

# CONTACTO

ISSN:2145-7077

Ingeniería y ciudad II

## Claves para definir el rumbo

- Cómo planificar una ciudad ya construida
- El proyecto Bogotá 21
- Los retos del transporte intermodal
- Infraestructura de calidad para el desarrollo
- Transporte eléctrico



Perspectiva de la explanada de la Plaza de Bolívar en el proyecto del Plan Director para Bogotá (1950-1951) diseñado por Le Corbusier, superpuesta a una fotografía a vuelo de pájaro de la plaza existente en 1949, que sirvió de base para realizar el dibujo.

## Videojuegos

David, proyecto para apuntalar la industria

## Escuela de Verano

José Torero, Andrés Arrieta,  
Jean Paul Allain

Número  
**06**

octubre 2012- marzo 2013

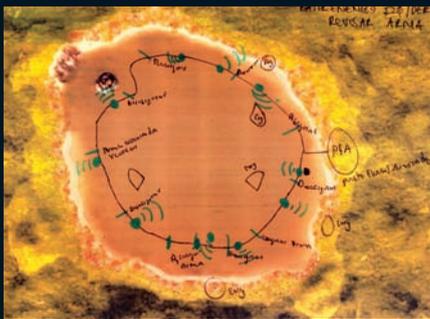
# Colivrí, diseñado para innovar

▼ Con la Armada Nacional se trabaja un simulador de tiro para entrenamiento en ríos.

2

## Qué es:

Es un colaboratorio, es decir, un laboratorio donde se propicia el encuentro y el trabajo de diferentes disciplinas. Permite: visualización, interacción, sistemas autónomos (robótica) mecánica y electrónica. Allí confluyen las ingenierías de Sistemas y Computación, Electrónica, Biomédica y Mecánica y, dependiendo del proyecto, también se vinculan profesores y estudiantes de los departamentos de Ingeniería Civil, Arte, Arquitectura y Diseño y Biología. Obedece al convencimiento de que en el encuentro de los saberes están las oportunidades de innovación.

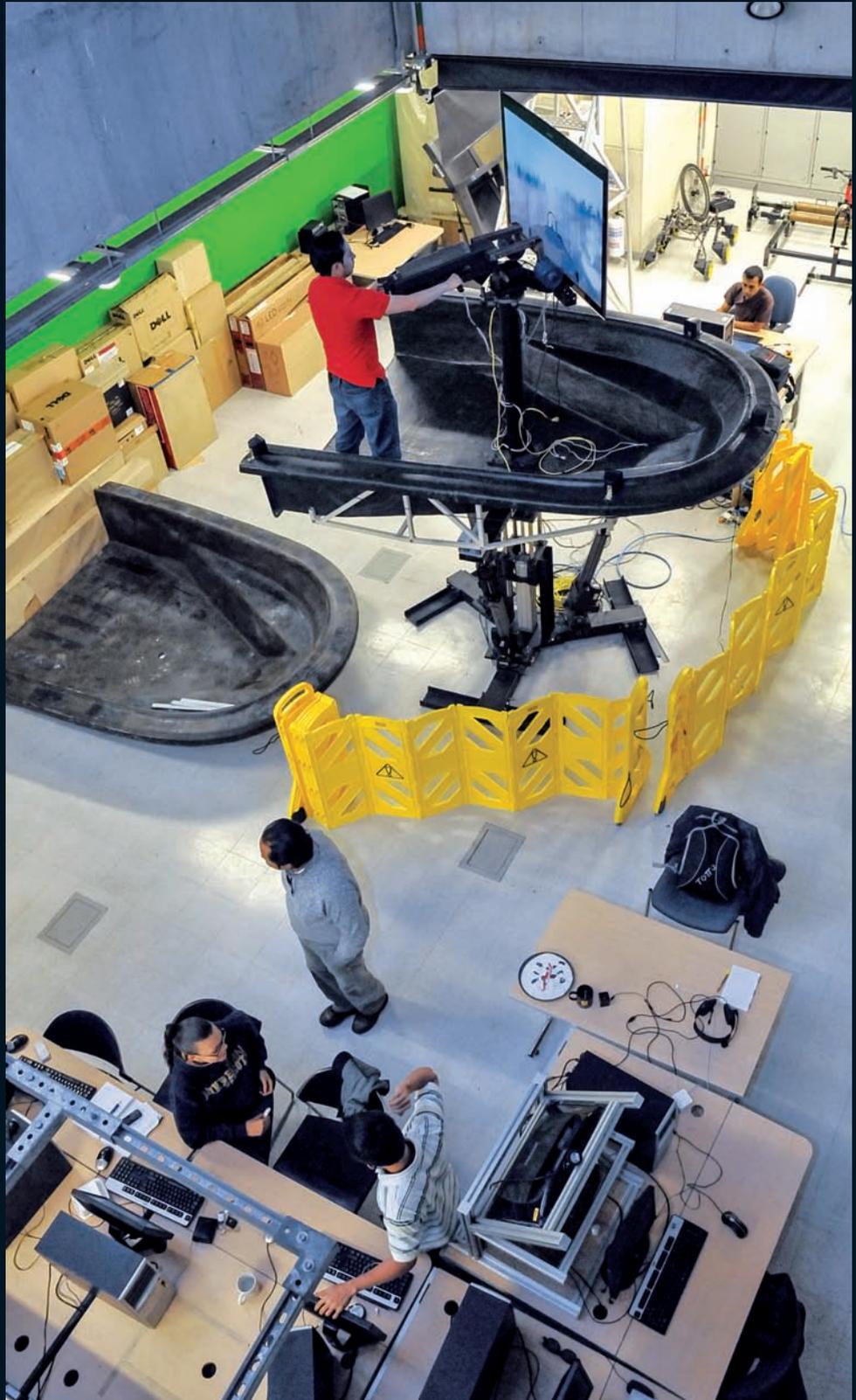


▲ Escenario creado por computador con un recorrido trazado para el simulador de tiro.

## Para qué sirve:

Por medio del modelado computacional, en el que los aspectos geométricos son protagonistas, se conciben y se ponen en marcha sistemas interactivos/inmersivos de computación visual que buscan apoyar a los usuarios en sus tareas de análisis, de entrenamiento y de toma de decisiones. En la actualidad, Colivrí aborda proyectos en cinco campos: sistemas urbanos, salud, patrimonio cultural, entrenamiento y entretenimiento.

► Colivrí es un espacio amplio y versátil que se adapta a los requerimientos de los investigadores.



# Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes

Octubre 2012 / marzo de 2013

Decano  
Alain Gauthier Sellier

Vicedecano de Posgrado e Investigación  
Juan Benavides

Vicedecana de Pregrado  
Marcela Hernández

Vicedecano para el Sector Externo  
Gonzalo Torres Cadena

Secretaria General  
Claudia Cárdenas Gutiérrez

Directores de Departamento

Biomédica  
Juan Carlos Briceño Triana

Civil y Ambiental  
Eduardo Behrentz Valencia

Eléctrica y Electrónica  
Roberto Bustamante Miller

Industrial  
Roberto Zarama Urdaneta

Mecánica  
Édgar Alejandro Marañón León

Química  
Óscar Álvarez Solano

Sistemas y Computación  
Jorge Alberto Villalobos Salcedo

Asesora editorial  
Rubby Casallas Gutiérrez

Coordinadora de Promoción y divulgación  
Margarita María Rueda

Edición y redacción de textos  
Ana Lucía Duque Salazar  
y Marta Lucía Moreno Carreño

Concepto gráfico y diagramación  
Enrique Franco Mendoza

Retoque digital  
Gabriel Daza Larrota

Fotos  
Roger Triana Cárdenas  
y Ómar Nieto Remolina

Producción e impresión  
OP Gráficas

- 2** Fotolab  
Colivri, diseñado para innovar
- 4** Editorial  
Por la calidad de la vida urbana
- Ingeniería y ciudad**
- 5** Planificación  
Cómo planificar una ciudad ya construida
- 12** Bogotá 21  
Guía para alcanzar a las mejores capitales
- 14** Movilidad  
Los retos del transporte intermodal
- 18** Por qué mejorar lo existente
- 20** Puntos de vista sobre la movilidad
- 23** Semáforos inteligentes para optimizar el tráfico
- 25** Bogotá, cerca del transporte público eléctrico
- 28** Infraestructura  
Infraestructura de calidad para el desarrollo
- 32** Energía  
Generación distribuida: hay que prepararse para el cambio
- 36** Opinión  
Regalías, investigación y formación de capital humano
- 37** Videojuegos y animación  
David, un proyecto para investigar en animación y videojuegos
- 42** Ingenieros sin Fronteras  
Soluciones de Ingeniería con comunidades vulnerables



Montaje: Grupo de Investigación Proyecto Arquitectura y Ciudad (PAC), Facultad de Arquitectura y Diseño, Uniandes, a partir de material de la Fondation Le Corbusier en París.

- 45** Propuestas para generar impacto regional
- 47** Escuela de Verano  
En caso de incendio, evite colapso estructural
- 50** La calidad de la educación colombiana, una ventaja
- 53** Estructuras inteligentes, una forma ingeniosa de ahorrar
- 55** Destacado  
Rafael Beltrán: "He aprendido más de mis estudiantes"
- 56** Egresado  
Un uniandino con muchos vínculos
- 57** Reconocimientos  
Así se obtuvo la acreditación ABET
- 58** Aporte ingenieril para combatir la roya
- 59** Tesis doctorales
- 60** Eventos  
Exhaustiva investigación sobre taxis bogotanos y otros eventos
- 62** Argumento  
Oportunidades perdidas para cualificar la ciudad construida
- 63** Fotolab  
Colaboratorio Colivri



# Por la calidad de la vida urbana



Las ciudades y la vida urbana son un fenómeno y un problema del siglo XXI. En el siglo XX se expandieron y muchas se convirtieron en megalópolis. Los demógrafos calculan que en el año 2050, tres cuartas partes de la humanidad habitará en áreas urbanas. En Colombia, el 85 % de la población vive ya fuera del campo. La urbanización en el país es imparable.

“Las ciudades imponen grandes desafíos a sus líderes”, afirma un experto alemán. Y no solo a los alcaldes, a los concejales y a los ediles; también a los líderes en las distintas órbitas: aquellos del sector privado, del social, de los medios de comunicación y de la academia, entre otros. El reto de las ciudades para los profesionales de las diferentes disciplinas es gigantesco. Por la responsabilidad técnica que les cabe como planeadores, diseñadores, constructores y administradores y por la obligación de contribuir desde sus respectivas áreas —en conjunción con otras— a la solución de los problemas urbanos. El objetivo de esa interacción es mejorar la calidad de la vida de los pobladores y hacer de las ciudades motores de la producción, el comercio, el bienestar social, la ciencia, la creatividad artística y el progreso en general.

Para mejorar la calidad de vida de los habitantes urbanos en un país como Colombia se requieren, además de conocimiento y capacidad técnica, “voluntad política, visión de largo plazo y ciudadanos que exijan cumplimiento y calidad”. Es que “las ciudades son espejos de la sociedad y de los sistemas de gobierno del país en donde se localizan”. De ahí la necesidad de mirarla con ojos que dirijan la atención

hacia el bien común y evitar que se desintegre en medio de la pugna entre intereses particulares.

En sus diferentes elementos, el objetivo de la política urbana debe ser la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. La infraestructura, por ejemplo, no es simplemente la provisión de unos bienes públicos; es mucho más que eso, como lo sostiene el profesor Mauricio Sánchez del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental en su artículo ‘Claves para una infraestructura de calidad’. Se requieren condiciones para la “vida y la convivencia” y, también, para la “competitividad”. La primera busca que la vida sea digna y agradable; que todos puedan circular y tengan acceso a parques, a andenes en buen estado y a calles y senderos limpios y seguros en donde no corra riesgo la vida. La segunda garantiza la viabilidad futura de la ciudad.

En Colombia la calidad de vida en estos lugares no es prioridad ni para los dirigentes políticos ni para el gobierno nacional ni para los gobiernos locales. La responsabilidad social de la Universidad no puede ser diferente a la de abogar por que la ciudad y la vida que allí transcurre reflejen un cambio de mentalidad y de visión de los gobernantes, de los profesionales que de ellas se ocupan y de los ciudadanos. ■

.....  
BIBLIOGRAFÍA

Wolfgang Nowak, Living in the Endless City, The Urban Age Project by the London School of Economics and Deutsche Bank's Alfred Herrhausen Society, Prólogo, Phaidon Press Ltd, 2011. pp. 6-7.  
“Joy of Crowds”, The Economist, Books and Arts, July 28th-August 3rd, p.73.

Carlos Caballero Argáez  
Director Escuela de Gobierno  
Universidad de los Andes

# Cómo planificar una ciudad ya construida

▼ Este plano de Bogotá muestra la propuesta de Le Corbusier para que las zonas aledañas a las quebradas se convirtieran en parques.

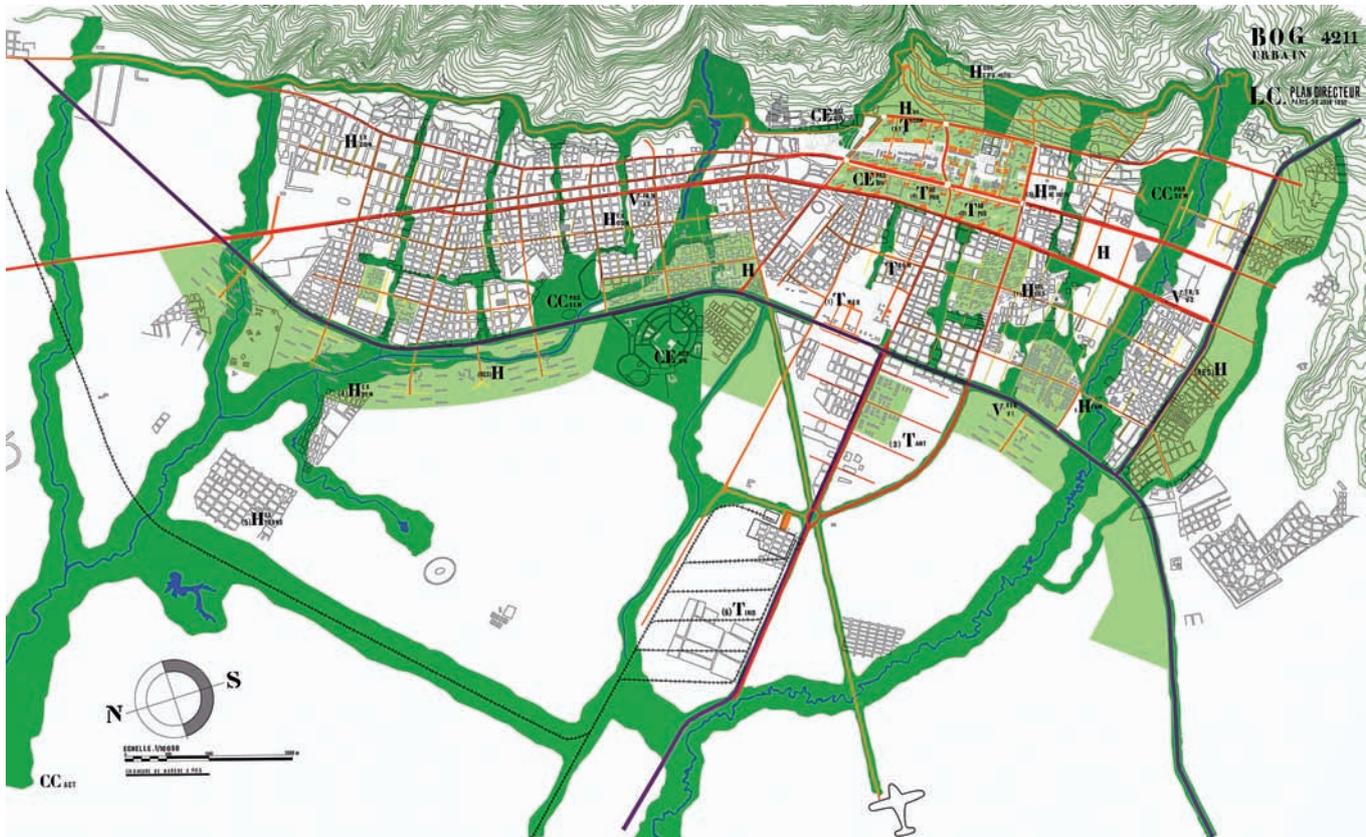


Imagen: Proyecto Arquitectura y Ciudad, Facultad de Arquitectura y Diseño.

Estudiar la relación entre Ingeniería y Ciudad es prioritario para pensar a Bogotá y ofrecer respuestas a sus necesidades. CONTACTO dedica un segundo número consecutivo a ahondar en estos temas. En esta ocasión indaga acerca de las claves para definir el rumbo de una urbe teniendo en cuenta a su principal activo: los habitantes.

**P**lanificar una ciudad ya construida es mucho más difícil que hacer borrón y cuenta nueva y arrancar de cero, pero es más realista como ejercicio del planificador y como ejercicio político y social. Así lo resume el ingeniero civil Julio Dávila, director de la Development Planning Unit de University College London (UCL), quien durante más de 25 años ha estudiado la problemática de la planificación y la economía urbanas en ciudades de África, Asia y Latinoamérica, incluyendo a Bogotá y Medellín.

Para este experto, egresado de la Universidad de los Andes, con maestría en Planificación Urbana y doctorado en Economía Urbana de UCL, es un mito pensar que una sociedad cambia por el ambiente que crean los urbanistas y los políticos, y como ejemplo de ese viejo sueño cita los casos de Brasilia (Brasil), Abuya (Nigeria) y Chandigarh (India). “Esa idea está metida en la psiquis de mucha gente —dice—. Aparentemente es muy fácil de hacer y uno creería que es exitoso, pero la verdad es que estos experimentos han conseguido producir ciudades altamente



▲ Reconocer la ciudad como es, con sus bondades y defectos, es esencial para marcar el rumbo.

segregadas. Por lo general, aunque son muy bonitas, son fallidas socialmente y resultan ofensivas porque dejan de lado las necesidades de la sociedad y de la economía”.

### Más población = cambio

Un elemento primordial que debe tenerse en cuenta es el crecimiento de la población porque implica que la ciudad está cambiando y que ese aumento refleja otros procesos económicos, sociales y espaciales. En el caso de Bogotá, alcanzó una tasa de 7,5 % en la década del sesenta, el más alto de su historia conocida y que, enfatiza el profesor, significaba que el número de habitantes se duplicaba cada 10 años. Por eso asegura que “planificar una ciudad en proceso de cambio es difícilísimo. Quien lo hace debe tener visión para aprovechar la energía de esas personas que están llegando, que no solo son desplazados, sino también migrantes, y canalizarla”.

Un ejemplo de visión en el planeamiento lo dio el exalcalde Jorge Gaitán Cortés (1961-66), sobre quien el doctor Dávila publicó una biografía y sobre cuyo mandato asegura: “Si no se hubie-

ra hecho ese esfuerzo gigantesco de dedicarle no solo cerebro, energía humana, sino también toda la plata de la ciudad para planificar una nueva infraestructura de vías y provisión de servicios públicos, Bogotá sería un desastre infinitamente peor de lo que fue en los setenta y en los ochenta cuando estuvo muy mal gestionada. Tampoco se habría logrado la enorme transformación que se dio desde el alcalde Jaime Castro hasta Enrique Peñalosa y Antanas Mockus, que incluyó TransMilenio, parques, ciclorrutas, infraestructura educativa y cambio de actitud de la población”.



Carlos Caballero



Hernando Vargas



Julio Dávila

El ingeniero civil Carlos Caballero, director de la Escuela de Gobierno de la Universidad de los Andes, coincide en que el exalcalde Gaitán Cortés era un visionario, en cuyo mandato los funcionarios eran tecnócratas y el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, el Concejo y los gremios eran entes relevantes. La gran preocupación era cómo asegurar servicios de energía, acueducto y alcantarillado para una población que crecía a un ritmo altísimo y, dice el exministro de Minas, de ahí se deriva el gran mérito del gobernante: planeó Chingaza, de donde se surte el acueducto, porque su propósito era suministrar el agua para el Distrito hasta 1990, y la Empresa de Energía hizo importantes inversiones para que la ciudad contara con servicio eléctrico, en una época en que la red de transmisión no estaba interconectada a nivel nacional. También dejó trazadas vías principales, un elemento que define el rumbo de una población, porque la gente se asienta cerca de los lugares donde hay provisión de transporte público, lo cual explica la sobresaturación de TransMilenio en corredores como la avenida Caracas.

Para el profesor Dávila, cuando una urbe está creciendo rápidamente, el planificador debe balancear las exigencias inmediatas de la gente, que demanda resultados porque enfrenta problemas de vivienda, de inundaciones, de falta de electricidad y empleo, de informalidad, de crimen, con los requerimientos de infraestructura de largo plazo que nunca darán réditos políticos porque solo los verá la generación siguiente.

### Factores para el éxito

Un factor determinante de la transformación de hace dos décadas, inexistente en ciudades africanas cuya población crece a ritmos parecidos y cuyos casos conoce muy de cerca el ingeniero Dávila, es que la población se ha apropiado del espacio urbano. En los cincuenta y los sesenta era popular la frase “Bogotá no es de nadie”, pero ahora hay una generación de personas nacidas aquí, que son votantes y se sienten bogotanos, con derecho a pensar y a opinar. “Esto es fundamental en la psiquis colectiva de la ciudad de finales de los ochenta y comienzos de los noventa —dice—, porque cuando la gente siente que el territorio le pertenece hace cosas por él y está dispuesta a apoyar a esa persona con visión de corto y largo plazo”.

Otro elemento que, según el doctor Dávila, fue determinante para el éxito en los noventa es el hecho de que el territorio puede gestionarse como una sola unidad administrativa, desde 1953 cuando se anexaron los municipios vecinos y se creó el Distrito Especial. En eso se diferencia, por ejemplo, de Caracas, constituida por 6 municipios, o de Santiago de Chile, donde hay 32 comunas, o de Londres, donde hay 32 *boroughs*, lo que dificulta la gestión. Sin embargo, el fraccionamiento tiene la ventaja de que los gobernantes locales están más cerca para responderle a la ciudadanía.

Bogotá ocupa cerca de 60.000 hectáreas, 50.000 de las cuales están construidas, y un área administrativa única otorga recursos y autoridad para planificar la infraestructura como un todo. Esto



▲ Plano de Bogotá elaborado por Jorge Gaitán Cortés, cuando fue alcalde de la ciudad.



▲ La gente debe ser el epicentro de la planeación de una ciudad.

significa que, como parte de la población habita en municipios vecinos pero impacta a la capital, se enfrenta el desafío institucional y político de constituir un área metropolitana y hacer causa común con los pueblos aledaños. El tema de la visión regional fue tratado en CONTACTO # 5 ('Ciudad región, presente y futuro de Bogotá', pág. 5).

### Las miradas del ingeniero

En este punto coinciden los ingenieros civiles Carlos Caballero, magíster en Ingeniería de Transportes de la Universidad de California y en Asuntos Públicos de la Universidad de Princeton (ambas en Estados Unidos), y Hernando Vargas, magíster en Arquitectura y en Planeación Urbana de MIT (Estados Unidos). Y añaden un elemento adicional: el planificador debe conocer la ciudad y aprovechar las experiencias pasadas. "A comienzos del siglo XX, una ciudad era impensable sin alguien que tuviera en la cabeza el conjunto de los sistemas que se relacionan, cuando menos, con la infraestructura", señala el profesor Vargas al explicar que históricamente pueden identificarse tres momentos sobre la mirada

de los ingenieros a la ciudad, el primero de los cuales fue, precisamente, el de la Ingeniería Municipal. Los otros dos son el enfoque sistémico y la Ingeniería Ambiental.

El término Ingeniería Municipal se acuñó en el siglo XIX en Inglaterra cuando surgieron las ciudades industriales y con ellas caos en diversos ámbitos: pestes, obsolescencia en los servicios públicos, revueltas sociales... La consecuencia de incorporar esta figura fue la ampliación de las escalas de los sistemas de transporte, agua, electricidad, entre otros, pues se vio la necesidad de pensar hacia el futuro. Esto, a su vez, obligó a cambiar los mecanismos de planeación y financiación, como lo demuestra la renovación de París en el siglo XIX, cuando el sector privado y la administración pública hicieron una alianza fuerte para gestar proyectos, sacar a la ciudad de su atraso y generar nuevas oportunidades de dinámica económica.

El enfoque sistémico se dio después de la Segunda Guerra Mundial cuando las tasas de crecimiento se elevaron como consecuencia del auge económico y, por ende, surgieron problemas nuevos. Se basa en modelaciones matemáticas que parten del

principio de que los componentes ya no son aislados, sino partes de unos conjuntos más grandes que interactúan. A la popularización de esta escuela multidisciplinaria contribuyeron dos factores: La mayor capacidad computacional permitió que los modelos técnicos y económicos de las ciudades fueran cada vez más grandes, y la tecnocracia que imperaba en las agencias multilaterales empeñadas en impulsar proyectos de desarrollo urbano.

El tercer momento, el de la Ingeniería Ambiental, impera actualmente y también exige trabajo multidisciplinario y construir elementos de control e indicadores de calidad sobre aspectos concretos del deterioro ambiental como seguridad, accidentes, salud o agotamiento de recursos.

El ingeniero Caballero añade que parte del conocimiento requerido para planificar una ciudad se centra en considerar sus bases, es decir, su actividad económica: “Colombia debería estar más cerca del mar y más lejos de las estrellas. Bogotá contribuye con poco más del 26 % del PIB nacional y hay que evitar que el Distrito crezca desmesuradamente. Su vocación debe ser de servicios financieros, de educación, de salud, de comercio, mientras que la industria debe asentarse en la costa Atlántica y en el Valle del Cauca para que esté más cerca de los puertos”.

## Medellín, un ejemplo positivo

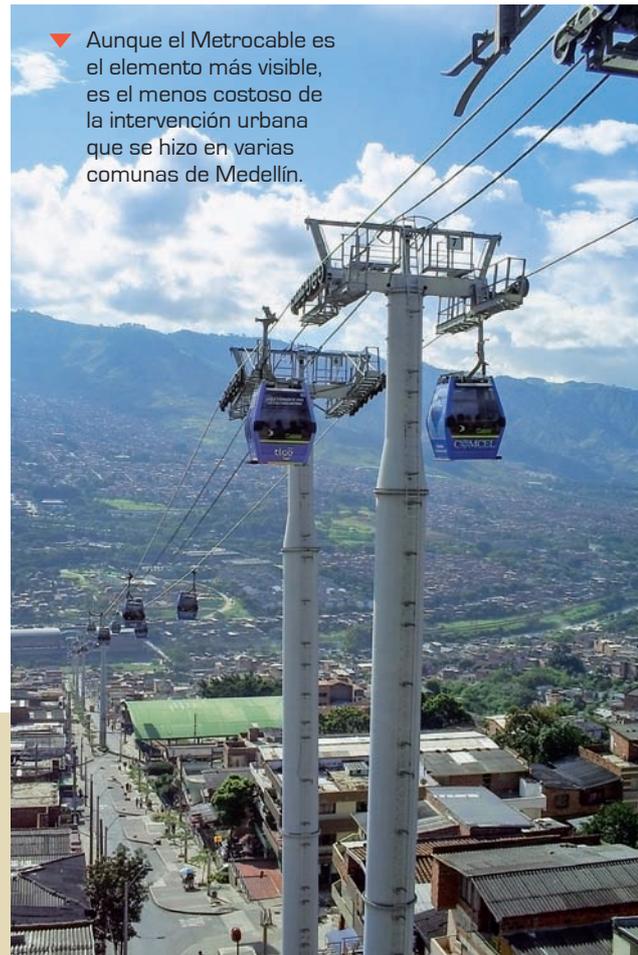
**J**ulio Dávila dirigió una investigación sobre la intervención urbana que hizo la Empresa de Desarrollo Urbano (EDU) en Medellín en las comunas 1, 2, 7 y 13 durante las alcaldías de Luis Pérez, Sergio Fajardo y Alonso Salazar. En este trabajo participaron cerca de 20 investigadores de University College London y de las universidades de Los Andes y Nacional (sede Medellín), entre ellos los profesores de la Facultad de Ingeniería Juan Pablo Bocarejo, Jorge Acevedo y Hernando Vargas. El estudio tardó dos años y sus resultados se recogen en el libro *Movilidad urbana y pobreza: Aprendizajes de Medellín y Soacha*, que acaba de ser publicado y cuyo compilador es el doctor Dávila.

El caso que documentan se refiere al mejoramiento urbano de una zona muy deprimida, donde no se hizo renovación urbana sino mejoramiento urbano. Así, familias que habitaban en tugurios donde convivían con ratas y debían cubrir a los niños con plásticos porque el agua se filtraba por el techo fueron reasentadas en el mismo barrio en viviendas en altura, de cinco o seis pisos, a las que, además, se llevó la línea K del Metrocable a las comunas 1 y 2 y la línea J a las comunas 7 y 13.

Según el profesor Dávila, en esta intervención se respetó el tejido social y se preservó a la población de una zona que, en otras circunstancias, habría sido desplazada para que la colonizaran familias de clase media por su buena ubicación y su linda vista. Y

agrega: “El alcalde Fajardo y su equipo le apostaron a que a los residentes había que dejarlos ahí e hicieron proyectos de recuperación de espacio público, de infraestructura, de nuevas escalinatas, de vivienda, de escuelas y de arquitectura emblemática como la Biblioteca Parque España. Por eso decidí documentar lo que considero es una buena forma de hacer planificación urbana en la práctica”.

El mensaje de esta experiencia es que el cable aéreo, que es el elemento más visible, es bonito, elegante, moderno, útil, no es la solución, sino que debe ir acompañado de inversión adicional. “El proyecto costó ocho veces más que el Metrocable mismo y, además, son recursos que provienen del municipio”.



▼ Aunque el Metrocable es el elemento más visible, es el menos costoso de la intervención urbana que se hizo en varias comunas de Medellín.

Foto Wikipedia Creative Commons

## Aceptarnos como somos

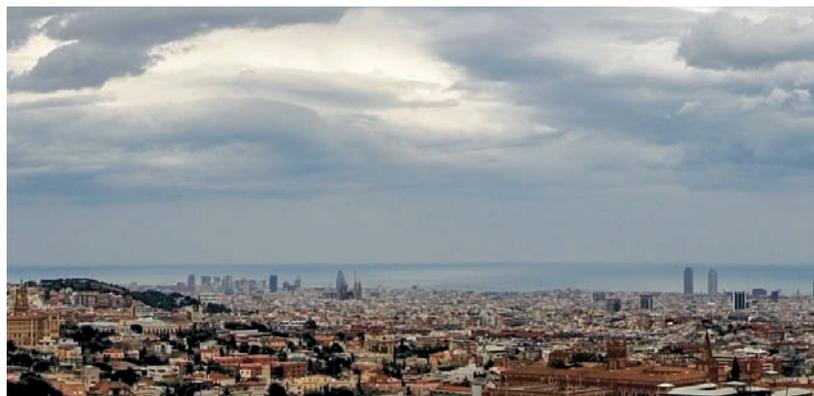
Reconocer la ciudad como es, con sus defectos y bondades, es también fundamental para planificarla y facilita la acometida de proyectos exitosos de mejoramiento urbano como el llevado a cabo en Medellín en varias comunas (ver recuadro 'Medellín, un ejemplo positivo'). Esta contrasta con la experiencia de Barcelona (España) que, aunque es muy admirada, le genera reparos al investigador Dávila, porque, dice, derivó en una ciudad excluyente y segregacionista.

El docente conoció de cerca ese caso porque durante cuatro años llevó a sus alumnos de UCL a estudiar la renovación urbana a partir de los Juegos Olímpicos de 1992. Explica que los planificadores utilizaron como instrumento el plan estratégico cuyo propósito es trazar una visión de largo plazo entre los estamentos municipales y el sector privado, sobre todo los grandes inversionistas.

“Es un proceso aparentemente incluyente, pero es muy excluyente porque es una conversación de una élite —dice—. Para atraer inversión, Barcelona le apostó a una altísima infraestructura portuaria y vial, a un turismo de alto nivel, a aprovechar su legado arquitectónico, que es extraordinario, y su privilegiada posición frente al mar. Los Olímpicos fueron la excusa para conseguir dinero español, regional y de la Comisión Europea, y para lograr el cambio debió hacer renovación urbana en zonas muy deterioradas del centro que, a la larga, condujeron a la expulsión de la gente que llevaba muchas generaciones viviendo allá”. Se produjo, entonces, lo que en inglés se llama *gentification*, un fenómeno de sustitución de una clase social por otra de mayor capacidad adquisitiva, que destruye el tejido social. Por esa razón no cree que el plan estratégico sea un instrumento positivo.

## Gestión urbana, otro elemento

Los investigadores Dávila y Caballero consideran que un elemento paralelo a la planificación es la gestión urbana. El primero



plantea que, por lo general, los economistas piensan en las acciones de financiación que puede liderar el gobierno nacional, tales como reformas tributarias, modificación de aranceles o programas educativos. Pero olvidan que la cotidianidad de los seres urbanos se mide en términos de su calidad de vida y en gran parte esta la determinan factores controlados por los gobiernos locales: transporte público, vías, recolección de basuras, electricidad, agua y saneamiento.

Esa gestión, añade el profesor Caballero, implica voluntad política: debe haber una conjunción de mentes (Administración, Concejo, técnicos, universidades) que se pongan de acuerdo en qué tipo de ciudad se quiere, porque en Colombia el 85 % de la gente vive en áreas urbanas y hay más de 40 ciudades con más de 200.000 habitantes.

Al mismo tiempo, exige liderazgo y disposición de los políticos para generar consensos y, así, pensar en grande. Esto significa que el líder debe tener propósitos firmes y para ello necesita saber dónde están las fuerzas vivas, los sectores determinantes de su economía política (¿transportadores?, ¿comerciantes?,



Esta imagen tomada desde El Mochuelo, en el sur, resume el desafío de integrar el Distrito con las poblaciones vecinas.



El modelo de Barcelona, tan admirado por urbanistas e ingenieros, es segregacionista según el investigador Julio Dávila.

Foto Héctor Rubio, Harpo mx/ Creative Commons

11

¿constructores?, ¿políticos locales?...). También debe tener capacidad de convicción y de convocatoria.

Al hablar de gestión, los investigadores Dávila y Vargas coinciden en resaltar el papel de EPM en el éxito de procesos de transformación urbana en Medellín, pues se trata de una multinacional con activos superiores a 10.000 millones de dólares, que pertenece al municipio y que en 2010-2011 le transfirió 877 millones de dólares para invertir, lo que representa el 27 % de la inversión en ese período. “La tendencia universal ha sido privatizar esas empresas exitosas, pero siempre énfasis en que los resultados pueden ser perversos —dice el doctor Dávila—. Si la EPM estuviera en manos de particulares, esos 877 millones de dólares se habrían ido para pagarles beneficios a los propietarios y no a financiar obras como el metrocable o los proyectos de mejoramiento urbano que ha hecho Medellín”.

A su vez, el profesor Vargas destaca cómo EPM unifica la iniciativa en una sola cabeza con alta capacidad gerencial y logra así identificación entre los objetivos de construir infraestructura y alcanzar sostenibilidad. Esto, a su juicio, también facilita la creación de sistemas de información confiables, que en el caso de Bogotá son incompletos, e instrumentar la ciudad, llenarla de sensores para capturar datos de lo que está sucediendo y así reaccionar donde se necesite.

### La función de la Universidad

Los profesores Dávila, Caballero y Vargas no tienen duda del papel que puede jugar una universidad como Los Andes en los procesos de planificación y transformación urbana, principalmente en dos aspectos: Con la calidad de sus investigaciones, pues como generadora de conocimiento bien fundamentado tiene la capacidad de proponer ideas e influir en los administradores; y preparando a los estudiantes para que ayuden a trazar la visión de largo plazo.

“La Universidad de los Andes debería ser un centro de pensamiento sobre los problemas urbanos de Colombia, pero fundamentalmente de Bogotá —dice Carlos Caballero—; tiene que ser un asesor de la Administración y un promotor de interlocución con la Alcaldía y el Concejo”.

Hernando Vargas lo complementa abogando por la creación de un organismo que piense la ciudad como un todo interconectado, una especie de *think tank* que produzca estudios independientes, juiciosos y estructurados, ajenos a las promesas electorales de los administradores elegidos popularmente cada cuatro años. Pero, en Bogotá, cada grupo de interés pareciera estar en su propio nicho y se ven debilitados como conjunto.

Un buen comienzo para revertir la situación sería, entonces, regresar a una figura como el ingeniero municipal, ese profesional al que le cabe la ciudad en la cabeza, aprovecha los conocimientos previos, asesora a la Administración, utiliza las tecnologías de información y computación y se atreve a apostarle a la innovación. ■

## Buscando líderes para Bogotá

La Escuela de Gobierno Alberto Lleras Camargo de la Universidad de los Andes acaba de lanzar una convocatoria para el programa de educación continuada Líderes por Bogotá, que comenzará en enero del 2013. Su propósito es formar a 40 profesionales menores de 30 años para que trabajen en la Administración Distrital.

La idea surgió de una fundación empresarial que se acercó a Los Andes preocupada por la calidad de la Administración y consiste en otorgar becas del 90 % del valor de la matrícula a egresados de cualquier universidad que se interesen por los problemas de Bogotá y que al terminar los estudios vayan a trabajar en el Distrito.

El curso dura 9 meses y tiene 18 sesiones distribuidas en 3 módulos: uno de conocimiento básico, historia e importancia de la ciudad; otro sobre cómo piensan los ciudadanos, que se desarrollará mediante encuestas, estudios de campo y grupos focales, y uno más sobre liderazgo.

# Guía para alcanzar a las mejores capitales

En el estudio Bogotá 21, los investigadores compararon esta urbe con aquellas destacadas por la calidad de vida que brindan a sus habitantes. Concluyeron que aunque se requieren inversiones muy cuantiosas, existen los mecanismos para financiarlas en un horizonte de 40 años.

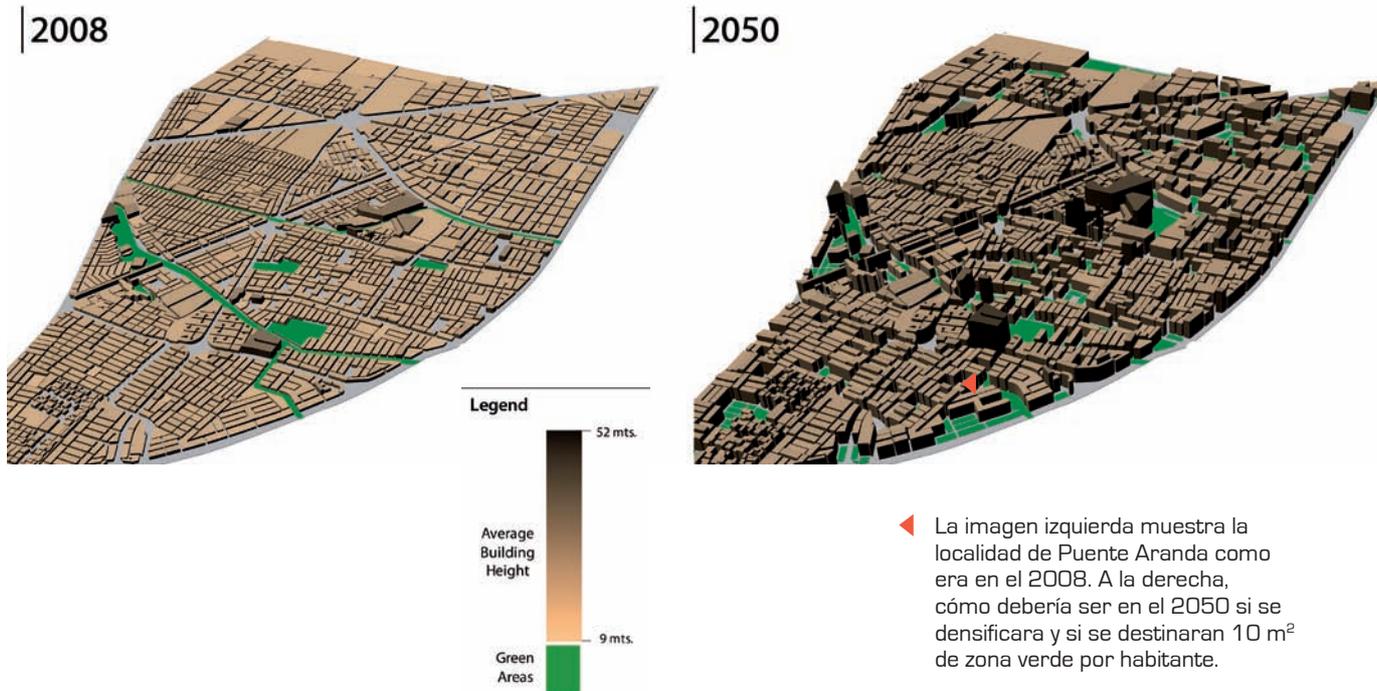
Conseguir que, en el 2050, la capital sea tan importante, eficiente y agradable para vivir como las mejores ciudades del mundo hoy es el objetivo de Bogotá 21, un proyecto que, a partir del crecimiento económico y de la población, plantea escenarios que refuercen la competitividad y la sostenibilidad.

La propuesta parte de la base de que dentro de 40 años, el Distrito, unido a las poblaciones vecinas, tendrá 13 millones de habitantes y su economía se habrá multiplicado por cinco. Por esa razón concluye que la ciudad debe ser densa para darles ca-

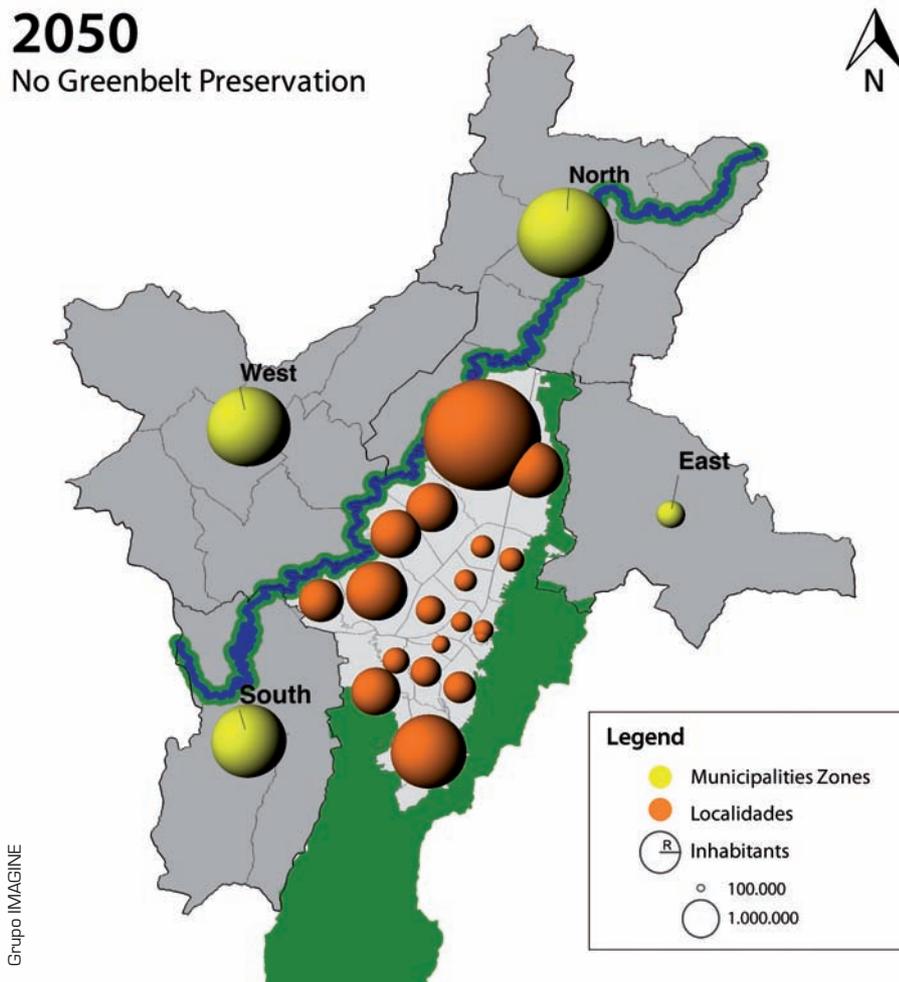
bida a tantas personas, pero esa densidad debe atender indicadores como los establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT): 10 m<sup>2</sup> de área verde por habitante. Esto implica tener muchos parques y edificios de gran altura y también un transporte masivo eficiente y unos límites extendidos más allá del territorio actual del Distrito para configurar una ciudad región (Ver CONTACTO # 5 'Ciudad región, presente y futuro de Bogotá', pág. 5).

Lo más interesante es que los investigadores enfatizan en que aunque la inversión para lograr los objetivos es cuantiosa, existen mecanismos para financiarla: aportes de la Nación, impuestos

## Green Open Space Recovery Puente Aranda



## 2050 No Greenbelt Preservation



◀ Proyección de cómo serían los polos de desarrollo de la ciudad en el 2050 si no se preservan los cinturones verdes.

distritales, participación de capital privado y cobro de peajes por congestión y de plusvalías por la valorización de los inmuebles, entre otras opciones.

La propuesta se basa en la noción de *transit oriented development*, que busca establecer patrones de crecimiento urbano ligados a sistemas de transporte masivo de alta capacidad, que serán financiados parcialmente por la plusvalía generada por estos sistemas. Es financiada por GIZ, agencia alemana que ha hecho estudios similares en ciudades asiáticas y que escogió a Bogotá como la primera urbe latinoamericana para replicar el modelo. En el estudio participan los grupos SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional) e Imagine (Computación Visual) de la Facultad de Ingeniería, la compañía alemana Siemens, la consultora ITS basada en Hong Kong, consultoría colombiana y la Fundación Despacio.

El estudio, que comenzó en marzo pasado, es dirigido por el profesor de Ingeniería Civil y Ambiental Juan Pablo Bocarejo, con estrecha colaboración de José Tiberio Hernández, docente del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación.

Para formular la propuesta, los investigadores revisaron escenarios de crecimiento y diversos planes de usos del suelo, densificación y movilidad a nivel urbano y regional.

También compararon a Bogotá con las mejores ciudades del mundo actual, entre ellas Londres, París y Berlín, en aspectos como calidad de vida, medio ambiente, transporte y facilidad para hacer negocios. Una vez hechas esas mediciones se preguntaron qué hacer para alcanzar el mismo estándar de aquí a cuarenta años y propusieron una infraestructura con elementos como redes de transporte y proyectos de utilización de tecnología dentro de una estrategia que potencie el desarrollo.

En materia de transporte propusieron un sistema masivo con por lo menos 80 km de alta capacidad (sería el metro) y 300 km para capacidad mediana (buses y trenes ligeros, entre otros).

Como resultado de la investigación saldrán próximamente el libro y la película *Bogotá 21*, con recomendaciones que permitan aumentar el impacto de los planes de desarrollo que viene adelantando la ciudad. ■

# Los retos del transporte intermodal

Investigadores en movilidad y la Administración distrital coinciden en la urgencia de sacar adelante el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), pero discrepan en las prioridades e incluso en las acciones que deben acometerse.

14



► Bogotá cuenta con 344 km de ciclorrutas permanentes, pero la red está incompleta.

La idea de articular distintos modos de transporte como buses, metro, trenes y bicicletas no es una novedad en Bogotá. La plantearon en 1996 los autores del estudio JICA, de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón, que estableció un Plan Maestro de Movilidad para Bogotá y los municipios vecinos, y lo reiteró el documento Conpes 3677 de julio del 2010, que fijó las bases del Programa Integral de Movilidad de la Región Capital, compuesta por el Distrito y las poblaciones aledañas.

El paso más reciente, pero también el más controvertido y complejo, ha sido la entrada en funcionamiento de los primeros componentes del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP). Se trata de una estrategia de largo aliento que va más allá de ampliar el sistema TransMilenio (TM) y de la reorganización

del transporte público que ofrecen los buses tradicionales, pues incluye otros componentes como el metro, el tren de cercanías, las ciclorrutas y la Avenida Longitudinal de Occidente (ALO). El SITP plantea un revolcón en el modelo bogotano y en una primera fase se concentra en integrar TM (se conoce en el mundo como *Bus Rapid Transit* o BRT), con el resto de los buses que circulan en la ciudad.

La transformación no es de poca monta: en el corto plazo implica convertir el sistema artesanal de manejo de los buses en varias empresas eficientes, tal como ocurrió en su momento con TM. Esto supone acciones específicas como reeducar a la ciudadanía para que utilice los paraderos, camine hasta las estaciones o tenga paciencia para esperar y cambiar de vehículo; así como establecer una red en la que operen por igual buses articulados



▲ Cobrar por la congestión es una de las medidas que propone la Alcaldía para mejorar la movilidad.

▶ La integración de TransMilenio con los otros sistemas de buses es el primer paso del Sistema Integrado de Transporte Masivo.



y tradicionales, o unificar la tarjetas de acceso al sistema para que los usuarios no deban utilizar dos porque las tecnologías son incompatibles.

El propósito del Programa Integral de Movilidad de la Región Capital es mejorar la calidad de vida de los habitantes e impactar la productividad y competitividad de la zona desestimulando el uso del vehículo particular para privilegiar el transporte público, una meta en la que coinciden expertos ingenieros y urbanistas y la Administración distrital. Sin embargo, el modo de llevarlo a la práctica, las prioridades para ejecutar las acciones y los tipos de alternativas que proponen unos y otros generan discrepancias. En los últimos meses las discusiones han sido candentes, como quedó en evidencia, por ejemplo, en el Foro de Movilidad organizado por el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes, con apoyo de la revista *Semana* y *RCN*

*Radio*. Este tuvo lugar el 18 de abril pasado y en él participó el alcalde Gustavo Petro (ver pág. 20).

### Institucionalidad y planeación, tareas prioritarias

El primer escollo lo plantea el ingeniero civil Jorge Acevedo, profesor del Departamento de Ingeniería Industrial, cuando señala que el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) es el elemento central de la planeación de una ciudad; pero este llega solo hasta el límite del Distrito y, por ende, no contempla problemas reales de Bogotá como son los derivados de su estrecha relación con municipios vecinos. Es decir, falta institucionalidad.

La solución está prevista en el documento Conpes: crear una autoridad metropolitana de transporte que haga planeación estratégica de largo plazo, termine los estudios y defina

## Ciclorrutas y peatones, otros componentes del SITP

**E**l transporte no motorizado, en particular las bicicletas, la prioridad para los peatones y el cobro de peajes por congestión son otros de los ingredientes de la multimodalidad.

**Ciclorrutas permanentes:** Actualmente, Bogotá cuenta con 344 kilómetros de ciclorrutas permanentes, muchos de ellos conectados entre sí, pero la red aún no está completa. Para ampliarla, el alcalde Gustavo Petro anunció que no se construirán nuevas, sino que se utilizará parte de la calzada por donde hoy circulan buses y carros para dar cabida a las bicicletas. Serán

ciclorrutas pintadas en el piso, que le quitarán espacio al transporte motorizado. El propósito es conformar una red que se conecte con los otros modos de transporte.

**Peajes por congestión:** “Cobrar por congestión significa, desde la pura teoría económica, desestimular la demanda de vía pública para el vehículo particular. Es un precio del mercado que se puede establecer por horas, por zonas; es un sistema flexible que incluso permite mover los tráficos de las horas pico a las horas valle para que haya una mayor eficiencia de las vías existentes”,

dijo el alcalde Gustavo Petro en el Foro de Movilidad celebrado en Los Andes el 18 de abril pasado. El plan, sin embargo, no se ha concretado, porque, según anunció, están esperando la reglamentación de la ley que ya aprobó el Congreso.

**Prioridad para el peatón:** La Alcaldía argumenta que ante el cambio climático, las grandes ciudades del mundo, desarrolladas o no, están variando su concepción de la movilidad y de la arquitectura y el urbanismo para dotarlas de escala humana. Esto significa que el peatón debe tener prioridad.



◀ En el corto plazo se debe convertir el sistema artesanal de manejo de buses en empresas eficientes.

▼ Lograr la convivencia entre distintos modos de transporte es una tarea prioritaria para la Administración.



cuál es la red requerida para que las partes acuerden los mecanismos de financiación. Sin embargo, hasta ahora no se ha concretado.

El ingeniero Juan Pablo Bocarejo, director del Centro de Investigación Estratégica en Movilidad Sostenible y del grupo de investigación SUR, lo complementa diciendo que ni la Nación ni el Distrito han hecho bien la tarea: “Las decisiones de movilidad se están tomando bajo un esquema de cultura del atajo cuando deberían ponerse en práctica los lineamientos trazados por el Conpes, según los cuales el plan debe ser regional y no solo distrital”. Esto se refleja en que, por ejemplo, mientras el Gobierno central defiende la idea de financiar el metro pesado, el alcalde Gustavo Petro impulsa la idea de comenzar con un tren ligero por la carrera séptima.

“Por carecer de ese plan global e integral, de la definición técnica y de los estudios de posibilidades de transporte, seguimos patinando —afirma el ingeniero—. El riesgo real que tiene la ciudad es que cada vez viene una idea que no se concreta y la movilidad no progresa”.

### La conversión de TransMilenio S. A., otro desafío

Un reto adicional es lograr que el SITP consiga eficiencia y comodidad durante su implementación que, en una primera fase, está prevista para 18 meses y comenzó a finales de junio pasado. En el papel, esa integración suena fácil, pero supone retos enormes como duplicar o triplicar la estructura actual de TransMilenio S. A., empresa que maneja el SITP, para que regule y controle todo el

sistema de buses del Distrito. “Esto significa que una empresa que ha sido exitosa va a ser llevada a una situación de exigencia crítica —advierte Juan Pablo Bocarejo, profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental—. Cuando comenzó TransMilenio hubo seguimiento cercano y estricto de cada bus y de cada contratista para imponer correctivos e incluso sanciones que facilitarían la transformación. En ese momento eran 1.500 buses y una red limitada de vías exclusivas; ahora son 14.000 vehículos y una red vial de muchos kilómetros”.

Ambos investigadores coinciden en que es imperioso evitar los errores que se cometieron en Santiago de Chile cuando se puso en marcha Transantiago y se generó un caos monumental que ocasionó incluso la renuncia de varios ministros. Bogotá no está exenta de incurrir en ellos porque la gradualidad acordada para que entre en funcionamiento supone cambios constantes en la operación de los buses. Para contrarrestar el efecto adverso se requiere una estrategia muy fuerte de orientación a los usuarios, así como centros de control y mediciones similares a los que utiliza TM para mantenerse en contacto con los choferes y aumentar o disminuir la velocidad o la frecuencia de los vehículos o corregir problemas.

La complejidad aumenta porque la misma TransMilenio S.A. deberá manejar también lo concerniente a otros modos de transporte como los trenes ligeros y el metro, según los planes de la Alcaldía. El asunto preocupa al profesor Bocarejo, pues la Administración ha tardado mucho en dotarla de la infraestructura requerida para manejar el SITP. Es decir, una prioridad es definir

cómo atender simultáneamente la planeación de esos componentes futuros del plan de movilidad.

A juicio de los investigadores, de los planteamientos anteriores se desprende la urgencia de contar con una gerencia independiente de intereses políticos para no correr el riesgo de echar al traste el TM actual, sino, por el contrario, potenciarlo con la entrada en servicio de nuevas troncales y nuevos operadores.

Un desafío adicional, en su opinión, consiste en sentar bases firmes para la competencia entre los operadores privados, condición estructural del sistema. Para ellos, es claro que las administraciones anteriores a la de Gustavo Petro cometieron errores graves en la negociación de los contratos con los empresarios que prestan el servicio de buses, pero la solución no es renegociarlos como ha pretendido el Alcalde actual. Más conveniente, y sobre todo menos costoso, es aprovechar la fecha en que se vayan venciendo para abrir una nueva licitación. Esto, asegura el profesor Acevedo, hace que las empresas se vuelvan más eficientes y, al enfrentar competencia con otras, bajen los precios para no quedarse por fuera. Además, defiende la necesidad de honrar los contratos ya firmados porque su cumplimiento es pieza fundamental de la seguridad jurídica que ofrece la ciudad. Por eso, insiste, debe haber continuidad y buscar salidas legales que no supongan rupturas con lo que está en firme.

El ingeniero Bocarejo relata que en Londres, por ejemplo, las rutas se licitan en forma rotativa cada cinco años, de manera que anualmente se está relicitando el 20 % del total. Así, la autoridad de tránsito puede introducir paulatinamente nuevas condiciones de calidad, como cámaras o acceso para discapacitados, sin incurrir en costos extras. Al mismo tiempo, corrige aspectos pactados en el pasado cuyos resultados fueron inconvenientes.

Sobre los contratos más recientes, los profesores comparten la incomodidad del alcalde Petro, básicamente por dos razones: la duración de 24 años, pese a que estaba calculado que la inversión se recuperaba en la mitad de tiempo, pero, sobre todo, porque, tras un paro de transportadores, la Administración anterior cedió

## Las ventajas del SITP

Juan Pablo Bocarejo no duda de las ganancias que le trae a Bogotá el SITP. Por un lado, los pasajeros ahorran cerca de 10 minutos en cada recorrido promedio total y "eso, en un proyecto de transporte urbano, no es despreciable". Sin embargo, el ciudadano tendrá que emplear más tiempo caminando o haciendo transferencias y aunque al final hay ahorro, la gente penaliza el doble esos desplazamientos, razón por la cual es vital la campaña para mostrar las ventajas del sistema.

Otra ganancia se deriva de la disminución en cerca del 70 % de las emisiones de partículas contaminantes que generan enfermedades respiratorias.

## EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA: Movilidad Sostenible.



Juan Pablo Bocarejo



Jorge Acevedo

**EL GRUPO:** SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional).

**CONTACTO:** Juan Pablo Bocarejo, ingeniero civil, doctor en Transporte de la Universidad de París Este (Francia), profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, director del Centro de Investigación Estratégica en Movilidad Sostenible y del grupo SUR.

[jbocarej@uniandes.edu.co](mailto:jbocarej@uniandes.edu.co)  
<http://movilidadsostenible.uniandes.edu.co>

Jorge Acevedo, ingeniero civil, máster en Ingeniería Civil de Texas A&M y Civil Engineer de MIT (Estados Unidos), profesor asociado del Departamento de Ingeniería Industrial.

[jacavedo@uniandes.edu.co](mailto:jacavedo@uniandes.edu.co)

y se duplicó el monto de la indemnización que debe reconocérseles a los propietarios de los buses actuales.

Lo anterior obedece a que en Bogotá la mayoría de los buses viejos tienen un propietario que vive de lo que este le produce. El SITP contempla que esos dueños pueden venderlo a una de las empresas operadoras y el valor se calcula con una fórmula que eleva el precio más allá de lo razonable. También pueden asociarse a una de esas empresas aportando el vehículo, caso en el cual reciben una rentabilidad anual que se tasó en 18 %, muy superior a la que producen otros activos y esto será así mientras el aparato esté circulando.

La discusión sobre el futuro de la movilidad en Bogotá es candente. Unos y otros coinciden en que es necesario acometer acciones para evitar el colapso porque, como enfatiza el consultor Mario Noriega, profesor de la Maestría en Planeamiento Urbano de la Universidad Javeriana, ya lo vaticinaron los autores del Plan Maestro de Movilidad elaborado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) en 1996: aun si se invirtieran los 9.000 millones de dólares que cuesta ese plan y se construyeran todos sus componentes, la velocidad de desplazamiento disminuiría irremediablemente, a no ser que se emprendieran acciones vigorosas para que cuando menos el 30 % de la población y sus actividades económicas se salieran de la ciudad y se asentaran en los municipios vecinos de la sabana. ■

# Por qué mejorar lo existente

Los gobernantes distritales deben preocuparse por medir permanentemente el servicio de TransMilenio y de los nuevos componentes del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) para garantizar su buen funcionamiento.



▶ Ampliar el horario de servicio de TM a 24 horas es una opción para mejorar la cobertura.

Juan Pablo Bocarejo, director del Centro de Investigación Estratégica en Movilidad Sostenible, coincide con el alcalde Gustavo Petro en la necesidad de ampliar los sistemas de transporte: aumentar las líneas de TransMilenio y construir la de metro, por ejemplo, pero le pide a la Administración centrarse en mejorar lo existente con una solución de corto plazo para los problemas de movilidad. “El metro de París o el de Medellín dedican buena parte de sus esfuerzos a encontrar nuevas formas de hacer más eficiente y amable el sistema ya existente”, dice.

Destaca que hay en la literatura metodologías para cuantificar la calidad del servicio y propone las siguientes acciones:

**Confiable:** Es fácil medir la programación, compararla con las necesidades y determinar por qué no hay certeza de cuándo va a pasar el bus. Hay que preguntarles a los usuarios qué falla.

**Comodidad:** Se estima a través de la cantidad de pasajeros por metro cuadrado. El sistema tiene una densidad de 6 o 7 pasajeros por metro cuadrado cuando el estándar aceptable es de 4. Este estándar es difícil de obtener en hora pico, casi ningún sistema en el mundo lo cumple, pero sí puede alcanzarse en el promedio del día. Esto no depende del modo de transporte (es la posición del Alcalde), sino del dinero que se le invierte, es decir no es un tema de tecnología sino financiero. Si se quiere un metro, o un tren o un bus que transporte 4 pasajeros por metro cuadrado, se necesitan estaciones más largas, muchos más vagones, muchos más buses y muchos más trenes.

**Cubrimiento:** Hay que inventar maneras de ampliar su cobertura, como el cable o con rutas alimentadoras.

**Disponibilidad de buses nocturnos:** Con ellos puede extenderse el horario para que funcionen 24 horas diarias como en las grandes ciudades.

**Conclusión:** Hay metodologías para medir la calidad y la Administración debe evaluar permanentemente el servicio con el propósito de subsanar las fallas y mejorar la calidad. La solución no es remplazar los sistemas cuando no funcionan.

## Soluciones de bajo costo y fácil aplicación

El profesor Bocarejo identifica varios problemas en el funcionamiento de TransMilenio y propone acciones sencillas. Estas son:

### Competitividad del sistema TM con el vehículo privado:

Hay que reforzar la ventaja de que es más rápido que el carro particular, muy evidente en horas pico.



▶ Reforzar la cultura ciudadana para motivar a la gente a cruzar solo por sitios demarcados es una prioridad.



▶ Algo tan simple como recortar las ramas que tapan la señal de pare podría mejorar la movilidad.



▶ No basta sincronizar los semáforos. También hay que podar los árboles para despejarlos.

**Tamaño de las estaciones y cultura ciudadana:** Es claro que algunas deberían ser más largas, pero también que no sabemos cómo usar TransMilenio. Los usuarios se paran frente a las puertas a esperar un bus que no es el que viene, con lo que impiden el ingreso y la salida de otros pasajeros; o bloquean la salida dentro del bus, porque no se corren hacia adentro.

**Manejo del tráfico:** Se privilegia el vehículo privado, el policía desautoriza el semáforo para darles paso a los particulares y se acumulan fácilmente de 10 a 15 buses en un módulo de estación.

**Cultura ciudadana:** Los vehículos quedan atravesados en los cruces cuando cambia el semáforo e impiden una operación adecuada.

**Otros problemas:** El sistema de recaudo es poco funcional y genera colas; hay un alto número de buses expresos cuyo recorrido y frecuencia deberían replantearse con flexibilidad porque no son eficientes.

**Manual del buen uso de TransMilenio:** Hay que volver a crearlo, con el fin de establecer reglas de convivencia. En un comienzo, TM hizo inversiones para explicar cómo era el sistema, pero la complejidad de la operación, que ha venido ampliándose, ha generado otras problemáticas. Es fácil y barato motivar a los usuarios para que cambien su comportamiento y se autorregulen, pero también es necesario castigar a los infractores.

**Mejorar la comodidad:** En corto tiempo, es difícil pasar de transportar 6 o 7 pasajeros por metro cuadrado a 4 o 5, pero podría pensarse en lograrlo en las horas valle, cuando el flujo de usuarios es menor, como hacen los metros de París o Tokio.

**Incrementar la eficiencia:** Un afán permanente de la Administración debe ser operar TransMilenio con menor costo para

trasladar esos ahorros a un mayor número de buses en horas no pico. La meta podría ser aumentar la eficiencia del sistema en 10 % y para ello existen dos ejemplos de modelos desarrollados por investigadores de la Universidad de los Andes: El primero es cambiar el 40 % de los expresos que transitan por la avenida Caracas para la NQS, con lo cual se disminuye en 6.500 pasajeros hora la carga de la Caracas. Aunque es probable que algunos usuarios pierdan, el beneficio general es mayor.

El segundo modelo consiste en construir retornos para elevar la capacidad en los sitios más críticos. Así, en vez de que todas las 12 rutas vayan hasta el portal de la calle 170, en Alcalá 3 de ellas se regresen a la Caracas. Con esa medida la eficiencia aumenta en 2,5 %.

**Simplificar TransMilenio:** Aunque podría ser más costoso, es necesario estudiar si pueden suprimirse buses expresos y tantear otras maneras de prestar el servicio. También es importante mejorar el sistema semafórico.

**Disminuir el costo por kilómetro para los bogotanos:** Puede lograrse abriendo una nueva licitación para operar las rutas de la fase I para que los operadores compitan y se obtenga un precio más bajo.

**Conclusión:** Los desafíos son tres: Incluir en el Plan de Desarrollo la meta de mejorar el servicio y darle recursos; acometer el reto institucional de ampliar la capacidad de TransMilenio S. A., empresa que maneja el SITP, y estudiar seriamente el tema de cómo subsidiar a los más pobres, que, aunque se mueven poco, gastan en transporte un porcentaje alto de sus ingresos. ■



▶ Señalizar debidamente las obras y desvíos es una acción sencilla para acelerar el tráfico.

# Puntos de vista sobre la movilidad

El alcalde Gustavo Petro y el investigador Juan Pablo Bocarejo expusieron sus posiciones en el Foro de Movilidad efectuado el 18 de abril pasado en Los Andes. CONTACTO resume sus planteamientos.



► En el sector del Hotel Tequendama, la carrera décima se une a la séptima en un solo eje vial. Por ello es complejo el trasbordo de pasajeros.



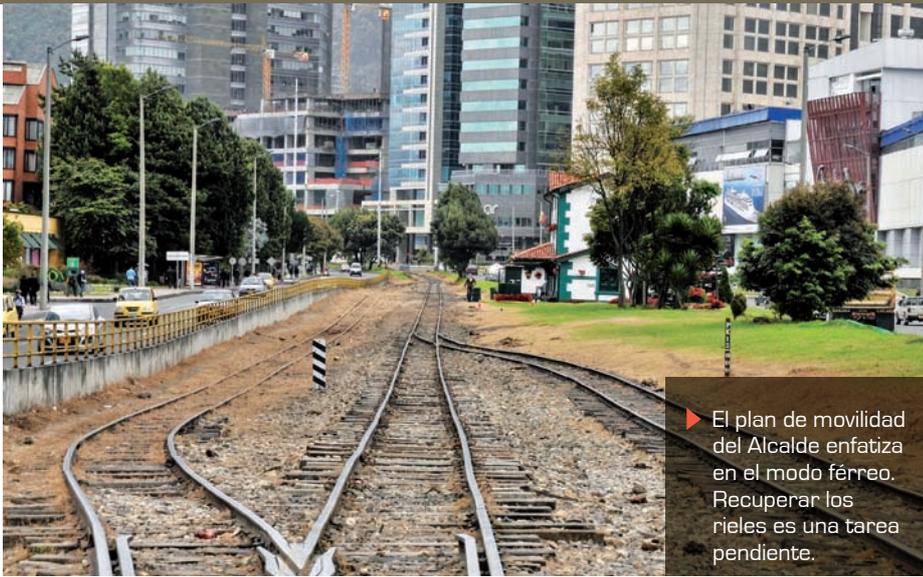
## Los argumentos del Alcalde

**C**olapso es el término que utiliza el alcalde Gustavo Petro para definir la movilidad en Bogotá. Para contrarrestarlo y hacer de la capital una ciudad humana y sostenible se propone desestimular el uso del vehículo particular para privilegiar el transporte público masivo.

El plan parte del hecho de que cada año ingresan a Bogotá otros 100.000 vehículos e incluso los usuarios de los buses optan cada vez más por desplazarse en motocicletas. “Una moto en movimiento es igual en uso del espacio público que el vehículo particular”, sostiene el mandatario distrital. Ese crecimiento significa que desde el año 2006 se ha duplicado el parque automotor y, en su opinión, “conduce a que, por presión de los propietarios de esos vehículos y sus representantes políticos, el presupuesto público de la ciudad se invierta prioritariamente en hacer más vías bajo la falsa creencia de que más carriles van a descongestionar, cuando toda la matemática y toda la práctica de las grandes ciudades del mundo está indicando lo contrario: cuantos más carriles para vehículos particulares se abran, más congestión se producirá porque se estimula aún más su uso”.

A juicio del mandatario, para transformar la movilidad se requieren campañas que cambien valores culturales y que induzcan a la autorregulación a los propietarios de autos particulares para que los usen de manera responsable, “es decir, de vez en cuando. Las matemáticas indican que si cada uno decidiera compartir su carro, la congestión de la ciudad disminuiría en 60 %”.

Al lado de esas campañas, propone un sistema con el siguiente orden de prioridades: peatón,



► El plan de movilidad del Alcalde enfatiza en el modo férreo. Recuperar los rieles es una tarea pendiente.



► Quitarles espacio a los carriles vehiculares para construir ciclovías es una propuesta de la Administración. Los taches en el piso ayudan a proteger a los ciclistas.

bicicleta, transporte público masivo y vehículos particulares (ver pág. 15).

Para él, los criterios y prácticas de transporte público masivo de Bogotá se sintetizan en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), cuyo propósito es articular distintos modos. Sin embargo, asegura que la ciudad ha privilegiado el sistema unimodal representado en los buses, incluido TransMilenio (TM), que empieza a ser insostenible, entre otras razones porque, enfatiza, mueve entre 6 y 8 pasajeros por metro cuadrado, cuando los estándares de calidad indican que no deben ser más de 4.

Su plan da énfasis al modo férreo con el argumento de que moviliza mayor cantidad de gente a razón de 4 pasajeros por metro cuadrado. Como primer paso

propone construir un metro ligero por la carrera séptima, cuya ventaja principal es que por ser eléctrico resulta más barato de operar porque Colombia es rica en recursos hídricos, al tiempo que es menos contaminante. Otro beneficio es urbanístico porque dos vehículos en transporte eléctrico liviano ocupan 8 metros de carril ida y vuelta, mientras que un bus de TM ocupa 20 metros. De esa manera, aduce, el tren ligero puede ingresar al centro histórico y articularse con el transporte que liga a Bogotá con la región a través del ferrocarril (hacia Zipaquirá, al norte; Soacha, al sur, o Facatativá, al occidente). La propuesta también incluye la construcción de una línea de metro pesado y el corredor escogido sería la avenida Caracas.

## Otras propuestas de la Administración distrital

Además de sus propuestas para priorizar el transporte público, el alcalde Gustavo Petro sostiene que, para evitar el colapso, su administración tendría que construir 70 kilómetros de vías adicionales a los 100 existentes para el sistema TransMilenio. “Hay que ampliar su infraestructura —dice—. Construir las troncales de la Boyacá y la 68 y mejorar la NQS interconectándola con la Caracas al sur y la autopista al norte, además de interconectar todas las troncales para hacer de ese sistema una red. Pero eso no resuelve el problema del borde oriental”.

Según él, la mayor demanda de transporte se origina en el occidente y tiene como destino el oriente, lo cual se puede traducir en que en el 2018 por el borde oriental se moverán 90.000 personas hora-sentido, mientras que en TransMilenio se moviliza un máximo de 50.000 personas hora-sentido promedio, a razón de 8 pasajeros por metro cuadrado.

Al mismo tiempo, es necesario sumar a la red de transporte los 80 km de rieles que hay en el Distrito y reducir los costos de construcción de las troncales de TransMilenio cambiando las losas de cemento por asfalto resistente y dejando de lado el tema de renovación urbana, no porque no se necesite, sino porque “estamos en emergencia de movilidad”.

Sus cálculos indican que para construir los kilómetros de troncales de TransMilenio y los rieles superficiales se necesitan 1.900 millones de dólares, sin contar con que cada kilómetro de vía férrea subterránea puede valer 100 millones de dólares. A su juicio, la ciudad puede endeudarse para conseguir los recursos porque este es un tema de voluntad política.

## La posición del investigador

“**E**stoy de acuerdo con el Alcalde en cuanto a repensar la red, pero el análisis debería salir del plan establecido en el Conpes para que la decisión que se adopte (modo férreo combinado con buses, o metro) sea definitiva”, dice el ingeniero civil Juan Pablo Bocarejo, director del grupo SUR. Para ello, resalta, deben trabajar conjuntamente el Distrito y Planeación Nacional, porque, además de la voluntad política, es un asunto de responsabilidad técnica y económica.

A su juicio, el modo férreo no garantiza que se cumpla con el estándar de calidad de movilizar 4 pasajeros por metro cuadrado. “No es el modo de transporte el que define la cantidad ni la comodidad, sino cuánta plata se le invierte —explica—. Por eso, hay que hacer énfasis en la gestión para construir la capacidad de administrar el sistema”. De hecho, en los estudios preliminares del tren ligero mostrados por la Alcaldía, se habla de 8 pasajeros por metro cuadrado para alcanzar la capacidad necesaria en el corredor.

El ingeniero sostiene que el tranvía por la carrera séptima no soluciona el problema de la saturación de TransMilenio porque no solo movilizaría menos pasajeros (12.000 en hora pico) sino que si no se mejoran otros aspectos como los ciclos semafóricos y la educación de la gente es probable que su operación se entorpezca. “El tranvía debe ser bastante largo y casi ocupa toda la cuadra o incluso más. Sin cultura ciudadana y sin una institución permanente que esté mejorando el funcionamiento del sistema, seguirán viajando a razón de 6 o 7 pasajeros por metro cuadrado”, asegura.

Añade que no hay que perder de vista que la carrera séptima y la carrera décima constituyen un solo eje vial y por ello es



complejo el transbordo de los pasajeros que vienen por la décima en TransMilenio y van a continuar en el tren ligero por la séptima.

El profesor Bocarejo coincide con el Alcalde en que Bogotá necesita una línea de metro y aunque no se compromete con el corredor específico para construirla, se inclina a pensar que el más aconsejable sería la avenida Caracas, dado que es el de mayor demanda y con este modo de transporte pasaría de mover 40.000 a 50.000 pasajeros-sentido en hora pico.

El ingeniero concluye que Bogotá necesita una red de transporte y para el 2025, según un estudio sobre la movilidad para el año 2050 que adelantan ingenieros de Los Andes con la agencia alemana GIZ (ver pág. 12), se requiere una combinación de medios de mediana (buses y tranvías) y alta capacidad (metro). La red de capacidad media debe tener 150 kilómetros y la de alta 40. Para el 2050, buena parte de la red de capacidad media debe haber migrado a alta, cuya extensión tendría que haber subido a 100 kilómetros. ■

▲ TransMilenio está transportando entre 6 y 8 pasajeros por metro cuadrado. Los estándares de calidad dicen que no deberían ser más de 4.

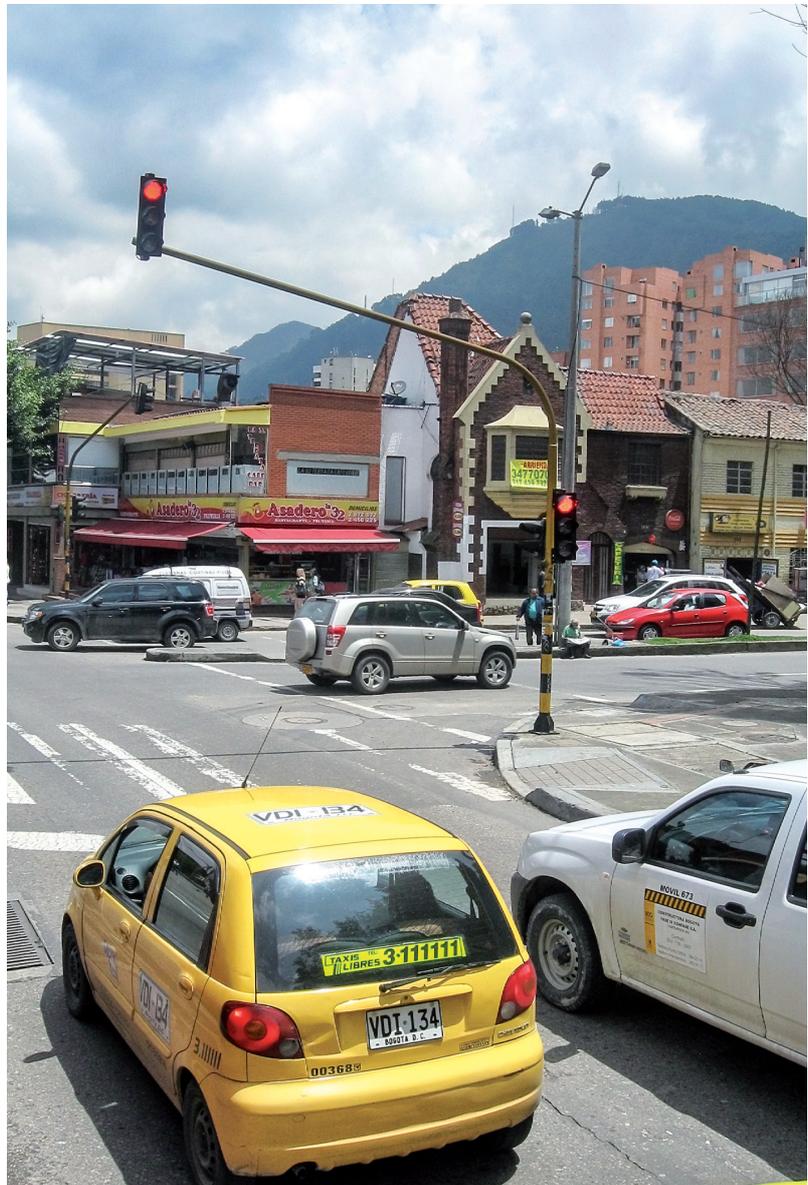
# Semáforos inteligentes para optimizar el tráfico

Un estudiante doctoral desarrolla un sistema para que los semáforos se controlen según la cantidad de vehículos que hay en una intersección.

Controlar de manera dinámica los semáforos para que los tiempos de verde y de rojo se programen de acuerdo con el flujo de vehículos que llegan a una intersección es la aplicación que está diseñando el ingeniero Pablo Ñañez como la parte práctica de su doctorado. “El trabajo es una asignación dinámica de los recursos disponibles: el tiempo, asociado con el número de automotores que llegan a un cruce, censados por cámaras de video”, señala el ingeniero electrónico Nicanor Quijano, asesor de Ñañez.

El objetivo del proyecto es, mediante el diseño de redes vehiculares, reducir los tiempos de espera de los usuarios del sistema e incrementar la velocidad promedio en la red. Las estrategias se basan en movimientos poblacionales enfocadas a solucionar un problema de distribución dinámica de recursos. En este caso el recurso que se distribuye es el tiempo de uso de las intersecciones por medio de semáforos.

El trabajo fue contratado por Imatic, una empresa del Valle del Cauca que desarrolla software, hardware y controladores de tráfico. Esta compañía, cuenta Nicanor Quijano, había buscado sin éxito ayuda en otras universidades y la encontró en Los Andes. La firma está convencida de que puede brindarle al país tecnología propia para resolver problemas de tráfico como el del control dinámico de los semáforos, soluciones con las que ha tenido mayor acogida en países como Venezuela, Ecuador y Bolivia (70 intersecciones). En Colombia, en cuyas grandes ciudades no funciona este tipo de semaforización, trabajan en algunas calles de Cali (70 intersecciones), Barranquilla (65 intersecciones) y Sincelejo (22 intersecciones) entre otras, con un total de aproximadamente 220 cruces, con aplicaciones más simples y básicas como la denominada MOVA (*Microprocessor Optimized Vehicle Actuation*). Esta es una estrategia creada en los años ochentas que permite, usando sensores vehiculares, que se incremente el tiempo de verde asignado a un flujo automotor por cada vehículo que se detec-



- ▲ El software de los semáforos de Bogotá no está diseñado para que los tiempos de verde o rojo se calculen de acuerdo con el flujo vehicular en las intersecciones. Pablo Ñañez, estudiante doctoral, diseña una aplicación con esta funcionalidad.



te, hasta alcanzar un máximo de tiempo de verde permitido. Esta técnica funciona muy bien en redes no saturadas. En el caso de redes saturadas, como la de Bogotá, al no coordinarse con intersecciones cercanas, la estrategia no es apropiada. Por eso, querían desarrollar una más específica y es la que están diseñando Ñañez y Quijano. “Nosotros pretendemos crear una forma diferente de hacerlo, porque hay otras versiones en el mundo —señala el profesor—, y Pablo ya hizo una aproximación en simulación y hardware. Utilizando técnicas basadas en sistemas híbridos, su tesis busca tener aplicaciones en agua y transporte. Esa parte teórica la trae a la práctica en semaforización”.

El caso de estudio de las estrategias de control se lleva a cabo en una zona específica de Barranquilla, entre las calles 82 y 84, entre las carreras 50 y 52. “Este controlador se ha desarrollado utilizando el software VISIM de la empresa PTV, con el cual se ilustran conceptos de tráfico urbano”, explica Ñañez. De esta manera se busca optimizar el desempeño de una red urbana. Los beneficiarios son inicialmente los habitantes de esa ciudad, dispuesta a invertir en infraestructura necesaria como cámaras y en procesos de socialización de la tecnología. Nicanor Quijano asegura que una vez se obtengan resultados concretos, un programa como este puede aplicarse en grandes ciudades como Bogotá donde los contratos de semaforización los adjudican usualmente a multinacionales extranjeras: “Al trabajar con Los Andes, Imatic busca hacerse visible en la capital y demostrar que una compañía colombiana puede aportar soluciones desarrolladas en el país”. ■

#### CENTROS DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA: Energía



Nicanor Quijano

#### EL GRUPO:

Grupo de Investigación para la Automatización y Producción (GIAP)

#### CONTACTO:

Nicanor Quijano, ingeniero electrónico, doctor en Ingeniería Eléctrica y Computacional de la Ohio State University (Estados Unidos), profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y director del Grupo GIAP.  
[nquijano@uniandes.edu.co](mailto:nquijano@uniandes.edu.co)



Pablo Ñañez

Pablo Ñañez, ingeniero en Automática Industrial de la Universidad del Cauca. Cursa el doctorado en Ingeniería en la Universidad de los Andes.  
[pa.nanez49@uniandes.edu.co](mailto:pa.nanez49@uniandes.edu.co)

# Bogotá, cerca del transporte público eléctrico

Varios estudios realizados por el grupo de Potencia y Energía, contratados por Codensa-Colciencias-Emgesa, demuestran el interés que tiene la ciudad en este modo de transporte y, sobre todo, que técnicamente no está lejos de alcanzarlo.

**S**i Bogotá finalmente se monta en el transporte público eléctrico —con un metro o una línea de tranvía o tren ligero— necesitaría construir siete subestaciones rectificadoras de 4 a 5 MVA para alimentar con corriente directa una línea de metro, con una inversión total entre 21.000 y 23.000 millones de pesos, para el tramo desde la carrera 9 con calle 127 hasta el portal Américas. Así lo han determinado dos estudios realizados bajo la financiación de Codensa-Colciencias-Emgesa, por el Grupo de Potencia y Energía, Mario Ríos, como director, y varios profesores más como investigadores. Los estudios son “Modelos para el planeamiento de sistemas de distribución con alimentación a sistemas de transporte eléctrico masivo” y “Alimentación confiable y manejo de la calidad de la potencia eléctrica de sistemas eléctricos de transporte masivo”. En Colombia, el 70 u 80 % de la generación de energía es hidráulica, no es contaminante, el resto se produce con gas natural, la fuente térmica menos perjudicial para el medio ambiente. Esa es una gran ventaja para un país cuyo transporte público se mueve con combustibles fósiles y genera impactos ambientales desfavorables. Además, el transporte eléctrico masivo, señala Mario Ríos, profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, es mucho más rápido, cómodo y seguro: “Como ciudadano uno necesita que un sistema de transporte masivo le garantice esas tres condiciones para dejar de usar el vehículo particular”. Señala, además, que desde el punto de vista de suministro eléctrico y de demanda no hay ningún impedimento para establecerlo: “Codensa está técnica y humanamente preparada para implementarlo,



▲ En algunas estaciones de servicio de Bogotá suministran energía para cargar las baterías de los carros eléctricos.

sabe qué tecnología se necesita y cuánta potencia eléctrica será demandada. Lo único que se requiere es realizar el planeamiento eléctrico de la red de distribución una vez se conozcan los puntos específicos de ubicación de las subestaciones de tracción”.

El estudio “Modelos para el planeamiento de sistemas de distribución con alimentación a sistemas de transporte eléctrico masivo” estableció la infraestructura necesaria y lo que representaría para la demanda la construcción de una línea de transporte eléctrico tipo metro: las características técnicas, los requerimientos de diseño, las tecnologías y la aplicación de electrónica de potencia para cualquiera de los sistemas.

En primer término, explica el ingeniero eléctrico Ríos, habría que convertir la corriente alterna —que se distribuye normalmente—

en corriente directa, empleada por aparatos como electrodomésticos y computadoras —con rectificadores en su interior— y también los sistemas para alimentar el transporte: la conversión se hace en subestaciones de tracción.

El estudio determinó la dimensión y cantidad de subestaciones rectificadoras. Para ello se desarrolló un modelo computacional con el cual se puede precisar, con base en la dinámica de los trenes y en cada instante, cuál es la demanda para cada uno de los tipos de transporte, que emplean distintas tensiones: el tren de cercanías, 3.000 voltios de corriente directa (Vdc); el metro, 1.500 Vdc, y el tranvía 750 Vdc. Se hicieron simulaciones para un metro que parte del Portal de las Américas por la avenida del Ferrocarril, llega al centro y se dirige hacia la calle 127. Para alimentarlo, se requerirían 7 subestaciones rectificadoras de entre 4 y 5 MVA (unidades eléctricas), construidas cerca de las subestaciones convencionales de AT/MT.

Como resultado se vio que estas subestaciones serían de un tamaño moderado por lo cual se podrían ubicar en un subterráneo o en la misma estación de pasajeros, por ejemplo para el metro. La demanda de potencia de la ciudad, dice el profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, no aumentaría mucho, ya que para esta línea el consumo sería alrededor de 20

megavatios en hora pico; la demanda máxima actual en Bogotá es de alrededor de 2.500 megavatios (MW). Aunque asegura que este no es un requerimiento muy grande para Codensa sí implica una redistribución de la demanda porque aquellas subestaciones ubicadas en la ruta prevista están con poca capacidad disponible, es decir están a plena carga. Otra razón por la cual el consumo no se incrementaría mucho es porque estos trenes cuentan con una tecnología denominada frenado regenerativo, la cual permite utilizar la energía generada en el frenado, lo que permite ahorrar un consumo de energía aproximado al 30 %.

Para evitar el sobredimensionamiento de las subestaciones, el modelo empleado tuvo en cuenta dos eventos que habitualmente no se consideran en el diseño de este modo de transporte: la diversidad de la carga y las demandas coincidentes. La primera es como se denomina el hecho de que no todo el mundo consume lo máximo al mismo tiempo, sino que se da por coincidencia, es decir, las demandas son coincidentes. “Nuestro simulador analiza, además, la demanda en condiciones normales y en condiciones de contingencia, o sea cuando hay una falla en la alimentación, suceso que requiere un respaldo de altos niveles de confiabilidad”.

En el segundo estudio, “Alimentación confiable y manejo de la calidad de la potencia eléctrica de sistemas eléctricos de transporte masivo”, se analizaron aspectos técnicos y de seguridad como, por ejemplo, “el manejo de puestas a tierra en instalaciones de corriente directa, sobre lo cual no hay muchos trabajos. Las puestas a tierra son el medio de drenaje que necesita la mayoría de los equipos eléctricos, el mecanismo por el cual se envía la corriente a tierra cuando hay una condición de corto. Esto sirve de protección al equipo pero sobre todo limita la exposición del cuerpo humano a un voltaje letal”.

### El carro eléctrico, otro cuento

Vistas las ventajas ambientales, de movilidad y las facilidades técnicas para su implementación es natural pensar en el vehículo particular y de carga. Pero, técnicamente, las cosas ya no son tan sencillas. Para mirar la viabilidad del carro eléctrico particular en la ciudad, y ampliar la investigación en el transporte público, el grupo de Potencia y Energía pronto iniciará un contrato con Codensa y Colciencias para realizar el proyecto de investigación “Movilidad eléctrica: vehículos particulares y flotas de servicio público colectivo con buses eléctricos, redes eléctricas de sistema de recargas y su automatización e impacto sobre el sistema de distribución”. Este tiene recursos de Colciencias (30 %), de Codensa-Emgesa (45 %) y de la Universidad de los Andes (25 %). El costo es de 655 millones de pesos, y en él participarán dos estudiantes de doctorado y tres de maestría. También son investigadores Néstor Peña, Fredy Segura y Gustavo Ramos, del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y Luis Muñoz, de Ingeniería Mecánica.

En esta etapa se investigará sobre los impactos del uso del carro particular eléctrico en el sistema de Codensa en términos de



- ▲ Los conjuntos residenciales no están adecuados para recargar las baterías de los vehículos privados. Esta moto, por ejemplo, usa la energía de las áreas comunes y lo que consume lo paga toda la copropiedad.



▲ Si se implementara el transporte público eléctrico en el Distrito, el tranvía necesitaría conectarse a 750 voltios de corriente directa. Este es el tranvía de Barcelona.

cantidad de potencia demandada, en las tecnologías de sistemas de gestión necesarias para atender esa demanda; se examinarán la reglamentación para tarifas y cobro, los requerimientos de las instalaciones eléctricas de los cargadores de baterías de tal forma que sean viables técnica y financieramente para el usuario y para la empresa y que, de acuerdo con la normatividad nacional e internacional, no representen riesgo para el ser humano. Además, es importante saber cómo se van a recargar las baterías de los

automóviles “porque nos han vendido la idea de que se hace en casa. Pero en Bogotá tenemos muchísimas viviendas en propiedad horizontal y el medidor y la unidad habitacional están lejos del parqueadero”, señala el profesor Ríos.

Explica también que, en este caso, el aumento de la demanda de una residencia sí sería alto, pues el consumo habitual en hora pico está entre 1,2 y 1,3 kW; con el cargador de baterías del automóvil eléctrico aumentaría entre 3,5 kW y 7 kW. “Además, solamente con que el 25 % de los carros de un conjunto residencial se vuelvan eléctricos se puede alcanzar la capacidad máxima del transformador, que perderá vida útil si se sobrecarga. Si no hay un sistema de gestión y la demanda aumenta desmesuradamente, Codensa tendría que empezar a cambiar su infraestructura, con altísimos requerimientos de inversión e implicaciones tarifarias, que se determinan con base en el costo de la infraestructura del sistema de distribución”.

Además, se analizarán las instalaciones requeridas —en residencias, en la calle, en centros comerciales, etc.—, cómo incide esa demanda en el consumo global de la ciudad y cómo afecta el desempeño de las redes eléctricas, pues, si crece la demanda, se puede caer la tensión, sobrecargar los circuitos y generar corrientes armónicas en el sistema —corrientes de otras frecuencias diferente a los 60 Hz de la corriente alterna, y es un problema—■

#### CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA: Energía



#### EL GRUPO:

Potencia y Energía

#### CONTACTO:

Mario Ríos, ingeniero eléctrico, doctor en Ingeniería Eléctrica del Institute National Polytechnique de Grenoble (Francia), profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

[mrrios@uniandes.edu.co](mailto:mrrios@uniandes.edu.co)

# Infraestructura de calidad para el desarrollo

Las obras físicas son determinantes para garantizar sostenibilidad y bienestar a la sociedad. Construir las requiere visión de largo plazo y estándares de alto nivel. Con ellas se definirá el país que dejaremos a las generaciones futuras.

**E**n la mayoría de nuestras ciudades, y en particular en Bogotá, la realidad de la infraestructura muestra, entre otros, vías en mal estado, sistemas de transporte ineficientes, andenes irregulares que dificultan la circulación y contaminación de todo tipo. A esta lista de carencias se suman la falta de autopistas urbanas y de sistemas de transporte masivo tipo metro, un aeropuerto en expansión diseñado con una visión de corto plazo y problemas muy graves de movilidad y logística que nos restan competitividad y suponen tiempos excesivos de viaje que reducen significativamente la calidad de vida.

“La infraestructura urbana se puede dividir en tres grupos esenciales: 1) básica; 2) para la vida y la convivencia y 3) para la competitividad —dice Mauricio Sánchez, profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental—. Solo el desarrollo conjunto y armónico de estos tres sistemas conduce a ciudades sostenibles y atractivas para invertir y para vivir”.

La infraestructura básica comprende todos los sistemas que cubren las necesidades mínimas esenciales de los ciudadanos. Incluye, por ejemplo, servicios vitales como agua, energía, comunicaciones y vivienda. La infraestructura para la vida y la convivencia proporciona los medios para tener una vida digna y agradable, como parques, andenes e iluminación. Por último, la infraestructura para la competitividad garantiza la viabilidad y el desarrollo sostenible de la ciudad y comprende elementos como estándares razonables de movilidad (ej. tiempos de viaje cortos) y una estructura logística adecuada que garantice una buena accesibilidad a los centros de exportación o distribución.

“Mientras que la infraestructura básica y para la vida y la convivencia le permiten a una sociedad tener una vida digna, la infraestructura para la competitividad le permite a la ciudad crecer y desarrollarse”, dice.

La infraestructura para la vida y la convivencia merece una mención especial, pues, en palabras de Mauricio Sánchez, “en últimas, una ciudad no es una máquina de producir bienes y servicios a cualquier costo, sino también un espacio donde la gente vive, trabaja y se desarrolla”. Esto significa que pueda salir a caminar, que los andenes sean amplios y sin baches, que el espacio



▲ El puente de la carrera 11 se topa con el Cantón Norte en la calle 106 y no puede continuar hacia el sur.



público esté iluminado y sea seguro, que el entorno sea limpio y estéticamente agradable. Además, tiene un impacto muy importante sobre la calidad de vida de las personas. Sin embargo, enfatiza, mientras en Colombia se menosprecia esta infraestructura, en los países desarrollados este tema es central y prioritario.

Por otro lado, según la Cepal, la competitividad urbana está definida por “el conjunto de factores que condicionan la productividad de los diferentes agentes económicos que operan en espacios urbanos”. Lo anterior conduce al investigador a afirmar que “una ciudad carente de infraestructura para la competitividad está condenada a ser cada vez más caótica, pero sobre todo a ser productivamente más ineficiente y, en esa medida, a perder recursos de inversión”. La competitividad favorece la globalización y el crecimiento, a la vez que contribuye al desarrollo sostenible.

### Infraestructura de calidad

Para el profesor Mauricio Sánchez, la infraestructura no consiste en cubrir de cualquier manera las necesidades mencionadas arriba, sino que debe construirse con altos estándares de calidad y garantizando que sea ambientalmente sostenible y estéticamente armónica. Sin embargo, el estado actual de la ciudad y su funcionamiento evidencia que la calidad parece no ser una prioridad ni de los gobiernos locales, ni del gobierno central.

“La deficiencia y la baja calidad de la infraestructura en nuestras ciudades es, esencialmente, una cuestión de gestión pública,

▲ La infraestructura debe planearse para horizontes de tiempo de 20-25 años, pero no se hizo así en la ampliación del aeropuerto Eldorado.

de decisión política” sentencia. Explica que no es un asunto técnico en el sentido de que todo lo que está asociado a la construcción de obras físicas para soportar estos tipos de infraestructura son problemas prácticamente resueltos en ingeniería. Es decir, se sabe cómo hacer puentes o vías y cómo diseñar y construir acueductos y alcantarillados.

El investigador enfatiza en que la infraestructura de calidad cumple un papel muy importante en el desarrollo y es esencial para la globalización. Por ejemplo, atrae la inversión, disminuye los costos de mantenimiento y tiene un impacto socioeconómico considerable. Desarrollar infraestructura de calidad no es una tarea primordial del Estado solamente. “La sociedad colombiana en todos sus ámbitos (sectores productivos y sociedad civil) se ha acostumbrado a convivir en un entorno de mala calidad y se ha olvidado de exigir una mejor inversión de sus recursos; mientras esto se mantenga, la situación difícilmente cambiará”.

### Planeación de largo plazo

El profesor señala que el pobre desarrollo de nuestra infraestructura es el resultado, entre otros factores, de la visión de corto plazo con la cual se deciden las inversiones y se ejecutan las obras. “En

Predios: Qué tenemos	
Total de predios urbanos	2.249.000
Total de predios incorporados para vigencia 2012	68.000 (la mayoría son edificios)
Área construida	246.000.000 m <sup>2</sup>
Incremento área construida último año	8.000.000 m <sup>2</sup> (equivale a 7 parques Simón Bolívar)
Valor de la base catastral	280 billones de pesos (44 % de la base catastral de todo el país establecida por el Agustín Codazzi)
Fuente: Censo Inmobiliario vigencia 2012/ Catastro Distrital	



▲ Aunque más de la mitad de la malla vial está en malas condiciones, los ciudadanos no exigen mejor inversión de los recursos.

la sociedad colombiana existe un sentido de autocomplacencia que no le permite planear y llevar a cabo proyectos de gran envergadura”. Mientras en las principales capitales del mundo se construyen grandes aeropuertos, autopistas y líneas de metro y se implementan programas ambiciosos de descontaminación, en ciudades como Bogotá, las soluciones se limitan a mejoras pequeñas de lo que ya existe con un impacto marginal y de corto plazo.

Es necesario, entonces, trazar políticas que garanticen continuidad en el desarrollo de las obras por encima de los gobiernos de turno. El ingeniero considera que, por ejemplo, se podría crear una agencia distrital de infraestructura que, igual que la agencia nacional del ramo, defina proyectos esenciales para la ciudad con visiones de desarrollo de largo plazo. Esta dependencia no solo debería determinar cuál es la infraestructura indispensable para Bogotá, sino los estándares que debe tener y, además, adoptar esquemas de financiación sostenibles. También está convencido de la urgencia de perfeccionar los procesos de contratación para evitar la corrupción y mejorar la gestión. Es un hecho que el dinero nunca alcanzará para atender todas las necesidades de la población, pero eso pasa incluso en los países más desarrollados.

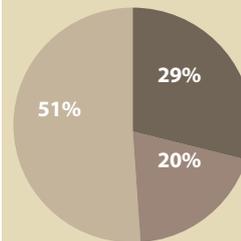
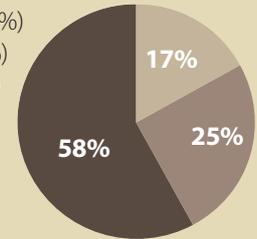
Ríos urbanos (Salitre, Tunjuelo, Fucha y Torca): Qué tenemos		
Extensión total		80,24 km
Índice de calidad del agua	Buena	10,7 km
	Aceptable	11,21 km
	Regular	35,35 km
	Mala	26,98 km
Fuente: Plan de Desarrollo 2012-2016		

## Malla vial: Qué tenemos

### Total de la malla vial

Malla vial arterial: 2.522,5 km-carril (17 %)  
 Malla vial intermedia: 3.556,8 km (25 %)  
 Malla vial local: 8.316,9 km-carril (58 %)

Fuente: Base de datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial IDU- dic 2011. No incluye el Sistema de Transporte (Troncales de TransMilenio) ni la malla vial rural.



### Estado de la malla vial

**Bueno:** 4.106,1 km-carril (29 %)  
**Regular:** 2.945,9 km-carril (20 %)  
**Malo:** 7.344,3 km-carril (51 %)

Fuente: Base de datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial IDU- dic 2011. No incluye el Sistema de Transporte (Troncales de TransMilenio) ni la malla vial rural.

El investigador destaca que la infraestructura debe planearse para horizontes de tiempo de 20-25 años y que, a diferencia de otros tipos de inversión, su construcción demora varios años. Esto tiene implicaciones muy importantes: “Estamos fallando como sociedad en nuestra responsabilidad intergeneracional —dice—. La responsabilidad que tenemos con las generaciones futuras está comprometida por la falta de visión y de claridad de lo que el país debe o quiere ser en el futuro”. En otras palabras, la viabilidad de Colombia está comprometida porque no existe claridad sobre cuál es el país que les vamos a dejar a nuestros hijos.

Concluye que “la calidad y eficiencia de la infraestructura refleja lo que una sociedad piensa de sí misma. Es necesaria una reflexión profunda alrededor de lo que significa lo que hemos construido y lo que queremos ser como sociedad”. El país está disfrutando de un crecimiento inusitado en el turismo, en el comercio, en la economía, pero no está construyendo las bases para que sea sostenible y genere desarrollo con calidad de vida. A su juicio, el futuro de la infraestructura está en la decisión política del Estado para planear y ejecutar (contratar y construir) y en cómo queremos vivir los colombianos. La ciudadanía debería exigir que sus impuestos se utilicen correctamente y con un norte claro: infraestructura sostenible para la competitividad y la calidad de vida.



▲ Una infraestructura de calidad debe beneficiar a distintos tipos de usuarios.



**EL GRUPO:** Geomateriales y Sistemas de Infraestructura.

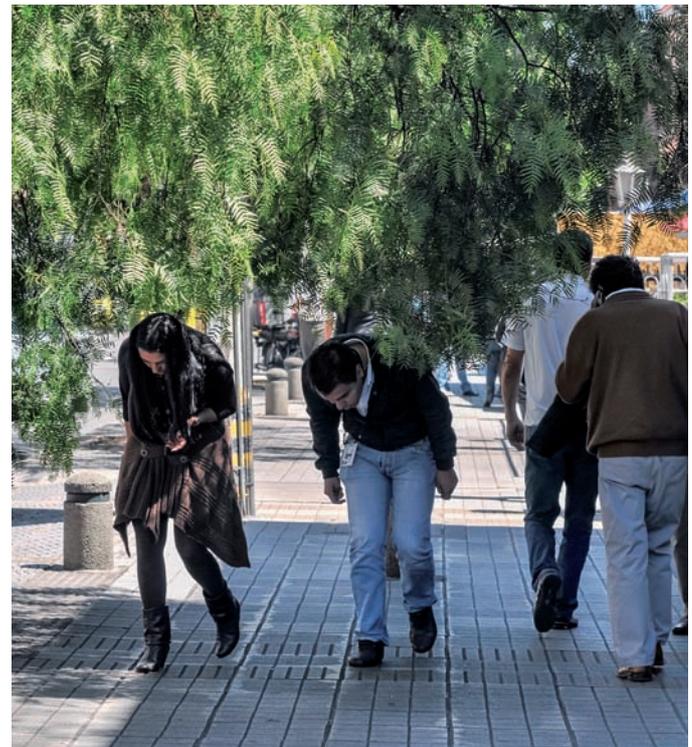
**CONTACTO:** Mauricio Sánchez, ingeniero civil y doctor en Ingeniería Civil de la Universidad de Bristol (UK), profesor titular del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. [msanchez@uniandes.edu.co](mailto:msanchez@uniandes.edu.co)

## Acueducto: Qué tenemos

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá calcula que hay que rehabilitar el 25 % de las redes de acueducto y el 35 % de las de alcantarillado.

- 38 %** de las tuberías de acueducto tienen entre 50 y 80 años de construidas.
- 62 %** de los tubos y canales de alcantarillado se construyeron entre 1950 y el 2000.
- 517 km** de longitud tienen los tubos madre de agua.
- 4.000 km** aproximadamente tienen las redes de alcantarillado sanitario.
- 2.500 km** suma el alcantarillado pluvial (agua lluvia).
- 8.000 km** constituyen las redes de acueducto menores o iguales a 12 pulgadas.

Fuente: El Tiempo: La red de alcantarillado de Bogotá tiene más de medio siglo, 7 de agosto de 2012.



▲ Bogotá está llena de obstáculos que dificultan el desplazamiento de los transeúntes.

# Generación distribuida: hay que prepararse para el cambio

La ingeniera eléctrica Ángela Cadena habla sobre el cambio técnico que se avecina en la industria eléctrica y sus implicaciones en la construcción de “ciudades inteligentes”. El Proyecto Sílice busca establecer un mapa de ruta y aportar desarrollos tecnológicos esenciales.

**¿Está la ciudad preparada para implementar las redes inteligentes y el uso de otras energías?**

Aunque el término de ciudad inteligente no es aún ampliamente usado en la literatura de planeación del espacio o de investigación urbanística, es posible definirla como una ciudad construida bajo la combinación “inteligente” de dotaciones con opciones de autodecisión e independencia de sus habitantes, que se traduzcan en un buen rendimiento en aspectos económicos, de movilidad, de ambiente y de gobierno y, finalmente, de calidad de vida. De esta manera, las infraestructuras concebidas como los sistemas que incorporan instalaciones físicas y de tecnologías de la información, redes, servicios y bienes, son críticas para el desarrollo de las economías y las sociedades modernas. La electricidad es una infraestructura crítica de la que dependen todas las otras infraestructuras críticas, y por lo tanto, la infraestructura eléctrica ha empezado a ser codependiente de las tecnologías de la información y las comunicaciones, además de sistemas que permitan un manejo adecuado de los recursos para satisfacer las crecientes necesidades de las nuevas ciudades.

Se requieren algunos ajustes para abrir completamente los sistemas de distribución para la operación de plantas de generación distribuida. Hay que reglamentar los esquemas de medición neta y de compra-venta de energía, la posibilidad de instalación de plantas por el distribuidor, precisar los requerimientos de conexión y operación de estos sistemas en las redes eléctricas y ofrecer esquemas de participación de la demanda que faciliten un uso más eficiente de energía por parte de los usuarios. La garantía de confiabilidad y continuidad del suministro y de calidad del servicio son aspectos que el regulador va a cuidar juiciosamente. Pero el cambio técnico es evidente y hay que prepararse para él.



**¿Cómo le aporta un proyecto como Sílice a una ciudad con vivienda de interés social? ¿La encarecería o abarataría?**

El marco de operación de estos (nuevos) sistemas de distribución eléctrica son principalmente los conglomerados urbanos. El crecimiento de las ciudades y las diferentes migraciones están originando un estrés significativo en la infraestructura de la ciudad. Las demandas de agua, energía, transporte, salud, educación y



Foto Georg Slickers [Own work] [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC-BY-SA-3.0-2.5-2.0-1.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)] via Wikimedia Commons [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:%3ABerlin-tempelhof\\_ufafabrik-photovoltaics\\_20071010\\_563.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:%3ABerlin-tempelhof_ufafabrik-photovoltaics_20071010_563.jpg)

◀ En la zona UfaFabrik, en Berlín (Alemania), funcionan sistemas de cogeneración y generación de energías renovables, entre ellas uno de los más grandes sistemas fotovoltaicos de la ciudad.

dares de calidad de vida que los ciudadanos esperan, al tiempo que se balancean los presupuestos e incorporan nuevas prácticas de trabajo basadas en las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC).

Los ejemplos que vemos de ciudades inteligentes, principalmente en la Unión Europea, han establecido sus políticas de desarrollo con base en el contexto actual de los cambios climáticos, el incremento en los costos de la energía, la seguridad en su suministro y el desarrollo integral urbano sostenible. Empresas de servicios públicos y reguladores requieren ofrecer nuevas opciones para la elección del consumidor, precios justos, energía limpia y mayor seguridad en el suministro. En particular en los temas de interés social, la incorporación de sistemas de precalentamiento de agua con energía solar, de generación fotovoltaica, de sistemas de iluminación eficientes, si bien pueden encarecer la inversión inicial, pueden reducir los costos del uso y operación de las viviendas. Los sistemas de medición prepago que han instalado diferentes empresas del país son un aporte a un mejor manejo del presupuesto de servicios públicos. Así las cosas, desde el punto de vista de las autoridades nacionales y municipales y de las compañías de servicios públicos, la administración avanzada de la energía en las ciudades es obligatoria.

seguridad se incrementan como resultado de este crecimiento, llevando a ampliaciones significativas de la infraestructura. Las economías de aglomeración hacen que sea más eficiente pensar en ampliaciones en las áreas ya pobladas que en aquellas con menores desarrollos de infraestructura. Esta tendencia hacia una mayor densificación obliga a pensar en esquemas de ciudad más amables y amigables con el ambiente, que ofrezcan los están-

**¿A qué tipo de consumidores impactará: residenciales, comerciales, industriales, transporte público y privado, etc.?**

La introducción de lo que se ha denominado equipamiento inteligente en los sistemas de potencia tendrá entonces incidencia sobre todos los usuarios de una red eléctrica, los residenciales y comerciales, los industriales y los usuarios del transporte. Sobre este particular, el desarrollo de tecnologías para la planeación y

operación de sistemas en tiempo real son aplicables a los sistemas de transporte público y privado. Lograr una concepción y operación más eficiente es de gran prioridad para Colombia. Y si, además, hablamos de sistemas de transporte eléctrico, la importancia de estos trabajos para el país es inmensa y evidente.

### ¿En qué consiste el proyecto Sílice?

Sílice es un nombre al azar de una iniciativa que ha ido tomando forma progresivamente durante los últimos cinco años. En ella participan diferentes grupos de investigación de varias universidades. Busca establecer un mapa de ruta y aportar los desarrollos tecnológicos esenciales para, inicialmente, incorporar las redes inteligentes en los sistemas de potencia; esto es, añadir los avances en los sistemas de monitoreo, control, telecomunicaciones y manejo de información en la operación de las redes eléctricas. Estas, a su vez, deben abrir paso a las nuevas tecnologías, a fuentes de generación y a opciones de participación de la demanda garantizando la confiabilidad y calidad del servicio.

**¿Por qué hacerlo?** Para la industria eléctrica se avecina un cambio técnico significativo. Hay que tener los elementos y la capacidad

técnica y humana para incorporarlo de la mejor manera posible. De otro lado, nuestro sistema eléctrico tiene características que lo hacen único y se nos abre una gran oportunidad de aportar, desde la academia y la ingeniería, a esta transformación.

En esta etapa, que durará dos años, los grupos de investigación involucrados son siete, de las universidades de los Andes, Nacional de Colombia sede Bogotá, Javeriana e Industrial de Santander. Tiene el apoyo permanente de Codensa, Emgesa y Colciencias. En una etapa se contó con el apoyo financiero a través del Sena.

En la tercera etapa del proyecto se realizará el diseño de ingeniería conceptual y básica de una microrred en un circuito de Codensa, que incluya, entre otras, aplicaciones de generación distribuida, almacenamiento de energía, respuesta de la demanda, eficiencia energética, medición avanzada y manejo de vehículos eléctricos con las herramientas tecnológicas de soporte como el planeamiento de la expansión y la operación del sistema de distribución, los esquemas de control de la generación y la carga, los sistemas de telecomunicaciones de soporte y de manejo de información y de datos. Igualmente se participará en la puesta en marcha de un sistema automatizado en un circuito rural de Codensa, proyecto que lidera esta entidad bajo el nombre de Orion.

► Sistema fotovoltaico cerca de Thüngen, Bavaria (Alemania). Genera 19 megavatios pico.



Foto OhWeh [trabajo propio] [CC-BY-SA-2.5 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5>)], vía Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ASolarparkTh%C3%BCngen-020.jpg>

- ▶ Granja de viento Brazos, también conocida como el Parque Eólico Green Mountain Energy, cerca de Fluvanna, Texas.



Foto Leaflet [trabajo propio] [dominio público], vía Wikimedia Commons [http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AGreenMountainWindFarm\\_Fluvanna\\_2004.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AGreenMountainWindFarm_Fluvanna_2004.jpg)

Como complemento de las investigaciones y como soporte de largo plazo, la Universidad diseñó un curso de Redes Inteligentes y Generación Distribuida para los estudiantes de maestría y de últimos semestres de pregrado de Los Andes. Un curso similar se dicta en la especialización de Sistemas de Transmisión y Distribución.

#### ¿Qué tipo de energías se estudiarán: tradicionales, alternativas?

La idea es que puedan participar todas las opciones que el usuario o el distribuidor consideren eficientes, las renovables, el gas natural. Obviamente, las presiones por disminuir los impactos negativos de la transformación y uso de energía sobre el ambiente han jalonado avances importantes en los sistemas renovables logrando disminuciones significativas de precios en las eólicas y algo en los sistemas fotovoltaicos. Si estos últimos se instalan desde la construcción de nuevas viviendas, se podría acelerar su penetración. ■

#### CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA: Energía



Ángela Cadena

**LOS GRUPOS:** Potencia y Energía, Informática y Automática para la Producción (GIAP), Electrónica y Sistemas de Telecomunicaciones (GEST) y Centro de Microelectrónica (CMUA).

**CONTACTO:** Ángela Cadena, ingeniera eléctrica, profesora asociada del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. [acadena@uniandes.edu.co](mailto:acadena@uniandes.edu.co)



## Regalías, investigación y formación de capital humano



Las decisiones tomadas en el 2011 por el Estado respecto al uso y distribución de las regalías derivadas de la explotación de recursos minerales son un reto y una oportunidad para el país y las universidades. Estos fondos ya se distribuyen solo entre regiones productoras; y el 10 % de los mismos se destinará a proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) que interesen a los entes territoriales.

Existen obvias críticas al nuevo esquema: la formulación de proyectos es compleja y ligada al ciclo político regional; la selección dependerá de negociaciones entre grupos de interés, más que de su calidad o impacto; y la gran debilidad institucional puede dar lugar a manejos inapropiados en algunos departamentos.

Sería muy sencillo descalificar el proceso y marginarse del mismo. Pero hay que entender el país donde vivimos. Colombia es pobre y no tiene tradiciones importantes en manufactura. El Estado colombiano no dispone de amplios fondos para investigación a la manera norteamericana o europea, y financia un número todavía limitado de estudiantes doctorales. Hay que movilizarse a las regiones, tanto para buscar fondos de investigación (cerca del 97 % de los fondos de regalías para CTI se asignan por fuera de Bogotá), como por la oportunidad de forjar vínculos de largo plazo con investigadores regionales, desarrollar líneas de investigación ancladas en la realidad y formar doctores.

Este año, un número promisorio de colegas de la Facultad y de la Universidad ha tomado el reto

de formular proyectos con aliados regionales, con entusiasmo y realismo. Los ya identificados —preinscritos o formulados totalmente—, incluyen temas como la gestión inteligente del tráfico en una ciudad intermedia, el desarrollo de “redes inteligentes” para el abastecimiento energético de lugares aislados y la gestión de redes existentes; el desarrollo de mejores productos de la caña de azúcar en zonas paneleras, la gestión comunitaria del agua en comunidades rurales, la mejora del sistema de salud de un departamento, el uso de alto valor agregado de fibras naturales, la gestión integral de cuencas hidrográficas y de acueductos municipales y el reciclaje de empaques.

Las propuestas de Los Andes se están formulando con aliados locales interesados en desarrollar capacidades de largo plazo; incorporan la formación de estudiantes doctorales y/o de maestría durante la investigación, con la intención de que se conviertan en profesores de las universidades regionales. El capital humano formado sustituirá en parte la debilidad institucional de las regiones y permitirá ampliar el rango de investigaciones aplicadas a la solución de problemas del país. La tasa de aprobación de los proyectos de regalías puede parecerse a la de los proyectos de capital de riesgo: aun si fuera baja, los colegas que los han formulado están aprendiendo el arte de obtener financiación en ambientes inciertos, con claras ventajas de largo plazo para la productividad individual, de la Facultad y de aporte para el país. ■

Juan Benavides

Vicedecano de Posgrado e Investigación

# David, un proyecto para investigar en animación y videojuegos

Profesores de Los Andes investigan y ejecutan acciones académicas y de promoción para madurar la industria. Cuentan con patrocinio de Colciencias, tienen apoyo de entidades oficiales y trabajan en asocio con cuatro empresas privadas.



**A**provechando el centenario de la muerte de Rafael Pombo, investigadores de la Universidad de los Andes firmaron un convenio con la Fundación que lleva el nombre del poeta bogotano y optaron por desarrollar un libro interactivo sobre *Simón el bobito*, que deberá concluirse a finales de este año y podría derivar en videojuego.

Este es apenas uno de los componentes de David, un ambicioso proyecto apoyado por Colciencias, en el que participan cuatro empresas privadas y cuatro grupos de investigación de Los Andes. Su propósito es impulsar el sector de la animación y los videojuegos en Colombia a través de varias líneas: mejorar procesos de producción, internacionalización, desarrollo de software libre y reproducción y animación.

Este plan estratégico, dirigido por el ingeniero de sistemas Pablo Figueroa, comenzó en enero pasado, durará tres años y medio y dispone de un presupuesto de 3.000 millones de pesos de Colciencias, 1.500 millones aportados por las empresas aliadas y 600 millones entregados en especie por la Universidad de los Andes.

El poema de Pombo hace parte de la línea de investigación en software libre, cuya finalidad es abaratar costos utilizando las herramientas conocidas para escoger las mejores y armar así una línea de producción. El libro está disponible en <http://juegos.virtual.uniandes.edu.co>

Pablo Figueroa, profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, resalta que este es un ejemplo de integración entre medios, pues se combinan animación, videojue-

gos, cortos animados, efectos especiales y publicidad. Cita el caso del corto *The Fantastic Flying Books of Mr. Morris Lessmore*, ganador del Oscar 2012 en su categoría, producido por la firma Moonbot Studios, que, con los mismos elementos, generó un libro interactivo. “Esa fue nuestra inspiración para trabajar con *Simón el bobito*. Nuestra calidad todavía no está a ese nivel, pero queremos algo de ese estilo”, destaca. Para él, el mercado de los libros interactivos es muy promisorio y pueden alcanzar buenos precios, pues, por ejemplo, en Apple Store se vende a 5 dólares, suma elevada para esa tienda, cuyos productos empiezan en 0,99 dólares.

Otra novedad de David es, entre muchas, la interfaz que usarán para la línea de animación: solo lápiz y papel, de modo que el investigador hace sus dibujos y estos se escanean para llevarlos al computador y generar la animación. La herramienta estará disponible a partir de diciembre en <http://papelylapiz.virtual.uniandes.edu.co>

Las compañías participantes en David son: Oruga Touching Dreams, Colombian Games, E-nnova y Quantica Music. Los grupos de investigación de la Universidad y los profesores a cargo son: Imagine (Computación Visual, Pablo Figueroa), PyLO (Producción y Logística, Gonzalo Mejía) y TICSw (Tecnologías de Información y Construcción de Software, Darío Correal), de la

Facultad de Ingeniería, y Lidie (del Centro de Investigación y Formación en Educación, CIFE, Ángela María Restrepo).

### El regreso de los juegos serios

En la década de los sesenta, cuando hizo su aparición la realidad virtual, sus objetivos eran serios, pues se centraban en aspectos militares o clínicos para el entrenamiento o el manejo de temores y de fobias, pero tras la crisis surgida en los noventa porque no alcanzaban los objetivos previstos, los videojuegos cambiaron el foco: los desarrolladores se centraron en crear ambientes con alto grado de realismo cuyo propósito es el entretenimiento.

“El sueño de realidad virtual que todo el mundo tenía en la cabeza era el del *holodeck* de *Viaje a las estrellas*, en el que la gente entraba a un cuarto que parecía real, se transportaba a otra época y sentía que la estaba palpando —dice el ingeniero Figueroa—. Pero se encontró que era mucho más difícil de crear y una buena parte abandonó el tema”. Fue, entonces, cuando los ingenieros de empresas como Sun Microsystems y AMD renunciaron y fundaron Nvidia, al percatarse de que las costosas tarjetas para los simuladores de la realidad virtual podían abarataarse y venderse a la gente que quería jugar. Hoy son líderes en el mercado en tarjetas gráficas para videojuegos.



En el colaboratorio Colivri se realizan proyectos de animación y videojuegos en los que participan estudiantes de Ingeniería y de Arte.



*Vampire Season* fue desarrollado por Brainz para el mercado internacional. La imagen corresponde al Bosque Encantado.

“Los objetivos militares y terapéuticos de la realidad virtual se fueron estrechando y el sector del entretenimiento empezó a crecer, pero ahora esa gran tecnología está creando de nuevo un espacio para los juegos serios, cuya finalidad no es divertir, sino proporcionar una experiencia pequeña de la realidad”, dice el ingeniero. Así hay juegos para discutir la hambruna en África, para entender el problema de la violencia en Afganistán o para que los niños autistas salgan un poco de su encierro y empiecen a interactuar.

En la Universidad de los Andes han incursionado en ese campo: hace un par de años, con Juan Sebastián Caballero, estudiante de la Maestría en Sistemas y Computación, crearon un pequeño simulador, que también es juego, de las experiencias de un conductor de TransMilenio. Por una parte, recrea situaciones extremas como cuando la gente cruza por donde quiere, pero el bus debe respetar el límite de velocidad y, al mismo tiempo, llegar rápido a la estación, sin importar si está lloviendo o si hay huecos en la vía. Por otra parte, simula estímulos internos: prender las luces, encender y apagar el parabrisas, o ver cómo se agota la gasolina. Aunque en la vida real no siempre esas situaciones ocurren, el propósito es que el jugador se

percate de todos los elementos que debe tener en cuenta ese chofer y comprenda que es importante no distraerlo.

El profesor, sin embargo, resalta que la industria colombiana de los videojuegos está en su infancia; muchos de los que se consumen en el país son producidos en el exterior o son piratas y no hay un ecosistema donde se comprendan los que se destacan localmente.

Entre las empresas colombianas está Brainz, firma que hace un par de años recibió un millón y medio de dólares de un inversionista de capital de riesgo para producir videojuegos (la compañía tiene otras dos divisiones, una de animación y otra de efectos especiales). En este momento ya tiene títulos disponibles en iTunes Store, el último de los cuales es *Vampire Season*, que, aunque desarrollado en el país, está pensado para el mercado del exterior y se ajusta a la tendencia de distribución y



*Buscaminas 3D controlado con la mano* es el juego interactivo diseñado por Nicolás Mendoza. Los controles usados se basan en gestos predefinidos hechos con la mano del usuario y para capturar esos movimientos mediante un guante se usa el sistema "PhaseSpace".

venta en línea, una ventaja para los consumidores de cualquier parte del mundo.

Otro ejemplo es el de Teravision Games, de un empresario venezolano que se radicó en Colombia y que durante varios años se especializó en desarrollar videojuegos de historias existentes para grandes compañías de entretenimiento. Así, entre otros, produjo *Wizards of Waverly Place*, inspirado en la serie de televisión del mismo nombre que emite Disney Channel, o la serie del dentista que transmite Nickelodeon. Recientemente se unió con la canadiense NDI y, además de continuar con la producción de pequeños juegos para historias conocidas, empiezan a generar sus propios videojuegos.

Un caso adicional es el de Efecto Estudios, compañía surgida tras la muerte de Inmersion Games, la primera empresa que trató de hacer juegos para consolas en el país, y que desarrolló *Lucha libre triple A*, basado en el estilo mexicano de ese deporte. Ahora, ya convertidos en la nueva empresa, persisten en el empeño y cuentan con financiación extranjera.

### Pasos para madurar la industria

Colombia está dando pasos para desarrollar la industria de los videojuegos y crear líneas de producción en ese ámbito, pero la tarea no es sencilla. Se trata de un sector donde solo una de cada 10 empresas es exitosa, mientras que las demás se mantienen entre el promedio o quiebran. Además, pueden transcurrir varios años antes de que uno de sus productos se convierta en fenómeno comercial.

Sacar adelante esta idea es uno de los objetivos del ingeniero Figueroa, quien no duda de que se están dando pasos para madurar la industria colombiana de videojuegos. Él centra sus investigaciones en la realidad virtual y la realidad aumentada. La primera es totalmente sintética y se ve en la pantalla de un computador, mientras que la aumentada es una extensión, en la que se mezclan informaciones generadas por computador con la que reciben los sentidos tradicionalmente; así, por ejemplo, si es la visión, tratan de mezclar la realidad visual con imágenes creadas en el computador y, si es la audición, producen sonidos tridimensionales.

El primer paso del profesor Figueroa fue crear, en asocio con cuatro empresarios, una filial de la International Game Developers Association (IGDA), en la que están registradas alrededor de 35 empresas, muchas creadas en los últimos tres años, de las cuales al menos 10 tienen productos de talla internacional. En ella participa también un representante de Proexport.

El paso siguiente ha consistido en aunar esfuerzos entre las empresas y con el Gobierno, en particular con Proexport y el

Ministerio de las TIC, para promover eventos como los foros ISIS, organizados por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de Los Andes, en los que invitados internacionales y nacionales discuten sobre temáticas como integración en videojuegos o animación. Los contenidos están disponibles en <http://sistemas.uniandes.edu.co/~foros/>

Un ingrediente adicional son las actividades académicas e investigativas en la Universidad. Entre las primeras, ofrecen cursos de pregrado en desarrollo de videojuegos y también de educación continuada en conjunto con las facultades de Diseño y de Música ([http://educacioncontinuada.uniandes.edu.co/index.php/es/nuestra-oferta/524\\_Curso-Introducción-a-la-programación-y-desarrollo-de-videojuegos/](http://educacioncontinuada.uniandes.edu.co/index.php/es/nuestra-oferta/524_Curso-Introducción-a-la-programación-y-desarrollo-de-videojuegos/)). También están diseñando un programa de estudios de posgrado en desarrollo de contenidos digitales. Y en investigación, las acciones se centran en David.

### Trabajos en realidad aumentada

Uno de los componentes de la realidad mixta es la realidad aumentada, tan de moda en los últimos meses, en la cual las imágenes reales se mezclan con información gráfica, de suerte que vayan creciendo los datos con respecto a lo que es el mundo.

La Universidad de los Andes no es ajena a esta tendencia: en el curso Ambientes interactivos 3D, algunos estudiantes han desarrollado proyectos que exploran esa tecnología, así como otros aspectos de la realidad virtual y la realidad mixta, aunque apenas están en sus comienzos. Tal es el caso de *My Closet Virtual*, mediante el cual la estudiante Tatiana Bautista busca una solución al problema cotidiano de escoger qué ropa ponerse sin necesidad de probarse cada prenda. El demo puede verse en [http://sistemas.uniandes.edu.co/ai3da1210/dokuwiki/doku.php?id=my\\_virtual\\_closet](http://sistemas.uniandes.edu.co/ai3da1210/dokuwiki/doku.php?id=my_virtual_closet)



#### EL GRUPO:

Imagine (Computación Visual).

#### CONTACTO:

Pablo Figueroa, ingeniero de Sistemas, PhD en Computer Science, de la Universidad de Alberta (Canadá), profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y director técnico de Colivri (Colaboratorio en Interacción, Visualización Robótica y Automática).

[pfiguero@uniandes.edu.co](mailto:pfiguero@uniandes.edu.co)

Información sobre el proyecto David en <http://sistemas.uniandes.edu.co/proyectodavid>



'iMove3D', una propuesta de interacción sobre objetos 3D usando un iPhone, es el proyecto del estudiante de maestría Luis Guillermo Ballesteros. Los gestos del usuario con sus dedos sobre la pantalla táctil y las rotaciones de su mano y muñeca se traducen en movimientos de un cubo en un escenario tridimensional. <http://sistemas.uniandes.edu.co/ai3da1210/dokuwiki/doku.php?id=imove3d>

Otro ejemplo es el de *Playstation Move as a 3D Input Device*, del estudiante Daniel Robledo, en el que desarrolla pequeñas aplicaciones muy precisas usando este dispositivo. El video promocional puede verse en <http://www.youtube.com/watch?v=pQ5tuCdH1pg>

Otra más es la investigación en que participó el profesor Figueroa con la empresa de telecomunicaciones Tigo, basada en Microsoft Kinect, cuyo objetivo es permitirle al usuario, mediante gestos, escoger el teléfono celular, ver su funcionalidad y optar por un plan específico. Ese proyecto está ahora en manos de un estudiante empresario que busca desarrollarlo.

El investigador Figueroa está convencido del auge que tendrá la realidad aumentada y prueba de ello es el proyecto de Google para lanzar en diciembre unas gafas de realidad aumentada (*Project Glass*) cuyo video puede verse en YouTube. También hay aplicaciones para los celulares inteligentes que, por ejemplo, al activarse muestran el mapa del metro de París y las estaciones más cercanas, con datos de su distancia.

No cabe duda, entonces, de las potencialidades de la realidad virtual y su extensión de realidad aumentada. Profundizar en ellas es un propósito liderado por los investigadores de la Universidad de los Andes. ■

# Soluciones de Ingeniería con comunidades vulnerables

Ingenieros sin Fronteras, un grupo de Ingeniería Industrial que trabaja en alianza con Uniminuto, parte de la idea de que los problemas del país necesitan propuestas multidisciplinarias. Este ha sido el motor para afianzar alianzas con universidades y con profesionales de distintas ramas del conocimiento.



► Los estudiantes de noveno grado, del Colegio Departamental El Carmen, sede El Carmen, participan en el programa de ahorro de agua impulsado por Ingenieros sin Fronteras.

Las fortalezas de dos universidades, Los Andes y la Corporación Universitaria Minuto de Dios, se juntaron para trabajar en Ingenieros sin Fronteras (ISF). “Hemos aprendido mucho de Los Andes, especialmente en lo que se refiere a las dinámicas de investigación —señala el ingeniero Juan Fernando Pacheco, rector de Uniminuto sede Cundinamarca y actual coordinador de ISF—. Sus profesores nos dan un gran ejemplo en cómo escribir y divulgar lo que

hacemos”. Por su parte, Uniminuto aporta su experiencia en el trabajo con comunidades y “sus buenas relaciones con organizaciones de base y autoridades municipales”.

Del grupo ISF, que realiza investigación aplicada con comunidades vulnerables, también hacen parte ingenieros ambientales, químicos, eléctricos, electrónicos, mecánicos y de sistemas, además de trabajadores sociales, economistas, psicólogos y antropólogos. Se cuenta además con participación de univer-

sidades como la Nacional, Unlbagué, Javeriana y Politécnico de Milán, con las que han intercambiado profesores y estudiantes.

El curso internacional de ISF congrega estudiantes de pregrado de Ingeniería. Profesores extranjeros son conferencistas del Seminario Internacional. Los interesados también pueden inscribirse en la Escuela de Verano de mitad del año.

La ingeniera industrial Catalina Ramírez, profesora del Departamento de Ingeniería Industrial y quien está a la cabeza del programa en Los Andes, se interesó en Ingenieros sin Fronteras porque desde la ingeniería puede realizar un trabajo de investigación aplicada con comunidades vulnerables y porque le preocupa establecer mediciones para el funcionamiento de proyectos con múltiples involucrados. Esto permite determinar cómo se mejoran las competencias de todos los que intervienen en un proyecto de impacto regional.

En busca de problemáticas para abordar desde la investigación aplicada, entre varias se escogió, por ser muy sensible, la de calidad del agua que se trabaja en Tolima, Meta y Cundinamarca. En la región de El Guavio (Cundinamarca), donde está concentrado el principal foco de acción de este grupo en Colombia, hay abundancia de agua pero el mal manejo podría generar escasez allí y en Bogotá, pues buena parte de la ciudad se abastece de sus recursos hídricos.

De acuerdo con la profesora, el objetivo es proponer soluciones integrales con comunidades vulnerables, en calidad, ahorro, energía y gestión del agua y en proyectos de emprendimiento con 'negocios verdes', principalmente de esa región. Trabajan de la mano con instituciones del Estado y con la gente involucrada de tal forma que las propuestas conjuntas sean viables técnicamente y obedezcan a una situación cultural específica. Así se asegura una influencia vital: según Catalina Ramírez si, por ejemplo, el proyecto de ahorro y calidad del agua que está en marcha en Guasca (Cundinamarca) tiene éxito, habría un impacto directo en cerca de 500 familias.

La actividad de ISF está apoyada en la investigación científica y en la aplicación de dos metodologías: *Participatory Action Reserch* (PAR), en la que intervienen la comunidad y una institución investigadora. Y "mediante la estructura OCDIO (observar, concebir, diseñar, implementar y operar), se busca que los estudiantes adquieran las herramientas necesarias para enfrentar de manera innovadora y flexible problemas complejos de la sociedad. Estas variables, junto con una fase de evaluación, constituyen cada una de las seis etapas para el desarrollo de los proyectos. Con esta dinámica, los estudiantes generan prototipos que resultan del análisis sistémico de los problemas, de la integración de los conocimientos adquiridos en la carrera, del trabajo en equipo y de la innovación".

Los universitarios comprometidos con el tema de gestión del agua lo trabajan con 200 estudiantes del Colegio Departamental El Carmen, sede El Carmen y sede El Salitre (Guasca), en los grados noveno, décimo y undécimo. Con base en Ushadidi,



▲ La ingeniera industrial Catalina Ramírez observa cómo una estudiante del Colegio Departamental El Carmen inserta en la plataforma de internet los datos de consumo de agua de su casa.

una plataforma empleada en mapeos que nació en Kenia en el 2008, los niños inscritos reportan datos de consumo de agua de los contadores de sus casas. Esta información, que durante la clase de computación se sube a la plataforma en la web, se usa para georreferenciar los problemas asociados con el uso del líquido y permite dar cuenta de otros eventos como inundaciones o desbordamientos de quebradas. La plataforma y el servidor son administrados por Inalambria, una empresa con vocación social que trabaja desde hace dos años con ISF. Los universitarios de Los Andes, por su parte, hacen las inducciones, lideran los grupos y generan técnicas cuantificables para lograr



◀ Estudiantes del pregrado de Ingeniería Industrial, que hacen parte de ISF, en seguimiento a las tareas de ahorro de agua que cumplen los niños de noveno grado.

una participación constante. Buscan, en conjunto, identificar los hábitos de consumo que más gasto generan —en el baño, en la cocina, en los cultivos—, y las razones de los desperdicios; cuando la causa es la falta de tecnologías les proponen las soluciones. De esta forma los jóvenes de los colegios impulsan los cambios culturales en sus hogares. Además de aprovechar internet o la comunicación por celular, se busca incentivar a los muchachos aplicando teorías del juego para que la transformación de sus comportamientos se convierta en nuevas formas de vida.

Por eso abordaron el caso de la quebrada El Asilo, afluente del río Bogotá, que corre en el límite entre La Calera y Guasca, afectada por contaminación de químicos empleados en los cultivos de papa y por falta de tecnologías para el manejo de aguas residuales pues en algunas casas campesinas no disponen de baños y los desechos humanos caen a la quebrada. El proyecto está en la etapa inicial de georreferenciación y la manera como ISF lo enfrentará será integral, siempre de la mano con la comunidad: capacitaciones, manejo de residuos y construcción de filtros en beneficio de unas 300 familias.

ISF también trabaja en Emprendimiento y Generación de Empresa, con negocios verdes, en los que participan mayormente estudiantes de la Maestría de Ingeniería Industrial de la Nacional. Con Uniminuto han diseñado propuestas que involucren el cuidado del medio ambiente, por medio de la siembra

de plantas nativas alrededor de cultivos por encima de los 3.100 m. s. n. m, con el fin de disminuir el impacto de la contaminación y la deforestación. Y desde hace un año, en alianza con Fernando Jiménez, de Ingeniería Eléctrica de Los Andes, y con profesores de Ingeniería del Politécnico de Milán, trabajan con una comunidad de Cumaral (Meta) para generar energía eléctrica aprovechando las caídas de agua.

De esta forma y gracias a la iniciativa de gente como la ingeniera industrial Catalina Ramírez, personas de distintas disciplinas aportan soluciones a problemáticas concretas del país. ■

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA:** Agua



**EL GRUPO:** Teso (Teoría de Sistemas de las Organizaciones)

**CONTACTO:** Catalina Ramírez, ingeniera industrial, doctora en Engineering Management and Economics del Politécnico de Milán, profesora asociada del Departamento de Ingeniería Industrial. [mariam@uniandes.edu.co](mailto:mariam@uniandes.edu.co)

# Propuestas para generar impacto regional

Invitados al IV Seminario Internacional de Ingenieros sin Fronteras indican cómo grupos interdisciplinarios pueden generar ideas de desarrollo para comunidades vulnerables.



◀ La ONG Un Techo para mi País también trabaja con comunidades vulnerables. La foto fue tomada en Haití.

Foto Santiagoekn [Own work] [Public domain], via Wikimedia Commons [http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATecho\\_House.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATecho_House.JPG)

**"S**i el trabajo del ingeniero es resolver problemas, donde hay pobreza y desigualdad es donde hay más problemas. Allí, los ingenieros deben ser protagonistas". Así lo sostiene el chileno Julián Ugarte, invitado al IV Seminario Internacional de Ingenieros sin Fronteras (ISF), organizado por la Universidad de los Andes y la Corporación Universitaria Minuto de Dios, que se llevó a cabo entre el 12 y el 14 de julio pasados, cuyo tema fue Ingeniería e Innovación Rural.

Él es diseñador industrial con estudios en Singularity University (Silicon Valley, Estados Unidos), emprendedor social, innovador

y profesional de la estrategia. Además, fundó el Centro de Innovación Un Techo para mi País, organización que brinda soluciones a población vulnerable en Latinoamérica. En entrevista con CONTACTO, Ugarte y otros invitados al seminario se refieren a la importancia del enfoque social en la práctica profesional para lograr un impacto en el desarrollo de comunidades vulnerables. Hablan con esta revista Beatriz Cintrón, de la Universidad Central de Las Villas (Cuba), docente e investigadora, con formación en Ingeniería Agrícola y énfasis en Sanidad Vegetal; Fernando Díaz-Barriga, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México), doctorado en Biología Celular del Centro de Investigación y Es-



◀ Parte de la labor de ISF es motivar a la comunidad con la que trabajan.

▲ En una visita de campo al Colegio Departamental El Carmen, sede El Carmen.

tudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de México, y Maximiliano Pérez, de Uruguay, coordinador para Latinoamérica de Un Techo para mi País.

La hipótesis de Ugarte es que América Latina necesita resolver sus propios desafíos de innovación, pues desde Japón o Inglaterra no van a solucionar nuestros problemas sino que provendrán del contexto del mundo subdesarrollado. Por esa razón el trabajo de ISF no toma como única referencia a los grandes inventores de Estados Unidos, Italia o Japón, sino que mira su entorno para resolver las dificultades propias. “El contacto con las comunidades permite ofrecer soluciones nuevas”, asegura. Catalina Ramírez, profesora del Departamento de Ingeniería Industrial y una de las organizadoras del seminario internacional, lo complementa al señalar que “hay potencialidades humanas, científicas y tecnológicas en nuestro país que pueden contribuir a su desarrollo y la Ingeniería es fundamental en ello”.

En ese sentido, asegura Ugarte, la mejor universidad no es exclusivamente la que publica más artículos en revistas de investigación sino la que solventa las temáticas más grandes: “No podemos poner los incentivos en cuántos artículos escribe un investigador o con cuántas empresas tiene alianzas, sino cuántos problemas remedia; y si son los más grandes, mejor. Es el trabajo que realiza ISF de manera local”. Díaz-Barriga complementa: “Los problemas más graves solo pueden ser resueltos por las mentes más brillantes”.

Por su parte, Beatriz Cintrón dice que el trabajo de los ingenieros debe facilitar procesos de transformación: “Usualmente llegamos a las comunidades con una solución, pero allí nos damos cuenta de que no se ha estudiado el problema”.

Así mismo, Maximiliano Pérez asegura que detrás de todo emprendimiento, de todo invento disruptivo, hay un sueño, y

también muchas frustraciones: “Hay que acercarse a los problemas con convicción y con un sueño y traspasar instituciones o las redes como ISF”.

Los participantes del seminario consideran un acierto que el componente de innovación con impacto regional se incluya en los currículos universitarios pues es allí donde se puede dar ese enfoque a la práctica profesional. Sin embargo, Fernando Díaz-Barriga, de México, señala que se debe lograr que más académicos se vinculen con las ONG, y que se les den valor, porque actualmente al investigador se le premia más por trabajar con el gobierno, con el industrial, con el empresario, que con el necesitado.

Para estos emprendedores, es el momento del cambio, de transformar una era de egoísmo en una de altruismo, y herramientas como internet y la creación colaborativa lo permiten. Para acelerar esa mutación “hay que compartirlo todo en la red”.

Como ejemplo de esa evolución, los dos involucrados con la ONG Techo —el expositor chileno y el uruguayo— hablan de un proyecto para darles internet gratis a todos los habitantes de Chile, en especial a los 4 millones de desfavorecidos de ese país, “con una plataforma abierta que podría impactar a 100 o a 1.000 millones de personas”. También cuentan que por la organización han pasado más de 400.000 jóvenes que hoy son profesionales en cargos importantes en distintas corporaciones y entidades en Latinoamérica y en ellos está ese enfoque social. Un Techo para mi País nació en Chile en 1997; entre el 2001 y el 2005 se expandió a algunos países, y desde el 2005 abarca toda Latinoamérica. “En Chile, en el Ministerio de Vivienda trabajan 27 personas que pasaron por nuestra ONG y ahora son asesores y funcionarios. Y aunque el sistema global está en contra y estamos en desventaja, si seguimos sumando, en algún momento esa pirámide se invertirá”. ■

# En caso de incendio, evite colapso estructural

Las estructuras optimizadas requieren un análisis detallado frente a una variable que hace 11 años no se consideraba en los cálculos: la temperatura. El experto peruano José Torero dictó un curso sobre este tema.

**E**l 11 de septiembre de 2001 partió en dos la historia de los Estados Unidos y la historia del terrorismo. Y cuando a las 9:59 y a las 10:28 de la mañana cayeron la torre sur y la norte del World Trade Center también hubo un antes y un después en la ingeniería de protección contra incendios. Según explica José Torero, exdirector del BRE Centre for Fire Safety Engineering y del Institute for Infrastructure and Environment (Edimburgo, Escocia), “durante 90 años se consideró que si los elementos estructurales se aislaban con una capa de protección suficiente para impedir que el fuego los calentara, un edificio siempre iba a estar protegido”. Ese día ingenieros estructurales y especialistas como él en el tema de incendios, vieron colapsar la teoría con los dos colosos.

Desde entonces, se ha desarrollado un intenso trabajo que derivó en la idea de que, en construcciones de altura, no solo se deben considerar la instalación de rociadores, el diseño y la señalización de las vías de evacuación, los sistemas de detección de humo, los materiales aislantes para las estructuras y la aplicación de códigos y normas. Después del derrumbe de las Torres Gemelas de Nueva York quedó claro que el ingeniero estructural es el principal responsable de la seguridad de las personas en caso de incendio. Antes del 2001, este profesional calculaba el edificio en frío y el arquitecto aplicaba mecanismos estandarizados: construcción alta, igual protección para tres horas de incendio. “Nadie del diseño o la construcción tenía responsabilidad en la seguridad contra incendios, sobre el comportamiento de la estructura en estos eventos, porque asumían que esta nunca se iba a calentar”, comenta el ingeniero mecánico José Torero que estuvo en la pasada Escuela de Verano dictando el curso Comportamiento de Estructuras en Caso de Incendio, invitado por el Departamento de Ingeniería Química. El interés del Departamento en el tema viene de la línea de investigación en manejo de riesgos que coordina el profesor Felipe Muñoz ([fmuñoz@uniandes.edu.co](mailto:fmuñoz@uniandes.edu.co)). El profesor Torero es Ph.D. y MSc. de la Universidad de Berkeley (Estados Unidos) y B.Sc. de la Pontificia Universidad Católica del Perú; fue director del BRE Centre for Fire Safety Engineering y del Institute for Infrastructure and Environment de la Universidad de Edimburgo (Escocia).

En el curso se establecieron los diferentes criterios que permiten cuantificar el posible crecimiento y desarrollo de un incen-



► Luego del incendio de las torres gemelas se estableció que la seguridad contra incendios depende del ingeniero estructural.

dio y los métodos simples de cálculo para definirlo de manera cuantitativa. Ello con el fin de entender la dinámica del fuego y establecer los modelos de incendio que se deben utilizar para el diseño de edificaciones. Igualmente, se abordó el tema de la transferencia de calor a una estructura y el papel de la protección pasiva así como las metodologías de cálculo para establecerla en diferentes elementos estructurales. Se estudió el comportamiento de estructuras a altas temperaturas y los conceptos fundamentales

El centro cultural de la televisión china, diseñado por Rem Koolhaas, se quemó antes de ser inaugurado.



Foto WING (Own work). Wikimedia Commons

que se deben incorporar en el cálculo estructural. También se desarrollaron talleres para analizar ejemplos que muestran las vulnerabilidades de métodos convencionales.

Después del colapso del World Trade Center de Nueva York quedó claro que, a la hora de diseñar un edificio complejo, la protección básica no es suficiente, de hecho tiene un papel secundario, y es imperativo analizar de manera detallada las estructuras optimizadas. “Durante el incendio yo mismo pensé: va a haber un enorme problema de humo, de gente atrapada en las escaleras, pero jamás pensé que se fueran a caer. Por el contrario, muchas veces se había demostrado que la protección a veces era innecesaria, porque era claro que la estructura iba a aguantar”.

¿Qué pasó y cómo transformó esta ciencia? El doctor Torero explica que el problema radicó en que era una estructura altamente optimizada: “Funcionaba de maravilla para viento, para carga mecánica, pero su diseño era tan particular que a temperaturas muy bajas empezaba a fallar, pues al optimizarla introdu-

jeron muchas vulnerabilidades a la estructura”. El gran problema en las Torres, explica, es que el centro era muy rígido y el piso muy ligero. Cuando el piso se calentó y se dilató, no podía moverse. En el esfuerzo de empujar las columnas, el piso se rompió, cayó y jaló las columnas hacia adentro; y comprimió el piso superior hacia abajo. En ese efecto dominó, cuando hubo 20 pisos rotos jalando las columnas hacia adentro, estas se pandearon y cayeron. “Ese tipo de interacciones, generadas por la temperatura, son las que el ingeniero estructural debe entender. Había un vacío de responsabilidad que se hizo evidente ese día. Hoy sabemos que así como se calcula la estructura para que soporte el viento, las cargas, los sismos, se debe calcular con una variable adicional: la temperatura, para saber cómo reaccionará en caso de incendio porque si los rociadores no funcionan, no se pueden bloquear las vías de evacuación ni caer el edificio. Con estos dos elementos bajo control, los demás mecanismos importantes en una estrategia de protección contra incendios serán de redundancia”.

Si bien toda la aproximación al diseño de la protección contra incendios ha ido cambiando desde aquel fatídico 11 de septiembre, según el experto sería muy raro que un edificio de 10 pisos sin un análisis estructural, se cayera como consecuencia de una conflagración: “El ingeniero hace siempre lo mismo, hay una fórmula que te da el mínimo costo y el máximo desempeño. En ese sentido el edificio hoy está más sobredimensionado, tenemos factores de seguridad por todos lados”. Pero al aumentar el número de pisos, las complejidades son mayores y las estructuras tienden a ser prototipos para las que no hay nada escrito. “Desde el punto de vista de un incendio, un edificio grande es aquel al cual el bombero tiene que entrar para combatirlo porque desde afuera no puede”. Y cuando el evento está en desarrollo, en un edificio alto o superalto, el trabajo y los tiempos de evacuación se complejizan por la cantidad de gente que se moviliza en las escaleras, por lo cual todas las previsiones son pocas para evitar que estas se vean comprometidas durante el siniestro.

Además de proteger la estructura es primordial evitar la propagación del fuego de un piso a otro. En este sentido, señala, los muros cortina —aquellos que se han puesto de moda para las fachadas continuas de vidrio— están siendo un problema porque emplean elementos de soporte que pueden ser débiles: si no se resuelven de manera adecuada, el sistema no funciona y hay propagación. “Es muy raro que el incendio se extienda de un piso a otro en un edificio moderno —asegura el profesor de la Universidad de Edimburgo—. Sin embargo esto sucedió en la Televisión Cultural China”. El edificio, parte de un complejo para la televisión diseñado por el famoso arquitecto holandés Rem Koolhaas, se quemó sin que se hubiera inaugurado, el 9 de febrero del 2009, como consecuencia de un alud de fuegos artificiales con que se celebraba la primera luna llena del año tradicional chino. Las uniones del enorme muro cortina que envolvía la construcción estaban mal diseñadas y por ahí falló todo el sistema, explica y añade que el problema ocurrió porque esta pieza fue comprada



▲ José Torero es profesor de la Universidad de Edimburgo (Escocia).



▲ Así quedó el edificio diseñando por Rem Koolhaas.

y diseñada en otra parte, y en su ensamblaje no se consideró que podría tener alguna vulnerabilidad desde el punto de vista de la estrategia de la protección contra incendios.

Esa importación de tecnologías es una de las preocupaciones de Torero con respecto a América Latina, pues asegura que muchos de los edificios de 30 pisos o más las están adaptando sin entender que funcionan de manera integral, de tal forma que adoptar unos de los mecanismos que las soportan y otros no porque son muy costosos, las desvirtúan completamente: “Importan de Estados Unidos, de Japón, de Europa, soluciones estructurales y las aplican sin guardar su coherencia, sin entender cómo interactúan en el conjunto. Les quitan o modifican partes para adaptarlas al clima, o al presupuesto, por ejemplo. Y crean cinco eslabones débiles en esa cuasirréplica construida en Lima, por ejemplo, de un edificio de 30 pisos de Nueva York. Allá funciona de maravilla; el de Lima lo hiciste inseguro. De esos riesgos no nos estamos dando cuenta”.

La única manera de combatir estas prácticas erróneas, y las pérdidas económicas y en vidas, es con educación. “Si no capacitamos a la gente para que se conviertan en profesionales competentes, no va haber quién pueda diferenciar una buena solución de una mala. El incendio es un evento raro pero si la estrategia de protección diseñada no funciona, cuando sucede, es terrible”. Y aunque asegura que los códigos contra incendios son prácticamente inexistentes, está convencido de que esas son herramientas que van de la mano del avance del conocimiento de los profesionales que deben aplicarlos: “El código solo funciona en manos de un ingeniero competente, que no se va a saltar las normas”, concluye. ■

# La calidad de la educación colombiana, una ventaja

El profesor Jean Paul Allain estuvo en Los Andes dictando un curso de la Escuela de Verano, enfocado en técnicas novedosas de fabricación y caracterización en nanotecnología. En esta entrevista habla, entre otros temas, sobre la importancia de la nanotecnología en el desarrollo del país.

50

La biodiversidad de nuestro territorio puede aprovecharse, por ejemplo, para la creación de nuevos materiales con la manipulación de propiedades en nanoescala. El mercado de materiales está en constante movimiento. Y para ingresar a él, debe haber disponibilidad de un recurso humano altamente capacitado que los desarrolle. El curso Superficies Avanzadas Nanoestructuradas con Aplicaciones en Nanofotónica, Catálisis, Nanoelectrónica y Biomateriales, orientado a brindar esa preparación, da acceso a los participantes a un conocimiento de punta. Fue dictado por Jean Paul Allain en la pasada Escuela de Verano bajo el auspicio del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y coordinado por la línea micro y nano del Centro de Microelectrónica (CMUA). El profesor Allain es Ingeniero Mecánico con Minor en Física de la Universidad Politécnica del Estado de California y Ph.D y MSc. en Ingeniería Nuclear del Departamento de Ingeniería Nuclear, Plasma y Radiológica de la Universidad de Illinois, Urbana-Champaign y es autor de más de 40 artículos sobre modelos experimentales y computacionales en el área de las interacciones de la superficie de la partícula. Es profesor de Ingeniería Nuclear y de Ingeniería de Materiales de la Universidad de Purdue. También es profesor asociado del Centro de Nanotecnología Birk en esa universidad.

En esta entrevista habla de las posibilidades que tiene la nanotecnología para influir en el desarrollo del país, del convenio de la Universidad de Purdue con el gobierno colombiano y de las ventajas de los estudiantes de Los Andes y de sus laboratorios.

El curso Superficies Avanzadas Nanoestructuradas, dictado por el doctor Jean Paul Allain, dio acceso a los participantes a conocimiento de punta.



**¿Cuáles son las principales aplicaciones del campo que usted investiga y cómo pueden servirle a un país como Colombia?**

El trabajo de mi grupo es en síntesis de materiales nanoestructurados con irradiación de baja energía. Es un método novedoso que les otorga a los materiales propiedades y funciones que no son posibles solo con procedimientos químicos y termodinámicos. Por ejemplo, en el caso de celdas solares con materiales baratos, nuestra tecnología puede sintetizar materiales híbridos de estos semiconductores con sistemas orgánicos. Por el lado de medicina regenerativa estamos trabajando en el uso de recubrimientos avanzados nanoestructurados y es el tema de una de nuestras colaboraciones con Uniandes y la profesora Alba Ávila.

**¿Puede incidir la nanotecnología en el desarrollo de un país como Colombia?**

Países con economías emergentes como Colombia siempre pueden tomar ventaja de mercados que crecen rápidamente. Los recursos naturales de un país que tiene la más alta biodiversidad por metro cuadrado del mundo pueden otorgar oportunidades en áreas de biotecnología y nanotecnología. Las posibilidades para nuevos materiales e interfaces que puedan ser biocompatibles crece con la manipulación de propiedades en escala nano. La combinación de materiales también existe con materiales nanoestructurados.

**¿Cuáles son los campos, en nanotecnología, que más se pueden desarrollar en un país como Colombia? ¿Le servirán al sector productivo?**

Los sectores con más promesa pueden ser áreas de biosensores, biomateriales, medicina regenerativa y materiales para energía, que incluyen biocombustibles y recubrimientos avanzados, un valor agregado de los materiales aprovechables del diverso medio de Colombia.

**¿Cómo fortalecer el recurso humano de un país como Colombia en el campo de la nanotecnología?**

El curso que dicté en la Universidad de los Andes es un ejemplo de cómo la Universidad de Purdue se ha asociado con la República de Colombia para fortalecer el recurso humano en el campo de nanotecnología. Hace casi dos años Purdue firmó un convenio con el Ministerio de Educación Nacional, Colciencias y Colfuturo, con la visión de mandar de 10 a 15 estudiantes de doctorado para formarlos en áreas de biotecnología y nanotecnología.

**¿Cuáles son las ventajas de los estudiantes de la Universidad de los Andes?**

En mi opinión la ventaja del colombiano es la calidad de su educación, cuando se entrena en el sistema privado de primaria. Al nivel universitario, Uniandes tiene muchos recursos comparada con otras universidades del país y obviamente esto la fortalece. En una semana de clases noté el alcance técnico en los estudiantes y este se relaciona con las oportunidades de investigación que les ofrecen en Los Andes.

**¿En el desarrollo de la investigación en nanotecnología, qué tan importantes es tener acceso a laboratorios como los de la Universidad de los Andes? ¿Cómo definiría estos espacios?**

El desarrollo de la investigación en nanotecnología tiene que estar alineado con buenos recursos técnicos. Intrínsecamente, la investigación en nanotecnología necesita sistemas avanzados, en particular para la caracterización y prueba de propiedades. Uniandes tiene muy buenos espacios para investigación en estas áreas, como la Sala Limpia, y buenos equipos como el Microscopio Electrónico de Barrido y el Microscopio de Fuerza Atómica.



▲ Estudiantes de pregrado, maestría y doctorado los departamentos de Ingeniería Química, Mecánica, Eléctrica, Electrónica que participaron en la Escuela de Verano del profesor Jean Paul Allain.

**¿Cuáles son los principales logros de la alianza Colombia-Purdue en cuanto a nanotecnología?**

Uno de los principales logros es ayudar a respaldar el primer centro de nanotecnología en el país, en un convenio con EPM y varias universidades de Medellín y de Colombia. Purdue está trabajando con el gobierno colombiano y más de 20 universidades para abrirles las puertas a la investigación y formación en áreas estratégicas que incluyen biotecnología y nanotecnología. El mayor número de colombianos egresados de universidades de Estados Unidos ha salido de la nuestra, especialmente en áreas técnicas. Hemos visitado este país más de 15 veces con más de 7 diferentes delegaciones que incluyeron a la presidenta France Cordova, en marzo del 2012. En la reunión de la presidenta Cordova con el Presidente Santos reiteramos nuestro compromiso con esta relación de tantos años.

Más información en: <http://engineering.purdue.edu/cpiasr>

**¿En qué consistió su curso y cómo sus enseñanzas pueden influir en el desarrollo?**

El curso estaba enfocado en el estudio de la síntesis, caracterización y análisis de materiales avanzados nanoestructurados. Estudiamos su aplicación en áreas de energía, biomedicina, nanoelectrónica y catálisis. También lo último en análisis *in-situ* y cómo se pueden medir propiedades que intrínsecamente están relacionadas con el tamaño de la nanoestructura en un material. Estos temas pueden llegar a ser muy útiles para la formación de científicos con interés en desarrollar materiales avanzados que tomen ventaja del tamaño en escala nano.

## Hacia la nanoelectrónica

**D**os pioneros e investigadores en electrónica, que visitaron la Universidad de los Andes, se refieren en estas entrevistas a sus investigaciones y a los actuales recursos y trabajos de la comunidad uniandina en nanotecnología.

Uno de ellos fue James Meindl, actual director del Georgia Tech Microelectronics Research Center (MiRC) y fundador del Interconnect Focus Center. El profesor Meindl lideró el desarrollo de los primeros circuitos integrados de baja potencia para aplicaciones portables militares en Estados Unidos. Por sus aportes le han otorgado reconocimientos como las Medallas de la American Association for Engineering Education Benjamin Garver Lamme Medal of the American, IEEE Education y los premios J.J.Ebbers de la sociedad del IEEE Electron Devices y del IEEE Solid State Circuits.

El otro es David B. Janes, profesor de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería de Computadores en la Universidad de Purdue (Estados Unidos) e investigador en el Centro de Nanotecnología Birck. El profesor Janes ha aportado conocimiento en la búsqueda de nuevas arquitecturas para dispositivos electrónicos a nano escala, su fabricación y caracterización.

### Doctor Meindl: ¿A qué temas de investigación se dedica en la actualidad?

El desarrollo económico más importante del último medio siglo es lo que llamamos la revolución informática, que nos ha dado el computador personal, el celular multimedia, las cámaras electrónicas, el internet y ahora la computación en nube. Es muy trascendental continuar con esta revolución. Y para ello, la mejor esperanza es usar nanotubos de carbono y hojas de grafeno. En los últimos 50 años la productividad de la tecnología de microchips de silicio ha crecido en un factor de un billón y, desde principios de los años 70, el desempeño ha aumentado en un millón de veces. Queremos que



▲ Profesores invitados al "3° Encuentro de micro y nanotecnología" del 2011. Entre ellos, James Meindl y David B. Janes.

la nanoelectrónica logre lo que la microelectrónica con silicio hizo en los últimos 50 años. Para ello tenemos el que parece un material muy prometedor, aunque no el único: es una hoja de átomos de carbono. Se llama grafeno, tiene el grosor de un átomo de grafito. Si lo logramos, podremos mejorar la calidad de vida de todo el mundo.

### ¿Cómo ve el quehacer de la Universidad de los Andes dentro y fuera de Colombia?

He estado involucrado en el montaje de tantos laboratorios de nanoelectrónica y microelectrónica y entiendo lo que significa comenzar. Pienso que tienen en la profesora Alba Ávila y sus colegas un equipo que está iniciando una actividad de investigación muy prometedora y es necesario apoyarles. Es inspirador ver su dedicación y cuánto quieren lograr usar la nanotecnología en una forma muy efectiva.

## Transistores ultraportables

**E**l profesor David B. Janes trabaja en el Centro de Nanotecnología Birck con ingenieros, científicos y gente de negocios desarrollando nuevos conceptos basados en nanotecnología aplicada, nanoelectrónica, óptica, biología, ciencias de la vida para llevarlas a su comercialización.

### ¿Qué aplicaciones tiene lo que investiga?

Mi trabajo involucra varios campos: estructuras avanzadas de transistores para, en el futuro, tener electrónica ultraportable. Por ejemplo fabricamos dispositivos que se pueden colocar en el panorámico del carro que dan, entre otras cosas, información sobre navegación. También trabajamos en biosensores, con el fin de entender cómo operan las células, estudiando las enfermedades, la interacción de sustancias químicas con las células y otros

proyectos relacionados con estos temas. Así mismo, investigamos energías alternativas, estudiando formas más eficientes de transformación de luz solar en electricidad.

### ¿Cómo ve la investigación en Los Andes?

Visitamos la sala de fabricación de la Universidad de los Andes. Yo estoy altamente impresionado. El equipo y la infraestructura serán muy útiles para el trabajo futuro. Este se fusionará muy apropiadamente con otros esfuerzos de otras instituciones en Colombia con centros que están surgiendo. Es impresionante lo que se está construyendo y desarrollando aquí. Está en el contexto de la creación de nuevos equipos, y generará interesantes resultados de investigación desde Colombia, lo cual impactará la visibilidad de la Universidad y sus grupos de investigación. ■

# Estructuras inteligentes, una forma ingeniosa de ahorrar

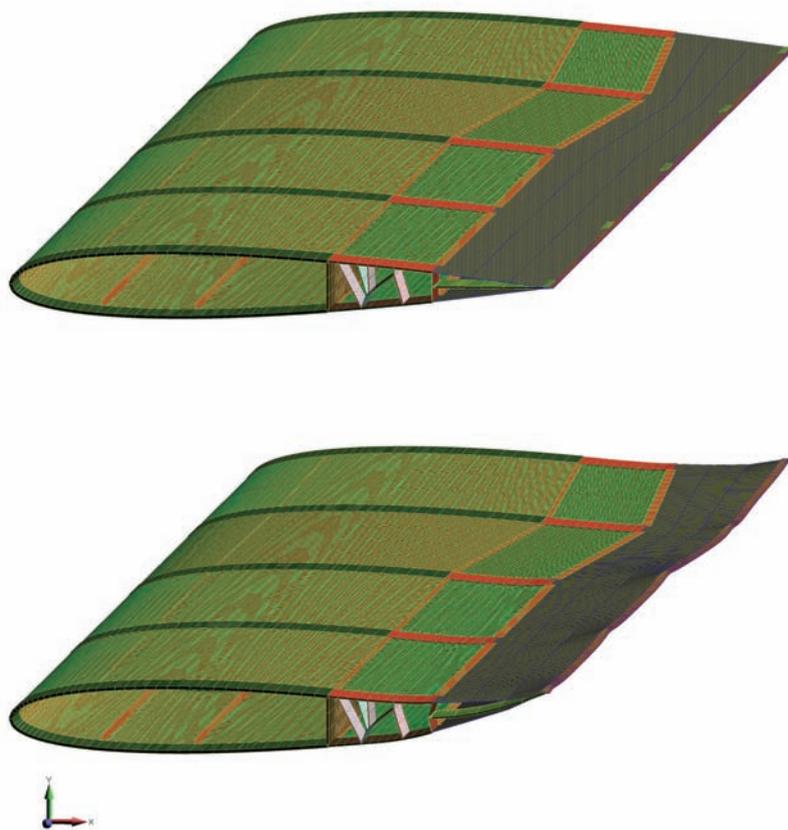
Aplicando esta tecnología pueden reducirse los costos de diseño y construcción de soluciones de Ingeniería. Los sectores eléctrico y de obras de infraestructura, los de mayor potencial en Colombia.

**T**eatros cuya forma se adapta para ajustar la acústica a las características del espectáculo, aviones cuyas alas cambian según la velocidad requerida en las maniobras, automóviles cuya suspensión reconoce las fuerzas que envía la carretera para minimizar el impacto de los baches y redes eléctricas o de acueducto que reciben y emiten información en tiempo real para acomodar la tensión o generar una alerta sobre posibles fallas.

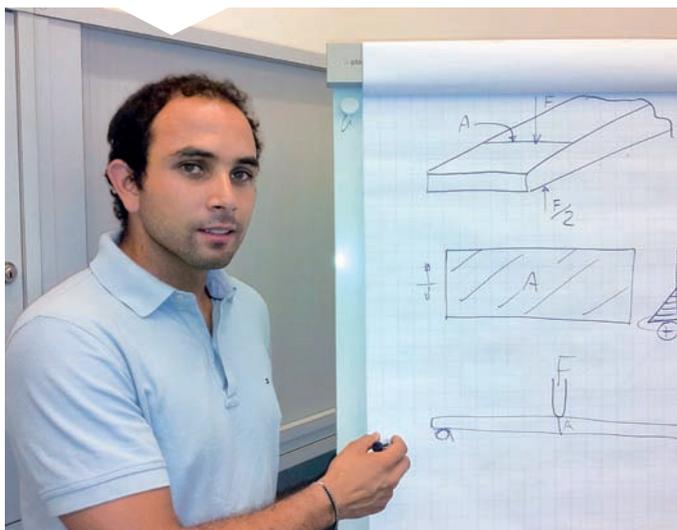
Estos son apenas unos ejemplos del inmenso potencial de las estructuras inteligentes, una tecnología heredada de la carrera espacial. En Colombia es un campo nuevo y fue el tema de uno de los cursos de la Escuela de Verano 2012 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Este se ofreció desde la Maestría en Ingeniería Mecánica entre el 4 y el 15 de junio y estuvo a cargo del ingeniero mecánico uniano Andrés Felipe Arrieta Díaz, investigador posdoctoral de la Universidad ETH, de Zurich (Suiza), doctor en Dinámica y Control de Estructuras Aeroespaciales Inteligentes de la Universidad de Bristol (Inglaterra).

La característica principal de las estructuras inteligentes es la capacidad de autoadaptarse a cambios para cumplir unos objetivos manteniendo óptimo rendimiento. La autoadaptación se obtiene utilizando componentes inteligentes que toman ventaja de interacciones entre dominios físicos como lo son el térmico, el eléctrico o el mecánico. Así, por ejemplo, hay materiales capaces de sentir un cambio en la temperatura tras lo cual adaptan su forma física, o de sentir un cambio en la fuerza y generar una corriente eléctrica. “Este acoplamiento entre dos dominios físicos permite explotar de manera más eficiente, inteligente e integrada la capacidad de autoadaptarse —explica el doctor Arrieta—. Queremos tener estructuras muy parecidas a las biológicas, donde todo está muy integrado, capaces de reaccionar ante cambios en la operación, el ambiente o los objetivos”. Para ello, se basan en sensores interconectados fabricados con materiales que cumplen varias funciones.

Para él, son múltiples las ventajas de esta tecnología. Tradicionalmente cuando se construye una máquina, los ingenieros establecen la probabilidad de falla en determinadas condiciones de operación utilizando modelos estadísticos, mientras que ahora pueden usar modelos determinísticos que funcionan con alertas tempranas enviadas por los sensores. Es decir, no hay necesidad de sobredimensionar las obras, lo cual redundaría en menor empleo



▲ Prototipo de un ala de un avión capaz de cambiar de forma (*morphing wing*), desarrollado por los investigadores del grupo de *morphing* del Centro para las Tecnologías de Estructuras (Centre for Structure Technologies) de la universidad ETH Zurich.



▲ El profesor Andrés Arrieta está comenzado a investigar con turbinas de viento, sin abandonar los estudios sobre vehículos y aviones no tripulados.

de materiales y, por ende, en reducción de costos de diseño, de construcción y de operación.

“El símil de la estructura inteligente llevada al extremo es un *transformer* porque puede cambiar de forma para ser un avión e ir muy rápido, o ser un humanoide e interactuar con los humanos, o volverse camión —dice el doctor Andrés Arrieta—. Esa es una manera de mostrar el grado de adaptación que queremos encontrar para las estructuras, que debe ser de muchos órdenes de magnitud mayores a lo que ahora existe”.

Precisa, además, que no todo lo que se adapta es una estructura inteligente. Basta pensar en el Concorde, que bajaba la nariz para que los pilotos vieran la pista en el aterrizaje, y la subía para evitar el rozamiento durante el vuelo y así avanzar a altas velocidades. Explica que la estructura de este avión dejaba discontinuidades, mientras que ahora los investigadores pretenden evitar esos espacios para que sean más eficientes aerodinámicamente.

### Obras de infraestructura y sector eléctrico, con gran potencial

El propósito del curso de Escuela de Verano era enseñar conceptos básicos de las estructuras inteligentes y motivar a los estudiantes a usarlas para diseñar soluciones a los problemas de la sociedad. En Colombia, dado que las nuevas leyes exigen a los contratistas mantener las obras que construyen, aspira a que los ingenieros empiecen a instrumentarlas, porque, si bien les cuesta más en un comienzo, dadas las ganancias en rendimiento, resultan más baratas en el tiempo.

“El símil de la estructura inteligente llevada al extremo es un *transformer* porque puede cambiar de forma para ser un avión e ir muy rápido, o ser un humanoide e interactuar con los humanos, o volverse camión”.

Un ejemplo de ahorro posible es el de puentes sometidos a fuertes ráfagas de viento que generan considerable interacción aerodinámica. Con esta tecnología, el peso de la estructura se reduce varias veces. “En estructuras grandes, lo que más vale son el diseño y el material y cuando uno salva 50 % del material, rebaja los costos en 20 % o 30 %”.

Para el doctor Arrieta, los sectores de mayor potencial de aplicación de esta tecnología en Colombia son el eléctrico y el de infraestructura de obras civiles. En el primero, este concepto podría usarse para montar redes inteligentes con contadores autosuficientes de doble vía conectados en tiempo real a una computadora central, lo que permitiría manejar los niveles de tensión según la demanda. Algo similar podría implementarse para los acueductos: mediante sensores que proporcionen información en tiempo real, sería factible detectar el lugar exacto de una fuga y se evitaría enviar a alguien a recopilar los datos, entre otras ventajas.

En obras civiles las aplicaciones son múltiples. Por ejemplo podría usarse en las losas de TransMilenio, que se rompen con frecuencia, para medir la causa del daño e identificar dónde se produce, a través de sensores autosuficientes por medio de la recuperación de energía de vibraciones causadas por el paso de los buses. De esa manera, es factible establecer modelos determinísticos de cuándo va a fallar una losa y se facilitaría acometer acciones preventivas o acelerar su reparación.

En este momento, los intereses del profesor Arrieta se centran en el concepto de *morphing*, es decir, en buscar que las partes que sostienen cargas en sistemas de ingeniería sean capaces de cambiar de forma para cumplir objetivos disímiles. Ahora, en Suiza, trabajará con turbinas de viento para que conviertan energía de manera mucho más eficiente, sin abandonar sus investigaciones para aviones y para vehículos aéreos no tripulados. “Al hacerse más grandes, esas turbinas se vuelven muy pesadas y los materiales tradicionales colapsan. Entonces hay que ser innovadores en el diseño, utilizar materiales inteligentes y técnicas para reducir las cargas, de manera que según las condiciones operacionales cambien de forma y se preserve la salud de la estructura”. ■

# “He aprendido más de mis estudiantes”

Como buen docente, el ingeniero mecánico Rafael Beltrán asegura que la experiencia junto a los alumnos le ha aportado más a él que a los jóvenes en formación.

Muchas cosas cambian en 40 años, en especial en una universidad tan de vanguardia en el país como Los Andes. Y ser testigo de esas transformaciones es el privilegio de Rafael Beltrán, ingeniero mecánico, actualmente profesor de cátedra, quien ha vivido distintas transiciones. Por ejemplo, él fue uno de los primeros en hacer todos sus semestres en la Facultad, y no le tocó el programa 3-2, llamado así porque se cursaban 3 años en Los Andes y 2 en Estados Unidos. También se benefició con la construcción de una planta física apropiada a una institución de primera línea, de una biblioteca supercompleta en temas de ingeniería, del acceso a bases de datos gracias a las cuales ya no es necesario esperar dos meses — después de haberlo pagado— a que un artículo científico llegue a sus manos para completar una investigación. Lo único que no ha cambiado en estos 40 años es su interés por la enseñanza.

Por eso no le cuesta aceptar que lo mejor de su paso por las aulas es su experiencia junto a los estudiantes. “A veces siento que ellos me han dado más a mí que yo ha ellos”, dice. Con esa naturalidad característica es como lo evoca el ingeniero José Rafael Toro Gómez, vicerrector de Asuntos Académicos de la Universidad: “En 1975 tomé el curso introductorio a la Mecánica de Fluidos. Sería el primero de otros en esta área y afines, como Transferencia de Calor, Maquinaria Térmica e Hidráulica, Mecánica Computacional y temas avanzados. En prácticamente todos ellos Rafael Beltrán estaba presente, ya sea como profesor en los cursos básicos — fue mi maestro en 1975 y muchas veces más—, como docente en la Maestría desde los años 70, como experimentador juicioso y perseverante, como analista, como programador, como ingeniero de terreno, como asesor en múltiples proyectos y tesis. Pocos maestros se han proyectado en tantas áreas y en todas lo ha hecho con tanto profesionalismo y rigor. No solo aprecio ese legado. También es maravilloso encontrar personas que son mucho más de lo que pretenden ser y Rafael es uno de los mejores ejemplos que conozco de esa sencillez virtuosa”.

Con algunos de sus egresados ha mantenido relaciones de años, a veces personales, pero sobre todo profesionales: “Me buscan para consultorías en sistemas de conversión de energías, en diseño de sistemas, por ejemplo de ventilación, de aire acondicio-



▲ Rafael Beltrán ha dejado huella entre sus estudiantes y en la Facultad de Ingeniería por ser un experimentador juicioso y perseverante.

nado, para hacer análisis de lo que llamamos edificios enfermos donde se presenta contaminación de un área a otra, demasiado calor o demasiado frío, o ausencias de trabajo por esas razones”.

Rafael Beltrán cursó una maestría en Ingeniería Mecánica y Aeroespacial en la Universidad de Delaware (Estados Unidos) y ha trabajado en termodinámica, transferencia de calor y conversión de energía. Producto de su trayectoria, sobre todo en el salón de clases, son los libros *Principios de mecánica de fluidos*, escrito en 1985, con una segunda edición de 2007; y *Conversión técnica de fluidos*, usado como guía en la Universidad porque, afirma, es muy difícil conseguir un texto sobre ese tema. Además, pronto publicará *Aire acondicionado y refrigeración*.

Cuando regresó de su maestría en Delaware, se vinculó con la Facultad de Ingeniería, medio tiempo en el Centro de Cómputo y el otro medio como docente. En esta labor no ha cesado hasta el día de hoy, como tampoco en su interés por la investigación: “El tema que me apasiona ahora es el de conversión de energía. Trabajo con Colciencias y una empresa holandesa que se llama Kema, con apoyo de una compañía del Perú, en eficiencia energética y fuentes no convencionales de energía”. Es que el profesor Beltrán es un convencido de que sin investigación es imposible hacerle aportes al país. ■



# Un uniandino con muchos vínculos

Todos sus socios estudiaron en la Facultad de Ingeniería; su hijo cursa Arquitectura en Los Andes y su esposa es egresada; él desarrolla con frecuencia proyectos e investigaciones con dos facultades y, entre seis y siete veces al año, regresa a su universidad.

**C**arlos Alfredo Vargas tiene una relación 1 a 1 con la Universidad de los Andes. Desde que se graduó de ingeniero civil en 1986, ha desarrollado proyectos con las facultades de Ingeniería y de Arquitectura en los que las dos partes ganan. Lo ha hecho como gerente de la Unidad Estratégica de Prodesa, una compañía dedicada al desarrollo de vivienda, primordialmente de interés social, y como Presidente del Consejo Directivo del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.

Esos lazos se han cimentado con el área de Construcciones del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, que coordinaba el profesor Diego Echeverry (q.d.e.p.) y que ahora dirige Hernando Vargas. Con ese apoyo, Prodesa ha propiciado una investigación para hacer más eficientes los procesos de construcción; con la Facultad de Arquitectura, la firma desarrolla desde hace diez años el proyecto HQI, para lograr diseños más eficientes, que atiendan mejor los requerimientos de los clientes. Y con recursos del Prosperity Fund de la Embajada Británica, la Universidad y el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, que preside este uniandino, llevan a cabo un estudio pionero con el fin de trazar una línea base para determinar el desempeño de las viviendas de interés social y definir estrategias que permitan reducir su huella de carbono.

Carlos Alfredo Vargas explica que el trabajo es “hombro a hombro: nosotros generamos la necesidad del estudio, la Universidad nos propone cómo hacerlo y en la medida en que se va elaborando, lo retroalimentamos. Así mismo, muchos estudiantes han desarrollado sus tesis con nosotros, en temas de interés para la Universidad y que generan valor a Prodesa. Hay un vínculo grande que ha sido muy beneficioso”.



▲ Carlos Alfredo Vargas recuerda especialmente al hoy profesor emérito Alberto Sarria, porque su curso, Hormigón II, era muy novedoso pues miraba con mayor detalle el efecto de los sismos en las construcciones.

Pese a ese vínculo, Carlos Alfredo Vargas no deja de sorprenderse de los cambios permanentes en Los Andes, en su enfoque académico, su planta física y en las facilidades que ofrece: “Vuelvo unas seis o siete veces al año y siempre quedo maravillado”. También destaca el vuelco que ha dado la Universidad: en los ochenta, cuando él era estudiante, sentía que los profesores rajaban más a los alumnos y aprender era más una obligación; ahora que su hijo estudia Arquitectura, ha comprobado que hay más colaboración y le interesa que a los estudiantes les guste aprender.

Hoy Carlos Alfredo Vargas tiene claro que la Universidad le enseñó a pensar, a saber enfrentar los problemas y a ser empresario. De hecho, él y tres egresados de Ingeniería Civil de Los Andes, que también fueron sus compañeros de colegio, fundaron Prodesa hace 21 años, empresa socia y fundadora del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Lo anima la convicción de ser más eficientes en los diseños y en el uso de los recursos, para que los proyectos que desarrollen afecten lo menos posible el medio ambiente, y que hay

que construir vivienda digna para las personas que carecen de ella.

En ese sentido, el ingeniero Carlos Alfredo Vargas destaca los esfuerzos de los constructores colombianos por desarrollar proyectos integrales, con urbanismos, dotaciones y sistemas de transporte adecuados, incluyentes, y por usar tecnologías avanzadas para disminuir los consumos, pero está consciente de las limitaciones que se enfrentan en la práctica. Entre ellas, está la ausencia de un sello verde local, que certifique que una construcción cumple con los principios de sostenibilidad, y que otorgue incentivos, no solo económicos, que compensen los mayores costos en los que se incurre al hacer vivienda sostenible. ■

# Así se obtuvo la acreditación ABET

Los coordinadores del proceso en cada Departamento de la Facultad de Ingeniería hablan de los pasos que dieron ante ABET y destacan que Los Andes ejerce liderazgo nacional en calidad.

Uno de los objetivos del plan de desarrollo de la Facultad de Ingeniería es la internacionalización de sus programas. Como parte del cumplimiento de este plan, la Facultad sometió ocho de sus pregrados al proceso de acreditación ABET. Esta organización estadounidense es referente mundial en cuanto a la calidad de la enseñanza universitaria en Ingeniería. Los Andes fue la primera universidad del país en presentar programas a ABET (1992), los cuales obtuvieron en su momento la equivalencia internacional.

En el segundo semestre del 2007, se reunió un comité integrado por el vicedecano de Pregrado, Rafael Gómez, y los directores de los seis departamentos y ocho programas de Ingeniería existentes en el momento: Civil, Ambiental, Mecánica, Química, Industrial, Sistemas y Computación, Eléctrica y Electrónica, que a la postre fueron acreditados. Cada Departamento designó uno o varios coordinadores, así: Civil y Ambiental: Fernando Ramírez; Mecánica: Carlos F. Rodríguez; Eléctrica y Electrónica: Juan Carlos Bohórquez; Sistemas y Computación: Rodrigo Cardozo y Francisco Rueda; Química: Felipe Muñoz y Watson L. Vargas; e Industrial: Luis Pinzón. Los profesores Silvia Caro, Juan Pablo Ramos y Nubia Velasco apoyaron el proceso en sus departamentos en una etapa posterior.

A partir del 2008 y durante tres años y medio prepararon el terreno. El reto era interesante pues ABET había cambiado el paradigma: en lugar de describir cómo se enseña, ahora es necesario demostrar el cumplimiento de logros en los estudiantes y los egresados. Así, con base en el perfil y las competencias que se quieren desarrollar en los ingenieros de Los Andes, se diseñó un proceso de mejoramiento continuo que incluye la medición del logro de estas competencias y el seguimiento de los graduados. Esto implicó trabajar en cada Departamento y establecer un factor común en la Facultad, para que fuera consistente en todos los programas. También fue necesario comprometer a los profesores para que cada uno identificara las metas de sus cursos y para que, al final del semestre, entregara un reporte acerca del alcance de las mismas. Un sistema de calidad de estas características permite identificar oportunidades de mejoramiento y replicar experiencias exitosas.

En junio de 2011, cada Departamento envió a ABET un reporte de autoevaluación y tres meses después, en septiembre, recibieron la visita de los pares internacionales. En agosto pasado, se oficializó la acreditación. Este reconocimiento facilita la movilidad internacional a los estudiantes y egresados de Ingeniería, y permite a la Facultad focalizar sus programas a través de la mirada y el aval de un externo, pues la internacionalización es obligada en un mundo cada vez más globalizado. ■



▲ Rafael Gómez lideró la acreditación como vicedecano de pregrado en ese momento.



► Coordinadores del proceso de acreditación ABET. De izquierda a derecha: Roberto Bustamante, Fernando Ramírez, Rodrigo Cardozo, Silvia Caro, Juan Pablo Ramos, Watson L. Vargas y Felipe Muñoz.

# Aporte ingenieril para combatir la roya



Estar entre los mejores 60 proyectos de Biología Sintética en el mundo y entre los mejores 20 de América en el concurso iGEM (*International Genetic Engineering Machines*), convocado por la prestigiosa universidad MIT de Estados Unidos, es un logro de un equipo multidisciplinario de la Universidad de los Andes, en el que, en ese momento, participaban cuatro ingenieros. En la competencia también obtuvieron una medalla de bronce que certifica que su proyecto cumple suficientes requisitos para situarse en una de tres categorías establecidas; oro, plata y bronce. Para llegar a ese nivel, además del aporte científico, se valoró la



▲ Andrés Felipe Simbaqueba.

divulgación en la comunidad: se reunieron con cerca de mil escolares de colegios públicos del Distrito a quienes les mostraron por qué las bacterias no siempre son malas y sí pueden aportar al desarrollo del país.

El proyecto reconocido por MIT desarrolló una bacteria capaz de identificar, atacar y alertar la presencia del hongo de la roya en un cafeto, pero su diseño permitirá en el futuro actuar en otro tipo de plantas. En las pruebas usan como base la bacteria *E. coli*. La investigación comenzó en mayo del 2011 y tiene apoyo de la Federación Nacional de Cafeteros. En ella participan físicos, biólogos, matemáticos, microbiólogos e ingenieros.



- ◀ El equipo desarrolló una bacteria capaz de identificar, atacar y alertar la presencia del hongo de la roya en un cafeto.
- ▲ Juan David Olarte y Gabriel Martínez.

El equipo se conformó con estudiantes del curso de Biología de Sistemas del profesor Juan Manuel Pedraza, graduado en MIT y líder de la investigación. Con él trabajan Silvia Restrepo, directora del Departamento de Ciencias Biológicas, y Adriana Bernal, integrante del mismo Departamento, quienes están al frente del Laboratorio de Micología y Fitopatología de Los Andes (Lamfu).

Por la Facultad de Ingeniería, desde el comienzo se vincularon el estudiante de ingeniería biomédica y microbiólogo Gabriel Martínez Galvez y los ingenieros químicos Andrés Felipe Simbaqueba (estudiante de maestría en esa disciplina), Juan David Olarte Plazas (también físico) y Silvia Cañas Duarte (además microbióloga y estudiante de maestría en Ciencias Biológicas, área Microbiología).

Este año, el equipo avanza en probar que la bacteria es inocua y funciona y, sobre todo, en franquear la barreras legales que supone liberar organismos genéticamente modificados en el campo colombiano, lo que les abriría el camino para salir del laboratorio y empezar a trabajar en los cafetales.

Un video sobre este proyecto puede verse en: <http://www.uniandes.edu.co/component/content/article/537-una-bacteria-heroe-de-los-cafetales>

# Tesis doctorales

## Optimal Placement of Distributed Generation and Economic Impacts on the Electrical System

**Autor:** Camilo Tautiva Mancera

**Director tesis Uniandes:** Ángela I. Cadena

**Codirector externo:** Kwok L. Lo, Department of Electronic and Electrical Engineering, University of Strathclyde, Scotland, UK.

La tesis se centra en dos temas: Desarrollo de una metodología de ubicación óptima de Generación Distribuida (GD) en sistemas de distribución de energía eléctrica, y análisis del impacto económico de su implementación en el sistema eléctrico. La distribución está relacionada con el uso de pequeñas unidades de generación de energía eléctrica (renovables o convencionales) instaladas en puntos estratégicos del sistema de potencia cercanos a los centros de carga, y que se pueden utilizar de forma aislada, supliendo la demanda local de los consumidores, o en forma integrada, entregando energía al resto del sistema eléctrico. Esta metodología tiene en cuenta aspectos técnicos como pérdidas en la red, niveles de voltaje y confiabilidad, y aspectos económicos como remuneración de la red, inversiones en expansión y costos de la GD. Adicionalmente, se evaluaron y valoraron los impactos de la implementación de GD en las redes de transmisión.

## QoS-CARE: A Reliable System for Preserving QoS Contracts through Dynamic Reconfiguration

**Autor:** Gabriel Tamura

**Director tesis Uniandes:** Rubby Casallas

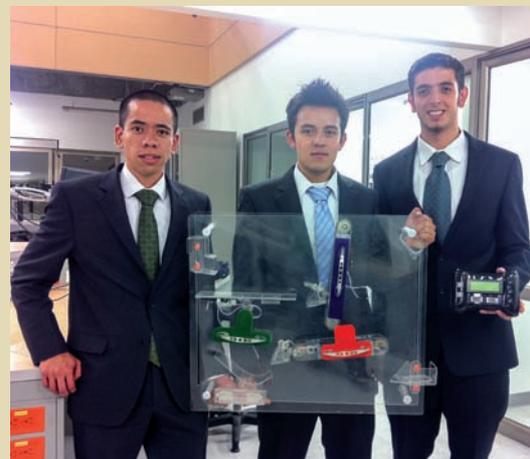
**Codirector externo:** Laurence Duchien, Universidad de Lille 1, Francia

Los servicios ubicuos de software invaden cada vez más las actividades diarias, a la vez que se incrementa continuamente la demanda de capacidades altamente dinámicas de los servicios de software. Por ello se requieren teorías, modelos y mecanismos de autoadaptación más confiables, extensibles y reutilizables, de modo que se incorporen como elementos comunes en el diseño de la ingeniería de software. Para resolver estos retos se desarrolló e implementó un modelo formal para preservar contratos de calidad de servicios (QoS por sus iniciales en inglés) en aplicaciones de software basadas en componentes, garantizando propiedades de adaptación dinámica. La tesis provee una estrategia de solución comprensiva, que va desde un fundamento formal hasta una evaluación teórica y experimental. También identifica y define un conjunto de propiedades inherentes a los sistemas de software autoadaptables al contexto en tiempo de ejecución, con las que es posible evaluar y comparar esta clase de sistemas de software.



## Proyecto de Innovación ThinkGo

Con el dispositivo ThinkGo, diseñado para ayudar a los estudiantes de primaria a reforzar su aprendizaje en las aulas, Orlando Peralta, Manuel Rozo y Juan Camilo Romero, estudiantes de Ingeniería Electrónica, representan a Colombia como finalistas en el Desafío Intel Latinoamérica que se realiza en Silicon Valley (Estados Unidos). En esta competencia, el grupo colombiano accede a capacitaciones, tutorías y asesorías de emprendimiento y compete con otros cinco equipos de Argentina, México, Chile y Costa Rica, en busca de clasificar a la final global que se realizará en la Universidad de Berkeley en noviembre próximo. El equipo fue seleccionado por un jurado internacional entre 280 participantes de América Latina. ThinkGo se enfoca en una novedosa área del aprendizaje conocida como STEM por sus siglas en inglés: *Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Hizo parte del curso Taller Control del profesor Fernando Jiménez el primer semestre de este año y fue válido como proyecto de grado.



▲ El equipo creador del dispositivo ThinkGo.

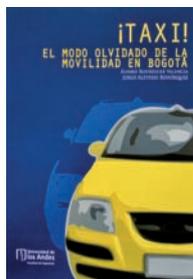
## Los que pasaron

### Exhaustiva investigación sobre taxis bogotanos

Este modo de transporte ha sido subvalorado y, por ende, hay pocos estudios sobre el tema. Dos profesores de la Facultad de Ingeniería analizaron exhaustivamente el tema y su impacto en la ciudad.

¡Taxi!: El modo olvidado de la movilidad en Bogotá es el libro que recoge los resultados de una investigación de los ingenieros de la Universidad de los Andes Álvaro Rodríguez (Civil y Ambiental) y Jorge Acevedo (Industrial) según la cual la sobreoferta de estos vehículos agrava los problemas de movilidad, contaminación y accidentalidad.

Según los autores, integrantes del grupo de investigación SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional), este modo de transporte es fundamental, pero ha sido subvalorado e incluso desdeñado en los estudios, razón por la cual su trabajo es un



El libro es la más exhaustiva investigación que se haya hecho en la ciudad sobre este medio de transporte.

elemento indispensable para los investigadores.

El libro fue presentado el pasado 13 de agosto en un coloquio que tuvo como participante central a Daniel Sperling, director del Institute of Transportation Studies sobre transporte sostenible, y profesor de Civil Engineering and Environmental Science and Policy de University of California, Davis. En el documento se estudia en detalle la normatividad del sistema, se caracterizan los taxistas y sus vehículos, se analiza su incidencia en la contaminación, se evalúan aspectos financieros del negocio y se hacen recomendaciones.

#### Algunos datos relevantes son:

##### Los taxis:

- Circulan cerca de 53.000, casi 40.000 más de los que debería tener Bogotá en relación con su tamaño.
- En comparación con TransMilenio, recaudan más del doble de ingresos mensuales, recorren 37 veces más kilómetros cada día, emiten seis veces más toneladas diarias de CO<sup>2</sup> (aportan el 15 % de emisiones del total de vehículos) y están involucrados en 30 veces más accidentes por año.
- Ocupan el 32 % de la red vial bogotana, pero solo efectúan el 5 % de los viajes motorizados. En contraste, los vehículos privados realizan el 20 % de los viajes y ocupan el 42 % de la infraestructura.

#### Los taxistas:

- Su edad promedio es 32 años.
- Trabajan unos 9 años como conductores.
- Conducen alrededor de 13 horas diarias.
- 90 % de los taxistas son de estratos 2 y 3.
- Menos del 1 % son mujeres.
- Sus ingresos mensuales son entre 800.000 y 2.000.000 de pesos.

#### 6° Foro de Cloud Computing: Empresariado en Cloud Computing

Aspectos como las condiciones, ventajas y oportunidades de desarrollo que brindan las TIC basadas en modelos de computación en la nube fueron el eje del 6° Foro de Cloud Computing: Empresariado en Cloud Computing, que se realizó el pasado 30 de mayo en Uniandes. El encuentro fue organizado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, con el apoyo de Acopi (Asociación Colombiana de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas) y el Sena. Durante el foro se dieron a conocer las propuestas seleccionadas como parte del 1er. Concurso Nacional de Soluciones Basadas en Cloud Computing, que incluyó la presentación de productos y servicios, así como alcances y modelos de negocio en la nube. Memorias de este foro disponibles en: <http://sistemas.uniandes.edu.co/~foros/cloud-computing/emprendimiento>



Aspecto general del 6° Foro ISIS sobre el tema.

## Los que vienen

### Seminario Internacional de Investigación en Seguridad Vial



Respetar las señales de tránsito es uno de los factores que contribuyen a mejorar la seguridad vial.

El 19 y el 20 de noviembre, en el Auditorio ML A de la Facultad de Ingeniería, tendrá lugar este encuentro organizado por las universidades de los Andes, Nacional y del Norte, el Ministerio de Transporte, el Fondo de Prevención Vial, la Corporación Andina de Fomento (CAF) y Embarq. El tema se enmarca dentro de las líneas de investigación del Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR) y será abordado con un enfoque multidisciplinario que incluye análisis de políticas públicas, comportamientos de usuarios en la vía, causalidades y aspectos psicológicos y de ingeniería.

Los invitados son: Andrew Tarko, professor of Civil Engineering and Director of Center for Road Safety (CRS) Purdue University, West Lafayette, Indiana (Estados Unidos); Bhagwant N. Persaud, Civil engineering, Ryerson University (Canadá); Joel Yerpez, Laboratorio Thierry Brenac – IFSTTAR (Francia); Francisco Alonso Pla, secretario y delegado para temas internacionales del Instituto de Investigación en Tráfico y Seguridad Vial (Intras) de la Universidad de Valencia (España); Pablo Pérez de Villar Cruz, Ministerio de Fomento, Madrid (España); Darío Hidalgo, PhD, director de Investigación y Práctica de Embarq (Centro de Transporte Sostenible del Instituto de Recursos Mundiales), con sede en Washington, D. C., y Juan Carlos Dextre, profesor asociado del Departamento de Ingeniería, coordinador de Ingeniería Civil, coordinador del Área de Transporte y editor del Boletín de Seguridad Vial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

**Mayor información:** Juan Pablo Bocarejo Suescún: [jbocarej@uniandes.edu.co](mailto:jbocarej@uniandes.edu.co), director del CIE en Movilidad Sostenible, teléfono: 1-3394949 ext. 1729. Nathaly Milena Torregroza Vargas: [nm.torregroza91@uniandes.edu.co](mailto:nm.torregroza91@uniandes.edu.co), teléfono: 1-3394949 ext. 1794.

### 'Open day' posgrados 2012

El 29 de noviembre a partir de las 5:00 p. m., directores de departamento y docentes de la Universidad harán presentaciones informativas y resolverán dudas sobre los programas de posgrado: especialización, maestría y doctorado. Los interesados podrán asistir a una o dos charlas y visitar los stands de cada facultad y/o unidad académica para recibir información y material promocional. Las conferencias están programadas a las 6:00 p. m., con repetición a las 7:15 p. m.

Entrada libre - cupo limitado – previa Inscripción

**Informes e inscripciones en:** [infoposgrados@uniandes.edu.co](mailto:infoposgrados@uniandes.edu.co)

### Próximos Foros ISIS

El Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación programó los siguientes Foros ISIS para lo que resta del año:

Nombre del foro	Fecha
1er. foro de TI para gobierno: cloud computing y arquitectura empresarial para gobierno	11 de octubre
1er. foro de contratación de desarrollo de software: principales preguntas	2 de noviembre
1er. foro de líneas de producto: líneas de producto en la industria de desarrollo de software	16 de noviembre
1er. foro de seguridad: el impacto de la seguridad de la información en las organizaciones	30 de noviembre
3er. foro de computación móvil: emprendimiento en computación móvil	6 de diciembre

**Contacto:** María Isabel Rodríguez, [mi.rodriguez21@uniandes.edu.co](mailto:mi.rodriguez21@uniandes.edu.co)

**Sitio web:** <http://sistemas.uniandes.edu.co/~foros>

### Fondo Talento Digital

Como parte de la estrategia para formar capital humano en el uso de Tecnologías de Información (TI) y el desarrollo de la competitividad, la investigación y la innovación en el sector, el Gobierno lanzó la convocatoria Talento Digital. Esta hace parte del Plan Vive Digital y del Programa Nacional de Gobierno en Línea del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC). Busca incentivar programas técnicos, tecnológicos, universitarios y de

maestría, en Colombia o en el exterior, en desarrollo de software y aplicaciones informáticas. El Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación se une a esta iniciativa desde su programa de pregrado y las maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación y en Arquitecturas de Tecnologías de Información. Contacto: María Fernanda Ortega, [mf.ortega36@uniandes.edu.co](mailto:mf.ortega36@uniandes.edu.co) Sitios web: <http://sistemas.uniandes.edu.co/main/programas> <http://www.icetex.gov.co>



## Oportunidades perdidas para cualificar la ciudad construida

**D**urante gran parte del siglo XX las reflexiones estuvieron encaminadas hacia la construcción de la “nueva ciudad”, es decir, el crecimiento urbano. Los actuales fenómenos y los debates recientes muestran la importancia dada a los procesos de transformación de las áreas consolidadas, especialmente en los centros históricos y en áreas obsoletas.

La crisis cultural, económica y urbana de los años setenta condujo, como lo explica Bernardo Secchi<sup>1</sup>, a un cambio en el discurso sobre lo existente. Se aceptó desde entonces que la ciudad ya estaba hecha y, por tanto, el reto estaba en afrontar la reconstrucción y la reutilización de aquello que ya se había edificado, especialmente lo que sostenía bajos estándares de calidad. “(...) *El espacio dentro del cual viviremos los próximos decenios ya está en gran parte construido*”, anunciaba Secchi, al tiempo que sugería un potencial crecimiento de las ciudades desde “adentro”, un *crecimiento interior*<sup>2</sup>. Esta idea se entiende como la posibilidad de transformación a partir de la energía que se origina en ellas, que proviene de comprender y utilizar sus propios materiales físicos y sociales, lo cual genera una cohesión interna que desata un cambio hacia adelante, hacia la mejora en todos sus ámbitos<sup>3</sup>. Así las cosas, hoy interesa la metamorfosis urbana desde una visión integral, en búsqueda siempre de una mejora de las condiciones del hábitat.

En Bogotá hemos conocido una forma de transformar lo existente que hace *tabula rasa*, en lugar de apostar por un *crecimiento interior*. Esta renovación arrasadora es también

aquella que desde lo social rompe los lazos que el barrio establece entre los habitantes, quienes, a su vez son realojados, por fuera de su perímetro, y favorece la gentrificación; desde lo económico, esa práctica permite beneficios importantes para los operadores privados sin que la urbe y sus habitantes se vean compensados en lo público de alguna manera; desde la forma urbana, promueve nuevos trazados que se oponen a las características del entorno edificado, con lo cual crean desarticulaciones y discontinuidades poco favorables a la generación de urbanidad.

Uno de los retos actuales de la ciudad es aprovechar oportunidades de *crecimiento interior*: de articulación urbana, de generación de espacios con movilidades compartidas, de revitalización de sectores deteriorados; oportunidades que se han perdido hasta ahora, especialmente en la construcción de las vías troncales del sistema *Bus Rapid Transit* BRT TransMilenio. Hasta el momento, lo que se evidencia son los efectos negativos en el espacio público y en el borde edificado como consecuencia de las intervenciones realizadas, nocivos igualmente para el aumento (o al menos el mantenimiento) de la urbanidad potencial de estos lugares de intensa movilidad. En definitiva, se ha perdido la oportunidad de articulación entre BRT y espacio público como proyecto integral de ciudad. La dimensión y alcance de un sistema como TransMilenio representa una oportunidad que, además de la mejora de la movilidad, tiene un impacto fundamental para la generación efectiva de procesos de recuperación y reactivación que hasta ahora no ha sido aprovechada. ■

**Isabel Arteaga Arredondo**

Arquitecta / PhD en Urbanismo

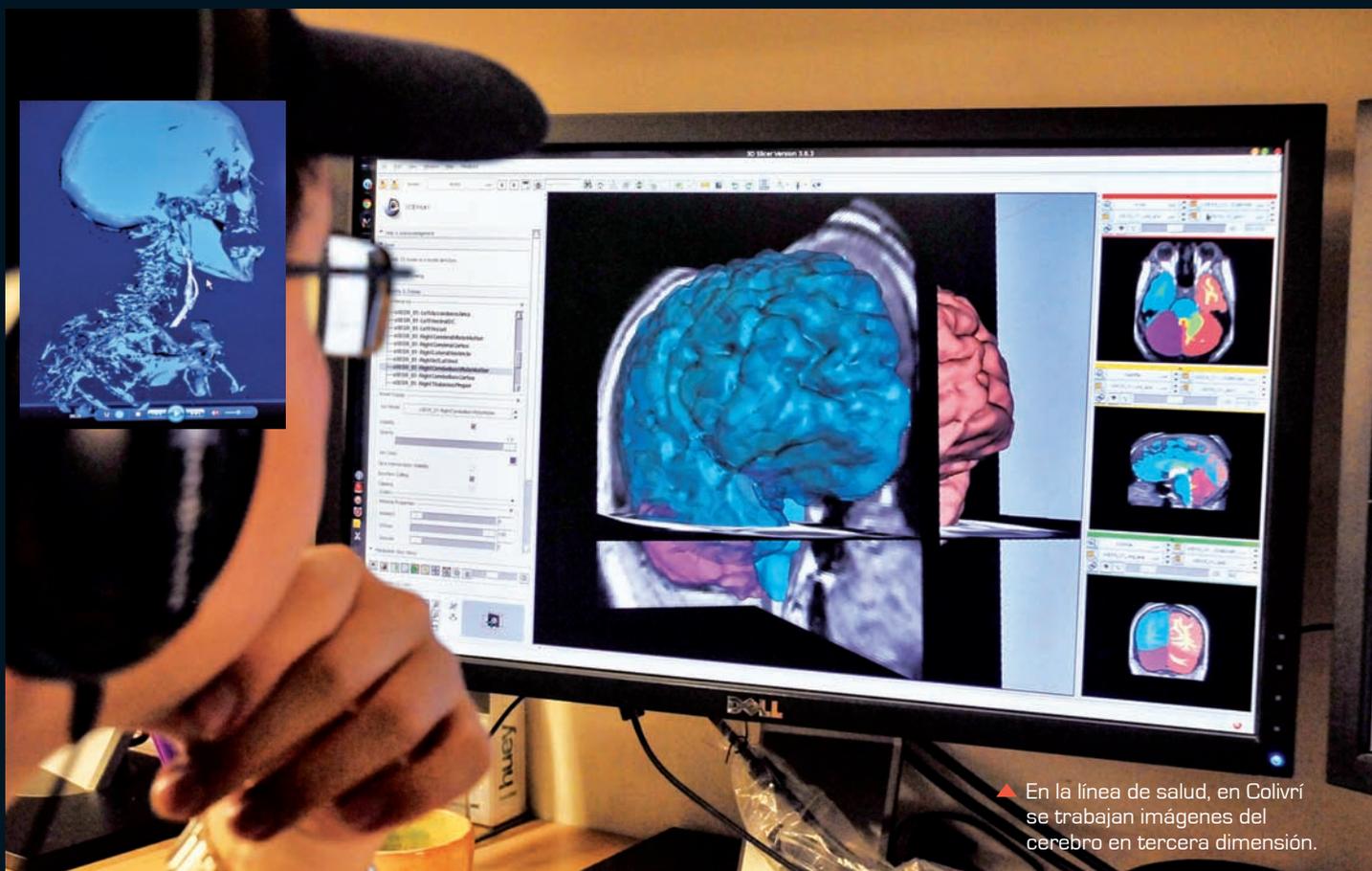
Profesora Asociada Departamento de Arquitectura

Facultad de Arquitectura y Diseño Universidad de los Andes

1 Secchi, Bernardo (1984). “Le condizone sono cambiate.” en Casabella No. 498-499. Milano.

2 García Vázquez, Carlos (2004). Ciudad Hojaldré. Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

3 Arteaga, Isabel (2010). Construir ciudad en territorios urbanizados. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, UPC.



▲ En la línea de salud, en Colivrí se trabajan imágenes del cerebro en tercera dimensión.

## Colaboratorio Colivrí

### Algunos trabajos:

En salud, se diseña software para combinar distintos exámenes diagnósticos del cerebro en una sola imagen, y también se trabaja en el sistema vascular y en la captura de movimiento. En temas urbanos, los proyectos son de simulación y análisis de sus sistemas. En entrenamiento se diseñan simuladores para, por ejemplo, manejar equipos complejos como grúas o cargadores verticales y un simulador de tiro para combate fluvial. En entretenimiento, se realizan proyectos de animación y videojuegos con miras a aumentar la competitividad del sector en el concierto mundial. Otro trabajo busca desarrollar un software que permita a una persona trabajar primero con lápiz y papel y luego pasarlo a un computador (ver pág. 37). La robótica es un área transversal a todos los proyectos, que se aprovecha para entrenar a los estudiantes en la construcción de robots. Con la misma idea transversal y de aplicación a las demás áreas, también aprenden captura de movimiento humano.

### Costo y diseño:

Colivrí funciona desde hace cinco años y tuvo un costo de 300 mil dólares. Fue diseñado por los profesores Pablo Figueroa, Carlos Francisco Rodríguez y José Tiberio Hernández, de los departamentos de Ingeniería de Sistemas y Computación y de Ingeniería Mecánica, como un espacio de alta tecnología, abierto, flexible que permite reaccionar a requerimientos no previstos.

### Clientes potenciales:

Las ciudades y sus actores en movilidad, infraestructura y crecimiento; el sector empresarial que despliega su actividad en los sistemas urbanos; el sector empresarial de animación y videojuegos; los investigadores en salud tanto de los centros hospitalarios, como del sector empresarial de imágenes médicas; los museos y centros de investigación en patrimonio, entre otros.



▲ Simulaciones de Bogotá en imágenes 3D creadas en Colivrí.

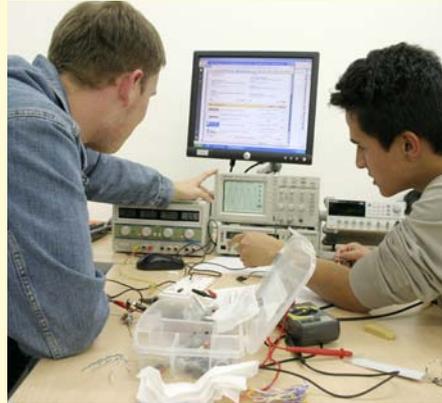


Universidad de  
**los Andes**

Facultad de Ingeniería

## Programas de Posgrado

### Facultad de Ingeniería



### **Doctorado**

#### **Doctorado en Ingeniería**

Programa acreditado por CNA  
Registro SNIES: 16071

### **Maestría**

#### **Ingeniería Ambiental**

Registro SNIES: 91235

#### **Ingeniería Civil**

Registro SNIES: 1578

#### **Ingeniería Eléctrica**

Registro SNIES: 1580

#### **Ingeniería Electrónica y de Computadores**

Registro SNIES: 5182

#### **Ingeniería Industrial**

Registro SNIES: 1581

#### **Ingeniería Mecánica**

Registro SNIES: 1582

#### **Ingeniería Química**

Registro SNIES: 91110

#### **Ingeniería de Sistemas y Computación**

Registro SNIES: 1579

#### **Maestría en Arquitecturas de Tecnologías de Información (MATI)**

Registro SNIES: 101531

#### **Mayor información:**

Teléfonos: (571) 332 4327, 332 4328, 332 4329. Correo electrónico: [info.ingenieria@uniandes.edu.co](mailto:info.ingenieria@uniandes.edu.co) – <http://ingenieria.uniandes.edu.co>

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES – PERSONERÍA JURÍDICA: RESOLUCIÓN No. 28 DEL 23 DE FEBRERO DE 1949, MINISTERIO DE JUSTICIA