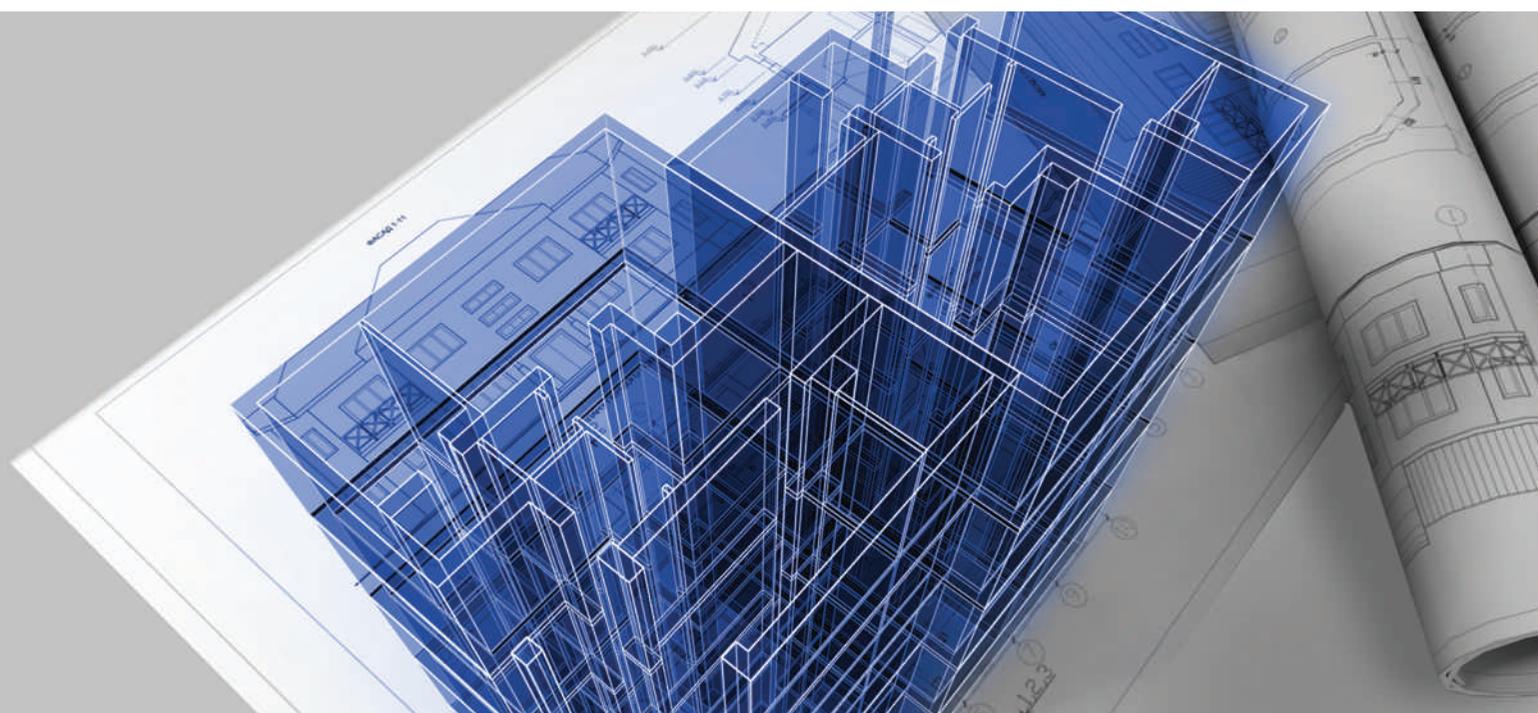
No se conoce con certeza dónde se desarrolló el primer Consejo de Facultad, cuando el Decano Gorbea convocó a los Miembros Académicos nombrados al momento de la fundación de la Universidad en 1842. Es posible que haya sido en la sede de la antigua Universidad de San Felipe, ubicada en el sitio que actualmente ocupa el Teatro Municipal de Santiago en la calle Agustinas, entre Mac Iver y San Antonio. A partir del año siguiente, la Universidad se trasladó a un edificio especialmente construido para ella en la esquina de las calles Bandera y Catedral donde hoy se encuentra el ex-Congreso Nacional, bajo la dirección de uno de los Miembros Académicos fundadores de la Facultad, el agrimensor Vicente Larraín. Esta fue la sede de la Universidad por más de 20 años, hasta la inauguración de la actual Casa Central en 1865. La Facultad funcionó en ese lugar durante los siguientes 57 años, desconociéndose en qué sector del edificio se desarrollaron sus actividades.

En 1922 se trasladó a su actual sede en la calle Beauchef, ocupada hasta entonces por el presidio urbano. Con el término de la construcción de los pabellones de Física y de Química a fines de la década de 1920 quedó configurada la estructura de edificios que caracteriza hasta ahora el sector poniente del campus. Los siguientes desarrollos arquitectónicos ocurrieron en el sector oriente, inaugurándose en 1933 el edificio donde funcionó la primera Escuela de Arquitectura, sede del actual Departamento de Geología, y en mayo de 1949 el edificio del IDIEM.

Por entonces el centro del campus estaba ocupado por amplios espacios deportivos, incluyendo una cancha de fútbol en el lugar donde ahora se encuentra el edificio de Ingeniería Civil – Geofísica. Por otra parte, donde actualmente se encuentra la Torre Central existía una piscina de respetables dimensiones, y un estanque elevado de agua. Este era parte de un sistema hidráulico que incluía una turbina, localizada en el zócalo del edificio de Física y un estanque subterráneo redescubierto recientemente debajo del mismo edificio y del antejardín adyacente a la calle Blanco Encalada. Este paisaje interior fue drásticamente modificado por la construcción del pabellón de Hidráulica durante la década de 1950, el que fue posteriormente integrado al nuevo edificio que se terminó de construir el 2004 para albergar los departamentos de Ingeniería Civil y Geofísica. Por otra parte, la piscina y el estanque de agua desaparecieron cuando se construyó la Torre Central a mediados de la década del 60, en tanto que el borde sur del campus alcanzó su configuración actual cuando se construyó el edificio del Departamento de Ingeniería Eléctrica durante la segunda mitad de esa década.

Este breve e incompleto recorrido histórico por la Facultad no hace justicia a la labor de tantos personajes que la han habitado y moldeado a lo largo del tiempo. Al escribir este texto recuerdo a profesores cuyas clases disfruté, como Moisés Mellado, Francisco Santa María, el "cuate" Garrido, Carla Cordua, Carlos Mori y José Ricardo Morales, entre tantos, así como también a otros cuyas clases hubiera querido presenciar, como las de Física con Igor Saavedra, Cálculo con Domingo Almendras y Mecánica Racional con Arturo Arias. Cada uno de los que somos parte de esta comunidad va armando su propia historia y organizando sus recuerdos. Otros con mayor oficio eventualmente escribirán la historia oficial. En ella no podrá ignorarse el Observatorio Astronómico, el Servicio Sismológico, los aportes al desarrollo inicial de la televisión en el país, los grandes avances en informática, el IDIEM, el NIC, los nuevos programas de formación profesional, los grandes proyectos de investigación, etc. Esto solo lo escribí como una forma de rendir un homenaje a la Facultad en su aniversario número 170, y dejar constancia de mi gratitud por todo lo que me ha entregado. 

**Patricio Aceituno Gutiérrez, Ingeniero Civil Electricista y Ph.D. en Meteorología de la Universidad de Wisconsin, es actualmente Vicerrector de Asuntos Académicos de la Universidad de Chile. Su interés por la historia de la Facultad se vio potenciado cuando, siendo Vicedecano de la FCFM entre el 2006 y 2010, llegaron a sus manos antiguos documentos y fotografías históricas de personajes de esta Facultad, entre ellos, quizás lo más valioso, las actas originales de los Consejos de Facultad entre 1890 y 1962, que leyó con especial interés, lo que le permitió ir armando capítulos de la historia de la FCFM que parecían olvidados. Estas actas se encuentran actualmente publicadas en línea en el sitio web de la Facultad.*



**CONSTRUYENDO MÁS DE 47.000 M²
DE CONOCIMIENTO**

ingevec
EMPRESAS

Beauchef 851 - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile

www.ingevec.cl • Apoquindo No. 4775 piso 19 • Las Condes • Teléfono 674 3800

Buenas ideas: Con colillas de cigarrillos crean alternativa para **mediaguas**



Álvaro Barrera, Martina Valenzuela y Gentza Ballestero.

Solo basta con mirar al suelo para ver cientos de colillas botadas esperando a que pasen aproximadamente 20 años para degradarse. Es por eso que una solución al tema vendría muy bien.

Como una idea para el Taller de Proyectos de segundo año, los estudiantes Martina Valenzuela, Diego Alfaro, Gentza Ballestero y Álvaro Barrera, crearon una alternativa sustentable para solucionar este problema. Utilizando colillas de cigarrillos, compuestas de acetato de celulosa, desarrollaron un nuevo material que podría ser utilizado en la construcción de mediaguas.

“Cortamos unas 400 colillas, las planchamos y las pusimos entre dos vidrios apretados en el horno. Cuando la sacamos, obtuvimos una lámina sólida, muy parecida al cholguán. Fue así que, con la ayuda de varios profesores, comenzamos a hacerle pruebas de resistencia, y con los resultados nos dimos cuenta de que nuestro invento casero era aislante térmico, no tóxico, impermeable y, además, tenía características muy similares a la madera”, señala Martina.

De ahí surgió la idea de utilizarlo como reemplazo o complemento para la construcción de mediaguas, ya que contrarrestaría los problemas de durabilidad de la madera, los hongos y el aislamiento térmico. “Es una alternativa súper viable, aunque no es fácil porque la cantidad de colillas que se necesitan son muchas. Lo bueno es que averiguamos que el agua con que purificamos las colillas antes de calentarlas, pueden ser utilizada como abono y fertilizante para plantas, lo que soluciona un gran problema ya que se necesita mucha agua para lavarlas”, agrega la estudiante de Ingeniería.

Es así como su intención es seguir desarrollando el proyecto, por lo que ya es parte de una iniciativa que quiere llevar a cabo el Centro de Estudiantes de Ingeniería a través de una campaña de recolección de colillas, y así motivar a estudiantes de otras facultades a que adhieran a formar parte de esta idea. **■**

Negocios Digitales: *Organizar el carrete a través de internet*



Cuántas veces ha pasado que organizar una reunión se transforma en un verdadero calvario. El lugar, la hora, los asistentes, las platas, todo recae en una sola persona con infinita paciencia. Fue este escenario, muchas veces vivido, que les dio la idea a un grupo de estudiantes de la FCFM de crear un servicio web que le sacará un peso de encima a este problema.

LaCuota es el nombre de este proyecto que surgió como tarea del ramo de Emprendimiento en Negocios Digitales, y que busca facilitar la siempre difícil cobranza. “La página consiste principalmente en recaudar el dinero de un grupo de personas por un motivo específico en forma rápida, simple y efectiva. Los invitados pagan a través de este servicio con cualquier modo de pago electrónico. Así se junta la plata, manteniendo un balance de quién paga y quién no, y el día en que el organizador lo desee se le entrega todo el dinero en su cuenta”, explica Javier Gavilán, estudiante de Ingeniería Industrial y quien creó este servicio junto a los alumnos Stefan Pribnow, también Industrial, Manuel Toledo de Eléctrica y Angelo Calvo de Informática de la Católica.

Pero esta idea no queda ahí. El sistema, además, dará la opción de poder notificar de forma automática y presionar a los invitados para que paguen ya sea mediante Twitter, Facebook o correo electrónico, evitando los pagos de último minuto.

Por otro lado, el organizador tendrá diferentes opciones de crear parámetros dependiendo del evento. “Nosotros queremos que esto no sea solo una herramienta para reuniones de baja escala. La idea es que se expanda a eventos más significativos, con más invitados e incluso abierto a todo público, ya que nuestro negocio está en la transacción que cada participante realiza, cobrando una comisión de un 3% sobre cualquier otro costo dependiendo del tipo de pago que realicen”, agrega Gavilán.

Aunque aún están desarrollando la versión *beta*, los lineamientos para el proyecto son muchos, desde organizar despedidas de solteros hasta cuentas para tesoreros de curso, incluso una herramienta para crear un negocio, nada queda afuera de este nuevo servicio que aliviará la molesta misión de cobrar la cuota. **f**



.....
Stefan Pribnow, Angelo Calvo y Javier Gavilán.



Escuela de Ciencias:

Experimentación científica para niños

El 2006 la FCFM inició este proyecto educativo con el objetivo de potenciar las habilidades y destrezas de estudiantes de educación básica desarrollando en ellos un interés temprano por la ciencia a partir de la metodología del aprender haciendo.

Por Catalina Caro C.



Hace 23 años, el Profesor Nelson Zamorano, académico del Departamento de Física, quiso darle forma a una inquietud que surgía en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile: tomar el desafío de apoyar la educación que reciben los estudiantes de enseñanza media. Fue entonces que nació la Escuela de Verano, con solo un curso de 60 alumnos interesados en la Física. La idea prendió rápidamente y al cabo de algunos años amplió su campo de acción a otras disciplinas. Desde entonces la Escuela de Verano desafía cada año a sus cerca de 3 mil alumnos a aprender lo que se estudia en la universidad, obteniendo excelentes resultados al ayudar a sus estudiantes en la orientación de la carrera a elegir, así como a ingresar con mayor conocimiento a la educación superior y enfrentar con más confianza su primer año de carrera en cualquier universidad.

Estos buenos resultados llevaron a la Escuela de Verano, apoyada por la FCFM, a tomar un desafío aún más complejo, el de propiciar un espacio donde estudiantes de educación básica pudieran tener un acercamiento temprano a la ciencia. Este proyecto cobró vida hace seis años con el nacimiento de la Escuela de Ciencias, iniciativa que acoge a niños de 5° básico a 4° medio, ayudándolos a desarrollar su autonomía y a potenciar su curiosidad científica a partir de la metodología de la experimentación, en el “aprender haciendo”.



Este programa educativo se lleva a cabo las mañanas de los sábados durante cuatro meses (mayo-agosto), en que los estudiantes tienen el privilegio de utilizar las salas y laboratorios de la Universidad de Chile, como si fueran universitarios.

El Profesor Zamorano, Director de las escuelas de Verano y Ciencias, explica que se hicieron cargo de este desafío porque “no hay profesores especializados de ciencias para niños de básica y es importante trabajar con estos alumnos porque tienen ansias de saber. Hay que mostrarles que la ciencia no es aburrida y que no se trata solo de definiciones, la ciencia es hacer, es preguntarse cosas y tratar de responderlas; también inventar ideas, y los niños tienen esa cualidad o habilidad de preguntar desde el corazón, sin miedo al ridículo y eso se debe aprovechar”.

Metodología experiencial

Por su parte, María Luisa Cordero, académica de la FCFM y coordinadora docente del área de física experimental de la Escuela de Ciencias, indica que en este sentido la metodología experiencial es fundamental. “En general se cree que la ciencia se explica en una pizarra para quizás luego verla demostrada en algún experimento, nosotros queremos invertir esto. Hay niños que aún no tienen las herramientas para aprender la teoría o para hacer cálculos complejos. Nuestro objetivo es que un niño vea primero la explicación de lo que es la ciencia en un laboratorio, y luego se lo pueda explicar a través de una ecuación”, indica la profesora.

Los académicos dicen que con los estudiantes más pequeños se pueden realizar experimentos como hacer helado con nitrógeno líquido o calentar vidrio con un mechero para que luego lo puedan modelar sin que se quiebre. Este tipo de experiencias los marcan y

de esta forma cuando se hable de temperatura, congelar o fundir, van a recordar este aprendizaje. Mientras que los estudiantes más grandes pueden realizar proyectos como transformar la energía química o calórica en energía mecánica, por ejemplo a través de un globo aerostático, donde al calentar el aire el globo se eleva.

Aportes concretos

Entre los beneficios que tiene para los alumnos esta experiencia, está la oportunidad de aprender a interactuar en un espacio universitario. Además, pueden relacionarse naturalmente entre pares y también con académicos y profesores de educación superior, quienes los desafían y encausan sus inquietudes científicas. Las actividades les permiten desarrollar diversas habilidades cognitivas como la observación, el análisis y la aplicación de procedimientos. Esto les permite un acercamiento concreto a los saberes científicos, junto con habilidades sociales, lo que les brinda la oportunidad de desarrollar y potenciar sus inquietudes y talentos.

Carol Ruiz, profesora del Colegio Cardenal José María Caro de La Pintana, institución que inscribió en el programa a tres alumnos el 2011 y cuatro este 2012 (dos de ellos por segundo año consecutivo), indica que esta experiencia ha aportado mucho a los estudiantes: “nuestros alumnos muestran mayor interés por la ciencia y el desarrollo de habilidades científicas y sociales, también se les abrieron las puertas de un mundo nuevo en el cual comparten experiencias con estudiantes de otras realidades, lo que enriquece su desarrollo social y académico, además de entregarles motivación por continuar estudios profesionales acercándolos a una realidad estudiantil universitaria”.

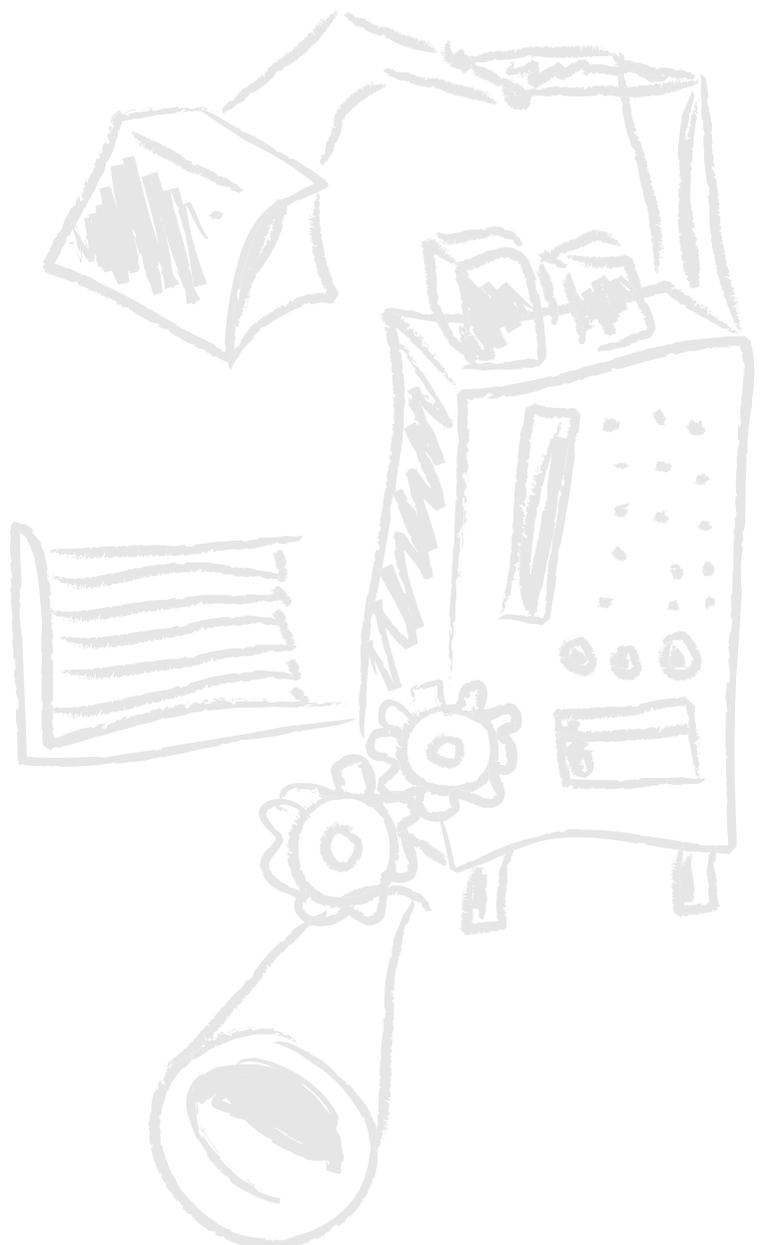
La profesora Carol Ruiz agrega que “los alumnos que han participado en la Escuela de Ciencias comparten lo que han aprendido al resto de sus compañeros, mantienen muy buena conducta en general, y se sienten orgullosos, importantes y más valorados como estudiantes”.

La motivación que genera esta iniciativa ha llevado a que algunos de los alumnos busquen más instancias para acercarse a las ciencias. Ese es el caso de Fabián Gaete, estudiante de 3° medio del San Fernando College de la VI Región, quien fue seleccionado para ser parte del Campamento Nacional Juvenil de Ciencias 2012 que se realiza anualmente en EE.UU. Este año Fabián tomó los cursos de Anatomía Microscópica y el Taller de Inglés “Workshop Talking Science” de la Escuela de Ciencias con la idea de poder reforzar sus conocimientos en biología y “para empezar a acostumbrarme a la metodología de los profesores universitarios”, explica. Comenta también que a su parecer la Escuela de Ciencias le aporta tanto en lo que será su futuro universitario como en la experiencia del campamento en EE.UU., “ya que al estar participando en el curso de anatomía microscópica refuerzo mis conocimientos en el área biológica y el taller de inglés ha sido de gran ayuda para practicar este idioma”. El buen manejo del inglés era un requisito fundamental para participar en el campamento científico, para el que también fueron seleccionados otros tres estudiantes de la Escuela de Verano.

Si bien la Escuela de Ciencias es un proyecto relativamente nuevo (la primera generación que tomó el curso de 5° básico en 2006 hoy cursa 3° medio) ya cuenta con resultados concretos respecto del ingreso de sus estudiantes a las universidades. Un ejemplo de ello es que de los 740 alumnos que el 2012 ingresaron a la FCFM, 243 realizaron algún curso de la Escuela de Verano y 1 de cada 7 de ellos también tomó algún curso en la Escuela de Ciencias, una situación similar se da en el caso de las carreras de la Facultad de Medicina, que el año 2007 se sumó a este proyecto, y el ingreso a otras universidades crece cada año. Estas cifras demuestran que tener un acercamiento temprano a la ciencia genera aportes reales en la vida de estos estudiantes, muchos de los cuales deciden construir un futuro en torno a estas disciplinas. **f**

Diversidad de opciones

Desde 2006 la Escuela de Ciencias ha impartido cursos sobre biología, física, química, robótica, matemática, mecánica, astronomía, geología, electricidad e inglés, entregando año a año una diversidad de opciones a sus estudiantes. Todos estos cursos son preparados especialmente para cada nivel educacional por profesores de excelencia.



Eolian III comenzó su nuevo recorrido

El emblemático auto solar de la FCFM, Eolian, comenzó la construcción de su tercer prototipo, el que espera superar a sus predecesores. El lanzamiento de la iniciativa lo realizó el académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica y encargado del proyecto, Dr. Rodrigo Palma, en conjunto con estudiantes que llevan varios años trabajando en él. Se hizo un llamado abierto a todos los beauchefianos que quisieran ser parte de este nuevo desafío que busca potenciar habilidades de emprendimiento e innovación en el desarrollo de energías alternativas. Entre los objetivos del vehículo solar destaca la optimización del rendimiento. Un gran número de alumnos acudió al llamado y durante todo el semestre han estado trabajando para la primera meta

que es la participación en la carrera Solar Atacama, que se realizará en noviembre en el norte de Chile. Posteriormente se focalizarán en el trabajo necesario para alcanzar las mejores posiciones en la competencia más importante en esta disciplina, el Australia Solar Challenge, en el 2013.



Prof. Andrés Weintraub se convirtió en miembro de la Academia Nacional de Ingeniería de EE.UU.

Como un reconocimiento al nivel de trabajo que se realiza en Chile, el académico del Departamento de Ingeniería Industrial y Director del Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería, Andrés Weintraub, recibió la noticia de su membresía en la National Academy of Engineering de Estados Unidos. Su incorporación a la institución, cuya postulación fue anónima y elegida por sus propios pares, tuvo lugar gracias a sus aportes en el desarrollo investigativo, práctica y enseñanza de la ingeniería. El Prof. Weintraub es el segundo chileno que participa en este organismo con sede en Washington D.C., la que se reconoce como una de las distinciones más importantes entregada a un ingeniero profesional.

Ingeniería Civil publica libro que analiza a fondo el terremoto del 27F

Una completa revisión de las características y efectos del terremoto contiene el libro "Mw = 8.8 Terremoto en Chile, 27 de febrero 2010", publicado en julio pasado por el Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM. En él investigadores de Beauchef analizan los fenómenos sismológicos,



590 nuevos graduados en Beauchef

Por primera vez, la tradicional ceremonia de graduación que se realizaba en noviembre cambió su fecha para el otoño. De esta manera, todos los graduados del 2011 pudieron participar de este importante evento que marca el cierre de un ciclo de formación al alero de su casa de estudios superiores. Más de 2 mil personas entre profesores, compañeros, familiares y amigos tuvieron la oportunidad de acompañar a los 458 ingenieros, 28 geólogos, 67 magísteres y 37 doctores, graduados en este período.

En la ocasión, el Decano de la FCFM, Francisco Brieva, les dedicó un sentido discurso en que se refirió al significado de dejar la casa de estudios: "será el momento cuando marquen la diferencia, cuando haber estado en Beauchef es el rótulo que distingue, cuando lo aprendido es la base que permite el cambio, de libertad, de la fortaleza que muchos otros en ustedes esperan. Es también el momento de tomar la responsabilidad de ser especial, de haber sido afortunado, de invertir en causas verdaderas sus talentos. Soberbia desde su intelecto es demasiado fácil, generosidad desde su inteligencia es la verdadera opción que todos esperan", expresó.



geológicos, geotécnicos y estructurales del megasismo de El Maule. En sus 14 capítulos se describen, por ejemplo, la inusual duración del *tsunami*, la licuefacción de suelos, los desafíos en el diseño sísmico, el comportamiento de edificios de hormigón armado, albañilería e instalaciones industriales y sanitarias, las fallas sísmicas de puentes y el desafío de la reconstrucción habitacional.

Académico fue nombrado **parte del Consejo Superior de Ciencias de Fondecyt**

Desde marzo pasado el académico del Departamento de Geofísica, y Ph.D. en Ciencias Atmosféricas de la Washington University, René Garreaud es uno de los 6 miembros del Consejo Superior de Ciencias de Fondecyt, entidad que asigna los recursos destinados a la investigación en ciencia básica y tecnología en el país. El nombramiento dura tres años y reconoce sus aportes en el campo de la investigación. “Me siento honrado por este nombramiento; tengo una gran apreciación por los proyectos Fondecyt, y en general por su estructura, porque a mi juicio son el caballo de batalla de

la ciencia en Chile, son las piezas con las que se van construyendo los trabajos científicos”, señaló Garreaud.



NIC Chile celebró **25 años de existencia**

El Centro Cultural Gabriela Mistral (GAM) fue el lugar escogido para celebrar los 25 años de trayectoria de NIC Chile, servicio de registro de nombres de dominio en Internet pionero en el continente y dependiente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Con la presencia de autoridades de la Universidad de Chile y representantes ligados al desarrollo digital de nuestro país, América Latina y El Caribe, se realizó un repaso por la historia de la entidad y de cómo se convirtió en uno de los dominios con más inscripciones *per cápita* en Latinoamérica, los que ascienden a cerca de 400 mil registros en la actualidad. La ceremonia también fue escenario para presentar el desarrollo de nuevos proyectos como la incorporación del protocolo DNSSEC y la adopción del nuevo IP versión 6, el cual los integrará a la avanzada mundial en el uso de este protocolo.

Premio Nobel de Física recibe **distinción Doctor Honoris Causa**



La Prorectora Rosa Devés y el Dr. Brian Schmidt.

El astrofísico Brian Schmidt, Premio Nobel de Física 2011, recibió la distinción *Doctor Honoris Causa* de la Universidad de Chile en una ceremonia llevada a cabo en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, en un auditorio Gorbea repleto de una entusiasta audiencia compuesta, principalmente, por académicos y estudiantes. La invitación a Chile fue realizada por el Núcleo Milenio de Estudios de Supernovas, dirigido por el académico e investigador del Departamento de Astronomía (DAS), Dr. Mario Hamuy, quien formó parte, junto al Doctor José Maza, del proyecto Calán-Tololo que contribuyó de

manera fundamental al descubrimiento de la aceleración del universo, tema por el que Schmidt y su colega Saul Perlmutter recibieron el Nobel. “He sido beneficiado más que ninguna otra persona con el trabajo realizado por los investigadores de esta Universidad, pues fue el paso decisivo para la conclusión del proceso de aceleración del Universo”, señaló el Dr. Schmidt, quien no dejó de mencionar la continua colaboración que ha tenido con sus pares chilenos. “Espero poder traspasar el enorme impacto que Chile y la Universidad de Chile han tenido en este descubrimiento”, señaló el Nobel.



FCFM firma convenios de cooperación con China

En una ceremonia realizada en el Palacio de La Moneda, y en el marco de la visita oficial a Chile del Primer Ministro de la República Popular China, Wen Jiabao, el Decano de la FCFM, Prof. Francisco Brieva, firmó dos convenios de colaboración con la Corporación ZTE y la empresa Huawei, líderes mundiales en el desarrollo tecnológico de telecomunicaciones. Se trata de la creación de centros de entrenamiento en el área, albergados en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Facultad. En el caso de ZTE se extendió el convenio de cooperación firmado en 2010, por lo que se contempla continuar con las actividades de entrenamiento, en especial, el de comunicaciones móviles, redes de acceso de alta velocidad y sistemas de transmisión. Por su parte, Huawei a través de la FCFM busca desarrollar un polo latinoamericano tanto para la formación como para la referencia tecnológica en la industria de las telecomunicaciones.



Andy Tian Yun, Gerente General de ZTE, Wen Jiabao, Primer Ministro de China, Sebastián Piñera, Presidente de Chile, y Francisco Brieva, Decano de la FCFM.

Prof. Salomé Martínez fue premiada por la Academia Chilena de Ciencias

Como un reconocimiento a su trayectoria científica, la académica del Departamento de Ingeniería Matemática e investigadora del Centro de Modelamiento Matemático, Salomé Martínez, recibió el “Premio de Excelencia Científica para Investigadoras Jóvenes”, distinción entregada por primera vez por la Academia Chilena de Ciencias a profesionales menores de 40 años y que se han destacado por sus aportes investigativos al conocimiento de la ciencia. Martínez ha dirigido sus investigaciones al área de la educación de

las ciencias exactas, y actualmente dirige el proyecto Fondecyt “Recursos para la Formación Inicial de Profesores de Enseñanza Básica en Matemática”.



Lanzamiento de colección de Monografías de Matemática para estudiantes de Pedagogía

Después de cinco años de intenso trabajo, un grupo de académicos e investigadores del área Matemática de la FCFM y otras instituciones, encabezado por el Premio Nacional de Ciencias 2011 y académico del Departamento de Ingeniería Matemática, Patricio Felmer, presentó a la comunidad beauchefiana uno de los grandes proyectos de educación en los que esta Facultad se ha involucrado. “Monografías de Matemática para Estudiantes de Pedagogía”, fue el resultado de una exhaustiva investigación que busca contribuir en el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias exactas en los futuros profesores de Enseñanza Media. La colección de 15 textos escritos por destacados matemáticos fue transformada en una exposición que estuvo abierta al público en la Biblioteca Central de la FCFM.



LA HUELLA *de* Igor Saavedra

Por Daniela Cid M. y Sofía Otero C.



Transcurridos nueve años desde su retiro, aún tiene presente el homenaje que le hizo la Universidad en 2005. “Creían que me iba a morir, pero los engañé a todos y aquí estoy todavía”, dice en referencia a una enfermedad autoinmune que lo ha afectado hace más de 20 años y que ha logrado mantener bajo control gracias a la medicina oriental y a la tradicional. La siguiente entrevista es un testimonio entregado hace dos años por el Profesor Saavedra y publicado, por primera vez de forma íntegra. Agradecemos al protagonista de este registro, no solo por permitir hoy a Beauchef Magazine dar a conocer estas impresiones, sino especialmente, por habernos ayudado a dar cuenta de su historia.

Toda una vida dedicada a la academia deja su marca y la del Profesor Emérito de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Igor Saavedra, no es una excepción. Desde su ingreso a Beauchef como estudiante de Ingeniería Eléctrica en 1949 hasta su alejamiento definitivo en 2003, su trayectoria no es algo que pueda ser tomado a la ligera. “Siento que, en este país, tratar de hacer ciencia y cambiar la cultura es algo que puede costar la vida”, dice al recordar su paso de más de cinco décadas por la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile.

Usted comenzó a estudiar en Beauchef cuando tenía 16 años. ¿Cómo recuerda esa primera etapa?

Nunca pensé en ser ingeniero, para empezar. Yo quería ser escritor, pero mi madre quería que su hijo tuviera una profesión socialmente establecida como Medicina, Derecho o Ingeniería. Escogí Ingeniería porque me gustaba mucho el viaducto sobre el río Malleco. Encontraba que era una maravilla. Además, desde niño me gustaba un futbolista que era estudiante de Ingeniería –y más tarde, descubridor del petróleo en Magallanes–, Eduardo Simián. Lo había visto en un clásico universitario disfrazado de pulpo y colgándose de un arco de fútbol. “Los ingenieros se entretienen, hacen circo y, además, cosas tan maravillosas como los puentes, pensé en ese entonces”.

Una vez en Ingeniería descubrí la belleza de las Matemáticas y me deslumbró el Cálculo Diferencial. Más adelante aprendí que la Matemática es el lenguaje apropiado para describir los fenómenos físicos y eso me produjo un asombro que siento hasta hoy. Supongo que de ahí nació lo que sería mi vocación por la Física Teórica, la que se superpuso con mi incipiente vocación de escritor.

¿Cómo llegó a la Física Teórica?

En mi última práctica de vacaciones, antes de entrar a sexto año de Ingeniería Eléctrica, trabajé como “cuasi ingeniero” en la Central Cipreses que estaba en construcción y me encantó. Decidí que, después de todo, trabajaría profesionalmente como ingeniero. Sin embargo, al volver a la Escuela, el profesor de Electrónica me contó que venía llegando de Estados Unidos y que allá había sido

testigo de la irrupción de un nuevo dispositivo electrónico llamado transistor que cambiaría radicalmente la tecnología y reemplazaría a las válvulas (o tubos) de vacío (o gas). Por lo tanto, había que abandonar el curso tradicional que él dictaba y cambiarlo por uno que incorporara los transistores como elemento central. Sin embargo, aparecía un problema mayúsculo: nadie en Chile sabía de transistores porque se acababan de inventar. Más encima, la Física Cuántica que daba origen a los transistores también era desconocida en el país, a pesar de haber sido inventada 30 años antes y de haber reemplazado a la Física Newtoniana.

El profesor tenía una solución: que yo dictara ese nuevo curso. Había traído desde Estados Unidos un libro escrito por los inventores del transistor que describía tanto sus fundamentos físicos (cuánticos) como sus aplicaciones como elemento de circuito. Tendría un mes para empezar a leerlo y preparar las clases durante el cual él resumiría su curso tradicional. De ahí para adelante él sería mi alumno junto con mis compañeros de curso por el resto del año.

De la Ingeniería pasó a la docencia

Claro que sí. Fue mi debut como profesor enseñando materias en la frontera científico tecnológica de ese momento. Por cierto, eso también creó en mí un impulso que luego se tornó en necesidad vital: adentrarme en ese mundo nuevo, extraño, ajeno a todas las intuiciones de nuestra vida diaria que nos empezaba a mostrar la Física Cuántica. Sin ninguna duda, ese fue uno de los momentos determinantes de mi vida profesional.

Paralelamente, y además de ser alumno regular de sexto año de Ingeniería, era ayudante de las cátedras de Mecánica Racional (para cuarto y quinto año) que dictaba el Profesor Arturo Arias, uno de los grandes personajes de la Escuela de Ingeniería de ese tiempo y uno de mis primeros maestros. Un día me llamó para contarme que el entonces Rector, Juan Gómez Millas, quería que se hiciera investigación de alto nivel en Física y Matemáticas en nuestra facultad y me pidió que le sugiriera nombres de alumnos destacados en proceso de egreso o recién egresados, entre los cuales él pudiera elegir algunos para invitarlos a unirse a este

proyecto. Así se formó el primer equipo de investigación en Física Nuclear –“Pura y Aplicada”– que tuvo la Universidad. Aunque ninguno de nosotros sabía del tema, sería nuestra tarea montar los laboratorios necesarios y, además, el formarnos a nosotros mismos como científicos profesionales, lo que implicaba salir de Chile a hacer doctorados en universidades prestigiosas de Europa y Estados Unidos.

¿Cómo reaccionaron los ingenieros de la Facultad ante este nuevo proyecto?

Había desconfianza al principio pero, a raíz del esfuerzo que estábamos haciendo, llegó al recién creado Departamento de Física un profesor de la Universidad de Oxford que enseñaba Electricidad y Magnetismo. Un día me encontré con él mientras llenaba una pizarra con ecuaciones. Me preguntó algunas cosas y yo las respondí. Él me quedó mirando y me dijo: “¿usted qué está haciendo aquí? Usted debería estar en Inglaterra”. Entonces fue al Consejo Británico, pidió que me becaran y fui seleccionado para estudiar un doctorado en Física Teórica en la Universidad de Manchester.

Al llegar, la gente del Departamento de Física de Inglaterra comenzó a decirme que no tenía ninguna posibilidad de ser físico teórico si es que venía de una carrera como Ingeniería Eléctrica. Me molesté bastante y decidí pedirle al profesor a cargo que me diera una oportunidad. Me la dio y tomé un curso sobre Física de Partículas en el que el profesor era la estrella del Departamento. En la primera clase vi en el pizarrón un ejercicio con un resultado correcto, pero el cálculo mal realizado. Fui a su oficina, muerto de susto, y se lo hice notar. Para mi enorme sorpresa, en la clase siguiente, el profesor mencionó que un tal ‘Mister Saavindra’ le había hecho ver que el cálculo de cierto ejercicio estaba incorrecto y luego empezó a mencionar esta anécdota en las clases siguientes. Me hizo famoso en Manchester.

Al cabo de esos tres meses me llamó el Profesor Rosenfeld, que era el jefe del Departamento de Física de la Universidad. Dijo que había oído que me iba bien y me sugirió estudiar Mecánica Cuántica. Comencé a hacerlo por mi cuenta. Luego me citó y me hizo un interrogatorio que respondí satisfactoriamente. Al final me preguntó si tenía algún *paper*. Le dije que tenía un artículo sobre una cámara de difusión por la cual pasaba una partícula y quedaba su huella. Tras revisarlo me dijo que lo enviaría a una revista, a ver qué decía el editor. Luego me dio un consejo: “usted no es alumno de doctorado, pero creo que pierde su tiempo al seguir cursos de nivelación. Póngase a escribir una tesis sobre el tema que usted quiera”. De ahí para adelante todo fue como en una escalera mecánica.

A su juicio, ¿cuál es el gran aporte del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas?

Cambiamos el nivel de la enseñanza de la Física y la Ingeniería. Tuvimos que avanzar con mucha rapidez desde el siglo XIX hasta el siglo XX para mejorar la entrega de contenidos. Por eso creo que hay razones para estar optimistas con lo que se ha avanzado hasta hoy, sin embargo, tengo que reconocer que no me gusta el sistema universitario actual. No me gusta que la universidad sea comercio, no me gusta que los alumnos sean clientes, no me gusta que los profesores trabajen en función de un sueldo. Por supuesto que hay que pagarles, pero uno tiene que trabajar porque le gusta.

En mi generación todos tuvimos la oportunidad de quedarnos en el extranjero y de estar mucho mejor económicamente, pero nos quedamos en Chile porque nos gustaba. Había una mística, un deseo de cambiar las cosas. Cuando era profesor sentía que apoyar a mis alumnos para que pudieran seguir estudios de postgrado era un problema personal. Una vez que lo conseguían me comunicaba con ellos para saber cómo les iba. Esa tarea casi no se hace hoy. La gente tiende a no hablarse y solo se envía correos electrónicos.

¿Qué momentos difíciles recuerda?

Un día, durante el tiempo de la Reforma Universitaria tuve que entrar a la Facultad en medio de una protesta. Los alumnos, los profesores, incluso el decano estaban en la calle porque unos tipos se habían tomado la Universidad. Me pareció indignante esta situación, así que salté la reja para entrar, caí al suelo y no se atrevieron a hacerme nada. Aprovechando esta situación, subí al laboratorio de Física y bajé con herramientas para abrir la puerta del edificio. Entonces una turba me agarró y me empujó al suelo. En el hall del edificio de Física, un dirigente comunista dijo que había que matarme, pero había que hacerlo en la calle para que pareciera un asalto. Recuerdo, entonces, que cerraron la puerta del Departamento de Física y me dejaron solo, pero igual me quedé ahí porque quería probar un punto: lo esencial en la universidad es pensar y dar qué pensar y para eso las puertas deben estar abiertas a todas las ideas y a todas las personas.

En los 70 y los 80 fue todo más tenebroso. A veces asistía a un Congreso fuera de Santiago y, al volver, encontraba mi oficina desordenada con todos mis cajones abiertos. Una vez me quitaron los libros que tenía ahí y me dejaron sobre el escritorio un libro de psiquiatría. Me robaron toda mi correspondencia, un archivador

completo con cartas de mis ex alumnos. No sé si fue la DINA o el Departamento de Estado. A pesar de todo esto, yo era muy suelto y muy libre. Nunca pensé que tendría mucho que perder. Pero ahora que recuerdo todo eso siento que, en este país, tratar de hacer ciencia y cambiar la cultura es algo que puede costar la vida.

¿Existe alguna pregunta de la Física que lo haya obsesionado por su belleza?

Hay varias, pero lo que más me ha interesado en la vida es la necesidad de la causalidad en los procesos sincrónicos. Se trata de fenómenos significativos para una persona, pero que no tienen ninguna noción causal previa. En la filosofía china se encuentra

eso. No existe el concepto de causalidad. Todo es todo. Nosotros, los occidentales, somos más como los griegos y dividimos todo en partes. Pero para los chinos no hay causalidad alguna y la naturaleza nace del caos. Un ejemplo fantástico es el de la medicina china que comencé a estudiar por mis problemas de salud y que me ha permitido tener muchas horas de diversión en los últimos años. Así que, a pesar de haberme alejado de la Física, puedo asegurarle que, intelectualmente hablando, no he estado perdiendo el tiempo. 

El maestro abriendo los horizontes de la mente

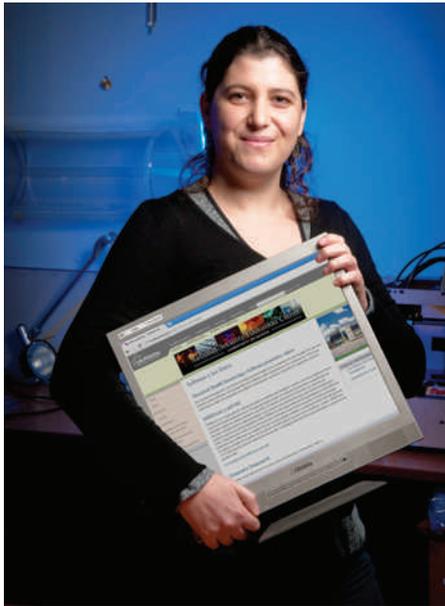
Cuando se le pide a la gente que conoció a Igor Saavedra que comente sobre la experiencia de haber compartido caminos con él, todos se lo toman con mucha solemnidad. Visto desde afuera, se percibe que el solo hecho de traer a la memoria aquellos momentos colma a los entrevistados de una grata satisfacción.

Andrés Meza, Director de la Licenciatura en Astronomía de la UNAB quien fuera ayudante del Profesor Saavedra a comienzos de los 90' en el curso de Mecánica Cuántica e Introducción a la Física, lo revive así: “Compartimos muchas tardes conversando no solo de Física sino que también acerca de la vida, política y del rol de los científicos en nuestra sociedad. Las cenas en su casa eran un momento memorable para sus ayudantes y no puedo dejar de sentir emoción al recordarlo”.

A Nelson Zamorano, Director de la Escuela de Verano de la FCFM, le tocó compartir con él tanto como alumno como compañero de proyectos: “Lo que más destaco de Igor Saavedra es su compromiso de vida por la educación, él le dio vida a muchos proyectos que buscaban mejorar y profesionalizar el conocimiento de la ciencia en Chile. Le preocupaba profundamente la calidad del sistema educacional de nuestro país, una preocupación que cultivó hace muchísimos años y que aún está vigente”, señala Zamorano, quien trabajó en un proyecto para levantar una escuela-internado gratuito de matemáticas y ciencias para estudiantes de todo el país con talento en el área. Si bien este proyecto no logró concretarse, Saavedra emprendió otras empresas que sí lograron impactar la vida de adultos y niños, como una escuela de verano para profesores de física en Valdivia que funcionó por casi 20 años, o su aporte en el desarrollo del primer museo interactivo de C & T del país, el Museo de Ciencia y Tecnología de Quinta Normal, evidencias de que su compromiso educativo trascendía con creces la frontera de la academia universitaria.

“Él fue de los primeros en doctorarse en Chile y su opción fue volver a su país a formar más personas, siempre estuvo muy interesado en que se generara una especie de posta del conocimiento hacia nuevas generaciones”, cuenta su ex alumno Álvaro Fischer, actual presidente de la Fundación Chile, “Igor me marcó como maestro en el más extenso sentido de la palabra maestro. Es un hombre de vida y ética muy admirable y hasta el día de hoy me sigue sorprendiendo con su postura ante la vida. Hoy, a raíz de su enfermedad, está en una postura muy espiritual, distinta al materialismo científico clásico”, señala.

Andrés Meza también destaca: “Su enfermedad le permitió descubrir otro mundo mucho menos racional pero no por eso menos interesante para una mente curiosa como la suya”.



Viviana Meruane

Académica del Departamento de Ingeniería Mecánica. Doctor en Ingeniería, Universidad Católica de Lovaina, Bélgica.

Recomienda:

<http://institute.lanl.gov/ei/software-and-data/>

Sitio web del grupo de investigación sobre monitoreo de la condición en estructuras, perteneciente al instituto de investigación Los Alamos, National Laboratory. Allí se pueden descargar datos de distintas estructuras de prueba, los que son utilizados para verificar

y validar algoritmos de detección de daño estructural.

<http://www.mathworks.com/matlabcentral/linkexchange>

Sitio en donde se comparten rutinas abiertas en Matlab. Aquí he encontrado desde algoritmos usuales, como métodos de integración numérica, hasta algoritmos mucho más específicos, como un método para identificar frecuencias de resonancia en estructuras.

Rocío Duque

Subdirectora de Asuntos Estudiantiles y Directora de Relaciones Internacionales, FCFM-Universidad de Chile. Ingeniera Civil Industrial, Universidad de Chile.

Recomienda:

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

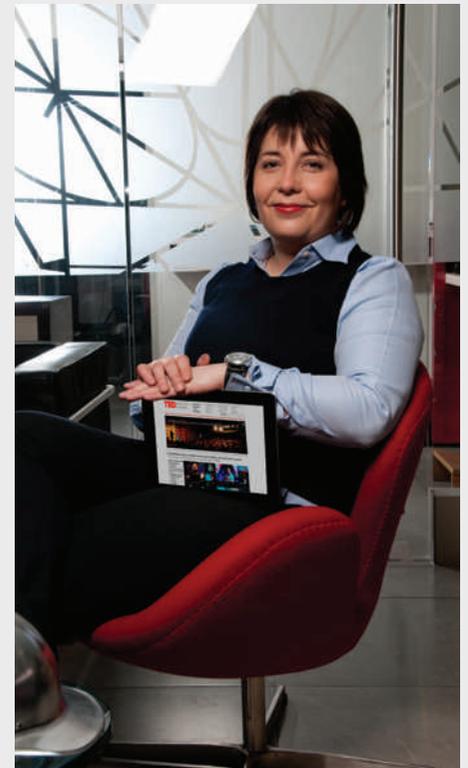
Uno de los mejores sitios de difusión de conocimiento en formato video, son charlas y/o conferencias. TED es una organización sin fines de lucro que se focaliza en difundir las "Ideas que valen la pena" en sus áreas de interés: Tecnología, Entretenimiento y Diseño (sus iniciales en inglés). Recomiendo las charlas de David Kelley de IDEO y las de Nancy Duarte.

<http://www.ideo.com>

Esta empresa tiene la innovación como su razón de ser, es el lugar donde se han diseñado por ejemplo, el primer *mouse* de Apple, carros de supermercado con RFID o infraestructuras tecnológicas para la tienda PRADA. El foco y las metodologías desarrolladas han cambiado la forma de pensar la innovación dentro de las compañías. Es una escala obligada para todos los que trabajan en el área de innovación.

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

Yanko Design es una revista digital dedicada a la difusión de lo mejor del diseño moderno e internacional, que abarca desde el diseño industrial, conceptos, tecnología, diseño de interiores, arquitectura, exposición y moda, tanto de vanguardia como clásico. Es uno de los blog más leídos a nivel internacional y sirve para que los estudiantes vean diseños y prototipos conceptuales de productos innovadores.



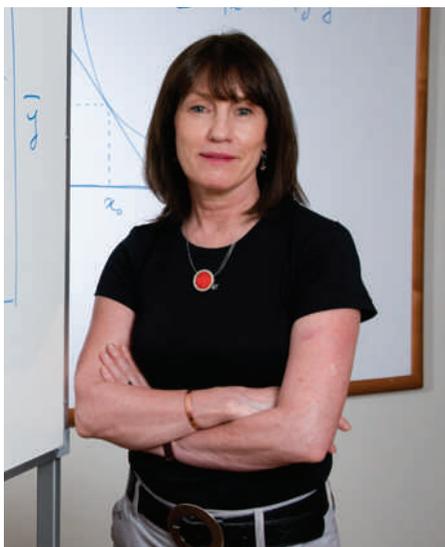
Alejandra Mizala

Académica del Departamento de Ingeniería Industrial. Doctor en Economía, Universidad de California, Berkeley, EE.UU.

Recomienda:

<http://www.marginalrevolution.com>

Es un blog de los economistas Tyler Cowen y Alex Tabarrok del Departamento de Economía de George Mason University. Si bien su foco principal está centrado en temas económicos con énfasis en política económica, también incluyen temas entretenidos de interés general.





LTE

LTE

**Now working
seamlessly
together.**

Taking a large step forward can be daunting. This is why we have based our LTE solutions on mature hardware designs for SDR centralized platforms – a field in which we are already leading global suppliers – and created systems that allow for truly seamless upgrades and, above all, super smooth performance. We also customize everything down to the last

detail and provide superior after-sales service so that you can be sure of receiving and replying on a solution that is a perfect fit for your unique needs. This way, a huge step doesn't have to feel quite so big.

Begin at www.zte.com.cn.



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Tradición en movimiento

PRIMER
FESTIVAL
DE INGENIERIA
Y CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

18-19-20
OCT

CAMPUS
BEAUCHEF

ANIVERSARIO

CIENTO
SESENTA
AÑOS
—
UNIVERSIDAD
DE CHILE

170

www.aniversario170.ing.uchile.cl

Verás como nuestro ingenio se pone en movimiento...