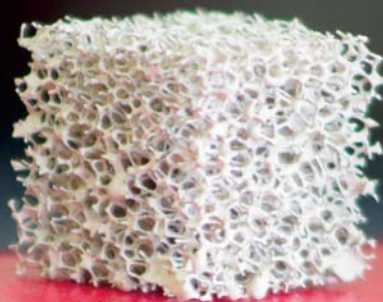


CONTACTO

ISSN:2145-7077

Materiales innovadores Una apuesta de investigación

Fases de la
fabricación
de una espuma
cerámica.



Grid computing,
la ciencia en red

La energía,
un mercado
en movimiento

Procesos
y productos,
el énfasis
de Ingeniería
Química

Ingeniería
Industrial diseña
logística hospitalaria

Número
02
octubre
2010

Mesa vibratoria

Prueba sísmica realizada en un modelo de casa de guadua laminada.

Qué es

Este simulador sísmico unidireccional, único en Latinoamérica, tiene una plataforma de 4,5 x 4,5 metros con una capacidad dinámica máxima de 50 toneladas y un desplazamiento máximo de más o menos 30 centímetros. Tiene la capacidad de introducir en la base de una estructura real o a escala, diferentes tipos de sismos o señales dinámicas. El objetivo es medir la respuesta de la estructura, mediante un sofisticado sistema de adquisición de datos. El equipo fue diseñado por un grupo de profesores de Ingeniería Civil y Ambiental y el control por Ingeniería Eléctrica. Está ubicada en el Laboratorio de Modelos Estructurales del edificio Mario Laserna.

Para qué sirve

Diferentes tipos de estructuras se pueden someter a pruebas sísmicas con diferentes intensidades. La última de ellas fue en una casa de guadua laminada de un piso. Tiene otras aplicaciones, por ejemplo, para establecer la resistencia de los brazos que sostienen los televisores en los hospitales o de los cauchos que reciben el impacto de los barcos que atracan en los muelles. La mesa puede reproducir sismos de diferentes intensidades, hasta de 8 grados en escala de Richter.

Cómo se hace

Antes de someter la estructura a la mesa vibratoria, los investigadores realizan las estimaciones necesarias para predecir su comportamiento en diferentes sismos. Con este análisis numérico adelantado, se introduce la señal o sismo seleccionado a la mesa vibratoria, la cual simula las condiciones que el investigador necesita reproducir para, posteriormente, hacer las correcciones específicas a los modelos teóricos que finalmente se usarán en la práctica.

Costo

La inversión en la mesa vibratoria fue de aproximadamente 1.000 millones de pesos. Cada prueba puede costar de 15 a 30 millones de pesos. En la actualidad se tiene previsto realizar alrededor de 4 pruebas durante el año, como parte de proyectos de investigación del grupo CIMOC.

Usuarios

Profesores investigadores y estudiantes de maestría y doctorado de Ingeniería Civil.

Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes

Octubre de 2010/Marzo de 2011

Decano

Alain Gauthier Sellier

Vicedecana de Posgrado e Investigación

Rubby Casallas Gutiérrez

Vicedecano de Pregrado

Rafael Gómez Díaz

Vicedecano para el Sector Externo

Gonzalo Torres Cadena

Secretaría General

Claudia Cárdenas Gutiérrez

Directores de Departamento

Ingeniería Civil y Ambiental

Arcesio Lizcano Peláez

Eléctrica y Electrónica

Roberto Bustamante Miller

Industrial

Roberto Zarama Urdaneta

Mecánica

Édgar Alejandro Maraño León

Química

Óscar Álvarez Solano

Sistemas y Computación

Jorge Alberto Villalobos Salcedo

Coordinadora de Promoción y Divulgación

Margarita María Rueda Pinzón

Coordinadora para el Sector Externo

Lucila Cecchi

Edición y redacción de textos

Ana Lucía Duque Salazar

Marta Lucía Moreno Carreño

Concepto gráfico y diagramación

Enrique Franco Mendoza

Fotos

Roger Triana Cárdenas

Nelson Barreto Pastrana

Retoque digital

Gabriel Daza Larrotta

Producción e impresión

OP Gráficas

- 2** Fotolab
Mesa vibratoria
- 4** Editorial
Materiales innovadores
- 5** Materiales innovadores
Entender la estructura de los materiales, la clave de la innovación
- 8** De cerámicos y polvos metálicos, a filtros para carros y prótesis médicas
- 11** Nanoelectrónica al servicio de la industria química y biológica
- 12** Empaques y polímeros exploran tecnología propia
- 15** En busca de pavimentos más durables
- 19** Tras siglos de uso, la guadua se somete a pruebas científicas
- 22** Investigación origina empresa constructora
- 25** Materiales compuestos, mezcla de resistencia y confort
- 26** Cifras
La Facultad en números
- 27** En red
Energía para un mercado competitivo
- 30** En conjunto
La virtualidad llegó a la ciencia
- 34** En red
La salud de la mano de la Ingeniería Industrial
- 37** En red
Procesos en escala para la industria cosmética



- 39** Educación
Nuevo enfoque en Ingeniería Química
- 42** Escuela de Verano 2010
Laboratorio + consumidor, indispensables para innovar
- 46** El diseño de los videojuegos demanda pasión
- 49** Retos de la convergencia de redes y servicios
- 51** Egresados
Las telas tensionadas de Gerardo Castro
- 52** Magíster uniandino gana premio mundial
- 53** Eventos 2010
- 55** Reconocimientos
- 56** Posgrados
Tesis doctorales 2010
- 57** In memoriam
El legado de Diego Echeverry Campos
- 58** Argumento
El futuro: componentes multifuncionales

Innovación en materiales



Al revisar la civilización humana se muestra que los *materiales* han sido el motor de generación de tecnología para diversidad de fines, a tal punto que han existido edades históricas denominadas explícitamente con nombres de materiales (Cobre, Bronce, Hierro). Hoy sucede lo mismo, solo que, a medida que la sofisticación de los artefactos aumenta, las áreas tecnológicas han tomado ese protagonismo y es obvio asociar el avance tecnológico de culturas o sociedades al *dominio de los materiales*. Por ejemplo, el acero durante la Revolución Industrial con Inglaterra, las aleaciones livianas durante la carrera espacial con Estados Unidos y la Unión Soviética, el surgimiento económico de Japón y Corea con toda la metalmecánica en torno a sus gigantes automovilísticos y así en adelante.

Actualmente hablar de dominio de materiales no es solamente dominar las materias primas sino entender cómo se procesan y cómo se comportan esos materiales, lo que lleva al entendimiento de *cómo están hechos*, es decir a comprender su estructura a escalas milimétricas, micrométricas y nanométricas. Esto ha sido posible gracias a la disponibilidad de equipos para “visualizar” estas estructuras. Hoy es corriente escuchar de microscopias (ópticas, electrónicas, de fuerza atómica, etc.), de difractómetros, de espectrómetros, entre muchos otros, que hacen parte de este tren tecnológico: conozco la estructura del material, mido sus propiedades, lo diseño, diseño artefactos, diseño ingeniería de procesos para obtener mis productos, vendo-compro-reciclo.

En Colombia tuvimos culturas precolombinas que dominaron varios tipos de materiales y el grado de sofisticación técnica del proceso de uso en algunos, como el cobre, el oro y sus aleaciones, fue altísimo. Luego vino el colonialismo que demoró la nucleación de elementos fundamentales para el surgimiento de procesos tecnológicos. Por fuerza de mercado, y algunas veces gracias a empresarios visionarios, surgieron sectores industriales que agregaban valor a los materiales pero sin mucho rigor en el conocimiento de cómo se comportan, limitando la innovación o el nacimiento de escenarios especializados, que es la forma natural como se genera la vocación manufacturera de un país. En tanto, hubo una alta concentración en la explotación de materias primas sin ese valor agregado. Hoy tenemos piezas para armar un rompecabezas tecnológico con profesionales que están siendo bien formados, recursos naturales para utilizar adecuadamente, investigación y desarrollo con personas capacitadas, una industria con deseos (y urgencia) de innovación, un Estado que despierta a esta realidad y una inmensidad de necesidades que nuestra gente precisa para tener un mejor nivel de vida. Pensar en nuevos materiales para infraestructura, para soluciones energéticas alternativas, para disminuir la problemática ambiental o para cualquier área que represente la generación de una vocación tecnológica, o reducción de la brecha existente, debe ser el pilar de los actores que manejan las piezas del rompecabezas. ■

Jairo Escobar

Profesor asociado

Departamento de Ingeniería Mecánica

Entender la estructura de los materiales, la clave de la innovación

Investigadores de distintos departamentos de la Facultad de Ingeniería estudian las estructuras de los materiales mediante modernos equipos de alta tecnología, para entender sus propiedades, diseñar procesos de fabricación y desarrollar nuevas aplicaciones para ellos. Actualmente dichas aplicaciones están enfocadas en los sectores ambiental, energético, construcción, infraestructura, microelectrónica, salud y bioingeniería.

5

Empaques que prolongan la vida de los alimentos, recipientes para hacer semilleros que se desintegran cuando se siembra la planta, casas construidas con una mezcla de cisco de café y PVC o con láminas de guadua, pavimentos más durables, filtros cerámicos para retener partículas de la combustión de motores diesel y prendas que resisten altas temperaturas e impactos no parecen tener nada en común. Pero estos productos y muchos otros que están presentes en la vida cotidiana comparten un elemento esencial: su desarrollo solo es posible porque a partir del conocimiento de las estructuras internas de los materiales, se entienden sus propiedades, se diseñan procesos de fabricación y, por metodologías iterativas, se llega al desempeño deseado.



La yuca, una de las materias primas base de algunos biopolímeros, y la guadua son estudiados por los investigadores de los departamentos de Ingeniería Mecánica y Civil y Ambiental.



Con polvos cerámicos se pueden producir espumas que se utilizan en filtros para vehículos.

Se busca en todos los casos obtener productos mejorados, más eficientes, más baratos y más amigables con el medio ambiente, generados a partir de procesos de fabricación innovadores. En su desarrollo están empeñados ingenieros de la Universidad de los Andes a través de varios grupos de investigación.

Jairo Escobar, ingeniero mecánico con doctorado en Ciencia e Ingeniería de Materiales en Santa Catarina (Brasil), uno de los investigadores de Los Andes apasionado por entender los materiales, explica que el desarrollo y difusión de técnicas que permiten observar o caracterizar sus partes constitutivas ha permitido consolidar el paradigma de estudiar los materiales a través de la interrelación estructura-propiedades-procesos. Fue posible, entonces, conocer las jerarquías estructurales de los materiales en sus diferentes escalas (nano, micro, meso, macro), explicar sus propiedades y comportamiento y crear procesos de fabricación también a diversas escalas (por ejemplo la nanofabricación o microfabricación).



El Moldeo por Inyección de Polvos y la compactación se utiliza para fabricar piezas como estas.

Para ejemplificar esta forma de aproximarse a los materiales, en los casos de investigaciones a nanoescala para producción de semiconductores, se tuvo que estudiar la estructura cristalina del Silicio e identificar sus imperfecciones puntuales (vacancias), y luego, a través de procesos difusivos (dopaje) llenar algunas de estas vacancias con Fósforo. Con ello, el material cambió sus propiedades eléctricas y de esta manera se logró un producto con nuevo desempeño.

Este cambio en el estudio de los materiales originó paradigmas para la formación de los investigadores y para el mercado profesional. Así, hoy cuando los estudiantes aprenden sobre materiales ya no se restringen a la tradicional clasificación de metálicos, cerámicos, poliméricos, etc., sino que las investigaciones les muestran que una aproximación más apropiada para la realidad mundial se centra en los dominios de aplicación: energía, medio ambiente, salud o electrónica, entre otros. Además, dice el ingeniero Escobar, se cuestiona cada vez más la eficacia del empirismo que, mezclando aquí y experimentando allá, obtiene resultados y ve que las piezas funcionan, pero no se sabe el porqué sucede esto, pues si se desconoce la interrelación estructura-propiedades-proceso del material se puede limitar tanto la capacidad innovativa como la velocidad de generarla.

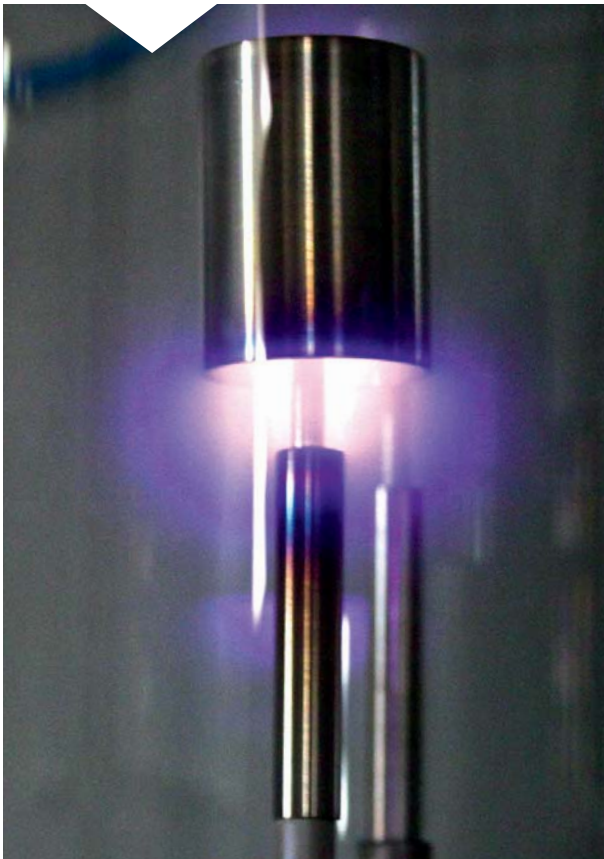
Las investigaciones de Los Andes pueden clasificarse según su dominio de aplicación: infraestructura, ambiental, química-mecánica, bioingeniería y electrónica. Ejemplos de ello se desarrollan en este número de CONTACTO.

En el caso de infraestructura hay trabajos que estudian las propiedades de la guadua laminada para emplearla en construcción de vivienda y se desarrolló el woodpecker, un compuesto de cisco de café y PVC que reemplaza la madera y el aluminio en zonas no estructurales de las edificaciones.

También se hacen experimentaciones en convenio con el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá (IDU) para desarrollar nuevos materiales para pavimentar las calles. Uno de los estudios pretende conseguir materiales que no se erosionen con facilidad para usarlos en las bases sobre las cuales se coloca el pavimento rígido (las losas de Transmilenio, por ejemplo) y el otro busca desarrollar una mezcla asfáltica más durable empleando llantas viejas, con lo cual, de paso, se contribuye a solucionar un problema ambiental.



El cisco de café es uno de los componentes del woodpecker, un material innovador que reemplaza la madera.



El reactor de plasma se utiliza para elaborar piezas acabadas o intermedias, mediante sinterización o inyección.



El asfalto se mezcla con agregados (rocas) de diversos tamaños y proporciones para producir pavimentos flexibles.

En el ámbito de las ingenierías química y mecánica le apuntan al estudio y desarrollo de empaques y envases activos, que no se limitan a actuar como barrera, sino que, por ejemplo, interactúan con el oxígeno para alargar la vida de los alimentos sin alterar sus propiedades y, en el futuro, podrían avisar sobre su fecha de vencimiento. En bioingeniería, por ejemplo, han experimentado con caparazones de crustáceos o insectos para proteger cultivos como el de fresa. Y en microelectrónica hacen estudios a nanoescala para desarrollar nuevos materiales que tengan posibles aplicaciones como fabricación de circuitos y otros componentes.

Una preocupación de los investigadores uniandinos se relaciona con la necesidad de sensibilizar a la industria sobre estos nuevos desarrollos, con el fin de que los acoja en sus procesos productivos y entrene a su personal para que haya una continuidad en ellos y traiga consigo una generación “natural” de innovación. Un ejemplo en el apoyo a la industria es el programa desarrollado con la multinacional siderúrgica Gerdau (Diacó en Colombia), donde se realizó una capacitación acelerada por dos años a varios de sus ingenieros (comenzaron aproximadamente 70), provenientes de diversas plantas

de Latinoamérica. Los cursos, al tener temáticas tanto básicas como especializadas, han permitido una interacción de realidades de planta con una conceptualización científica, lo cual les ha dado la capacidad de observar y abordar sus materiales y procesos con una visión más integral y con un criterio más afinado a la hora de resolver problemas del día-día. Esto lleva a un crecimiento organizacional reflejado en procesos más eficientes (reduciendo costos) y en personas capaces de iniciar, continuar o liderar procesos innovadores.

De igual manera, Escobar y sus colegas están empeñados en generar un idioma común con los industriales. Así, quieren darle paso a la innovación, ya no solo con el empirismo en esas tecnologías, sino con una aproximación más rigurosa y sistemática que lleve al dominio de los materiales, a través del estudio de sus estructuras para entender sus propiedades y luego, poder crear los procesos de su producción. Su invitación es a que los industriales se pregunten, teniendo en cuenta su realidad cotidiana, cómo pueden trabajar juntos con la Universidad, su infraestructura, su gente, sus laboratorios y la experiencia mutua para desarrollar nuevos productos que sean diferenciales en el contexto colombiano y regional. ■

De cerámicos y polvos metálicos, a filtros para carros y prótesis médicas

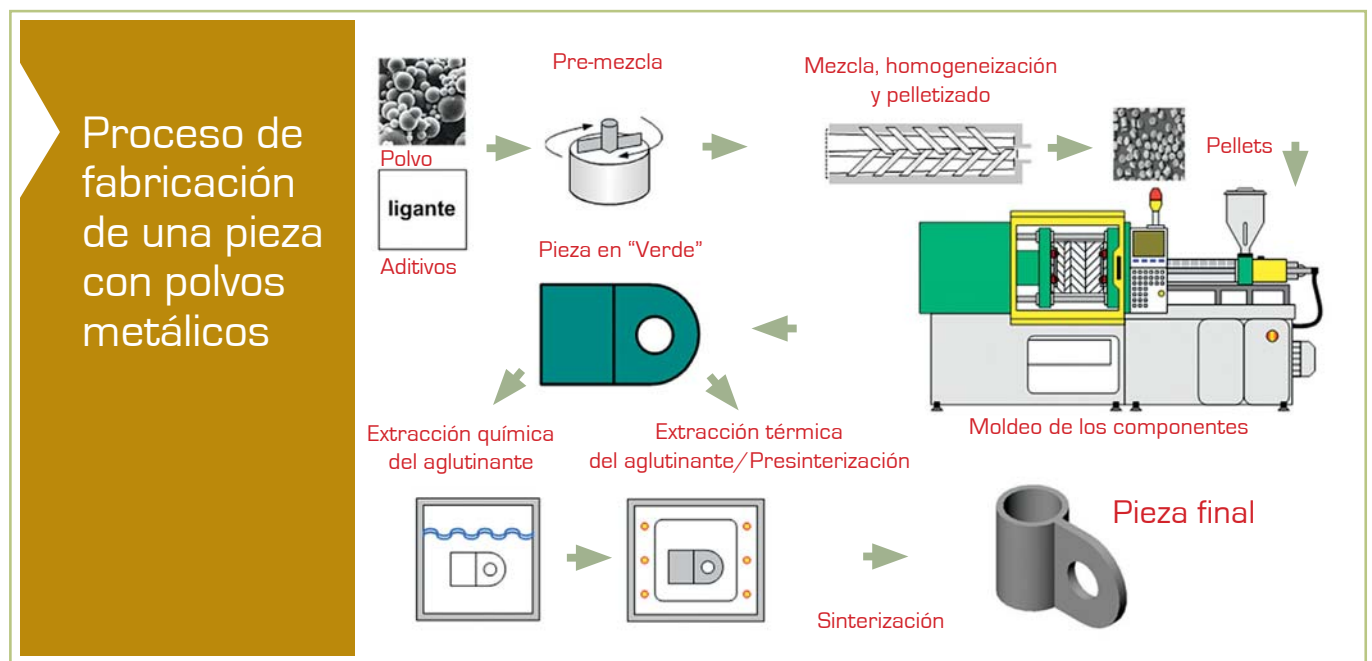
Polvos cerámicos y metálicos, recubrimientos con plasma y arqueometalurgia son los campos de investigación del Grupo de Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM. Sus aplicaciones se dan en áreas como energía, medio ambiente y salud.

La tarea de Jairo Escobar, ingeniero mecánico y doctor en Ciencia e Ingeniería de Materiales, es estudiar las estructuras de los materiales en diversas escalas para entender sus propiedades y, como ingeniero, verter ese conocimiento en la generación de productos que se adapten a las necesidades del país.

Sus investigaciones se concentran en cuatro campos interconectados: *materiales cerámicos, polvos metálicos, recubrimientos por plasma y arqueometalurgia*. Él y su equipo ya están en condiciones de mostrar cómo sería la línea de producción en algunos de ellos.

Escobar explica que *los productos cerámicos*, en su gran mayoría, son obtenidos a partir de polvos que al pasar primero por

un proceso de conformación (donde se le da la forma básica al componente) y luego por un proceso térmico (que incluye la cocción-quemado y/o sinterizado) se obtienen tanto las propiedades como la geometría final del cerámico. En Colombia existen empresas consolidadas en fabricación de productos cerámicos tradicionales (por ejemplo, ladrillos y baldosas) pero aún no en cerámicos de ingeniería, ante lo cual el Grupo de Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM se ha concentrado en generar conocimiento y desarrollo tanto en los procesos de conformación (compactación e inyección, entre otros) como en los térmicos (fenomenología de la sinterización) en cerámicos de ingeniería



Equipos y laboratorios de alta tecnología

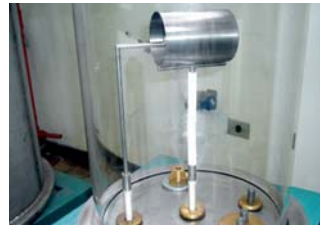
Las investigaciones con materiales cerámicos en la Universidad de los Andes se llevan a cabo en dos tipos de laboratorios: los dotados con equipos de fabricación y los que tienen equipos de caracterización. Los de caracterización incluyen microscopios electrónico y ópticos, difractor de Rayos X y espectrómetros de Rayos X y ópticos, que producen imágenes, espectros y valores numéricos. En ellos se estudia la estructura del material a

diversas escalas (macro, micro y nano). Los laboratorios de fabricación son, entre otros, el de Polvos Metálicos y Cerámicos y el de Procesamiento de Polímeros. Equipados con hornos de altas temperaturas (hasta 1.600°C), molinos, mezcladores, prensas, extractor de químicos y reactores de plasma, estos dos últimos fabricados en la Universidad. En ellos se hacen piezas acabadas o intermedias, mediante procesos como

la sinterización (unión de polvos) o la inyección de cerámicos y metales mezclados con polímeros. En los laboratorios de caracterización y fabricación pueden llevarse a cabo trabajos en dos direcciones: tomar el material para fabricar productos a partir de materiales metálicos y cerámicos o tomar el producto ya terminado con el fin de determinar sus propiedades y estructura para establecer cómo fue fabricado.



En hornos de altas temperaturas (hasta 1.600°C) se hacen procesos de cocción/quemado o de sinterización.



El reactor de plasma hace parte de los equipos de fabricación que hay en los laboratorios de Los Andes. Fue construido en la Universidad.



El espectrómetro de Rayos X muestra las fases que forman los elementos de las piezas. Por ejemplo, dice si es óxido de carbono u otro componente.



Las piezas del Museo del Oro son estudiadas en el proyecto de arqueometalurgia. La pantalla del fondo proyecta lo que se ve en el microscopio.

(alúmina Al_2O_3 , circonia ZrO_2 y vitrocerámicos). Los estudios de estos cerámicos se han dirigido a productos con aplicaciones en energía (por ejemplo, piezas para quemadores porosos o electrodos para celdas de combustible), medio ambiente (filtros catalíticos para vehículos a diesel) y salud (geometrías complejas como *brackets*).

Su segundo objeto de interés es desarrollar procesos que involucren la fabricación a partir de *Polvos Metálicos*, cuyas bases conceptuales son las mismas del procesamiento de cerámicos, pero con las particularidades de



Espuma vitrocerámica: Al recubrirla con polvos cerámicos una espuma cualquiera conserva la geometría original, pero se vuelve resistente al calor.

los materiales metálicos. El proceso donde el grupo se ha concentrado ha sido el Moldeo por Inyección de Polvos (MIP), debido a que los productos obtenibles por este método cubren una amplia gama de sectores, desde componentes en motores, pasando por implantes dentales hasta aplicaciones militares. En la gran mayoría de estos casos, son productos o piezas que no son fabricados en el país y por tanto se trata de un mercado de amplio potencial y con altos desafíos ingenieriles y científicos.

Sus trabajos con cerámicos y polvos metálicos lo condujeron a una tercera línea de investigación: los recubrimientos (generar o depositar materiales en la superficie de otro material). La búsqueda de mejores opciones para realizar la sinterización (la unión de los polvos cerámicos

o metálicos para obtener las propiedades adecuadas) lo llevó al uso de plasma. En este camino, el grupo diseñó, construyó y puso en marcha dos reactores de plasma en la Universidad, donde al generarse y utilizarse apropiadamente la energía de iones y electrones del plasma se lograron resultados innovadores en el proceso de la sinterización. Durante estos experimentos y estudios, se formaron y generaron recubrimientos de Cromo (Cr), Molibdeno (Mo), Hierro (Fe), Níquel (Ni) y Diamante (C). De esta manera el grupo incursionó en esta temática, desarrollando procesos y nuevos materiales y utilizando otros métodos como el CVD (*Chemical Vapor Deposition*).

Estas investigaciones en recubrimientos condujeron al grupo, a su vez, a un cuarto campo de estudio: la arqueometalurgia. Colombia es un campo potencial muy interesante para estudiar esta temática ya que en época prehispánica se desarrolló en su territorio una de las tecnologías metalúrgicas más notables de América y del mundo. Estas incluyen diversos procesos de manufactura y de acabado de objetos fabricados para diferentes funciones y durante varios periodos. La presencia de aparentemente distintas técnicas de recubrimiento de piezas de metal (por ejemplo, enchapado, dorado, plateado), es uno de los desarrollos tecnológicos más notables dentro de la orfebrería prehispánica colombiana. Una colección muy representativa y

única en su género en el mundo, es albergada por el Museo del Oro del Banco de la República. Está compuesta por aproximadamente 38.000 objetos, de los cuales han sido estudiados con técnicas científicas no más de 3.000. Estas investigaciones han construido un marco de referencia que puede ser complementado, mejorado, revisado y actualizado bajo la perspectiva del estudio de las *tecnologías antiguas y de la ciencia e ingeniería de los materiales*, en la que se considere la tecnología como una expresión material, social y cultural. La novedad de este paso es que ha sido gestado desde la academia, particularmente por las facultades de Ciencias Sociales y de Ingeniería (Uniandes) con el apoyo del Museo del Oro y del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH), de manera que uno de los objetivos primordiales es la generación de escuela a nivel formativo e investigativo. ■



EL GRUPO: Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM.

CONTACTO: Jairo Escobar, ingeniero mecánico, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica. jaiescob@uniandes.edu.co



Proceso para elaborar una prótesis médica.

Se parte de un polvo metálico [1] que se mezcla con un polímero [3] y mediante un proceso de inyección se le da forma a un objeto intermedio llamado pieza verde [4]. Esta se sinteriza para obtener el producto final [5], que en este caso es la cabeza de la prótesis médica [6]. Para medir la resistencia los ingenieros emplean la pieza 2. La moneda fue usada como escala.

Nanoelectrónica al servicio de la industria química y biológica

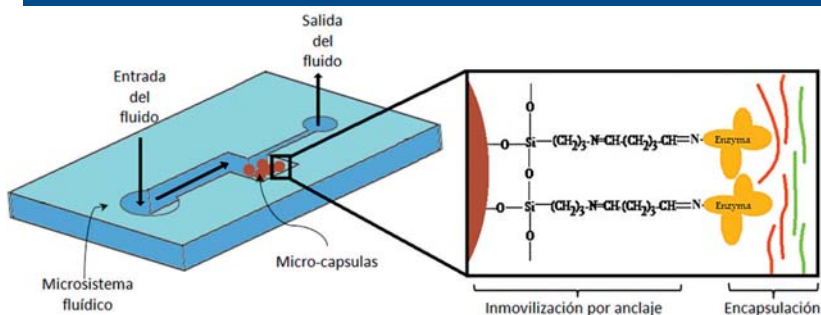
Investigadores de Ingeniería Electrónica y de Ingeniería Química se unieron para diseñar microsistemas, a los que inyectan enzimas encapsuladas, capaces de modificar las moléculas de los tintes textiles. Buscan quitarles su toxicidad y turbidez.

Los tintes para la industria textil son tóxicos, pueden ser cancerígenos y al verterlos al agua la enturbian de tal forma que impiden el paso de la luz y riñen con la vida. Revertir ese proceso combinando las técnicas de la micro y la nanoelectrónica con la ingeniería química es el área de investigación del profesor Johann Faccelo Osma, ingeniero electrónico uniandino, con doctorado en Ingeniería Química y Ambiental de la Universitat Rovira i Virgili, de España.

Osma es profesor asistente del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, pertenece al grupo de Investigación del Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes, CMUA y centra su trabajo en el diseño de microsistemas fluidicos de escala micro y nanométrica. Estos sistemas son hechos en láminas de vidrio en las que el profesor fabrica canales diminutos (microrreactores) que, con los ingenieros químicos, utiliza para modificar la estructura molecular de sustancias tóxicas como los tintes. Sus investigaciones con tintes textiles incluyen varias etapas:

1. Identificación de una enzima llamada Lacasa como la proteína capaz de romper la compleja estructura molecular de los tintes.
2. Producción y purificación de la Lacasa.
3. Inmovilización de la enzima mediante estrategias de anclaje o de gelinización (encapsulado) para que sea reutilizable. El encapsulado se hace con polielectrolitos que forman una membrana de entre 3 y 5 nanómetros que permite que, cuando la enzima entre en contacto con los tintes, algunos elementos salgan y otros entren, con las características requeridas por el investigador.
4. Producción de microsistemas en los que introduce las enzimas inmovilizadas, las retiene en ciertas partes de los canales y les introduce sustancias químicas que reaccionan con la Lacasa y limpian los tintes.

Microsistema fluidoico



Funcionamiento de un microsistema fluidoico usado para revertir la toxicidad de los tintes de la industria textil, mediante el uso de una enzima llamada Lacasa.

Como fruto de sus investigaciones ha logrado partículas de entre 50 nanómetros y 3 milímetros. En la Universidad de los Andes, trabaja con Óscar Sánchez, instructor de Ingeniería Química. Los estudiantes fabrican los canales en el laboratorio Sala Limpia, de donde los llevan al laboratorio de Bioquímica para ocasionar reacciones químicas. Ya han producido Lacasa, la han purificado y la han inmovilizado mediante técnicas de alginato (gelinización), con un trabajo micrométrico (de 2 a 100 micrómetros de diámetro). También trabajan con fenoles, sustancias igualmente tóxicas.

El profesor Osma explica que en los reactores en micro y nanoescala la homogeneidad de la mezcla de la cápsula es mejor y la generación del producto puede ser más rápida. "En lugar de tener un reactor del tamaño de una botella, puedo tener en un espacio reducido 100 microrreactores funcionando al mismo tiempo y el producto será más puro", concluye. ■



EL GRUPO: Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes, CMUA.

CONTACTO: Johann Faccelo Osma, ingeniero electrónico, profesor asistente del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
jf.osma43@uniandes.edu.co

Empaques y polímeros exploran tecnología propia

Jorge Alberto Medina, profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes, investiga desde hace más de una década materiales para fabricar empaques adecuados para los mercados colombianos y amigables con el medio ambiente.



A Extracción de materiales.

B Extrusión de un polímero con almidón de yuca.

C Biopolímero termoformado para semilleros.

El desarrollo de películas elaboradas a partir de caparzones de crustáceos o de insectos para proteger cultivos como el de fresa; la fabricación de un almidón polimérico con el que se hacen semilleros que se desintegran con todo y recipiente cuando se siembra la planta; la creación de una materia prima para elaborar un empaque activo que absorbe el oxígeno e impide que este elemento intervenga en la degradación de los jugos: estos son algunos de los proyectos en los que trabaja Jorge Alberto Medina, ingeniero mecánico, doctorado en Materiales de la Universidad de Navarra (España) y director del grupo de investigación en Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM.

Para muchos, el diseño de empaques está relacionado con requerimientos aparentemente simples como los de la bolsa empleada para echar las viandas en los puestos de pago de los supermercados. Sin embargo, también involucra estructuras complejas que permiten la prolongación de la vida de un producto en el estante. Así, en un futuro se podrá hablar de empaques que al final de su ciclo de vida sean benéficos para el ambiente y que, mientras se utilizan, emitan una señal que avise sobre el vencimiento de un alimento o que adviertan, mediante imágenes dinámicas, acerca de sus bondades.

Este es el reto tecnológico de la industria del sector en Colombia, cuya tarea es evolucionar de la atención de los mercados masivos de bajo valor agregado a escenarios de mayor especialidad que demandan investigación y desarrollo. Esta es una necesidad en Colombia, un país con una diversidad de productos derivados de la agroindustria que requieren soluciones especializadas que favorezcan la exportación para evitar las barreras fitosanitarias y mejorar su posicionamiento en mercados internacionales.

Por otra parte, la incorporación de materias primas sostenibles en la cadena productiva es muy sensible en el mundo de los empaques; introducirlos no solo representa nuevos

derroteros tecnológicos sino un deber social. En Bogotá, de las 6.000 toneladas de basura diarias que se disponen en el relleno sanitario de Doña Juana, por lo menos el 20% corresponde a empaques y productos relacionados con el plástico, que podrían ser reciclados si existieran los canales adecuados para la recolección en sitio y la tecnología para reintegrarlos a la cadena productiva; también podrían hacer parte del ciclo natural mediante la descomposición, si fueran elaborados con materiales biodegradables, señala el profesor Medina.

El Grupo de Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM de la Facultad de Ingeniería ha definido la tecnología de los empaques como una de sus líneas estratégicas de investigación, y en ella lleva una trayectoria de 14 años. Su vocación por interactuar con el sector empresarial, liderada por Jorge Alberto Medina, ha motivado soluciones aplicadas a problemáticas del sector. El primer proyecto se realizó para una empresa nacional y se desarrolló en torno al reciclaje industrial de PET, producto con el cual se elaboran envases para bebidas como agua o gaseosas.

En el año 2004 el Grupo participó, en asocio con 18 compañías y 5 instituciones privadas y gubernamentales relacionadas con los empaques, en el primer ejercicio de Prospectiva Tecnológica en este sector, para definir los derroteros que seguiría el país en esta materia hasta el año 2013. Esta ha sido carta de navegación para orientar los esfuerzos de investigación del grupo CIPP-CIPEM.

En esa línea de investigación y vinculada con la problemática de los empaques, en el año 2007, el grupo recibió la Condecoración del Reciclador en la categoría de Investigación por el trabajo "Selección de polímeros por centrifugación como parte



La investigación y desarrollo de biopolímeros se apoya en los estudiantes de posgrado, en la buena infraestructura de laboratorios y en 14 años de interacción con el sector productivo.

Qué es

Extrusión: Proceso en el que un material polimérico en estado fundido pasa a través de un dado por la acción de un tornillo de Arquímedes ubicado en un cilindro. Cuando eso sucede, el polímero adquiere la forma de un dado de perfil continuo.

Inyección: Proceso cíclico mediante el cual un material polimérico fundido se bombea en un molde con la forma del producto deseado.

Termoformado: Proceso cíclico para darle forma a una lámina por acción de la temperatura, según un molde específico.

de la línea de reciclaje y recuperación de materiales poliméricos", adelantado con el auspicio de Colciencias.

En la actualidad se ocupa del desarrollo de empaques sustentables y en complementar las tradicionales tecnologías de barrera pasiva con la inclusión de elementos activos dentro de su estructura.

En el proyecto de empaques activos, llevado a cabo en asocio con el ICIPC de Medellín, se desarrolló un material innovador que además de disminuir la concentración del oxígeno que puede degradar los alimentos tiene otras ventajas como la posibilidad de procesar ese material con tecnologías convencionales o utilizarlo para empacar diferentes tipos de alimentos. Este material se encuentra en proceso de patente. La investigación continúa en aras de obtener un producto de aplicación industrial, ojalá en asocio con una empresa del sector. "Si puedo comercializar con mayores márgenes de tiempo unos productos perecederos, tengo una herramienta de mercadeo importante para el país", concluye Medina.

Otro material innovador y amigable con el medio ambiente es uno al que el CIPP-CIPEM ha incorporado polímeros biode-



Lámina de almidón termoplástico que se prepara para termoformado. Este proceso le da la forma que se requiere.

gradables en empaques a partir de almidón de yuca. Con A&P de Colombia, una compañía que se dedica a hacer productos para el sector agrícola “desarrollamos una tecnología para el procesamiento de almidones para la elaboración de semilleros sin competir con la seguridad alimentaria. El empresario vio el potencial de este biopolímero y ahora quiere que este sea una fuente de materias primas para distintos transformadores del plástico en el país”. En la segunda etapa de este proyecto se busca obtener almidones termoplásticos adecuados para procesos de inyección y extrusión. Por ahora se está en la etapa de determinar cuáles son los almidones más apropiados para ello, se está investigando acerca de sus posibles modificaciones o mezclas con otros biopolímeros para, finalmente, conseguir características específicas de procesabilidad y de producto terminado.

También en la línea de biopolímeros potenciales para empaques, se investiga la extracción y el procesamiento de quitosán, un biopolímero derivado de los caparzones de crustáceos e insectos, evaluado recientemente como ma-

Empaques, tres clases

Un empaque es un medio técnico industrial y de mercadeo para contener, proteger, identificar y facilitar la venta y distribución de productos agrícolas, industriales y de consumo en general. Se clasifican en tres grandes ramas:

Empaques de barrera: Son aquellos que restringen el paso de elementos que dañan el producto empacado o lo alteran.

Empaques activos. Son complemento de los empaques de barrera. Se trata de compuestos dispuestos en el interior de los empaques o embebidos en su estructura. Su función es interactuar con los agentes perjudiciales para el alimento, disminuyendo su concentración y asegurando la mayor perdurabilidad del producto.

Empaques inteligentes: Son aquellos que tienen la capacidad de emitir una señal que indica sobre alguna condición para el producto empacado. Usan tecnologías de señales de radiofrecuencia controladas que emiten por circuitos impresos en el empaque basados en polímeros conductores. Pueden ser señales que muestren la ubicación, el vencimiento o el estado de un producto.

teria prima para la elaboración de acolchados para el sector agrícola. Este trabajo se lleva a cabo en asocio con el Instituto de Química y Tecnología de los Polímeros (ICTP) de Italia, con el profesor Mario Mallinconico de ese país.

Según el ingeniero Medina, las nuevas exigencias en materia ambiental, unidas a la necesidad de incursionar en escenarios de especialidad adecuados para Colombia, han demostrado que la interacción entre la empresa privada, el Estado y la Universidad propician desarrollo basado en conocimiento y oportunidades para jóvenes empresarios que tienen en Los Andes una cantera para su crecimiento. ■



EL GRUPO: Grupo de Materiales y manufactura CIPP-CIPEM.
<http://cipp.uniandes.edu.co>
cipp@uniandes.edu.co

CONTACTO: Jorge Alberto Medina, ingeniero mecánico, director del Grupo de Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica.
jmedina@uniandes.edu.co

En busca de pavimentos más durables



Mezclando materiales con nuevos elementos o variando las proporciones de los que se emplean habitualmente, un grupo de ingenieros civiles de la Universidad de los Andes investiga los efectos que pueden tener en las capas asfálticas de los pavimentos flexibles y en las bases que se utilizan para asentar las losas de concreto en pavimentos rígidos.

Cuando la llanta de un carro termina su vida útil se convierte en un estorbo voluminoso que, además, es enemigo del medio ambiente porque no es biodegradable. Sin embargo, esa misma llanta triturada puede ser añadida al asfalto para producir mezclas que duren el doble de aquellas empleadas actualmente en los pavimentos de las vías colombianas.

Así lo han comprobado en otros países donde no es extraño que las capas que incluyen materiales asfálticos tengan entre sus componentes el látex y los aditivos que se le agregan al caucho de las llantas. En Colombia un grupo de ingenieros civiles de

la Universidad de los Andes encontró la fórmula para lograr los mismos resultados teniendo en cuenta las características de los asfaltos nacionales.

Esta investigación, liderada por el ingeniero Bernardo Caicedo Hormaza, hace parte de dos proyectos que la Universidad de los Andes realiza para el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá (IDU). Los dos proyectos son financiados por el Banco Mundial y tienen campos de acción diferentes: uno en asfaltos y pavimentos flexibles y el otro en pavimentos rígidos o de concreto. En ambos casos, el objetivo es estudiar la estructura de

los pavimentos que se emplean en el país y de las bases que los soportan, para modificar sus componentes y lograr capas más durables que retarden la fatiga del material, producida por las condiciones climáticas y de tráfico al que esté sometido. Además del ingeniero Caicedo, en el primer proyecto participaron los ingenieros Gilberto Martínez y Manuel Ocampo, en calidad de asistentes graduados, y en el segundo se encuentra participando la ingeniera Silvia Caro Spinel. Caicedo es doctor en Geotecnia y Estructuras, de la Escuela Central de París (Francia) y Caro tiene doctorado en Materiales, de Texas A&M University (Estados Unidos). Los dos son profesores del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y lideran en la actualidad el área de Infraestructura Vial dentro del Grupo de Investigación en Geotecnia y Estructuras de Los Andes.

Mezclas asfálticas con caucho

El objetivo del primer proyecto era evaluar las mejoras mecánicas de las capas asfálticas de pavimentos con desechos de llantas. La investi-



En el Laboratorio de Mezclas Asfálticas, los investigadores determinaron en qué proporción debe mezclarse el caucho molido de las llantas con el asfalto, teniendo en cuenta las características del material producido en Colombia.

gación partió de un estudio del Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) sobre el destino de los desechos de llantas y otros materiales. En dicho estudio se había detectado que una gran cantidad de las llantas usadas se empleaban como combustible en ingenios paneleros, con el consecuente problema ambiental que genera su quema por las emisiones de partículas contaminantes. Con base en estos resultados, el Distrito quería identificar posibles usos para esos desperdicios.

Los ingenieros explican que los pavimentos son como un sándwich compuesto por varias capas. En los flexibles algunas de esas capas son de mezclas asfálticas, es decir, están compuestas por la combinación de materiales agregados (rocas) en diferentes tamaños y proporciones, y asfalto, un líquido viscoso que actúa como pegante y que por sí solo no ofrece ninguna resistencia estructural. Hay que tener en cuenta que el asfalto es el subproducto final de la refinación del petróleo (antes extraen combustibles como gasolina, kerosene y otros derivados) y por lo tanto su calidad no es la mejor. Por esta razón, desde hace cerca de 15 años existe un consenso en el mundo de que es deseable modificar el ligante asfáltico para mejorar sus propiedades generales. Este material pegante se puede fracturar con el tiempo y, al ser un derivado del petróleo, con los años se torna más duro y quebradizo ya que la acción del oxígeno lo envejece y cambia su estructura molecular. Con ese saber, y con el conocimiento de las características de las mezclas que se emplean en Colombia, el grupo de Los Andes empezó a experimentar en el Laboratorio de Mezclas Asfálticas para añadir llanta triturada a las mezclas tradicionales. “El reto estaba en establecer cuánto material triturado añadir y cómo añadirlo”, dice Caro.

Ella y Caicedo explican que al incluir caucho se busca mejorar esos dos puntos críticos. Por un lado, el látex de las llantas ayuda a que el pegante sea elástico. Por el otro, se pretende que el ligante incorpore los aditivos que tiene el caucho para protegerlo del envejecimiento y para mejorar el comportamiento mecánico general del asfalto. La modificación de mezclas asfálticas con residuos de llantas se puede hacer añadiendo el residuo directamente al asfalto



(modificación por vía húmeda) o incorporando el residuo en los materiales agregados (modificación por vía seca).

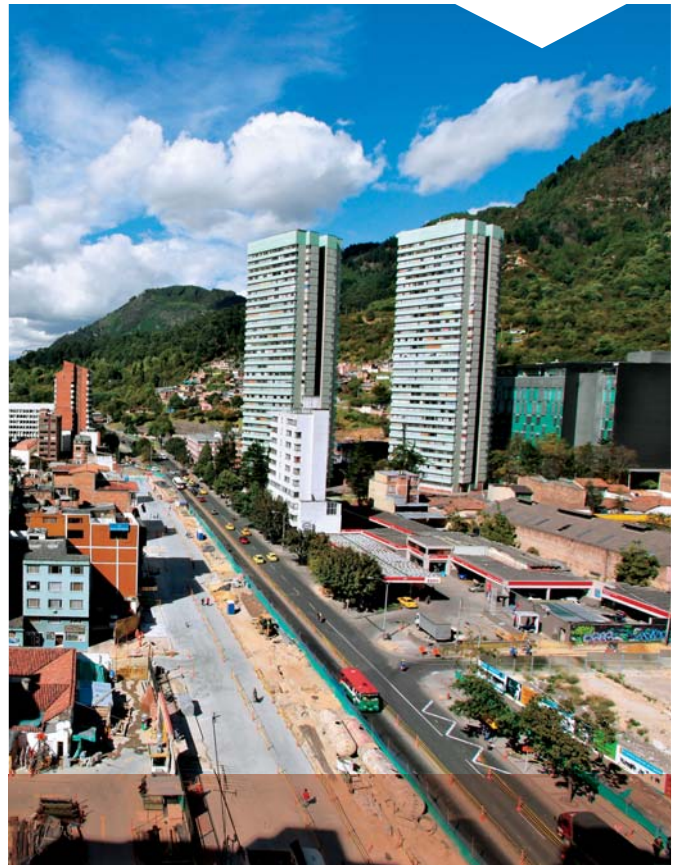
La primera fase de la investigación con pavimentos flexibles consistió en diseñar los materiales en los laboratorios para evaluar si la mezcla de caucho funcionaba de acuerdo con lo esperado; la segunda, en preparar una pista de prueba para reproducir lo experimentado en condiciones ambientales y de tráfico propias de la región. Así, en la segunda etapa, se pavimentaron 500 metros de vía en el sector de Álamos en Bogotá. El tramo de vía se dividió en cinco subtramos, cada uno de los cuales fue construido con una mezcla distinta: una con pavimento tradicional, que sirve de control; otra con modificación de caucho por vía húmeda; otra con la misma modificación, pero por vía seca, y dos más con modificaciones comerciales, cuyas propiedades ya son conocidas porque existen en el mercado. Las capas con mezclas asfálticas fueron diseñadas para durar un año y no los 15 o 20 que duran usualmente los pavimentos flexibles, pues no podían esperar tanto tiempo para evaluar su comportamiento. Los resultados mostraron que el tramo que contenía la mezcla con caucho modificado por vía húmeda presentó menos daños superficiales, mejores condiciones de servicio y mayor durabilidad general.

Con base en los resultados de este proyecto, el IDU expidió un documento con especificaciones técnicas para emplear el material, que ya están a disposición de los industriales y que podrían usarse en cualquier lugar del país, aunque los investigadores aclaran que no se ha probado en ciudades de altas temperaturas. Ahora, el reto está en empezar a usarlo masivamente. Hacerlo implica permear la industria para que cambie los estándares y adecuar la infraestructura de las fábricas del país para moler las llantas en cantidades que suplan la demanda. Aunque la readecuación parecería costosa, el precio del asfalto subirá solamente del 10 al 15%. Esta condición estaría ampliamente justificada ya que los ahorros obtenidos al duplicarse la vida útil del material compensarían la inversión y tendrían impacto enorme en las finanzas públicas —en especial porque la ciudad carece de recursos para actividades constantes de repavimentación— y porque su utilización traería importantes beneficios desde el punto de vista ambiental.

Bases para pavimentos rígidos

La segunda investigación que adelanta el Grupo de Geotecnia y Estructuras del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental es producto de una licitación del IDU que ganó la Universidad de los Andes y que también es financiada por el Banco Mundial. Los trabajos empezaron en febrero y se están terminando en estos días.

Caro y Caicedo explican que el estudio surgió de la preocupación del IDU por obtener materiales más durables y resistentes en pavimentos de concreto como aquellos usados en las troncales de Transmilenio. “Cuando se emplean pavimentos



▶ En los pavimentos rígidos o de concreto, como los empleados en las primeras troncales de Transmilenio, las losas deben tener el espesor y la resistencia apropiados para soportar el peso de los vehículos. Además, la base sobre la cual descansan esas losas debe ser durable.

rígidos —explica Caicedo—, es necesario tener en cuenta dos factores: que las losas tengan el espesor y la resistencia apropiados para soportar el peso de los vehículos, y que la base sobre la cual descansan esas losas sea durable, pues si se erosiona, desaparece y las placas se fracturan”. Y Caro añade: “Lo importante no es que soporten las fuerzas generadas por el tráfico, sino que ofrezcan un soporte permanente a las losas de concreto”.

Los problemas de erosión en la base y la consecuente fractura del pavimento de concreto se han presentado en algunas de las troncales de Transmilenio, en cuya reparación ya se han invertido 17 mil millones de pesos y falta un porcentaje muy alto por arreglar.

En el mismo laboratorio de Mezclas Asfálticas los investigadores experimentan con cuatro tipos de materiales especificados por el IDU: agregados sin cementar, mezclas de agregados



▶ Tras las investigaciones con mezclas asfálticas, el IDU expidió un documento con las especificaciones técnicas, que está disponible para los industriales. Si se acogen, se duplica la vida útil del pavimento.

y cemento, mezclas de agregados con emulsión asfáltica y cemento y mezclas asfálticas. El objetivo es caracterizar esos materiales, estudiar sus propiedades físicas y mecánicas y desarrollar un procedimiento experimental que permita evaluar la susceptibilidad a la erosión, tema sobre el cual no hay muchos estudios en el mundo. El diseño experimental propuesto por Los Andes es novedoso porque simula en el laboratorio los procesos hidráulicos que ocurren en el campo. Para hacerlo, los investigadores implementarán un nuevo ensayo en mesa vibratoria que permitirá estudiar la erosión por efecto del agua.

Los dos ingenieros resaltan que los pavimentos rígidos se diseñan para durar 20 o 30 años, pero requieren mantenimiento. Por un lado, hay que sellar las fisuras tan pronto aparecen,

pues así se impide la filtración del agua que daña las bases, y por el otro, hay que mantener destapados los desagües, porque la humedad es el mayor enemigo del pavimento. A su juicio, las recomendaciones que se deriven de esta investigación pasarán rápidamente a la industria porque no se requiere hacer reconversión industrial.

Además, servirían para cualquier tipo de pavimento en concreto y no solo para aquellos diseñados y contruidos en Bogotá, ya que no están estudiando la resistencia de los materiales a las cargas que deban soportar, sino la estabilidad de las bases y su resistencia a la erosión.

Estas dos no son las únicas investigaciones acometidas por el Grupo de Geotecnia y Estructuras en cuanto al efecto que los procesos de modificación tienen sobre el desempeño de los materiales que tradicionalmente se emplean en proyectos de infraestructura vial. Los estudios de Caro también se extienden a entender el comportamiento de las llamadas mezclas asfálticas tibias. Estas mezclas utilizan tecnologías que no se han empleado en Colombia y que permiten la producción y compactación del material a menores temperaturas que las requeridas en mezclas asfálticas tradicionales. La disminución en las temperaturas de fabricación y construcción de las mezclas reduce la cantidad de emisiones a la atmósfera y con ello el impacto negativo para el medio ambiente. El estudio se desarrolla mediante tesis de maestría y pretende emplear modelos micromecánicos de fractura para investigar el efecto de ciertos aditivos en las propiedades de estos materiales. A su vez, en un proyecto de tesis de grado, Caicedo estudia lo que ocurre al incluir fibras vegetales como el fique en las mezclas asfálticas.

Para estos dos ingenieros, cada vez hay más áreas por explorar, pues cuando a un material de uso tradicional se le adiciona un nuevo componente, se crea uno nuevo. En este sentido las investigaciones buscan responder si estos nuevos materiales son mejores con respecto de los que ya existen y si tienen potencial para la industria. En todos los casos, los esfuerzos apuntan a lograr que sean más durables y baratos, y a que, a su vez, contaminen menos y les ahorren miles de millones de pesos a los contribuyentes colombianos. ■

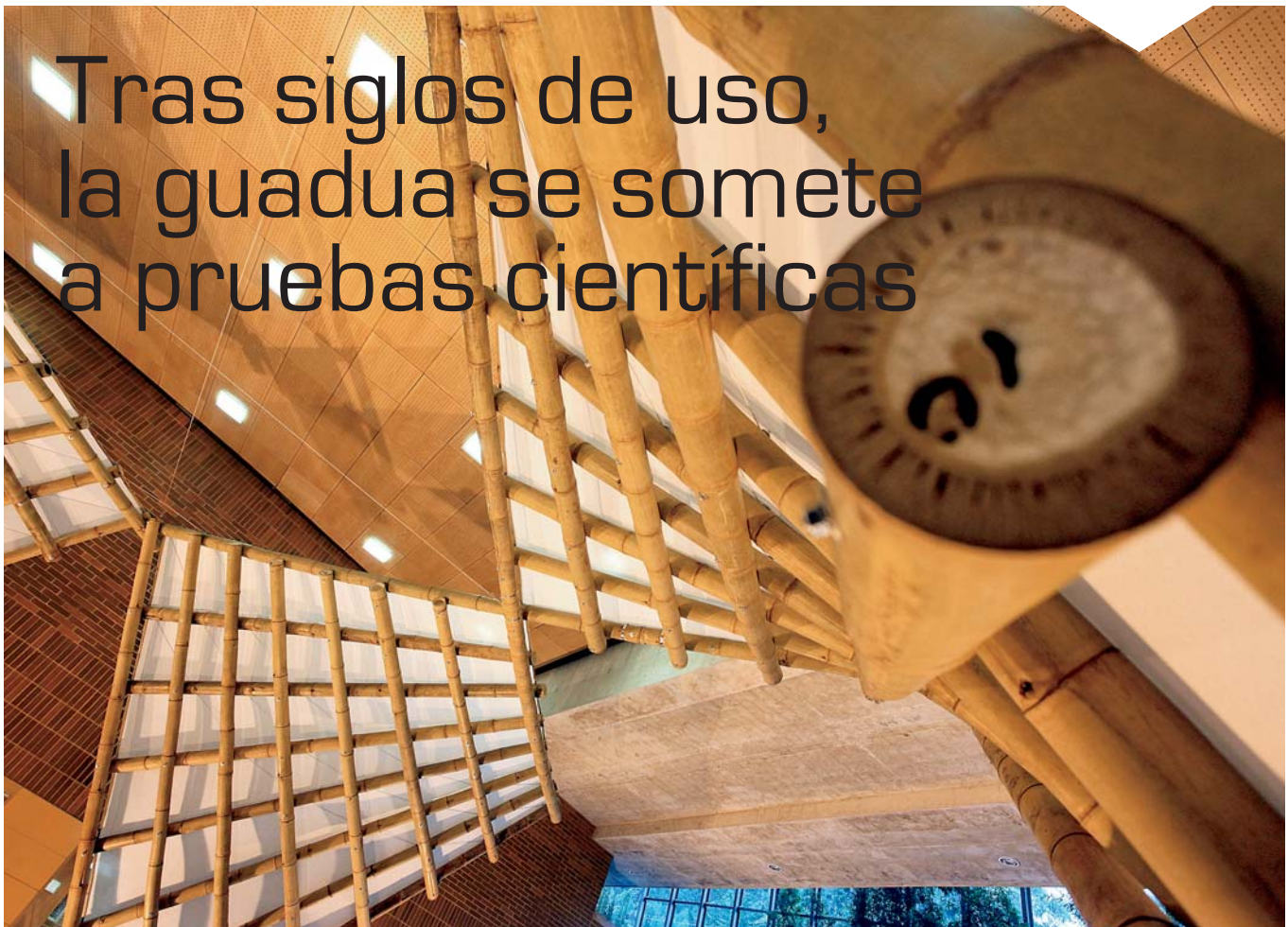


EL GRUPO: Geotecnia y Estructuras del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

CONTACTO: Silvia Caro Spinel, ingeniera civil, profesora asistente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. scaro@uniandes.edu.co



Bernardo Caicedo, ingeniero civil, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. bcaicedo@uniandes.edu.co



Tras siglos de uso, la guadua se somete a pruebas científicas

Desde el 2007, el ingeniero Juan Francisco Correal estudia la guadua en busca de suficientes explicaciones científicas de su comportamiento estructural. Ello permitirá definir unos estándares unificados para promover la construcción sostenible de viviendas de hasta cuatro pisos.

Estructura realizada para el Congreso Internacional de Estructuras Modernas de Bambú, que organizó el año pasado el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de Los Andes.

Desde hace muchos siglos, el bambú ha sido empleado por distintas culturas en la construcción de vivienda en todo el mundo. De hecho, la carrera profesional de Simón Vélez, uno de los arquitectos colombianos más importantes y con reconocimiento, trayectoria y varios premios mundiales, se ha desarrollado empleando la guadua, una especie de bambú, como elemento protagónico de sus construcciones.

Sin embargo, en la actualidad hay poca información que valide técnicamente el comportamiento estructural del bambú e impulse su uso masivo como material para la construc-

ción de estructuras, asegura Juan Francisco Correal, ingeniero civil con doctorado en Ingeniería Civil (Estructuras y Puentes) de la Universidad de Nevada (Estados Unidos), director del Laboratorio Integrado de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes y miembro del Centro de Investigaciones en Materiales y Obras Civiles, CIMOC. El manejo empírico e intuitivo de la guadua se ha basado en la experiencia derivada de la construcción.

Por ello, Correal está empeñado en entender cómo se comporta, y a partir de ahí, definir unos estándares unificados para



De acuerdo con las investigaciones de Juan Francisco Correal y Juliana Arbeláez, la mayor resistencia mecánica de la guadua rolliza está entre el tercero y cuarto año de edad.

la edificación tanto con guadua rolliza como laminada, con el fin de generar mucha más confianza en los constructores, arquitectos e ingenieros. De esta forma se podría promover el uso masivo de este bambú, el cual será incluido en la actualización de la norma de construcción sismorresistente de Colombia.

Explica Correal que aunque la guadua se ha usado en estructuras de techos y se han hecho algunos puentes peatonales, además de emplearse en otras obras menos exigentes, tradicionalmente se le ha dado un uso marginal, poco extendido y sin un valor agregado importante. Opina que una forma de estandarizarla es por medio del laminado, un proceso industrial que no se limita por la naturaleza misma del material, como pasa en la guadua rolliza o en estado natural.

El interés de Juan Francisco Correal por este material comenzó cuando trabajaba en Estados Unidos en el 2004 y vio cómo la madera se empleaba como elemento estructural en la construcción de edificaciones hasta de cuatro pisos. Por esta

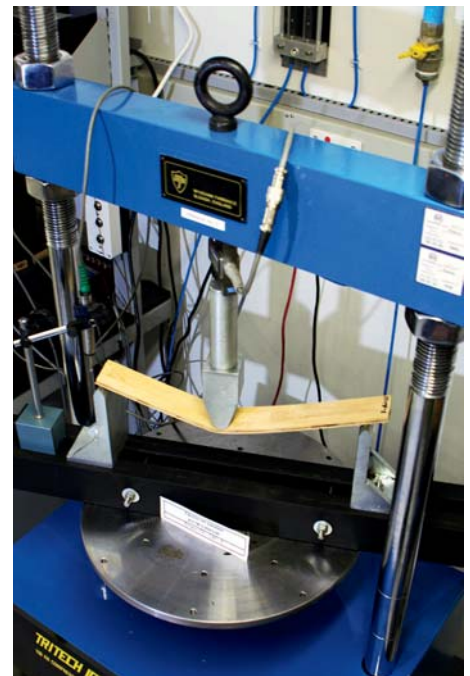
experiencia se planteó la idea de utilizar guadua en Colombia, un país con un déficit anual de vivienda de 2,3 millones de unidades —mientras que la oferta es apenas de la mitad—, de acuerdo con estudios de Diego Echeverry (q.e.p.d), ingeniero civil de la Universidad de los Andes. Asegura Correal que la guadua sería un recurso accesible en términos de vivienda de interés social, ya que una casa de 50 m² con acabados tendría un precio de, aproximadamente, 25 millones de pesos.

Es importante tener en cuenta que la *National Science Foundation* (NSF) considera la madera como el único material de construcción sostenible, en tanto que el concreto, el acero, la mampostería, etc., no pueden clasificarse como renovables y sus producciones contribuyen a la contaminación del planeta. Ahora bien, si se compara la madera con la guadua, mientras el pino *Radiata*, por ejemplo, tarda 25 años en estar listo para su uso, la guadua —que alcanza de 20 a 30 metros de altura— crece mucho más rápido y ofrece la mejor resistencia mecánica entre el tercero y cuarto año de edad, de acuerdo con un estudio desarrollado por Correal y Juliana Arbeláez (estudiante de maestría) titulado “Influence of Age and Height Position on Colombian Guadua *Angustifolia Kunt* Bamboo Mechanical Properties”, el cual se publicará en la revista *Madera Ciencia y Tecnología*. Además de que captura CO₂ en la misma proporción que la madera, el bambú es igual y en algunos casos más resistente que las maderas estructurales. En particular la especie de bambú colombiano guadua *Angustifolia Kunt* es entre un 20 y un 30% más resistente que especies de China, asegura el profesor Correal. Sin embargo, en Colombia no se cultiva de manera



El corazón de la mesa vibratoria, donde se hicieron las pruebas de resistencia de la casa de guadua laminada, es el gato hidráulico que le otorga una capacidad dinámica máxima de 50 toneladas, con un control diseñado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Prueba de flexión en laminados de guadua, realizada en una máquina universal de pruebas, del Laboratorio de Modelos Estructurales.



Este modelo de casa construido con guadua laminada fue sometido a sismos de diversa intensidad para probar la resistencia del material, medida con sensores que se colocaron en distintas partes de la estructura.

industrial y no existe una política gubernamental que apoye su cultivo ni la construcción, como tampoco tiene acogida o respaldo de la mayoría de los constructores.

Las investigaciones de Juan Francisco Correal y el CIMOC, que buscan que el uso de la guadua adquiera un soporte técnico-científico, comenzaron en el 2007 cuando el CIMOC ganó una convocatoria Nacional del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para llevar a cabo un proyecto titulado “Validación tecnológica de los laminados de guadua para la industria de la construcción”, realizada con el fin de ayudar a la cadena productiva de la guadua. Después, en 2008, nuevamente el CIMOC ganó una convocatoria de ese mismo Ministerio pero esta vez para investigar el comportamiento de la guadua rolliza (en estado natural) como material para la construcción de estructuras. Cada proyecto otorgado al CIMOC tiene un costo aproximado de 1.400 millones de pesos, y está cofinanciado por la empresa Colguadua Ltda., encargada de suministrar la materia prima: guadua laminada y rolliza.

Como resultado de los estudios de guadua laminada, se ha podido verificar que su resistencia es igual, y en algunos casos superior, a la madera estructural colombiana. Adicionalmente se ha logrado definir el tipo y cantidad de adhesivo necesarios en el proceso de laminación. Por otro lado, se ha estudiado el comportamiento de elementos tipo viga, columnas y muros a escala real, así como el de uniones entre elementos de guadua laminada, en los cuales se ha demostrado el potencial de este material para la construcción de estructuras. Finalmente, se realizaron, por primera vez en el mundo, diferentes ensayos a escala real de una vivienda con muros de guadua laminada en la mesa vibratoria del Laboratorio de Modelos Estructurales de la Universidad de los Andes. Este ensayo proporciona información experimental única del comportamiento sismo-resistente del sistema de muros laminados de guadua con el cual se podrían construir edificaciones de varios pisos. Los ensayos en mesa vibratoria fueron en una edificación tipo, de uno y dos pisos, sometida a una serie de sismos o terremotos correspondientes a una amenaza sísmica alta como la que podría darse en algunas regiones de Colombia. Los resultados no han sido procesados aún.



En cuanto a los temas que se han estudiado en guadua rolliza y, basados en ensayos de resistencia en este material, Correal y alumnos de maestría han estudiado experimentalmente las propiedades mecánicas de la guadua y han podido demostrar que es tan resistente como el concreto cuando se somete a compresión, y como el acero cuando este bambú se expone a tensión. Además, se está analizando el comportamiento experimental, a escala real, de vigas, columnas, cerchas, uniones y marcos compuestos de guadua rolliza. Al final de la investigación se pretende evaluar —mediante ensayos en la mesa vibratoria de Uniandes— el comportamiento sísmico de un sistema estructural de uno y dos pisos para una casa tipo de vivienda de interés social (VIS), compuesto de pórticos de guadua. Estas investigaciones dirigidas por el profesor Correal cuentan con la participación de los profesores Fernando Ramírez y Luis Yamín, del grupo CIMOC, de 6 estudiantes de maestría y 4 de pregrado. ■



EL GRUPO: Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles, CIMOC.

CONTACTO: Juan Francisco Correal, ingeniero civil, profesor asistente y director del Laboratorio Integrado del Departamento Ingeniería Civil y Ambiental. jcorreal@uniandes.edu.co

Investigación original empresa constructora

Una compañía innovadora acudió a la Universidad de los Andes para que el grupo CIPP-CIPEM del Departamento de Ingeniería Mecánica desarrollara un compuesto con el que hoy se fabrican casas modulares.

Vivienda de interés social (VIS), casas para los desplazados, para albergar a las víctimas de desastres naturales o a los soldados que habitan temporalmente un lugar: es la oferta de Woodpecker S.A.S., empresa que fabrica un material compuesto durable, de bajo costo y liviano. Woodpecker S.A.S. surgió luego de que el Grupo de Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM realizó una investigación, dirigida por el ingeniero mecánico Jorge Alberto Medina, doctor en Materiales de la Universidad de Navarra, para desarrollar un nuevo material a partir de una fibra natural y polímero: cisco de café, PVC puro y PVC reciclado.

Desde 1996, el grupo CIPP-CIPEM ha dedicado sus esfuerzos al fomento de la relación universidad-industria en una amplia diversidad de escenarios. A nivel de creación de empresa hoy cuenta con dos experiencias exitosas auspiciadas por Colciencias: Bioplast S.A. posicionada en Armenia y hoy proveedora mayoritaria de las sillas para los sistemas de transporte masivo en América Latina; y Woodpecker S.A.S., empresa pionera en el país con la introducción de ecocompuestos de polímeros reforzados con fibras vegetales mediante la manufactura de elementos para la construcción y la oferta de viviendas de interés social realizadas con este tipo de productos. Estas experiencias pueden ser valoradas por el sector productivo para efectos de buscar mayores escenarios de interacción entre la Universidad, la empresa y el Estado.

El encuentro entre Maeco —empresa que dio origen a Woodpecker S.A.S.— y el CIPP-CIPEM se dio de forma natural mediante la búsqueda de las respuestas a los intereses particulares de cada una de las entidades sobre un producto común. Una vez más, en Maeco Ltda. surgió el interés por innovar con la introducción de los ecocompuestos como nuevos materiales y productos para la construcción. En el caso del CIPP-CIPEM, el trabajo se presentó como continuidad de los iniciados en el año 2000 con el reforzamiento de polietilenos de alta densidad con fibras lignocelulósicas provenientes de diversas fuentes. A partir de ello, se realizaron investigaciones para la introducción de estas tecnologías en el país con la adecuación a las materias primas renovables autóctonas. Guiados por algunas publicaciones del grupo sobre esta temática, además de los antecedentes presentados hace 8 años en la primera versión del Foro Andino del PVC y un proyecto previo de nuevas materias con ecocompuestos de base PVC para la compañía Geon Polímeros Andinos, los empresarios acudieron a la Universidad de los Andes con el fin de incursionar en una nueva tecnología y en su apropiación para la creación de woodpecker.

Detalles del proyecto

El desarrollo de este compuesto —que se transforma en perfiles para la construcción modular de viviendas sustentables—

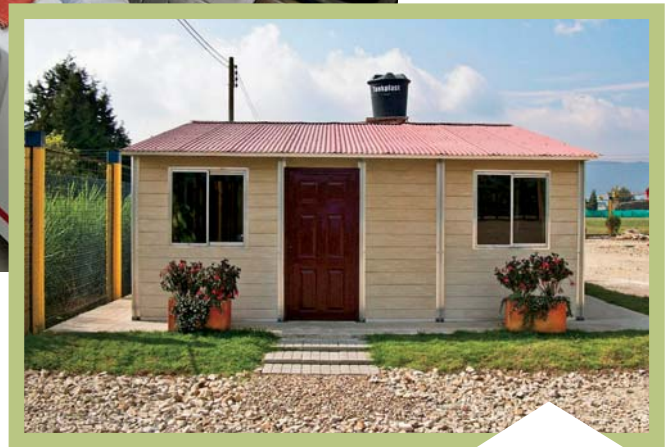


Los perfiles de woodpecker pueden emplearse en pisos y muros no estructurales. En la construcción de las casas, que tarda cinco días, se necesitan dos personas y herramientas típicas. El costo total es de 15 millones de pesos.



El grupo CIPP-CIPEM también asesoró a Woodpecker S.A.S. en la búsqueda de la maquinaria más adecuada, que fue importada. Lo mismo ocurrió con la selección de los equipos periféricos, todos colombianos.

Una casa de un piso y 48m² pesa dos y media toneladas. La empresa vende todo: desde el woodpecker hasta el zinc del techo y los perfiles de aluminio.



se adoptó de manera integral, desde una formulación original diseñada para aprovechar un residuo de la agroindustria del café —el cisco— combinado con PVC, un polímero que ha demostrado enormes ventajas para el sector de la construcción. Pero además, este trabajo tuvo el mérito de ser desarrollado tecnológicamente a escala laboratorio, a escala industrial y en el nivel de aplicación en sistemas constructivos de pisos y paredes modulares.

La selección de la fibra reforzante se realizó teniendo en cuenta composición, propiedades mecánicas, nivel de refinamiento requerido, disponibilidad y costos de adquisición. Se evaluaron fibras de caña, cascarilla de arroz, raquis de la palma africana, seudotallo de banano, fique y cisco de café. Una vez ponderadas las características mencionadas se seleccionó el cisco de café. De manera semejante se evaluó el material plástico entre el polietileno de alta densidad, el polipropileno y el PVC, considerando aspectos como los señalados para las fibras, e incluyendo el factor reciclabilidad y afinidad con el material lignocelulósico. De esta manera se concretó la dirección para el naciente woodpecker WPC en torno al proyecto denominado “Desarrollo de producto y proceso de compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras naturales”, cofinanciado entre Maeco Ltda. y Colciencias. La ejecución del proyecto fue dirigida por Jorge Medina, del grupo CIPP-CIPEM, y en ella participaron varios profesores y estudiantes de ingeniería.

Este nuevo compuesto, con un 60% del residuo agrícola, se convierte en competidor de materiales con serios compro-

misos ambientales, como la madera, el aluminio y el acero en aplicaciones no estructurales, y del concreto y el ladrillo en la sismorresistencia. La inclusión de PVC reciclado y la reciclabilidad de los productos después de su ciclo de vida favorecieron aún más su posicionamiento sustentable.

Su concreción en la elaboración de viviendas de interés social hoy es un hecho sin precedentes en el país y en la región. Es un caso donde el Estado a través de Colciencias ha catalizado una interacción entre la universidad y la empresa para el desarrollo basado en la aplicación del conocimiento con el logro de impactos tangibles para con la tecnología, la sociedad y el ambiente.

Las soluciones de vivienda diseñadas por Woodpecker S.A.S. para áreas de 24 y 48 m² han sido validadas estructuralmente empleando herramientas analíticas y software especializado en cálculos estructurales. Se ha realizado el diseño para el cumplimiento de los códigos de sismorresistencia y de resistencia a las cargas del viento para la posible instalación de esta construcción en cualquier lugar del país.

Como cada casa tiene un peso muy bajo y como es modular, la energía invertida en el transporte de materiales y en la construcción se minimiza. Una casa de 1 piso de 48 m² pesa 2,5 toneladas mientras una estructura prefabricada equivalente

pesa cerca 10 toneladas; y una vivienda convencional pesa entre 2 y 3 veces este valor. El ahorro en los costos de mano de obra también es significativo pues este modelo se puede construir en 5 días con 2 personas y un juego de herramientas típicas. Y el precio de venta es de \$15.000.000 que supera en una relación de 2:1 a la vivienda de interés social más asequible.

Como complemento de estos impactos tecnológicos se prepararon dos borradores de norma técnica para la caracterización de estos materiales: "Guía estándar para la evaluación de propiedades mecánicas y físicas en productos hechos con compuestos de madera y plástico" y "Norma para el establecimiento de clasificaciones de desempeño en compuestos de madera-plástico, para sistemas de tablonos y barandas".



▶ Izquierda, pellets de PVC, PVC reciclado y cisco de café, punto de partida para woodpecker. Derecha, PVC puro.

Materias primas: alta disponibilidad

La disponibilidad anual del cisco de café en Colombia es cercana a 82.000 toneladas. Actualmente no hay aplicaciones de valor agregado para este producto. Este contribuye a la generación de CO₂ (descomposición aeróbica) y metano (descomposición anaeróbica) en su proceso de compostaje, con efectos positivos sobre el medio ambiente. Mediante su encapsulamiento en el PVC se previene esta fuente de emisiones y se resuelve un problema de residuos sólidos.

El PVC y sus aplicaciones se destinan en cerca de un 70% a la construcción. Tienen uno de los impactos ambientales más bajos en el ciclo de vida, comparados con los de materiales alternativos para el mismo uso. Por cada tonelada de PVC tan solo 0,63 proviene del petróleo y su reciclabilidad es un potencial que se aprovecha en este nuevo material.

Mínima energía y alto rendimiento

El diseño geométrico y estructural de estos sistemas se ha realizado empleando herramientas computacionales para propiciar el mejor rendimiento mecánico con la mínima cantidad de material (reducción en la fuente).

El proceso de secado del cisco ha sido evaluado para optimizar la energía necesaria para lograr este propósito.



▶ La investigación del CIPP-CIPEM dio origen a una nueva empresa y generó 14 empleos directos.

La formulación seleccionada fue escogida buscando el mejor balance entre las propiedades deseadas para los productos y la mínima energía consumida por el material para su procesamiento, característica medida a escala laboratorio y a escala industrial.

Impactos sociales

Entre los impactos se destaca la creación de una nueva empresa, Woodpecker S.A.S., con sus productos registrados como Woodpecker WPC®. El nuevo desarrollo ha propiciado la creación de 14 empleos directos en épocas en las que las tasas de desempleo representan una problemática social muy sensible.

La formación de recurso humano altamente calificado y el fortalecimiento de la capacidad investigativa en el país también han sido un valor agregado de esta iniciativa. Se han formado tres ingenieros a nivel de maestría, uno de ellos, Fabián Velandía, es el actual gerente técnico de Woodpecker S.A.S., Mauricio Gonzales es hoy instructor en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de los Andes y Luis Ernesto Pinzón se desempeña profesionalmente en una multinacional.

Reconocimientos

El proyecto hasta la fecha ha recibido diversas distinciones: dos cartas de la Presidencia de la República exaltando el valor tecnológico, social y ambiental del trabajo desarrollado y el reconocimiento al equipo de trabajo. Además, el premio Crea PVC a la Innovación 2009 como "Mejor trabajo con potencial de negocio", otorgado por la cadena productiva relacionada con el PVC a través de la Corporación Foro Andino del PVC. ■



EL GRUPO: Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM.

CONTACTO: Jorge Alberto Medina, ingeniero mecánico, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica. jmedina@uniandes.edu.co

Materiales compuestos, mezcla de resistencia y confort

El Departamento de Ingeniería Mecánica y el Departamento de Diseño se unieron para desarrollar materiales destinados a fabricar prendas de protección contra impactos o deflagraciones, teniendo en cuenta las características antropométricas de los colombianos.

Los compuestos se encuentran dentro del grupo más importante de materiales de ingeniería desarrollados en los últimos cincuenta años. Se trata de combinaciones de materiales de refuerzo (como fibras o partículas) dentro de una matriz o aglutinante. Aun cuando nacieron en el seno de la revolución aeroespacial, su creciente aplicación en sectores no militares ha impulsado de manera significativa la investigación en el área.

Los integrantes del Grupo de Integridad Estructural, GIE, de Ingeniería Mecánica, y del Grupo Diseño Inspirado en la Naturaleza, DIIN, de Diseño, están desarrollando materiales compuestos para la fabricación de prendas innovadoras, de alto desempeño y bajo peso, destinadas a la protección de personas expuestas a riesgos como impactos o deflagraciones accidentales.

El desarrollo de nuevos materiales compuestos en el país está condicionado a dos factores que son frecuentemente contradictorios: la facilidad de acceso al conocimiento y la capacidad para transferir tecnología. El primero, la facilidad de acceso al conocimiento, es una consecuencia natural del crecimiento exponencial de las tecnologías de información: la mayoría de instituciones universitarias en el país tienen acceso a bases de datos que permiten la consulta de publicaciones que contienen el estado del arte en diversas aéreas. El segundo, la capacidad para transferir tecnología, es una barrera para la utilización



Alejandro Marañón, director del Departamento de Ingeniería Mecánica, tiene doctorado y posdoctorado en Materiales Compuestos en la Universidad de Loughborough (Inglaterra).

de ese saber: costos, infraestructura y materias primas con frecuencia impiden que la industria y la academia del país hagan uso efectivo de ese conocimiento disponible en la literatura y de su potencial de investigación.

En este proyecto investigativo, la innovación consiste en el desarrollo de nuevos conceptos para integrar los productos a las características antropométricas de las personas que los usan. Alejandro Marañón, investigador del Grupo de Integridad Estructural, menciona que el nivel de protección que proporcionan los productos diseñados depende de su nivel de ajuste a las características fisionómicas de sus usuarios. Como consecuencia, en el proyecto se está desarrollando una caracterización antropométrica de un segmento de la población colombiana, la cual permitirá generar las tallas apropiadas para cada una de las prendas creadas.

De este proyecto de investigación en materiales compuestos hacen parte, además del profesor Marañón, los profesores Luis Mario Mateus y Juan Pablo Casas y la instructora Ana María Polanco, del Departamento de Ingeniería Mecánica, y los profesores Amparo Quijano, Camilo Ayala y Francisco Herrán, del Departamento de Diseño. ■

LOS GRUPOS: Grupo de Integridad Estructural del Departamento de Ingeniería Mecánica, GIE, y Diseño Inspirado en la Naturaleza, DIIN, del Departamento de Diseño de la Facultad de Arquitectura y Diseño.

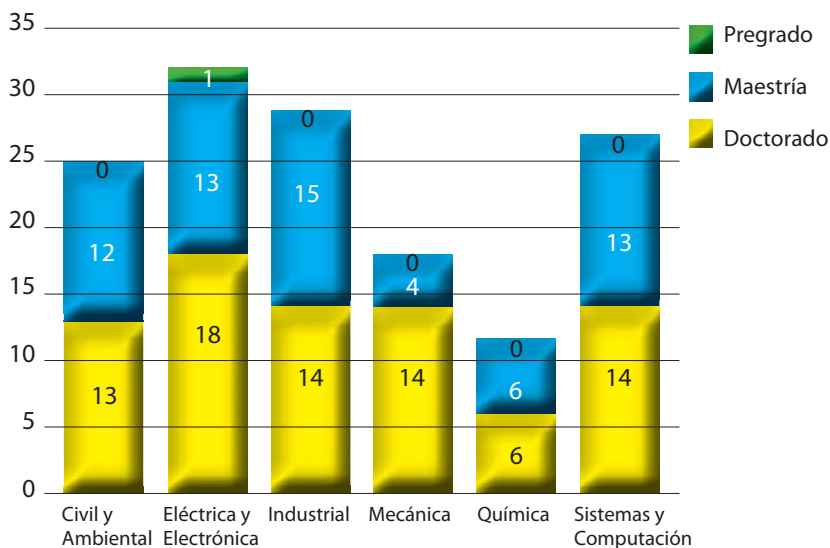
CONTACTO: Alejandro Marañón, ingeniero mecánico, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica y director de ese Departamento, emaranon@uniandes.edu.co.



La facultad en números

La Facultad de Ingeniería tiene 6.018 estudiantes y 133 docentes de planta. Ingeniería Ambiental e Ingeniería Química siguen siendo las únicas en las que predominan las mujeres, mientras que Eléctrica y Electrónica es la que cuenta con mayor número de docentes con título de doctorado.

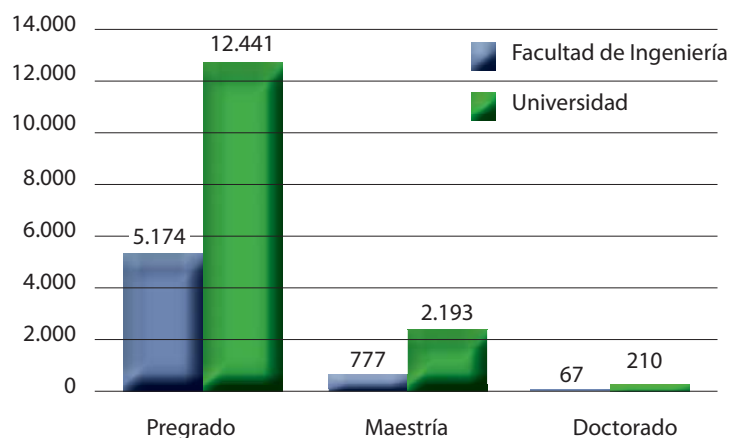
Facultad de Ingeniería
Composición docente año 2010



Número de estudiantes de pregrado por semestre		
Facultad/Programa	2010-1	2010-2
Ingeniería Ambiental	327	363
Ingeniería Civil	569	581
Ingeniería Eléctrica	87	85
Ingeniería Electrónica	572	493
Ingeniería General	64	58
Ingeniería Industrial	1.999	1.946
Ingeniería Mecánica	668	673
Ingeniería Química	657	622
Ingeniería de Sistemas	391	353
Total	5.334	5.174

Población magíster 2010		
Semestre	2010-1	2010-2
Magíster Ingeniería Área Civil	251	252
Magíster Ingeniería Área Eléctrica	32	31
Magíster Ingeniería Área Electrónica	72	61
Magíster Ingeniería Área Industrial	221	213
Magíster Ingeniería Área Mecánica	51	47
Magíster Ingeniería Área Sistemas	158	150
Magíster Ingeniería Área Química	12	15
Magíster Ciencias Biomédicas	17	8
Magíster Regulación	1	0
Total	815	777

Proporción de estudiantes de Ingeniería vs total de la población universitaria 2010





Energía para un mercado competitivo

Con el advenimiento de las redes inteligentes de distribución eléctrica, el mundo busca adaptarse a los cambios que imponen la tecnología, la globalización y la preocupación por el medio ambiente. Los grupos de Potencia y Energía, Control y Automatización y Telecomunicaciones, de la Universidad de los Andes, trabajan en la adecuación de estas redes al caso colombiano.

Cortes y racionamientos de energía como los que está padeciendo Venezuela hoy o los que afectaron la economía y la vida diaria de los colombianos en los años 90 serán menos probables cuando estén en funcionamiento las redes inteligentes de sistemas eléctricos. Estas redes, que ya se están construyendo en algunas ciudades como Boulder (Colorado, Estados Unidos), se investigan en todo el mundo y en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes, con la participación de Codensa y la cofinanciación de Colciencias.

De acuerdo con Ángela Cadena, profesora asociada del Departamento y miembro del grupo de Potencia y Energía, una red eléctrica inteligente involucra los diferentes agentes que participan en el mercado eléctrico, como son diversos generadores de energía, grandes y pequeños, de fuentes renovables o no; los transportadores, distribuidores y comercializadores, y los operadores del sistema. Además abre la posibilidad de una más amplia participación a los consumidores y a nuevos operadores de redes. Una red inteligente puede ofrecer información acerca de los precios, los consumos y la disponibilidad de energía de



Los consumidores de energía tendrán una más amplia participación en el mercado, como generadores y como consumidores. Además, podrán decidir a quién comprarle el suministro, de acuerdo con la oferta disponible.

cualquiera de las fuentes generadoras con lo cual se mejorará la respuesta y los operadores de red lograrán una mejor gestión y control de pérdidas.

Esta participación más activa va a requerir un control más complejo del sistema para garantizar un servicio confiable que, en general, cumpla las condiciones mínimas establecidas para el servicio público. Además, están comprometidas complejas tecnologías de comunicación que brindan información acerca del estado del sistema, y de todos los agentes que lo componen.

Lo anterior ha sido posible gracias a “la transformación en los equipos de medición, en las telecomunicaciones, en la electrónica, en los sistemas de control y en los sistemas de información que determinan nuevas maneras de organizar esa industria”. Se requieren procesos competitivos con activa participación de agentes que propicien bajos costos y que, para permanecer en ese mercado, incorporen tecnologías eficientes e innovaciones recientes”, señala Cadena.

De esta manera, cuando se ponga en funcionamiento este sistema, con una generación en el sitio y los sistemas de medición, control y telecomunicaciones, se espera que los encargados, en este caso el operador de la red en coordinación con

el Centro Nacional de Despacho, puedan tomar las decisiones más adecuadas en tiempo real y de manera rápida, y el consumidor tenga acceso, a través de internet, a información que le permita organizar sus decisiones de oferta y demanda de energía. Podrá, igualmente, saber cuáles son los niveles de consumo de su casa y de cada electrodoméstico y vender la energía que genera —por celdas solares, microturbinas de gas, pequeñas centrales hidroeléctricas—, cuando no la requiera.

El proyecto involucra a varios profesores del Departamento, entre ellos Ángela Cadena, Nicanor Quijano, Roberto Bustamante, Fernando Jiménez y Mario Ríos, así como a los estudiantes de doctorado Camilo Táutiva y Andrés Pantoja, y de maestría, Álvaro Acuña, Juan Gabriel García y Daniel Muñoz. También ha logrado contar con la activa participación de un grupo de profesionales de Codensa quienes han apoyado, conjuntamente con Colciencias, la financiación de este trabajo.

Controlar, vital para el funcionamiento

Organizar un sistema donde hay muchos más agentes —con menor tamaño de generadores, algunos que funcionan con fuentes intermitentes, equipos de medición y automatización

y redes de comunicación— no es una tarea sencilla, afirma Cadena. Uno de los elementos importantes en el diseño de la red inteligente es el control. “En el mercado colombiano, el control y la operación del sistema se realizan de manera centralizada. Ahora deberíamos avanzar a un esquema más descentralizado”, afirma el profesor Nicanor Quijano. Y complementa: “El problema es que hasta ahora la energía no es almacenable a precios razonables, de tal forma que si alguien la produce de día pero no la consume, debe vendérsela a la red y comprar en la noche cuando sí consumirá: todo eso debe decidirse sobre el tiempo, en el momento del consumo, teniendo en cuenta además que la producción de energía de menor escala va a tener un comportamiento más estocástico”.

De acuerdo con Nicanor Quijano, hay dos tipos de control: el técnico y el asociado al despacho económico. El primero tiene que ver con la calidad, la potencia, las intensidades y el voltaje. El segundo se relaciona con el programa de producción de los generadores. Pero además, explica, hay varias escalas en el control: “En una microrred puede haber uno para determinar si se quiere generar o no energía según si hay sol o no, por ejemplo. Pero ese elemento no es el único y, además, depende de lo que pase con otras microrredes. De tal forma que habrá controles superiores que puedan ordenar todas esas decisiones para que no se afecte la disponibilidad del servicio o su calidad. En el momento en que muchísimos pequeños generadores se puedan instalar cerca de los centros de consumo, va a proliferar la generación: ya no se los controlará desde un solo centro”.

Medición y telecomunicaciones, un complemento indispensable

Para que se puedan tomar esas decisiones se necesitan sensores, equipos electrónicos que hagan mediciones de variables eléctricas que se deben procesar: ahí entran las telecomunicaciones porque esta información se procesa no solo localmente sino, más importante aún, en centros remotos. La cantidad de datos y la frecuencia y confiabilidad con que se envíen va a implicar redes de telecomunicaciones más complejas y sofisticadas, explica el profesor Roberto Bustamante, quien investiga el tema de las telecomunicaciones en este proyecto. Serán comunicaciones bidireccionales: se quiere que el consumidor tenga amplio acceso a la información para saber cuándo y cuánto consume. “Se habla de un sistema inteligente porque tiene más información y alguna autonomía, y porque permite tomar decisiones en tiempo real, de acuerdo con la referencias de precios

La participación activa de un mayor número de actores en el espectro energético va a requerir un control más complejo del sistema para garantizar un servicio confiable.

y cantidades generadas y, ocasionalmente, con la calidad del servicio y la fuente que la genera. Estos aspectos serán suministrados por gran cantidad de sensores o medidores en cada residencia y en distintas partes de la red”. Eventualmente se llegará también a un sofisticado control remoto de la red eléctrica cuando se incorporen también equipos actuadores avanzados, además de los medidores ya mencionados, señala el profesor Bustamante.

Por ahora el proyecto está en manos de la academia. Se ha llevado a cabo una etapa de familiarización con el tema que concluyó con la identificación de los retos tecnológicos en materia de ubicación y despacho, de control y de telecomunicaciones. También se construyó, en la Universidad Nacional, una pequeña red distribuidora piloto con dos generadores, uno fotovoltaico y otro de biomasa, que envía datos a Los Andes, para hacer control y despacho y seguir el funcionamiento de este sistema. Este año comienza la segunda etapa del proyecto, durante la cual se van a simular una o varias microrredes en el sistema de distribución de Codensa y se va a continuar con el seguimiento al sistema piloto instalado. En una tercera etapa se buscará construir una microrred en algunos de los sitios estudiados en la fase anterior para hacer un seguimiento detallado a una instalación real en alguna población.

En Los Andes, han empezado a involucrarse estos temas en el currículo del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y en los trabajos de los estudiantes de maestría y pregrado. Sin embargo, es un hecho que en algún tiempo saldrá de las aulas, de la mano de entidades como Codensa y Colciencias que lo han apoyado y que tienen claro que, en el futuro, la distribución de la energía se hará a través de redes inteligentes que serán más amigables con el planeta y con el bolsillo del consumidor. ■



LOS GRUPOS: Potencia y Energía, Control y Automatización, y Telecomunicaciones.

CONTACTO: Ángela Cadena, Nicanor Quijano y Roberto Bustamante, profesores asociados del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. acadena@uniandes.edu.co, nquijano@uniandes.edu.co, rbustama@uniandes.edu.co.

La virtualidad llegó a la ciencia

La Universidad de los Andes está comprometida de lleno en la utilización del *grid computing*, una tecnología que permite crear centros de investigación virtuales para compartir recursos con investigadores nacionales, latinoamericanos y mundiales. Los ingenieros de sistemas y computación juegan un papel fundamental.

30

Como si se tratara de un enorme centro de investigación dotado con modernos y muy especializados equipos, en el que, además, hay profesionales idóneos para resolver aspectos muy puntuales de un problema, científicos de todo el mundo están creando laboratorios virtuales en la Red. El paso es posible gracias a una tecnología conocida como *grid computing* que funciona sobre redes avanzadas de tecnología en internet y permite poner al servicio de un propósito común recursos dispersos a través de todo el planeta. Entre ellos están: capacidad de cómputo, procesamiento y almacenamiento de datos, microscopios especializados, satélites y telescopios.

Harlod Castro, ingeniero de sistemas y computación, director del grupo de investigación Comunicaciones y Tecnología de la Información COMIT, está encargado de desarrollar esa tecnología en la Universidad para unirla a las redes internacionales y nacionales e incluso para desarrollar una interna en el campus. Esto hace parte del propósito de hacer de Los Andes un centro de investigación de alto nivel.

Esta es una forma de trabajo colaborativo que facilita crear un grupo de investigación y dotarlo con la infraestructura necesaria. "Ya no es solo para compartir archivos, como se hace con internet, sino compartir capacidad para investigar conjuntamente. El *grid* es el presente de la ciencia y rompe la distancia entre el Norte y el Sur en cuestiones tecnológicas y científicas", explica este doctor en Informática del Instituto Nacional Politécnico de Grenoble (INPG, Francia).

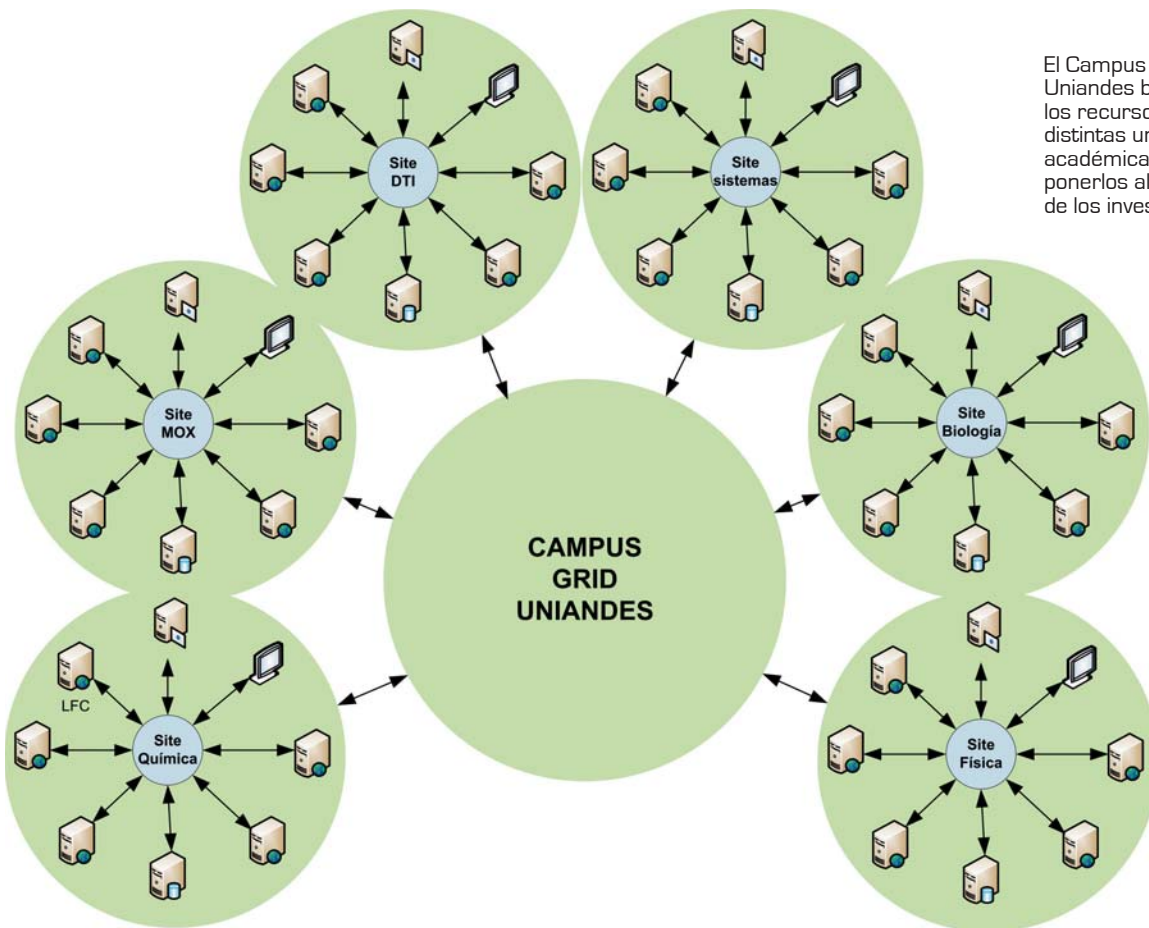


En 2007, la Universidad adquirió un *cluster* para que la Dirección de Tecnología de la Información (DTI), que maneja la infraestructura tecnológica, pudiera conectar a los científicos.

La herramienta podría usarse en muchos campos, pero está enfocada en la ciencia, hasta el punto de que hoy en día se habla de e-ciencia. Entre sus virtudes está el permitir acometer investigaciones complejas para resolver problemas más grandes que requieren enormes recursos que no suelen estar disponibles en un solo lugar y que involucran la cooperación entre cientos de científicos dispersos en todo el mundo. Además, se aceleran los resultados porque la capacidad de procesamiento de los datos es mayor y se pueden ejecutar programas en muchos computadores simultáneamente, y todo ello con seguridad.

En el mundo se usa, por ejemplo, para recoger la información generada con el acelerador de partículas localizado en Ginebra (Suiza), o con los potentes telescopios que se instalaron en Chile y que producen tantos datos que no se pueden analizar con una sola instalación. También se está empleando para hacer

análisis sismológicos, que consumen muchísimos recursos por su alta complejidad para que sean exactos, o para analizar fenómenos climatológicos como el del Niño. Otro campo de aplicación muy promisorio es el de la genómica y Los Andes le ha apostado con fuerza: no solo tiene un proyecto entre Sistemas, Biología y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) para estudiar el genoma de la broca, sino que participa en el proyecto mundial Genoma 10K, cuya finalidad es hacer el levantamiento del genoma de 10.000 especies, en lo que Colombia tiene mucho que decir por su biodiversidad.



El Campus Grid Uniandes busca sumar los recursos de las distintas unidades académicas para ponerlos al servicio de los investigadores.

Ingenieros de sistemas y científicos, una alianza clave

Los proyectos de *grid computing* tienen dos participantes: los científicos que emplean los recursos y los ingenieros de sistemas que desarrollan el software que permite ese uso colaborativo y lo ponen al servicio de la ciencia. El reto es idear programas de computación que faciliten el trabajo de los investigadores y coordinarlos para que puedan aprovechar los saberes particulares y los recursos ubicados en distintos lugares en torno a un problema común. Esto, dice Castro, supone que los ingenieros de sistemas entiendan bien cuáles son los problemas de los científicos, cómo hacen sus análisis y, además, cómo explotar eficientemente una infraestructura distribuida.

También significa que los centros de cómputo de Los Andes tienen que estar conectados con los del mundo, tarea en la que ha sido clave el papel de la Dirección de

Tecnologías de la Información (DTI) de Los Andes, que maneja la infraestructura tecnológica. Sin su concurso, no habría sido posible la comunicación para hacer parte de la comunidad *grid* internacional y nacional e incluso para desarrollar un *grid* interno. La tarea comenzó en 2007 e incluyó la compra de un *cluster* para que la DTI tuviera una infraestructura central que le diera soporte a todo el proyecto.



En Los Andes hay más de 4.000 procesadores que la mayor parte del tiempo están subutilizados. El propósito es usar esos recursos dormidos sin afectar otras tareas.

Muchos grids con un solo propósito

En el campo internacional, Los Andes hace parte de dos proyectos que podrían integrarse, pero que funcionan independientemente. Uno es usado para física de altas energías en América Latina. El otro es EELA, una red latinoamericana de científicos de 16 países, hija del proyecto europeo que conecta centros de cómputo muy potentes y ha venido fortaleciendo los grupos de otros lugares como China, India y Latinoamérica para que



Los ingenieros de sistemas y computación trabajan de la mano del personal de la DTI para que en la Universidad se haga e-ciencia.

la capacidad investigativa se extienda por todo el planeta. Este *grid* a su vez, se conecta con los de Estados Unidos.

EELA se estructura por país y cuenta con algo más de 50 instituciones trabajando en distintos ámbitos: infraestructura, aplicaciones y diseminación y formación en las 16 naciones integrantes. Con la coordinación de Harold Castro, por Colombia participan, además de Los Andes, la Universidad Industrial de Santander (fueron las pioneras), la Javeriana (Bogotá) la Católica de Colombia (Bogotá), la Pontificia Bolivariana (UPB, Medellín) y la Autónoma de Bucaramanga (Unab). Sus esfuerzos se concentran en ampliar la infraestructura para ponerla al servicio de los investigadores nacionales y, a su vez, fortalecer la participación colombiana en el proyecto.

En el ámbito nacional, Los Andes hace parte del *grid* Colombia, integrado por 12 universidades agrupadas desde marzo de 2010 a través de Renata (Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada) con apoyo de Colciencias. El proyecto piloto estará listo a finales de este año. Las cinco regiones y los participantes son: por Bogotá, Los Andes, Javeriana (es la coordinadora), Nacional y Católica; por Cali, Javeriana y del Valle; por Medellín, UPB y de Antioquia; por Bucaramanga, Industrial de Santander (UIS) y Unab, y por Barranquilla, Uninorte y del Atlántico. Cada región debe identificar una aplicación que sea usuaria de la infraestructura y que tenga gran potencial, con el fin de garantizar

su utilidad. Dentro de ellas están bioinformática (análisis de genoma) y un modelo para la contaminación ambiental, que son las que está trabajando Bogotá, y petróleos, que propusieron los santandereanos.

La misma idea se replicó en la Universidad donde se está ejecutando el proyecto *Campus Grid Uniandes*. "El propósito es tomar los recursos de las distintas unidades académicas y armonizarlas para que sumen y cada grupo de investigación no se limite a lo suyo, sino que pueda utilizar los recursos de toda la universidad. Así podemos conectarnos con Colombia y con el ámbito internacional a través de EELA y participar en los grandes proyectos mundiales de investigación", dice Castro. Para lograr que la red opere, es necesario tener las máquinas funcionando y grupos de investigación que las utilicen, de tal suerte que, por un lado, hicieron un inventario de los recursos y, por el otro, están trabajando con estudiantes de pregrado y maestría que desarrollan su tesis buscando la manera de sacarles mayor provecho y que hacen parte del proyecto Unagrid.

"En Colombia no tenemos grandes centros de cómputo, pero las universidades tienen un amplio número de procesadores de escritorio, muchos de ellos disponibles en salas de cómputo. En Los Andes contamos con más de 4.000, con los que podríamos procesar enormes cantidades de datos, pero la mayor parte del

tiempo están desocupados, pese a que el hardware es cada vez más potente. Nuestra tarea es determinar cómo usar esos recursos dormidos y ponerlos al servicio de proyectos sin que los estudiantes y otros usuarios se den cuenta. Por lo pronto, usamos los de la sala de cómputo de Sistemas”, señala el ingeniero.

Para él es claro que si como centro de investigación Los Andes puede aportar, por ejemplo, mil computadores, la comunidad científica la verá como un nodo importante dentro de la Red y podrá desarrollar mejores investigaciones. Pero hay un reto adicional: mostrarles a las distintas dependencias de la Universidad que tienen a su disposición una nueva herramienta para usar en proyectos más grandes o para obtener datos más exactos o de manera más rápida. “En el grupo de investigación COMIT trabajamos con otros grupos de investigación para poder portar sus aplicaciones o desarrollar nuevas para que funcionen sobre este tipo de infraestructura porque no es lo mismo que los programas funcionen sobre una máquina que sobre mil”.

De los buenos resultados dan fe los científicos del Departamento de Biología porque, dice Castro, era muy fácil identificar cuáles cosas se pueden portar fácilmente hacia este tipo de infraestructura y eso despertó su entusiasmo para emplearla. “Ellos llevaban tres meses en un proyecto de genómica que estaba previsto para desarrollarse en un año; usando las herramientas del *grid* en menos de dos semanas logramos la alineación de unas secuencias”, explica el ingeniero. Y ya están trabajando en una investigación que adelantan con científicos de EELA y han desarrollado algunos proyectos de aplicaciones con el Departamento de Física, también de la Facultad de Ciencias.

Además, han colaborado con Ingeniería Industrial en resolver problemas de optimización, que se caracterizan porque es necesario probar muchas soluciones para determinar cuál es la mejor y eso puede hacerse muy rápido cuando hay muchos computadores. En este caso, tuvieron la ventaja de que Industrial ya le ofrecía al investigador un programa para que pudiera adaptar fácilmente su estudio a unos requerimientos computacionales. El aporte de Sistemas fue trabajar con ellos para extender ese producto de manera que la infraestructura computacional fueran las salas de cómputo internas o un *grid* internacional. Esto permitió producir un *framework* o especie de librería para que puedan desarrollar fácilmente nuevos programas de optimización y probar nuevas estrategias aprovechando esta mayor capacidad de procesamiento.

Con Ingeniería Química desarrollaron un programa que les permite conocer cómo funciona una bacteria que genera una toxina útil en la fabricación de pesticidas, pues la producción de esa toxina depende de cómo evoluciona la bacteria para, eventualmente, afectar su funcionamiento. Con los ingenieros mecánicos este semestre empezó una investigación compleja sobre elementos finitos. Al mismo tiempo, planean involucrarse con otras facultades, como Economía y con otros grupos en Ingeniería, pero, a juicio de Castro, esto demanda que las dos

Los *grids* eliminan barreras geográficas y diferencias económicas entre los investigadores. El científico que no se conecte a uno de ellos se quedará por fuera.

partes se involucren mucho, requiere tiempo y no siempre al investigador le queda claro cuál será la ganancia porque no se pueden mostrar resultados rápido o la herramienta no ofrece las soluciones ya listas.

Castro y su equipo piensan que “la administración de la gente es la parte más compleja, pero si tengo las herramientas para soportar la investigación de manera colaborativa, lo que se espera es que se facilite esa cooperación entre los científicos”.

La dificultad radica en que las aplicaciones y la cabeza de la gente están hechas para tener una sola unidad de procesamiento: “Uno se imagina, primero hago esto, después esto, después lo otro. Pero cuando tiene mil cabezas que procesan al mismo tiempo, uno se enreda para coordinarlas y que funcionen. Hacer la coordinación depende del problema particular que se esté abordando, pues si por ejemplo quiero analizar una parte del universo, aunque lo obvio sería analizar por pedazos, es probable que un objeto de un pedazo se mueva hacia el otro espacio geográfico y esto requiere comunicación entre los computadores para tratar ese tipo de eventualidades. Ahí se complica mucho la programación y es más difícil hacer las aplicaciones”.

Castro está convencido de que en este momento hay una apertura muy grande a decir “unámonos”, pero muy pronto empezarán a ser mucho más exigentes en analizar qué trae cada uno para entrar al grupo y se formarán grandes grupos internacionales que van a dominar la ciencia. Por eso, el científico que no se conecte a un *grid* se quedará por fuera. Lo que marcará la diferencia es el cerebro del investigador y su capacidad de propuesta para convocar a otros alrededor de un proyecto porque se eliminan las barreras geográficas y las diferencias en la cantidad de datos que pueden procesarse, almacenarse y analizarse. ■



EL GRUPO: Comunicaciones y Tecnología de la Información COMIT. <http://sistemas.uniandes.edu.co/~comit/dokuwiki/doku.php>

CONTACTO: Harold Castro, ingeniero de sistemas y computación, profesor asociado del Departamento de Sistemas y Computación. hcastro@uniandes.edu.co

La salud, de la mano de la Ingeniería Industrial

Aplicar simulaciones y cálculos matemáticos propios de la Ingeniería Industrial para mejorar procesos relacionados con la administración de los servicios de salud es el objetivo del proyecto de Logística Hospitalaria.

34

En un hospital se tardan 3 meses en programar los turnos anuales de los médicos. No solo hay que determinar cuánta gente se necesita en cada área sino asignarla en los 3 turnos que cubran las 24 horas de cada día y tener cuidado para que nadie se doble. Pero con modelos de simulación y cálculos matemáticos, herramientas propias de la Ingeniería Industrial adaptadas a las que el personal de salud maneja y conoce bien, esa compleja labor puede resolverse en 30 minutos.

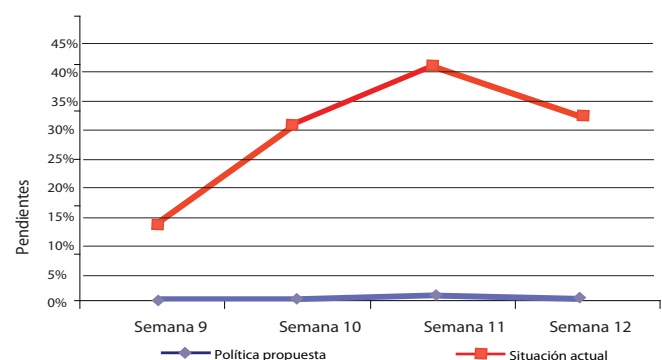
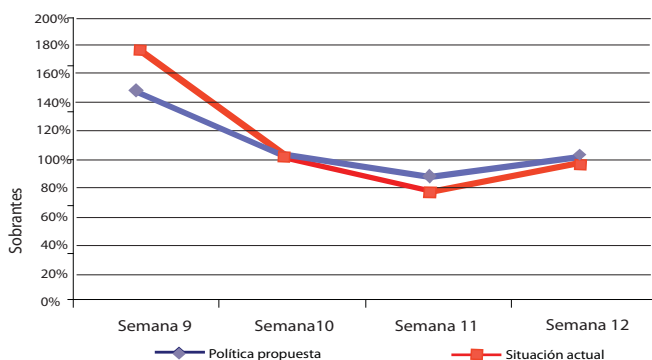
La misma técnica permite calcular con eficiencia dónde deben estar localizadas las ambulancias para que reaccionen con prontitud ante una emergencia y para que el sitio desde el cual se desplaza un vehículo no quede descubierto. También sirve para mejorar el manejo de inventarios en las farmacias, el uso de consultorios y otra infraestructura y el abastecimiento de linos o ropa necesaria para el normal funcionamiento de una institución de salud, entre otras muchas aplicaciones.

Trabajos como estos son los que acomete, en el proyecto de Logística Hospitalaria, un equipo de profesores y estudiantes del Departamento de Ingeniería Industrial, liderado por los investigadores Nubia Velasco, ingeniera química con doctorado en Automática e Informática Aplicadas, en la Universidad de

Nantes (Francia), y Ciro Alberto Amaya, ingeniero de sistemas, con doctorado en Ingeniería Industrial de la Escuela Politécnica de Montreal (Canadá). Los resultados de varios de esos trabajos y las especificaciones de las herramientas que utilizaron están disponibles en la página <http://loghos.uniandes.edu.co/>

La iniciativa comenzó en el 2007 con el objetivo de mejorar la eficiencia y tomar decisiones inteligentes en la utilización de recursos hospitalarios limitados o, en ocasiones, escasos como el espacio, el tiempo y el personal. Para ello emplean técnicas de programación matemática y simulaciones que tienen en cuenta escenarios estáticos y dinámicos, que usan metodologías heurísticas y establecen probabilidades. Las acciones se desarrollan en Bogotá en los hospitales públicos El Tunal y La Granja y en las fundaciones privadas Santa Fe de Bogotá y Cardioinfantil, en la EPS Colsubsidio y en la Secretaría de Salud del Distrito. El mecanismo consiste en el desarrollo de varios proyectos en cada una de las instituciones en las cuales estudiantes de pregrado, maestría y doctorado elaboran sus trabajos de grado y de investigación. Lo anterior se ha logrado mediante convenios entre cada institución y Los Andes. Las instituciones dan acceso a la información y a los procesos y la Universidad, mediante el

Resultados de la simulación para los medicamentos tipo A de la Farmacia Central teniendo en cuenta el porcentaje de pendientes y sobrantes.



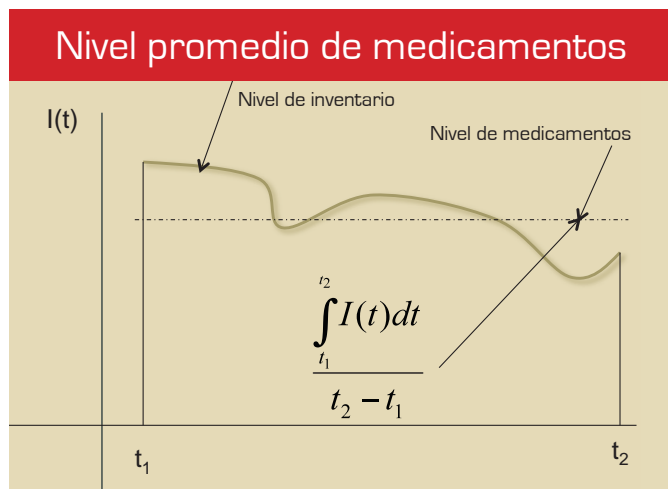
Decisión	Si una enfermera (k) visita el colegio j inmediatamente después del colegio i.	$x_{ijk} \in \{0,1\}$	$\forall (i, j) \in A, k \in T$
Función objetivo	Minimizar los costos de operación, calculados como la suma del producto entre los costos de desplazamiento y la variable de decisión.	$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in T} c_{ij} x_{ijk}$	
Restricciones	Balance: Si una enfermera llega a un colegio, debe salir de ese colegio.	$\sum_{j \in N} x_{ijk} - \sum_{j \in N} x_{jik} = 0$	$\forall i \in N \setminus \{s, t\} / (i, j) \in A, \forall k \in T$
	Después de visitar un colegio, un trabajador puede desplazarse máximo a otro colegio.	$\sum_{k \in T} \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq 1$	$\forall i \in N \setminus \{s, t\} / (i, j) \in A$
	Se debe contratar por lo menos una enfermera para la jornada.	$\sum_{j \in N} x_{sjk} \geq 1$	$\forall k \in T$
	Un colegio debe recibir tantas visitas como programas inscriba.	$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{n \in H} \sum_{m \in D} \sum_{k \in T} a_{ijlmn} x_{ijt} = b_{lm}$	$\forall l \in L$
Conjuntos	Enfermeras: T Colegios: N Arcos: $A = \{(i, j) : i, j \in N\}$ Programas de Salud: L		

trabajo de los estudiantes y profesores presta la asesoría para que las dos partes se beneficien. El trabajo con cada institución es independiente, pero son comunes los problemas encontrados en ellas.

El auge del uso de herramientas de optimización, modelaje matemático, simulación y heurísticas, entre otras, para mejorar la operación de los hospitales y en general de los sistemas de salud, viene de años atrás y la técnica incluso se ha empleado en Colombia. Pero los dos profesores de Los Andes afirman que la novedad radica en que se está haciendo de una manera sistemática e integradora con otras áreas del conocimiento. Sus acciones se concentran en aspectos regulatorios y de organización hospitalaria y en el futuro podrían abarcar también los

clínicos. En cada caso, se siguen pasos similares: identificación y caracterización del problema; formalización y modelaje de herramientas para resolverlo, y presentación de resultados. "Nuestro propósito es dar herramientas para mejorar la administración de los recursos y ayudar en el proceso de toma de decisiones", puntualiza Velasco.

En muchos casos, esas recomendaciones suponen un cambio radical en los métodos de trabajo habituales, lo que, explican Velasco y Amaya, puede generar resistencias entre los médicos y personal administrativo, pero una vez comprueban los beneficios del modelo, quieren que los estudios se extiendan a otras áreas. En el CardiInfantil, por ejemplo, se desarrolló un proyecto sobre el costeo de las actividades de urgencias; el le-



vantamiento de información fue una tarea difícil y dispendiosa, pero una vez la Fundación contó con la herramienta la utilizó en el servicio de urgencias y ha querido extenderla a todas las demás áreas.

Así sucede, por ejemplo, con los inventarios en la farmacia de un hospital. Este es un aspecto crítico en el sistema de salud por cuanto no puede haber faltantes de medicamentos, pues el costo es incalculable; tampoco puede desperdiciarse espacio almacenando drogas que no son las más importantes o que pueden vencerse. Lo usual, dicen Velasco y Amaya, es que los inventarios se manejen tomando como referente lo que sucedió el día anterior para reponer lo que se consumió y esa es una mala estrategia. Las técnicas de Ingeniería Industrial recomiendan que se use un modelo futurista que mezcle el comportamiento histórico y lo que ocurrirá mañana. La tarea parece simple, pero implica cambiar toda la logística de compras y abastecimiento y, sobre todo, los parámetros de trabajo acostumbrados. Este ejercicio se ha desarrollado satisfactoriamente en varias áreas de hospitales como El Tunal y la Clínica Palermo.

Ese cambio de parámetros también debe darse si quiere mejorarse el uso de la capacidad de un hospital. En un estudio, por ejemplo, encontraron que había congestión en el área de consultorios, ya que solo estaban usando la mitad de los recursos y la infraestructura, por mala planeación. La herramienta sugerida por el equipo de Logística Hospitalaria permite que los turnos de atención de pacientes no se asignen según la disponibilidad de los médicos, sino las necesidades del hospital, de modo que los médicos deben adaptarse a ellas. Este ejercicio se desarrolló por solicitud del Hospital El Tunal.

Algunos trabajos no se concentran en un hospital específico, sino en el sistema de salud de la ciudad. Es el caso del estudio acerca de la localización y relocalización de las ambulancias, proyecto que se realiza en conjunto con el CRUE (Centro Regulatorio de Urgencias y Emergencias). Mediante un proyecto que está en desarrollo y cuyo producto final será una herramienta

computacional que no solo muestra en tiempo real dónde está cada ambulancia sino su estado (disponible o no disponible), se pueden tomar decisiones con el fin de que siempre haya cobertura rápida para la mayor cantidad de población posible.

Un programa de computador también puede ayudar a superar la descoordinación entre diferentes hospitales. Velasco y Amaya precisan que cuando un paciente llega a urgencias, hay obligación de recibirlo, pero puede ocurrir que no tengan el especialista para tratarlo, de manera que deben remitirlo a otro. En la toma de esa decisión influyen factores como que el centro asistencial de destino tenga capacidad y el médico idóneo para atenderlo y los ingenieros industriales pueden utilizar algoritmos para hacer más eficiente ese proceso.

La logística de los programas de salud a la casa (o al colegio, a las juntas de acción comunal y otras instituciones) también es objeto de estudio del equipo de Los Andes. Se trata de optimizar la programación de personal y su transporte para llevar iniciativas de suplementos alimenticios, terapias, odontología y actividades relacionadas.

Las investigaciones involucran a cerca de 15 estudiantes de pregrado y de posgrado, pues uno de los objetivos es que se apropien del tema de la salud dado su alto impacto social. Para las simulaciones y los cálculos utilizan poderosas máquinas de cómputo. Los alumnos de maestría actúan como jefes de cuenta de algunas de las instituciones hospitalarias con las cuales se tienen los convenios. En una ocasión, uno de ellos se fue a hacer una pasantía a Francia y pudo trabajar en el asunto en el Centro Hospitalario de Nantes.

Los integrantes del equipo de Logística Hospitalaria aspiran a ser reconocidos en el plano nacional por sus acciones innovadoras para mejorar la prestación de servicios de salud. Para lograrlo seguirán poniendo las herramientas de la Ingeniería Industrial al servicio de hospitales, clínicas, EPS y la Secretaría Distrital de Salud. Su iniciativa exige mente abierta y voluntad política para mejorar la eficiencia en un sector tan sensible como el de la salud. ■



LOS GRUPOS: Centro para la Optimización y la Probabilidad Aplicada, Copa, y Grupo de investigación en Producción y Logística, Pylo, del Departamento de Ingeniería Industrial.

CONTACTO: Nubia Velasco, ingeniera química, profesora asistente del Departamento de Ingeniería Industrial. nvelasco@uniandes.edu.co



Ciro Alberto Amaya, ingeniero de sistemas, profesor asistente del Departamento de Ingeniería Industrial. ca.amaya@uniandes.edu.co

PÁGINA: <http://loghos.uniandes.edu.co>

Procesos en escala para la industria cosmética

La estandarización de procesos de producción y el diseño de productos en la industria cosmética ha sido un trabajo en el que estudiantes y profesores del Departamento de Ingeniería Química han participado activamente.



Banco de reactores de alta precisión del Laboratorio de Procesos Químicos.

Hay gente que se preguntará qué hace un ingeniero químico de la Universidad de los Andes trabajando con productos cosméticos; pero cuando se entiende que un gran número de estos productos son coloides (por ejemplo cremas, champús, máscaras, acondicionadores) y que los sistemas coloidales son tema de estudio en el Departamento de Ingeniería Química, las cosas adquieren sentido. Y lo adquieren más con la explicación de Óscar Álvarez, director del Grupo de

Investigación en Diseño de Productos y Procesos (GDPP): se estudian los sistemas coloidales porque tienen aplicación en infinidad de industrias: petroquímica, farmacéutica, cosmética, de aseo personal, alimenticia, química fina, entre muchas otras; los sistemas coloidales existen como un producto final, intermedio o una materia prima.

La formación de un ingeniero químico de la Universidad de los Andes lo convierte en un profesional con muchas herramien-

Cursos con Belcorp

La relación con esta empresa también tiene un componente académico. Integrantes de la compañía han recibido diferentes cursos dictados por la Universidad de los Andes, introductorios, intermedios y avanzados: todo el grupo de innovación y desarrollo químico y el grupo de optimización y mejora ha participado en cursos de educación continuada (Aplicación de la reología en la caracterización de procesos y productos en la industria de cosméticos y cuidado personal).



Reómetro de caracterización de emulsión empleado en las pruebas de estandarización de procesos de Belcorp.

38

tas y habilidades requeridas por la industria de cosméticos. Por ejemplo, la empresa Belcorp, dedicada a elaborar estos productos y de cuidado personal y una de las de mayor crecimiento en Colombia ha trabajado en conjunto con el Departamento de Ingeniería Química, en la búsqueda de soluciones para los problemas que se presentan en la preparación de sustancias a diferentes escalas de producción. “Esa es una de las líneas que ha tenido mayor crecimiento en el Departamento: el estudio de parámetros de escalonamiento para la preparación de sistemas coloidales (emulsiones) en distintos equipos de mezclado. El trabajo ha consistido, desde la Ingeniería Química, en la construcción de las herramientas que nos permitan utilizar varios sistemas de agitación y mezcla para obtener el mismo producto, con las mismas características finales”, señala el ingeniero químico Óscar Álvarez.

A lo largo de dos años de relación con Belcorp, diversos trabajos de grado de estudiantes de pregrado han buscado respuestas a los problemas de escalonamiento en la industria de cosméticos. En este semestre, cuatro grupos se encargan del mejoramiento del proceso de fabricación de emulsiones cosméticas, de los sistemas de filtración de fragancias, del proceso de elaboración de desodorantes y del escalonamiento de la operación de micronizado. Además, un estudiante de maestría comienza su trabajo de tesis en el diseño de un producto con base en emulsiones múltiples.

De esta forma se cumple la intención del Departamento que pretende que su investigación tenga efecto en la industria

nacional, y que los ingenieros en formación planteen solución a sus problemas. Además, es una manera de mostrar a la empresa privada las cualidades de los estudiantes de la Universidad de los Andes.

Por otra parte, en el Departamento de Ingeniería Química se han desarrollado investigaciones de base en las emulsiones para aplicarlas en temáticas diferentes. Óscar Álvarez explica que están avanzando en las de biotecnología: “A partir de dinámica molecular diseñamos una molécula de un péptido de tal forma que se pueda utilizar como un surfactante para estabilizar una emulsión. Hasta ahora los desarrollos que tenemos son teóricos: diseñamos la molécula y a partir de programas especializados, demostramos que es factible que exista y que se comporte activamente en una interfase agua-aceite. En el siguiente paso, tomaremos un microorganismo para que sintetice este péptido para finalmente probarlo en la preparación de una emulsión. Así produciremos un péptido de origen biológico para crear emulsiones y remplazar los surfactantes que se usan en la actualidad, que son de origen petroquímico”. ■



CONTACTO: Óscar Álvarez, ingeniero químico, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Química y director de ese Departamento. oalvarez@uniandes.edu.co



En el Laboratorio de Biotecnología, la teoría y la práctica se dan de manera conjunta.

Nuevo enfoque en Ingeniería Química

El Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de los Andes modernizó el enfoque de su educación y se orientó hacia las necesidades de la industria.

El Director del Departamento explica los elementos diferenciadores del programa.

Un profesional preparado para diseñar productos y procesos es el enfoque contemporáneo hacia el cual se ha orientado la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de los Andes.

De acuerdo con Óscar Álvarez, director del Departamento de Ingeniería Química, el cambio comenzó en 1996, cuando la Facultad decidió formar un grupo de profesores en la nueva tendencia de la Ingeniería Química, para que pudieran desarrollar en los estudiantes habilidades que garanticen una alta calidad en su desempeño profesional. Para ello envió a docentes a Estados Unidos y Francia a hacer doctorados y contrató algunos profesores con doctorado, con el fin de implementar la reforma curricular que comenzó en 2004 y finalizó en 2009.

Esta tendencia está orientada hacia la comprensión y el dominio de los procesos y de los productos como realidades que interactúan, en un todo integral —explica Álvarez—. Y nace de una necesidad de la industria de obtener diferentes tipos de productos con un mismo proceso versátil que la hagan competitiva. De esta forma, el ingeniero químico que se está formando en Los Andes es un profesional con habilidades para obtener

múltiples productos que se adapten a diferentes circunstancias. Las grandes plantas de procesamiento dan paso a plantas multifuncionales capaces de elaborar una gran variedad de productos con los mismos equipos, modulares, eficientes y versátiles, que pueden operar con diferentes condiciones de proceso.

Debido a esto, la carrera hoy gira en torno a dos ejes, que analiza el profesor Álvarez: “Uno está asociado a la escala de producción, donde un extremo es el proceso —la clásica ingeniería química—; y otro, es el producto —la ingeniería química de hoy—, prestando una especial atención al entendimiento del fenómeno desde el nivel microscópico hasta la observación macroscópica: ¿cómo suceden las cosas?, ¿cuál es la respuesta macroscópica que explica lo sucedido a nivel molecular? Esos dos ejes están en relación y no se pueden separar como tampoco sus cuatro extremos. Esta idea se quiere aplicar en el desarrollo de la industria”.

El planteamiento de la reforma, una iniciativa de la Facultad, condujo a que la frontera entre lo teórico y lo práctico desapareciera, incluso desde los primeros semestres: “En el pénsum se realizan, por ejemplo, cursos de diseño de plantas, de optimización de procesos, de operaciones unitarias, que se centran en el



1996-2010, los cambios		
	1996	2010
Número de estudiantes en pregrado	33	686
Licencias de software especializado en ingeniería química	1	400
Grupos de investigación	0	3
Laboratorios en metros	200	1.000
Productos de investigación	0	370 (artículos en revistas especializadas, participación en congresos internacionales y nacionales).

diseño de procesos. Y para el caso del diseño de productos, desde primer semestre los estudiantes se involucran en la práctica con la participación en Expoandes; en el proyecto de mitad de carrera, PMC —otro espacio donde piensan en el diseño del producto y su proceso—; en el proyecto final de grado, donde consolidan las habilidades requeridas, y en el curso de proyecto especial, donde se focalizan en el trabajo de un profesor y su investigación. La Facultad está empeñada en que debemos innovar y para el caso de Ingeniería Química esto se aplica desde el diseño de productos hasta el diseño del proceso, desde la escala molecular hasta el tratamiento del fenómeno a nivel macroscópico; esto implica

que debemos tomar decisiones en diferentes escalas y con distintos puntos de observación; y por esto cambiamos la forma de acercar la ingeniería química al estudiante”.

El profesor Jorge Mario Gómez asegura que “nada nos impide llevar muchas horas de práctica del laboratorio al salón de clases”. Y anota: “En la medida de lo posible las prácticas en los laboratorios no deben ser destructivas ni contaminantes, por un compromiso con el medio ambiente, y deben versar sobre lo cotidiano, siempre con un componente crítico”. Por ello, los laboratorios tienen la doble función de la docencia y la investigación: los estudiantes de pregrado pueden reafirmar una serie de conceptos como también participar en la investigación y estudiar cómo un ingeniero químico aborda un determinado problema.

Investigación: tres áreas

El Departamento se ha centralizado en tres líneas de investigación: los materiales avanzados (los sistemas coloidales y poliméricos; materiales granulares, los fenómenos de superficies), la ingeniería biológica, con los bioprocesos y la producción a partir de fuentes orgánicas o biológicas, y el diseño de productos y procesos con la optimización e integración energética de los procesos químicos. Un tema que da soporte a estas áreas de investigación es el análisis de riesgos industriales, donde se aplica la ciencia del riesgo, evitando peligros y buscando un trabajo seguro.

Ingeniería Química es un Departamento nuevo con mucho entusiasmo, que ya ha tenido una fuerte presencia en tres congresos Internacionales de la AIChE, *American Institute of Chemi-*



En el Laboratorio de Procesos, el estudiante se forma en la comprensión integral de su disciplina: desde la escala molecular hasta el tratamiento del fenómeno a nivel macroscópico.

cal Engineers, con un capítulo de estudiantes afiliado a esta misma asociación, que ha presentado alrededor de 20 trabajos de investigación, de estudiantes de pregrado y posgrado en la reunión internacional del 2010 de AIChE. “En este evento hay un ambiente muy especializado al que concurren entre 8.000 y 10.000 personas de todo el mundo. Para un estudiante de 21 años, que se expone a un universo de científicos e investigadores —señala el profesor Jorge Mario Gómez—, es muy interesante y formativo,

y le permite compartir experiencias profesionales con los profesores en un lugar diferente a la universidad”.

“Para la Universidad de los Andes el futuro de la Ingeniería Química está en la comprensión, desde el nivel molecular de los procesos y productos, y en dominar los fenómenos que los llevan a tener una serie de características”, concluye el director del Departamento de Ingeniería Química, Óscar Álvarez. ■

Los profesores de Ingeniería Química.
Atrás: Óscar Fernando Sánchez, Felipe Muñoz, Óscar Álvarez, Pablo Ortiz, Mauricio González.
Adelante: Sebastián Hernández, Andrés González, Jorge Mario Gómez, Watson Vargas y Camila Castro.



Los líderes

Al tiempo que se reabrió Ingeniería Química, la Facultad tomó la decisión de formar y contratar algunos profesores con doctorados, en Europa y Estados Unidos. Estos ingenieros son considerados los líderes en la consolidación de la orientación del Departamento. Entre el 2005 y el 2008 implantaron una tendencia: el diseño de procesos y el diseño de productos.

Jorge Mario Gómez viaja en 2002. Doctor en Ingeniería de Procesos, Université de Pau et des Pays de l'Adour (Francia). Magíster en Administración de la Universidad de los Andes. Magíster en Ingeniería Química e ingeniero de la Universidad Nacional de Colombia. jorgomez@uniandes.edu.co

Óscar Álvarez viaja en 2003. Doctor en Procesos y Productos, Institut National Polytechnique de Lorraine (Francia). Magíster en Ingeniería Civil, área Ambiental de la Universidad de los Andes. Ingeniero Químico Universidad de América. oalvarez@uniandes.edu.co

Andrés González viaja en 2003. Doctor en Ingeniería Química y Magíster en Ingeniería Química, University of Connecticut (Estados Unidos). Magíster en Ingeniería Civil, área Ambiental, Universidad de los Andes. Ingeniero Químico, Universidad Pontificia Bolivariana. andgonza@uniandes.edu.co

Felipe Muñoz viaja en 2004. Doctor en Procesos y Productos, Institut National Polytechnique de Lorraine (Francia). Magíster en Ingeniería Industrial, área Gestión Organización, Universidad de los Andes. Ingeniero Químico, Universidad de América. fmunoz@uniandes.edu.co

Pablo Ortiz se contrata en 2007. Doctor en Ingeniería Industrial/Ciencia de Materiales, Universidad de Navarra (España). Magíster en Ciencia de Materiales, École Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse (Francia). Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia. portiz@uniandes.edu.co

Watson Vargas se contrata en 2008. Posdoctorado y doctorado en Ingeniería Química, University of Pittsburgh (Estados Unidos). Magíster en Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero Químico, Universidad de América. wvargas@uniandes.edu.co



Laboratorio + consumidor, indispensables para innovar

El sociólogo belga Dominique Vinck, experto en innovación, fue uno de los profesores de la Escuela de Verano. Su experiencia le permite proponer una forma de trabajo en la que el ingeniero esté más cerca de la sociedad.

A Dominique Vinck se le ajusta muy bien su trabajo: es ingeniero químico y filósofo y se ha concentrado en la sociología como una forma de investigar en innovación, tema en el que tiene un doctorado de la Ecole des Mines de París. Se dedica a descubrir los vínculos entre la ciencia, la técnica y la sociedad.

Vinck fue uno de los profesores del curso "Diseño de la Innovación", que buscó la preparación de los futuros ingenieros en el entendimiento de las dinámicas de la producción, de circulación y de uso de las innovaciones en la sociedad. El sociólogo está vinculado con Colombia desde 1995, cuando llegó por primera vez a acompañar la reflexión sobre la construcción del Observatorio de las Ciencias y Técnicas. Con Los Andes trabaja desde 2001 en temas de la innovación. Por su antigua relación con esta tierra, ha sido testigo de cómo ha evolucionado el país y dice que uno de los cambios más importantes en ese sentido ha sido Transmilenio.

Además del curso en Los Andes, en esta ocasión también realizó trabajo de campo en veredas de Nariño, en cooperación

con una empresa multinacional que produce aparatos para la gestión de la energía eléctrica y que busca identificar necesidades de las poblaciones aisladas o de bajos recursos en países como Colombia, Laos, Madagascar y Camboya, con los cuales también trabaja.

En esta entrevista, el experto habla de las diferencias entre inventar e innovar, de los obstáculos que debe superar una innovación, del lenguaje de los investigadores y de sus vínculos con la sociedad.

¿Qué es la innovación?

Es el paso de una invención al uso de la invención. No es el hecho de desarrollar algo nuevo. El proceso completo de desarrollar una idea y hacer un prototipo para demostrar que funciona es una invención. Para que sea una innovación es necesario que alguien la adopte y la utilice. El economista Schumpeter decía que el momento de la innovación es el momento de la primera transacción comercial, pero en sociología tenemos una definición más abierta porque no todas las innovaciones

Cursos e invitados

Veintisiete profesores y conferencistas internacionales de reconocida trayectoria participaron en la Escuela Internacional de Verano de la Facultad de Ingeniería, que concluyó el 31 de julio pasado. Se dictaron 16 cursos y participaron 324 estudiantes: 179 de maestría, 90 de pregrado, 46 externos (Extensión), 7 de doctorado y 2 de especialización.

Departamento de Ing. Civil y Ambiental

Gestión de la producción en construcción. Eduardo Luis Isatto, Universidad Federal Rio Grande de Sul (Brasil), doctor en Ingeniería en el área de Construcción.

Gestión de proyectos de la construcción sostenible. Daniel Castro, Georgia Institute of Technology (EE.UU.), doctor en Administración y en Ingeniería de la Construcción.

Método de elementos finitos para análisis no lineal. Victor Calo, King Abdullah University of Science and Technology (Arabia Saudita), doctor en Ingeniería Civil.

Inelasticidad computacional. Pedro Arduino, University of Washington (EE.UU.), doctor en Ingeniería Civil – Geomecánica.

Planeación integral del transporte. Daniel Paez, University of Melbourne (Australia), doctor en Ingeniería.

pasan por el mercado. Se da el caso, por ejemplo, cuando un médico desarrolla una nueva estrategia terapéutica que otros médicos adoptan. La innovación no siempre es tangible: puede ser el modo de empleo de una máquina, los procedimientos, el modo de organización, los procesos de seguridad. Rara vez una innovación es solamente un artefacto.

¿Es decir que la clave en la innovación es que tenga uso?

Sí. El éxito de la innovación es cuando se adopta: el usuario juega un papel central. Si ellos dicen que no les interesa, una invención puede ser genial pero no es una innovación.

¿Desde ese punto de vista es más difícil ser un innovador que ser un inventor? ¿Qué necesita el innovador?

Sí. El innovador debe conocer, imaginar al usuario, tener una idea de lo que necesita. Cuando desarrolla una máquina, el mecánico está pensando también en el usuario. El problema es que cuando hablamos de innovación hablamos de cosas nuevas, y los consumidores todavía no existen.

¿Y cómo se resuelve ese problema?

Ese es un dilema. Hay que identificar situaciones bastante similares para observar a la gente y ver si el conocimiento que tenemos con el uso de un tipo de proyecto se puede pasar al uso de algo nuevo.

¿Sí hay cosas nuevas que inventar?

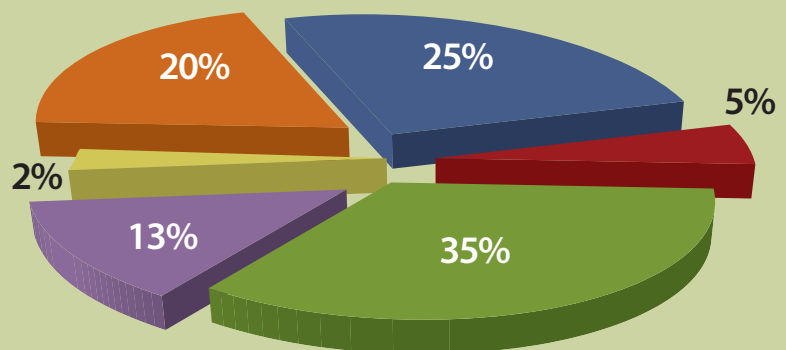
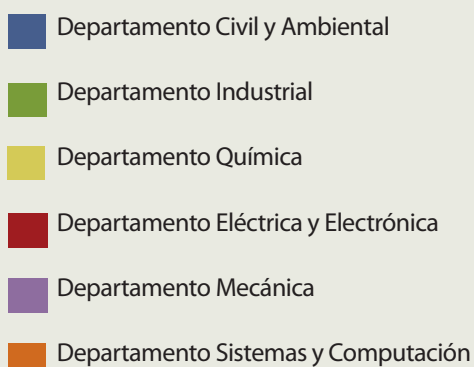
¿No está todo ya inventado?

Claro, hay mucho que inventar. Pero el 90% de los inventos nunca pasan a innovación. Los ingenieros inventan muchas cosas que no salen al mercado, porque no les interesan a los industriales o pueden interesarles pero el costo es muy alto.



“La comunicación es muy importante pero en el sentido de hablar y escuchar. El ingeniero debe ser capaz de entender y describir las condiciones de trabajo de una empresa para que pueda desarrollar una máquina”.

Cantidad de estudiantes inscritos por programa



¿Y eso es una falla del ingeniero?

En parte sí, porque si él piensa que si hace un trabajo de ingeniería que es de buena calidad, si el resultado es bueno, cree que los usuarios lo adoptarán. Pero a veces los consumidores tienen otra idea porque viven situaciones diferentes, tienen limitaciones, objetivos diferentes y dicen: "Sí, es una buena idea pero no me conviene y no la voy a adoptar".

¿Qué caracteriza al innovador?

No es tan simple decirlo. El problema de los ingenieros es que se vinculan muy fuertemente con la idea que están desarrollando, creen demasiado en ella —y les toca hacerlo porque si no defienden su idea no van a lograrlo—. Pero a veces se cierran y no escuchan algunas críticas de los usuarios, por ejemplo, que son definitivas para el éxito de lo que están desarrollando. Al final puede ser un buen invento que nadie quiere. Muchas personas hablan de la resistencia al cambio o a la innovación, como si la gente no estuviera abierta a adoptar una novedad. El problema, en la mayoría de los casos, no es que la gente no la acepte, sino que hay algo en la novedad que no conviene, que no da seguridad a la gente, que no parece interesante; o bien porque le toca pagar mucho y no tiene los recursos o porque hay que hacer un aprendizaje que se demora mucho, o prefieren esperar y observar a los demás.

¿El ingeniero debería tener una formación que lo vinculara más con la gente?

El ingeniero debe desarrollar una competencia con conceptos y métodos para entender y aprender a escuchar a la gente —los estudios de mercado no son tan confiables cuando son sobre algo nuevo—, entrevistarla, observar las situaciones; a veces nosotros pasamos varios meses en investigación de campo para entender a la gente. Estuvimos en un hospital

para introducir un programa de prescripción médica y mientras los sociólogos pasamos meses con las enfermeras los informáticos pasaron un par de horas. Y era un conflicto entre los informáticos y las enfermeras porque hablan lenguajes muy diferentes: no se escuchaban, no se entendían y nadie hacía el esfuerzo de hablar de tal forma que los otros pudieran entender.

¿Entonces es más importante la comunicación para que el invento funcione como innovación?

Sí, pero en el sentido de hablar y escuchar; es muy importante escuchar. El ingeniero debe ser capaz de entender y describir las condiciones de trabajo de una empresa para que pueda desarrollar una máquina o un nuevo proceso; incluso ponerse a trabajar con los obreros para vivir esas condiciones.

¿Quiere decir que el innovador lo que hace es resolver problemas de la gente?

Estamos haciendo una investigación para una empresa que produce dispositivos relacionados con la energía eléctrica, interruptores, reguladores, etc., una empresa grande muy eficiente, acostumbrada a trabajar con clientes industriales, redes eléctricas y los habitantes de las casas y arquitectos. Pero ahora quieren acercarse a los más pobres del planeta. Y no tienen ni idea de las condiciones de la gente: piensan, por ejemplo, que el mayor problema es la falta de recursos e imaginan soluciones técnicas para las personas que tienen poco dinero. Hemos hecho investigación de campo en Madagascar, Laos, Camboya y Colombia, y hemos encontrado que en algunas situaciones sí faltan recursos, pero también que no hay necesidades. Y para los ingenieros eléctricos con los cuales trabajamos eso es una revolución intelectual: no es comprensible que no tengan necesidades.

Cursos e invitados

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Cambios y retos en la provisión de servicios de telecomunicaciones. Fernando Beltrán, Universidad de Auckland (Nueva Zelanda), doctor en Investigación de Operaciones.

Departamento de Ingeniería Industrial

Gestión y control de líneas de producción. Cristóbal Miralles Insa, Universidad Politécnica de Valencia (España), doctor en Ingeniería Industrial.

Manejo de conflictos: Perspectivas orientales y occidentales. Donald Nathan Levine, University of Chicago (EE.UU.), doctor en Sociología. Kei Izawa, secretario general de la International Aikido Federation (6o Dan).

Simplemente complejidad. Neil Johnson PhD, Universidad de Miami (EE.UU.). Juan Alejandro Valdivia, Universidad de Chile (Chile), doctor en Física. Eric Goles Chacc, Universidad de Grenoble (Francia), doctor en Ingeniería de Sistemas y Computación y en Estado en Matemáticas. James Alexander Glazier, Universidad de Indiana (EE.UU.), doctor en Física.

Diseño de la innovación. Ulrik Jorgensen, Universidad de Dinamarca (Dinamarca), doctor en Ingeniería. Dominique Vinck, doctor en Socioeconomía de la Innovación.

Departamento de Ingeniería Mecánica

Polymers for Sustainable Development. Mario Mallinconico, director del Centro en la línea de Síntesis de Polímeros y Planeación de Sistemas Poliméricos del Instituto



Dominique Vinck ha sido testigo de cómo ha evolucionado la innovación en el país. Y considera que Transmilenio es lo más novedoso de los últimos tiempos.

¿Eso implica que el invento no debe salir del laboratorio para la gente sino de la gente para el laboratorio?

Se necesitan los dos componentes. Porque si solamente se trata de escuchar a la gente, no hay desarrollo de conceptos técnicos, desarrollo de nuevos conocimientos científicos, no se pueden resolver los problemas. El problema es cómo conectar esos dos aspectos. Nosotros les pasamos a los ingenieros eléctricos el material que recolectamos y les pedimos que lo codifiquen como si fueran sociólogos y ellos descubren el material, se confrontan con la realidad.

¿Desde la empresa privada hay una búsqueda de la innovación? ¿Durante estos años de visitas a Colombia ha visto transformación?

En Colombia no ha habido un gran progreso en ese sentido. Ha sido mayor en el área de la ciencia, con Colciencias; en algunas de las universidades hay mucha más investigación, como en Los

Andes, la Nacional, la UIS. Pero casi no hay doctores y menos del 2% de ellos son empleados en las empresas y trabajan en cargos administrativos. Mientras tanto, en Estados Unidos el 70% de doctores están empleados en las empresas. Para Colciencias y para las universidades es claro que hay que desarrollar conexiones con el sector empresarial y que estas realicen actividades de investigación con la academia para ser capaces de generar innovación, pues ellos están más cerca del mercado. En Francia hay un convenio para que estudiantes que van a realizar un doctorado lo hagan en una empresa, con un salario como el de los demás empleados y con un tiempo especial para investigar y quedarse también en el laboratorio. Es muy eficiente en términos de cooperación y de transferencia de conocimiento. Este concepto pasa por los textos, por los artefactos, pero sobre todo pasa a través de la gente y hay mucho conocimiento que es tácito. Eso quiere decir que se deriva de la interacción entre las personas. ■

de Química y Tecnología de los Polímeros (ICTP) de Italia. **Pierfrancesco Cerruti**, investigador del ICTP.

Ciencia y tecnología de procesos cerámicos.

Rodrigo Moreno Botella, Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV) del Consejo Superior de Investigaciones. Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

Vehicle Optimal Design. **Giampiero Mastinu**, Politecnico di Milano (Italia), doctor en Mecánica Aplicada. **Massimiliano Gobbi**, doctor en Mecánica Aplicada.

Departamento de Ingeniería Química

Celdas de combustible. **Ernesto Rafael González**, Universidad de São Paulo (Brasil), ex director del Instituto de Química de São Carlos de la Universidad de São Paulo.

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

Aspectos avanzados de arquitectura de software. **Len Bass**, **Paul Clements**, doctor en Ciencias de la Computación. **Rick Kazman**. Todos son del Software Engineering Institute of Carnegie Mellon University (EE.UU.).

Desarrollo de videojuegos. **John Buchanan PhD**, Relic Entertainment, Vancouver, (Canadá). **Pedro Gonzalez, PhD**, Universidad Complutense de Madrid (España). **Daniel Barrero, PhD**, Relic Entertainment, Vancouver (Canadá). ■

Más información en: <http://ingenieria.uniandes.edu.co/escuelaverano>



El diseño de los videojuegos demanda pasión

Prototipo de juego desarrollado mediante la metodología de *game sketching*, que permite saber de manera rápida si el producto tendrá éxito.

John Buchanan, un doctor en informática que diseña las herramientas necesarias para desarrollar juegos de video, habla de los ingredientes que hacen exitoso este sector. Explica cómo el iPhone y Facebook están revolucionando la industria del entretenimiento.

El iPhone y Facebook están cambiando drásticamente el mercado de los videojuegos, igual que ha sucedido con la música. La transformación es tal que John Buchanan, un hijo de extranjeros nacido en Bogotá hace 47 años, cree que por encima de las consolas se impondrá la descarga a través de la red, con el consecuente combate a la piratería y rebaja de los precios.

De hecho, ya hay experiencias en las que el usuario obtiene juegos de la misma calidad de antes, con dos opciones: descargar gratis el juego y recorre el camino completo para pasar al siguiente nivel, o hace micropagos con el fin de obtener ventajas. "En un juego de la Segunda Guerra Mundial como *Company of heroes*, si necesita munición, puede librar otras batallas y con

esa experiencia adquirir suficientes recursos para comprarla, o puede pagar 50 o 75 centavos de dólar y ahorrar tiempo. Esas microtransacciones le dan la opción de ayudarse a sí mismo. Es decir, el usuario puede invertir tiempo o dinero", explica este doctor en Informática graduado en Canadá. Agrega que otro juego que ya anunció descarga gratis es el de carreras de autos *Need 4 speed*.

Buchanan participó en la última Escuela de Verano de la Facultad de Ingeniería. Él, otros dos colegas llegados de Canadá y España y el profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación Pablo Figueroa, dictaron el curso "Desarrollo de videojuegos", entre el 28 de junio y el 3 de julio pasados.

Su experiencia en este campo comenzó en Canadá cuando tras su grado universitario y después de haber enseñado cinco años en la Universidad de Alberta, ingresó a la firma Radical

Entertainment, donde fue jefe de investigaciones. Luego se trasladó con otros investigadores a Electronic Arts, en Vancouver, donde durante ocho años fue jefe de investigación, director de tecnología, y director de relaciones con universidades. Luego fue investigador en prototipos de videojuegos en la Carnegie Mellon University (sede Australia) y desde hace dos años es director de tecnología en Relic Entertainment, una de las grandes fabricantes de videojuegos. Allí es responsable de 47 ingenieros quienes evalúan tecnologías para juegos de video, mediante *game sketching*. Experimentando con la interacción, esta metodología permite detectar si un producto en fase de diseño será exitoso. El 30% de su tiempo lo emplea como ingeniero armando software. “No soy diseñador de juegos, sino diseñador de herramientas para diseñadores”, explica.

Cualquiera puede diseñar videojuegos

Para Buchanan los dos grandes dinamizadores de los videojuegos son el iPhone y el Facebook, pues gracias a ellos es fácil que cualquier persona invente juegos casuales, que se resuelven en unos minutos. En el caso del iPhone, precisa, con un computador Mac y 99 dólares se pueden armar y publicar los juegos para ese aparato y obtener el 70% de las ganancias como desarrollador. Y en el caso de Facebook la gente los usa para relacionarse con sus amigos.

“Los jugadores expertos, que prefieren los juegos violentos o con adrenalina, seguirán aficionados a ellos, pero ahora se investiga para que otras personas logren experiencias similares en menor tiempo y con otros juegos. El éxito de los juegos casuales se medirá por el número de jugadores, aunque no se sabe si las ganancias serán mayores”, dice Buchanan. Agrega que con los juegos en línea, los fabricantes podrán chequear a los jugadores y bloquear a los piratas.

El experto destaca que los más fáciles de construir son los de conflicto directo, como los de guerra o deportes, pero la gran mayoría de los jugadores prefieren los tipo *Farmville*, en el que el usuario administra una granja, alimenta a los animales, riega las plantas o cosecha maíz y puede comprar cosas para mejorarla o para regalar. El éxito depende de ingredientes como el mundo donde ocurre, el carácter que asumen los usuarios y la manera de presentar y resolver los conflictos o los retos. “Los juegos tienen que presentarse como progreso —dice—. Hay que introducir al usuario al mundo, explicarle cómo funciona y darle un reto o un conflicto simple. Cuando supera esa etapa, pueden añadirse complicaciones como traer más enemigos o más poderosos, para que aprenda otra mecánica y vaya progresando. El desarrollador debe fijarse en el público. De la interacción depende el éxito del juego”.

Para él, no hay duda de que el mercado de los videojuegos va a explotar porque el porcentaje de usuarios se incrementa

Qué se hace en Los Andes

A través del grupo de investigación Imagine, del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, la Universidad de los Andes trabaja desde hace tres años en capacitación, investigación y consultoría en videojuegos.

Pablo Figueroa, doctor en Ingeniería de Sistemas y Computación e integrante del grupo Imagine, explica que este ofrece cursos de pregrado y posgrado como “Cultura de videojuegos”, dirigido a todos los estudiantes, y “Desarrollo de videojuegos sobre motores” para los que hayan hecho el curso básico de Sistemas. El propósito es no solo aprender sobre el tema sino sobre creación de empresas en este campo.

En investigación, trabajan de manera paralela en el desarrollo de videojuegos y en animación, con el objetivo de desarrollar una masa crítica que trabaje en esta industria en Colombia. Así, en los cursos de posgrado, investigan en temas como juegos serios (cómo utilizar las tecnologías para fines distintos al entretenimiento, como, por ejemplo, educación) y en nuevas tecnologías para desarrollo.

En consultoría se alían con empresas en temas beneficiosos para ambos, tanto en transferencia de tecnología como en investigación.

El grupo ya tiene varios logros. Por ejemplo uno de los trabajos de los estudiantes de pregrado se presentó al concurso mundial IGF (*Independent Game Festival*). El juego está disponible en <http://displacedgame.byethost13.com/> y es resultado de trabajos experimentales en historias no lineales.

De igual forma, dice Figueroa, se unieron con ocho empresas para presentarle a Colciencias un proyecto ambicioso para desarrollar en tres años y medio, con un costo de 5.500 millones de pesos. El objetivo es investigar en transferencias de tecnología y otros aspectos relacionados con el sector de animación y videojuegos.

Más información en <http://sistemas.uniandes.edu.co/~isis1602> y en <http://sistemas.uniandes.edu.co/~isis4818>



EL GRUPO: Computación Visual Imagine, del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación.

CONTACTO: Pablo Figueroa, ingeniero de sistemas, profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación. pfiguero@uniandes.edu.co



▶ John Buchanan (centro) durante el curso "Desarrollo de videojuegos" que dio con otros profesores de Canadá, España y Colombia en la pasada Escuela de Verano. Él explica que todos los juegos deben tener un conflicto o un reto y darle al usuario la posibilidad de superar etapas y progresar.

con rapidez. Esto significa que las oportunidades para las compañías pequeñas son enormes y Colombia podría aprovecharlas ofreciendo mano de obra más barata, personas de calidad y procesos sólidos de producción, pues el desarrollo es muy costoso (de 30 millones a 100 millones de dólares por juego triple A). Incluso compañías como Electronic Arts y THQ, a la que pertenece Relic, han hecho o planean hacer contactos en países como Ucrania, Malasia y Colombia. Así ocurrió en Vancouver cuando entre 1996 y 2002 con un dólar canadiense a 65 centavos del dólar americano, Electronic Arts trasladó el negocio de Estados Unidos a Canadá y su planta de personal creció de 100 a 2.600 empleados. La ciudad se convirtió en uno de los epicentros de este tipo de entretenimiento, de la mano de ex empleados de esa compañía que fundaron sus propios negocios.

Su consejo para los estudiantes y los ingenieros es que se preparen para demostrar que son los mejores: "Esta es una industria que demanda empleados de muy alta calidad —explica—, porque es la única del sector informático que tiene personas apasionadas por entrar. La competencia es brutal y podemos escoger a los mejores. Los estudiantes deben demostrar que tienen la pasión y para ello es importante que empiecen a familiarizarse con motores de juegos, que son el conjunto



de software y herramientas base para armar los videojuegos. También deben hacer modificaciones a los existentes para demostrar que entienden la tecnología relevante". Otra condición es la habilidad para ser parte de un equipo porque para desarrollar un juego triple A se necesitan entre 40 y 140 personas y hay que trabajar entre 80 y 100 horas a la semana durante los picos de trabajo que pueden ser de 2, 4, 6 u 8 semanas. En resumen, Buchanan sentencia: "Eso se logra con un portafolio que demuestre que es bueno en su área; si es artista, que haga evidente su visión para el espacio y manejo de color; si modela criaturas, que ofrezca modelos diversos; si es animador, que se vean las animaciones; si es ingeniero, que pueda tomar una base de un juego y hacer algo interesante. Es decir, que no sean simples proyectos académicos". ■

Retos de la convergencia de redes y servicios

El dominio del tema de mercados y de regulación económica es fundamental hoy. Eso vino a promover Fernando Beltrán, invitado del Grupo de Electrónica y Sistemas de Telecomunicaciones, GEST.

Fernando Beltrán trabaja desde hace seis años en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda) en el Departamento de Sistemas de Información y Manejo de Operaciones (ISOM), "una simbiosis entre lo que se hace en un departamento de sistemas y comunicación, y en una facultad de negocios. Trabajo en el área tecnologías de información y comunicaciones, TIC, en redes de telecomunicaciones, con foco en las políticas públicas y regulación de los mercados del sector. Estoy convencido de que hay que conocer la tecnología y los cambios que ocurren para saber las implicaciones de su uso en las decisiones políticas, legales y regulatorias. He tratado de mostrarle a la gente que el reto es grande cuando tecnologías como internet, tecnologías móviles y todo lo que se monte sobre ellas, tienen implicaciones tan fuertes en la sociedad: hay que hacer el mejor esfuerzo para intuir las oportunidades, conocer los problemas y entender los mercados que se pueden crear sobre las redes. Ese es mi reto y, además, es lo que traté de mostrarles a los estudiantes en la Escuela de Verano de 2010 para inducirlos a comprender los principios económicos que hay detrás de regulación de telecomunicaciones". Beltrán trabajó desde 1995 hasta 2004 en la Universidad de Los Andes. Años atrás había egresado como ingeniero eléctrico y estudiado Matemáticas. Desde que vive en Nueva Zelanda, este ingeniero con maestría y doctorado en la Universidad Estatal de Nueva York (SUNY), en Long Island (Nueva York), ha dictado varios cursos en las Escuelas de Verano de Los Andes. En esta entrevista habló sobre los temas que le parecen fundamentales.



La siguiente generación de la telefonía móvil va a permitir integrar la voz y los datos en la misma red. Eso bajará los costos de los operadores.

¿Qué abarca el mundo de las telecomunicaciones?

Lo tradicional es lo que se llama *broadcast*: transmisión de televisión y radio y por otro lado, telefonía fija convencional. Con el tiempo hubo avances que permitieron transmitir señales y comunicaciones a través de diferentes medios: satélites, cables submarinos, fibra óptica, enlaces de radio. En los sesenta, en Estados Unidos, se inventó internet, que permite la comunicación usando datos entre computadores: correo electrónico y compartir documentos. Pero lo más importante que ha pasado en esa revolución es el par de protocolos IP/TCP, que permite integrar la infraestructura de las redes físicas de comunicación. Lo que está sucediendo ahora es la convergencia de redes y servicios: la idea de que usando IP para interconectar redes, todos los servicios se pueden prestar, por ejemplo, transmitir televisión (de alta calidad) sobre la misma red que permite enviar datos y bajar correo electrónico. Eso tiene consecuencias legales y sociales.

¿La regulación está a la altura de la tecnología?

No, nunca, la regulación difícilmente puede estar a la altura de la tecnología. Yo pensaría que esa es una condición natural, porque los desarrollos tecnológicos los mueven factores mucho más poderosos que la motivación de una sociedad para regularlos. El dinamismo con que se trabaja en tecnología no lo tienen las instituciones públicas encargadas de la regulación, que son reactivas.

¿Cuáles son las motivaciones que impulsan a los reguladores?

Si una sociedad deja crecer desmedidamente el poder de cualquiera de los agentes que participan en el mercado, se producen distorsiones

Desde hace seis años, Fernando Beltrán trabaja en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda) en el Departamento de Sistemas de Información y Manejo de Operaciones (ISOM).



que pueden afectar desigualmente la distribución del beneficio. Si se permite que los operadores comerciales de telefonía tengan unos precios y unas condiciones que sean dañinas para el bienestar y las condiciones de la gente, los reguladores tienen que hacer algo al respecto.

Pero no es por regulación que los precios bajan sino por la competencia...

Pero la regulación crea las condiciones de la competencia. Por ejemplo, si solo habilitas una parte del espectro para que exista un proveedor de telefonía móvil estás dejando en condición de monopolio el mercado. Sin embargo, una mayor habilitación les da la oportunidad a otros para que participen y de esa manera se crean condiciones de competencia. Pero, crecientemente, la regulación se ha concentrado en la interconexión. Porque lo que persiguen las constituciones y la política de muchos países es que todo el mundo tenga acceso a la red de comunicaciones. Si tenemos muchos y diferentes proveedores dueños de red, qué sacamos si unas redes no se 'hablan' con las otras. La interconexión física y sus condiciones legales y económicas se han vuelto un problema importante para resolver y eso lo trata la regulación.

¿Cuál es la mejor regulación en este caso?

Hablar de regulación ideal es complicado porque lo ideal empieza a entrar en conflicto con lo real. Yo creo que una sociedad tiene que permitirles a sus miembros desarrollar libremente sus transacciones comerciales, debe permitirles la creatividad y la innovación tecnológica que le brinde productos y servicios a la sociedad, pero también debe cuidarse de que eso se haga con armonía y con la defensa del bien común.

¿El acceso sigue siendo un problema?

Claro, porque sigue en condiciones de monopolio, y por lo tanto tiene poder de mercado sobre sus consumidores. En la medida en que mi línea esté contratada con un operador, ese operador tiene un dominio sobre mí como consumidor. En Suramérica están el grupo Telefónica y el grupo Telmex, que cada vez van a tener más

poder. Ejercerlo consiste en apretar a los consumidores. Por eso el acceso es una de las preocupaciones de la regulación.

¿La situación geográfica sigue siendo un problema para el acceso?

Sí. Estados Unidos fue el primero en lograr cubrimiento de telefonía casi en todas partes a pesar de su tamaño, pero otros países como el nuestro siguen sufriendo por una falta de claridad institucional, porque no crean los mecanismos para que haya un cubrimiento total más rápido.

¿Y cómo se defiende el consumidor?

Debe acudir a sus reguladores.

¿Cuáles son los principales retos del mundo de las telecomunicaciones para un ingeniero?

La complejidad y la cantidad de cosas que hay que saber. Y cuando uno avanza en posiciones de mando en una empresa de telecomunicaciones, si viene de la parte técnica de la ingeniería, el reto, la necesidad fundamental es conocer de estos otros aspectos que posiblemente antes no eran imprescindibles. Alguien con una posición de manejo no solo debe conocer de tecnología —que ya es difícil porque avanza muy rápido—: debe dominar los elementos regulatorios y legales.

Usted vino a hablar de tecnologías

de punta. ¿Qué nos presenta el mercado?

Yo vine a hablar de dos grandes áreas. La primera es la que se conoce como redes de próxima generación (NGN), la evolución de las redes actuales de comunicación hacia una nueva tecnología que las va a hacer menos complejas, les va a permitir funcionar sobre el protocolo IP. Se prevé que para los operadores serán menos costosas. Esas redes serán adoptadas por los operadores de telefonía fija, quienes podrán prestar muchos más servicios que el teléfono convencional. El segundo tema es el desarrollo de la tecnología móvil inalámbrica, es decir, la siguiente generación de la tecnología móvil celular.

¿Y qué va a permitir?

A los operadores les va a permitir ahorros en costos e integrar la voz y los datos y toda la multimedia sobre la misma red, pues básicamente ahora emplean dos redes. Al usuario le significa tener acceso a más servicios: ver la televisión en aparatos móviles, hacerlo en tiempo real o diferido, movilizarse y acceder a diferentes redes con contratos que se desarrollan en ese momento (el *roaming* debería ser más barato no solo para voz sino para otros servicios). Así que mi teléfono se va a volver más importante e imprescindible de lo que es ahora porque va a tenerlo todo. Y podría significar también tarifas más bajas en la medida en que la complejidad de la red se reduce y las economías de escala se aprovechan mejor. ■

Las telas tensionadas de Gerardo Castro

Este egresado del Departamento de Ingeniería Civil aplica su saber y su experiencia en resolver problemas de construcción.



Gerardo Castro regresó a Colombia en 1993 y desde entonces diseña y fabrica cubiertas tensionadas. Sus productos están en 11 países de Latinoamérica.

Los techos de seis patios de Transmilenio, Corferias y Centro Mayor en Bogotá; del puente de Guadua Arnulfo Briceño, en Cúcuta; del mariposario del zoológico de Cali y de otras edificaciones en 11 países de Latinoamérica tienen en común los cálculos y diseños de Gerardo Castro.

Este ingeniero civil de Los Andes, con doctorado en Ingeniería Sísmica en la Escuela de Ingeniería RPI de Estados Unidos, encontró en la fabricación de cubiertas de membranas tensionadas el nicho para desarrollar su talento en Colombia. En Estados Unidos había trabajado en diseño de tuberías subterráneas y de edificios antisísmicos, de misiles nucleares e incluso en la cubierta del estadio de Atlanta para los Juegos Olímpicos de 1996.

Su actividad la desarrolla en Castro Rojas, Ingenieros y Arquitectos Ltda., firma que ha recibido varios premios de la Asociación Internacional de Textiles Industriales (IFAI). Las telas tensionadas las fabrican



▲ El Puente de Guadua Arnulfo Briceño, en Cúcuta, es obra del carpintero alemán radicado en Popayán Joerg Stamm. Gerardo Castro y su equipo diseñaron e instalaron la cubierta tensada, trabajo por el cual obtuvieron en el 2009 el primer puesto en su categoría en el concurso de la IFAI.

en Bogotá con materiales importados y máquinas suecas, soportan las cargas estipuladas por el Código de Construcción y duran entre 15 y 30 años.

Castro piensa que Los Andes lo hizo un ingeniero distinto. “Cuando salimos al mundo, sabemos cuál es la teoría detrás de la ecuación aunque no seamos los más productivos —dice—. Si nos llega un problema nuevo, podemos deducir la respuesta y eso es lo grandioso que me enseñó la Universidad. Los Andes hace

que sus ingenieros sean personas necesarias para solucionar problemas que nadie más puede resolver”.

La huella de Los Andes comenzó a marcarse muy temprano. “Uno de mis ídolos era el profesor Carlos Eduardo Bernal, que llegó de MIT para enseñar “Resistencia de Materiales” cuando yo estaba en tercer semestre —relata—. Ver a todos los profesores con doctorados y maestrías es una guía, porque uno también quiere ser así”. ■

Magíster uniandino gana premio mundial

En la investigación sobre la cual se escribió el texto premiado, se estudia el comportamiento sísmico de edificios de baja altura con muros de concreto y se proponen recomendaciones para análisis y diseño sísmico por desempeño.

52

Julián Carrillo, ingeniero civil en la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), con maestría en Ingeniería, área Civil, en el tema de Estructuras y Sísmica de la Universidad de los Andes, y candidato a doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, ganó el premio del EERI (*Earthquake Engineering Research Institute*), al mejor artículo de investigación de estudiantes de doctorado de todo el mundo, por el texto titulado “Modelo envolvente para diseño sísmico por desempeño de muros de concreto reforzado para viviendas de baja altura”.

El EERI es una sociedad técnica sin ánimo de lucro que pretende reducir el riesgo sísmico a partir del avance de la ciencia y la práctica de la ingeniería sísmica, de mejorar el entendimiento del impacto de estos eventos en los ámbitos físico, social, económico y cultural y de promover medidas amplias y realistas para la reducción de los efectos perjudiciales de los sismos. El premio fue otorgado en febrero pasado, en San Francisco (California, Estados Unidos).

En el artículo se propone “una metodología de diseño sísmico para predecir la capacidad de resistencia y desplazamiento de muros de concreto para edificaciones de baja altura. El modelo proporciona una herramienta robusta para evaluar, actualizar y optimizar los procedimientos, recomendaciones y códigos actuales de diseño sísmico. Si se adoptan las recomendaciones propuestas en la investigación —asegura el ingeniero—, se espera que el diseño sísmico por desempeño promueva una vivienda de interés social más segura y económica para la población latinoamericana”.

Luego de graduarse con honores en 2002 como uno de los cinco mejores egresados en la historia del programa de Ingeniería Civil de la UMNG, Carrillo comenzó su maestría en la Universidad de los Andes y dos años después obtuvo el título de Magíster en Ingeniería, área Civil en el tema de Estructuras y Sísmica. “Los profesores de la maestría Albero Sarria, Luis Yamín, Juan Carlos Reyes y Luis Enrique García impulsaron en mí el interés por la ingeniería estructural y sísmica”, afirma. Vive en México desde el 2006, donde adelanta estudios de doctorado en Ingeniería Civil en el área de Estructuras de Concreto, en la UNAM. Su proyecto de investigación doctoral lo realiza en el Instituto de Ingeniería de la misma universidad.



▲ Julián Carrillo hizo su maestría en Los Andes y asegura que los profesores de esta universidad impulsaron su interés por la ingeniería estructural y sísmica.

Señala Carrillo que “el colapso parcial o total de un número significativo de viviendas durante los sismos ocurridos en Colombia, Haití, México y Perú, nuevamente ha evidenciado la ausencia de recomendaciones y códigos de diseño eficientes para la construcción de viviendas de baja altura. Desafortunadamente, la población con recursos económicos limitados resulta ser la más afectada tras la ocurrencia de desastres naturales. Una de las opciones más eficientes para la construcción de vivienda de interés social es el desarrollo de conjuntos habitacionales con viviendas hechas de concreto en su totalidad (cimentación, muros, losas de entepiso y techos)”. Como parte del proyecto de investigación se han publicado varios artículos en revistas y congresos internacionales, se ha desarrollado software para aplicación en la ingeniería estructural y sísmica y, actualmente, está tramitando una patente. ■

LOS QUE PASARON

ICPR AMÉRICAS 2010

El tema de la Quinta Conferencia Internacional sobre Investigación de Producción, Américas 2010, ICPR por sus siglas en inglés, fue "Logística y tecnologías de producción para pequeñas y medianas empresas". Contó con destacados investigadores y profesionales de producción, logística y fabricación. También hubo talleres en las áreas de proyectos y gestión de operaciones, ingeniería de producción industrial, economía y administración de empresas.

Cuándo: 27 de julio de 2010.

Organizó: Departamento de Ingeniería Industrial.

Asistentes: 433 personas.

Invitados internacionales:

André Langevin, PhD profesor del Département de Mathématiques et de Génie Industriel, École Polytechnique, Montréal. **Cihan Dagli**, Missouri University of Science and Technology, profesor de Ingeniería de Gestión e Ingeniería de Sistemas,

fundador del Systems Engineering Graduate Program, Missouri University of Science and Technology.

Edgar Blanco, director ejecutivo MIT-CLI Alliance, MIT Center for Transportation & Logistics. **Ronald G. Askin**, profesor de Ingeniería Industrial y director interino de School of Computing, Informatics and Decision Systems Engineering en la Arizona State University.

John W. Fowler, profesor en el Operations Research and Production Systems, grupo del Departamento de Ingeniería Industrial de la Arizona State University. PhD en Ingeniería Industrial de Texas A&M University. Codirector del Modeling and Analysis of Semiconductor Manufacturing Laboratory de la Arizona State University y editor asociado del IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing y del Editorial Board for IIE Transactions on Scheduling and Logistics.

<http://icpramericas2010/program.html>

Segundo Seminario Internacional Ingenieros sin Fronteras

Este encuentro se realizó con el fin de reunir a profesores y estudiantes de universidades nacionales y extranjeras, en un espacio para la socialización de conocimiento, el intercambio cultural y la discusión en torno al papel de la Ingeniería como herramienta para mejorar la calidad de vida de las comunidades, particularmente las más vulnerables. Se abordó el papel de la organización Ingenieros sin Fronteras en el diseño e implementación de soluciones sostenibles y culturalmente apropiadas, la gestión de los recursos hídricos y la respuesta a desastres naturales.

Cuándo: 12 de julio de 2010. **Organizó:** Departamentos de Ingeniería Industrial, Ambiental y Química. **Asistentes:** 96 personas. **Invitados internacionales:** **Irene Bengo**, Politécnico di Milano, magíster en Ingeniería Ambiental y Ordenamiento Territorial. **Riccardo Mereu**, Politécnico di Milano, PhD en Ingeniería Eléctrica del Politecnico di Milano. **Juan Lucena**, School of Mines, Golden, Colorado. PhD en Science and Technology Studies, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia.

AIChE en Suramérica

El Departamento de Ingeniería Química abrió el primer capítulo de estudiantes de la Asociación Americana de Ingeniería Química (AIChE) en Suramérica. En el evento participaron el presidente de la AIChE, profesor Scott Fogler, quien habló sobre "Chemical Engineering Perspectives for the Next Decade".

Cuándo: 29 abril de 2010. **Organizó:** Departamento de Ingeniería Química. **Asistentes:** 443 personas. **Invitados internacionales:** **Scott Fogler**, Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Michigan, **Thomas Wood**, profesor de la Universidad de Texas A&M y **Luke Achenie**.

Volver a los Andes 4



El 4 de junio pasado se realizó el cuarto encuentro Volver a los Andes. Hubo charlas de actualidad, actividades deportivas y conciertos. Con el lema "Quién dijo que los ingenieros no sacan fotos", los egresados compartieron imágenes de su vida universitaria. Además la Facultad de

Ingeniería aprovechó la ocasión para lanzar el nuevo portal de egresados <http://ingenieria.uniandes.edu.co/egresadosING/>. **Cuándo:** 4 de junio de 2010. **Organizó:** Dirección de Desarrollo, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. **Asistentes:** 3.000 egresados, 1.300 de ellos ingenieros.



Capítulo IASA Colombia 2010

El pasado 19 de agosto se llevó a cabo el lanzamiento del Capítulo IASA Colombia. La International Association of Software Architects (IASA) es la principal asociación de Arquitectura de Software, y cuenta con cerca de 70.000 miembros en más de 50 países y 40 capítulos en el mundo. Colombia es el cuarto latinoamericano que tiene Capítulo IASA y el primer Capítulo que lidera una universidad. La Junta Directiva de IASA Colombia está compuesta

por Darío Correal, profesor asistente de la Universidad de los Andes (presidente); Roberto Pardo, consultor independiente (vicepresidente); Jorge Arias, consultor senior de Oracle Latinoamérica (secretario); Luis Emilio Linares, arquitecto de soluciones de desarrollo de Microsoft Colombia (vocal) y Jorge Villalobos, director del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes (vocal).

Muestra de innovación

En la muestra de innovación con Tecnología Informática (IT), los estudiantes de 5° a 7° semestre de Ingeniería de Sistemas y Computación e Ingeniería Industrial presentaron sus proyectos de mitad de carrera (PMC). Los proyectos, innovadores y sostenibles, fueron evaluados por grupo de expertos internos y externos, académicos y empresarios de tecnología de informática, que conformaron un comité asesor que los orientó y les hizo seguimiento.

Cuándo: 29 de abril de 2010. **Organizó:** Departamento de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería Industrial. **Asistentes:** 355 personas. **Empresarios invitados:** 72.

Expoandes

Los estudiantes de Ingeniería Industrial, General, Sistemas y Computación, Mecánica, Química, Civil, Ambiental, Eléctrica y Electrónica presentaron 144 proyectos innovadores como resultado de su trabajo en grupo. Estuvieron acompañados por profesores, empresarios e ingenieros. Expoandes busca que los alumnos de primer semestre se aproximen al papel del ingeniero y desarrollen tres competencias: Trabajo en grupo, Observación de problemáticas y Exploración de una solución desde la ingeniería.

Cuándo: 27 de abril de 2010. **Organizó:** Facultad de Ingeniería. **Asistentes:** 2.500 personas.

LOS QUE VIENEN

► Observatorio Regional

El Departamento de Arquitectura y la Facultad de Ingeniería (grupo Estudios de Sostenibilidad Urbana y Regional, SUR) organizan un evento, que tendrá lugar el 28 de octubre, en el que se presentará y enriquecerá el proyecto del Observatorio Regional para Bogotá y su región circunvecina.

Con el Observatorio se espera estudiar, determinar y disponer de una visión integrada de las temáticas de ocupación, transportes e institucionalidad y, a largo plazo, se busca hacer seguimiento y evaluación de los cambios en la estructura urbana, en los patrones de usos del suelo, en la expansión de la actividad económica y en la oferta de vivienda nueva en conjunto con la aplicación de indicadores de calidad.

Además, en la reunión, que se realizará en el Edificio Mario Laserna, Auditorio A, a las 8:00 a.m. habrá un taller en el que se conocerán de primera mano procesos y experiencias internacionales en esta materia, las necesidades y visiones que tienen al respecto las instituciones gubernamentales involucradas.

► SiGraDi 2010

Durante el 17, el 18 y el 19 de noviembre próximos, en el Auditorio Mario Laserna, se llevará a cabo el XIV Taller de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, SiGraDi 2010. El Congreso ofrecerá un espacio de debate internacional acerca de los desafíos que el uso de la tecnología digital impone a disciplinas como la arquitectura, la ingeniería, el diseño y las artes. Esta versión propondrá una reflexión en torno a la discontinuidad y la continuidad en los procesos de creación y desarrollo de proyectos en diversas áreas. Las inscripciones se cierran en 1 de octubre. Más Información: <http://sigradi2010.uniandes.edu.co/>

Reconocimientos

IV Conferencia Andina sobre PVC y Sustentabilidad

El pasado 28 de septiembre, en la Universidad de los Andes, tuvo lugar la conferencia regional dedicada a impulsar el desarrollo sustentable en la industria del PVC. Líderes y expertos de cinco continentes analizaron la situación del sector, sus progresos en nuevas tecnologías, sus oportunidades y desafíos en el contexto de la sustentabilidad.

La conferencia fue organizada por el Foro Andino del PVC y el Grupo de Materiales y Manufactura CIPP-CIPEM, con el apoyo de organizaciones aliadas en varios países: el Consejo Europeo de Fabricantes de Vinilo, el Instituto del Vinilo (Estados Unidos), el Consejo Ambiental del Vinilo (Japón), el Consejo Australiano del Vinilo, el Instituto do PVC (Brasil), la Asociación Argentina del PVC, el Grupo Pro-Vinilo (México) y Acoplásticos (Colombia).



El futuro de la investigación en la Facultad

Con el fin de determinar las líneas de investigación en los próximos años, la Facultad de Ingeniería se ha reunido con grupos cercanos a la institución: egresados distinguidos, directores de los centros de investigación de la Facultad y expertos del sector público. Entre los criterios de selección están: las fortalezas de la Facultad, la Agenda de Competitividad del país, la pertinencia e impacto social, su capacidad para atraer recursos de fuentes externas. El trabajo está en proceso y por este medio se comunicarán los avances y resultados.

IEEE Computer Society Student Competition 2010

Un grupo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería recibió, el 26 de julio, el premio IEEE Computer Society Student Competition 2010 al mejor diseño de software. La competencia, en la que se inscribieron 86 grupos de universidades de todo el mundo, busca promover la excelencia en el diseño de un sistema para resolver problemas del mundo real. El proyecto uniandino —apoyado por Lorena Mercedes García, profesora del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica— consta de dos elementos: el desarrollo de la arquitectura denominada UA Core Architecture y el diseño e implementación del simulador Argentum et Aurum Simulator. Los ganadores son Carlos Fernando Morales Olaya (séptimo semestre de Ingeniería Eléctrica y noveno de Ingeniería de Sistemas y Computación), Germán Sotelo Arévalo (octavo de Ingeniería de Sistemas y Computación), Jorge Mario Garzón Rey (séptimo semestre de Ingeniería Eléctrica y Electrónica), Camila Andrea González Williamson y Camilo Andrés Gómez Pachón, ambos de sexto semestre de Ingeniería Electrónica.

Concurso Internacional de ECO-RETO

Por la propuesta de Ingenieros sin Fronteras, dirigida por la profesora asistente María Catalina Ramírez y por un grupo de estudiantes y profesores de los departamentos de Ingeniería Industrial y de Ingeniería Química de la Universidad de los Andes y de Ingeniería Civil de UniMinuto, se concedió el Primer Puesto en el Concurso Internacional de ECO-RETO. La selección de los ganadores fue realizada en Lima en junio y contó con la presencia de miembros de la OEA, el BID, PepsiCo. y YABT. El concurso premia el emprendimiento, la innovación y la sostenibilidad de proyectos de ingeniería.



Best Paper Award

José Bermeo, estudiante doctoral del Departamento de Ingeniería Industrial, recibió un reconocimiento y un premio otorgado por The Programme Committee of the Twentieth European Meeting on Cybernetics and Systems Research Bestows en la categoría "Best Paper Award", por su artículo 'The Game as a Methodology for Observing the Observer', resumen de su tesis doctoral. El reconocimiento fue otorgado en el marco del simposio 'The Cybernetics of Cybernetics: Cybernetics, Interaction and Conversation', que se realizó el 6 de abril en Viena (Austria), organizado por la Sociedad Austríaca para Estudios Cibernéticos, entre otras entidades.

Premio Nacional de Ingeniería

El 22 de julio, los profesores Juan Saldarriaga y Silvia Takahashi, junto con el grupo de investigación CIACUA, obtuvieron el Premio Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Álvaro Pardo Sánchez, otorgado por la Asociación Colombiana de Ingeniería

Sanitaria y Ambiental, Acodal, por el trabajo "Diseño optimizado de sistemas de distribución de agua: Una nueva perspectiva". El premio se concede al mejor proyecto de investigación y al aporte de los investigadores al desarrollo de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental del país.



Tesis doctorales 2010

Caos en los sistemas de tránsito



Autor: Jorge Villalobos Durán.
Director tesis Uniandes: Roberto Zarama.
Codirector externo: Juan Alejandro Valdivia, Universidad de Chile (Chile).

La tesis desarrolla dos modelos de tráfico basados en la interacción de un vehículo con los semáforos. El primer modelo (carro) representa la dinámica del vehículo en una calle larga con numerosos semáforos. La interacción se da dependiendo de los colores de las luces de tráfico (frena cuando está en rojo y avanza cuando está en verde). El segundo modelo (con bus) sigue el mismo parámetro, pero con la posibilidad de que el automotor se detenga con la luz verde para recoger o dejar pasajeros. Todos los modelos son minimalistas y no tienen en cuenta las reacciones humanas (los vehículos nunca se pasan la luz roja ni emulan otros comportamientos como viajar a velocidades diferentes). Para caracterizar estos comportamientos caóticos utiliza modelos 2D que dan una amplia combinación de parámetros.

Mediación y selección de fuentes de datos en organizaciones virtuales de gran escala



Autora: Alexandra Pomares Quimbaya.
Director tesis Uniandes: José Abasolo Prieto.
Codirectora externa: Claudia Roncancio, Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG, Francia).

La tesis aborda la problemática de la selección de fuentes de datos pertinentes para la evaluación de una consulta, proceso muy crítico de los sistemas de mediación en contextos de gran escala como los presentes en las organizaciones virtuales. La autora escogió el área de salud y propone OptiSource, una estrategia particularmente eficiente cuando un gran número de fuentes de datos son susceptibles de contribuir a una consulta según su nivel intencional (esquema), pero solamente una proporción reducida de ellas puede efectivamente evaluarla a nivel extensional (contenido). Las fuentes dominantes son definidas según su contribución esperada teniendo en cuenta el papel que pueden jugar en la consulta y se asignan las subconsultas utilizando un modelo de optimización combinatoria.

Hacia la construcción de la ciudadanía local



Autor: José Yesid Bermeo Cabrera.
Director tesis Uniandes: Roberto Zarama.
Codirector externo: Markus Schwaninger, Universidad de St. Gallen (Suiza).

Se basa en desarrollar “el juego como metodología para observar al observador”. Responde interrogantes como cuáles acciones pueden emprenderse para que el sujeto se observe a sí mismo

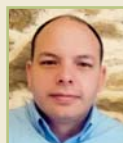
y cómo posibilitar acciones de aprendizaje para trascender y reconstruir la experiencia del sujeto en la observación. La investigación es cualitativa y su marco general de referencia es el constructivismo, modelo que incluye tres procesos: conocer, aprender y comprender y que admite la subjetividad. El aprendizaje se hace por autorreflexión y autorreferencia del observador en su proceso de observación. En la estructura, la propuesta toma ideas de la TSM (Beer, 1994; Schwaninger; 2006) y la reinterpreta en un escenario de experimentación.

Planeamiento de sistemas interconectados considerando seguridad ante salidas en cascada y eventos catastróficos

Autor: Carlos Julio Zapata Grisales.
Director tesis Uniandes: Álvaro Torres.
Codirector externo: Daniel Kirschen, University Of Manchester (Reino Unido).

El trabajo presenta un método para valorar la vulnerabilidad de un sistema compuesto generación–transmisión de energía eléctrica, basado en el modelamiento de las fallas y las reparaciones. Para ello utiliza la teoría de procesos estocásticos puntuales, que permite incluir tasas de eventos constantes y variables y representar el proceso de reparación ejecutado en el sistema de potencia tal como realmente es: un sistema de colas. También utiliza un procedimiento de simulación de Montecarlo secuencial que permite generar en forma artificial todos los aspectos involucrados en la secuencia operativa de un sistema eléctrico de potencia y puede manejar fácilmente modelos probabilísticos estacionarios y no estacionarios.

Contribución al desarrollo de métodos de multiresolución en el dominio del tiempo (MRDT) aplicados al análisis electromagnético de circuitos en banda milimétrica



Autor: Grigory Ibrahim Massy.
Director: Néstor Peña.
Codirector externo: Michel Ney, Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications de Bretagne-Enst (Francia).

La implementación de nuevas tecnologías hace más complejo el análisis de los circuitos. En parte, esto se debe a que con la miniaturización de los componentes los resultados de estudiar las interacciones entre los elementos no son precisos. Es necesario, entonces, recurrir a los métodos volumétricos actuales como FDTD y MRTD que, por ejemplo, en el campo de las comunicaciones inalámbricas permiten ahorros significativos en tiempo de procesamiento. La tesis desarrolló un método híbrido que combina las características de baja dispersión de la MRTD y la alta velocidad de la FDTD. ■

El legado de Diego Echeverry Campos

El profesor se destacaba por su conocimiento sobre los temas de vivienda y construcción. Propiciaba discusiones que sirvieron de base para definir los lineamientos de programas como Metrovivienda.

Crear un espacio de discusión y concertación sobre políticas de vivienda de interés social y fijar los cimientos para el programa de Maestría en Ingeniería y Gerencia de la Construcción de la Universidad de los Andes fueron los grandes aportes del profesor Diego Echeverry Campos, trágicamente desaparecido en agosto de 2008.

Este ingeniero civil uniandino era un apasionado de la gerencia de proyectos y un conciliador por naturaleza, virtudes que le permitieron crear en agosto de 2000, con el apoyo del entonces Ministerio de Desarrollo Económico, la Mesa VIS. Esta iniciativa que sigue siendo coordinada por la Universidad de los Andes y que reúne a los actores del sector de la construcción, busca soluciones para los problemas de vivienda de los más pobres del país.

Echeverry Campos tenía doctorado en Ingeniería Civil, área de Ingeniería y Gerencia de la Construcción, de la Universidad de Illinois (Urbana-Champaign) y estuvo vinculado a Los Andes en varias oportunidades. En el momento de su muerte era profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y tenía a su cargo los cursos "Programación y presupuestos" y "Gerencia de proyectos". También era coordinador del programa de posgrado Magister en Ingeniería Civil Ingeniería y Gerencia de la Construcción, cuyos ejes académicos son el mejoramiento de procesos constructivos, la gerencia de proyectos, la vivienda de interés social y el uso de herramientas de computación. Antes había sido director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y entre 2001 y 2002 se desempeñó como profesor visitante de la Universidad Panamericana de Guadalajara (UPG).

Sus áreas de investigación eran la vivienda de interés social y el mejoramiento de procesos constructivos mediante herramientas informáticas, la administración de riesgos constructivos y la gerencia de proyectos. También buscaba estandarizar los códigos de barras en la industria de la construcción para controlar mejor los materiales, los equipos, las herramientas y la mano de obra, ahorrar tiempos y recursos y disminuir los errores en el manejo de los insumos.

Quienes conocieron a Diego Echeverry lo catalogan como un amigable componedor.



Tras su muerte, su colega Andrés Escobar escribió: "El conocimiento de Diego les imponía altura a las discusiones, pero no intimidaba; su personalidad caballerosa y sencilla era una invitación permanente al ejercicio dialéctico. No podemos dejar de recordar los debates sobre el papel del Estado y el sector privado constructor. De ellos salieron muchas de las ideas que dieron cuerpo a Metrovivienda, una herramienta de los municipios para combatir a los urbanizadores ilegales, facilitando que los constructores legales desarrollen vivienda de bajo costo, por la vía de eliminarles de facto toda la tramitología asociada al diseño y construcción de redes de servicios y espacios públicos". ■

El futuro: componentes multifuncionales



Los materiales cerámicos son sólidos inorgánicos que adquieren sus propiedades finales por un tratamiento térmico. Se basan químicamente en elementos muy abundantes y en gran número de elementos de la tabla periódica, lo cual conduce a multitud de compuestos inorgánicos que son cerámicos. Las aplicaciones cubren un espectro amplísimo de tecnologías o usos convencionales, desde vajillas, sanitarios, ladrillos y elementos de construcción, y materiales técnicos como reforzantes en estructuras, circuitos impresos, capacitores en multicapa, materiales semiconductores y superconductores, sensores de gas, etc.

Sin embargo, la tendencia son los materiales compuestos, un paraguas en donde caben desde la raqueta de tenis hasta las partes de cualquier vehículo. Hacia el futuro no es conveniente hablar de materiales cerámicos, o materiales metálicos, lo que se busca son materiales que cumplan funciones y eso puede significar que por una cara sea metálico y por otra sea cerámico. Si el cerámico tiene alta resistencia a la corrosión, y el metálico alta conductividad térmica, pues habrá que buscarle una aplicación en donde la parte metálica permita esa conducción de alta temperatura, mientras que por fuera, la parte cerámica pueda estar en un sistema mecánico que resista la abrasión. Cada producto nuevo genera ideas para desarrollar otros productos. Las tendencias se dirigen también hacia aplicaciones multifuncionales, que es donde está la novedad: que un material tenga capacidad de responder a varias necesidades simultáneamente, o materiales inteligentes para la robótica, para sensores de luz para el movimiento; aplicaciones domésticas, como por ejemplo la captación de luz solar para almacenar energía mediante sistemas fotovoltaicos; o superficies autolimpiables para construcción, para

reducir el mantenimiento exterior de los rascacielos, o materiales que eliminan cualquier agente nocivo para industrias de curtido, de alimentación, en las que se busca atacar gérmenes en superficies limpias. También se trabaja en biocerámicas como elementos biocompatibles y para sustituciones de implantes óseos.

Por otra parte, desde algunos puntos de vista, los vidrios pueden considerarse cerámicos que han sufrido un proceso térmico, y también tienen multitud de aplicaciones, tales como recipientes para alimentación, bombillas, gafas, espejos, lentes. La tendencia en vidrio va hacia materiales con capacidades funcionales específicas, en implantes y sustituciones de materiales dañados en el cuerpo humano con materiales biocompatibles. También se utiliza en esferas que son capaces de liberar nutrientes, con aplicaciones tanto para las plantas como para el cuerpo. Esto podría emplearse, en el futuro, en biomedicina.

Una investigación en materiales compuestos debe ser un trabajo multidisciplinar: empezamos en áreas genéricas como la física, la química, la ingeniería. Al partir de una materia prima se involucra a los geólogos; al transformarla, mediante medios físicos o químicos en una pieza, a través de procesos industriales, caben los químicos que deberían trabajar en la formulación de composiciones, los físicos que contribuyen a la caracterización de los materiales que se obtienen, o los ingenieros, profesionales fundamentales para establecer los procesos experimentales para llevar a cabo la producción. ■

Rodrigo Moreno Botella

Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV) del Consejo Superior de Investigaciones. Ministerio de Ciencia e Innovación (España).