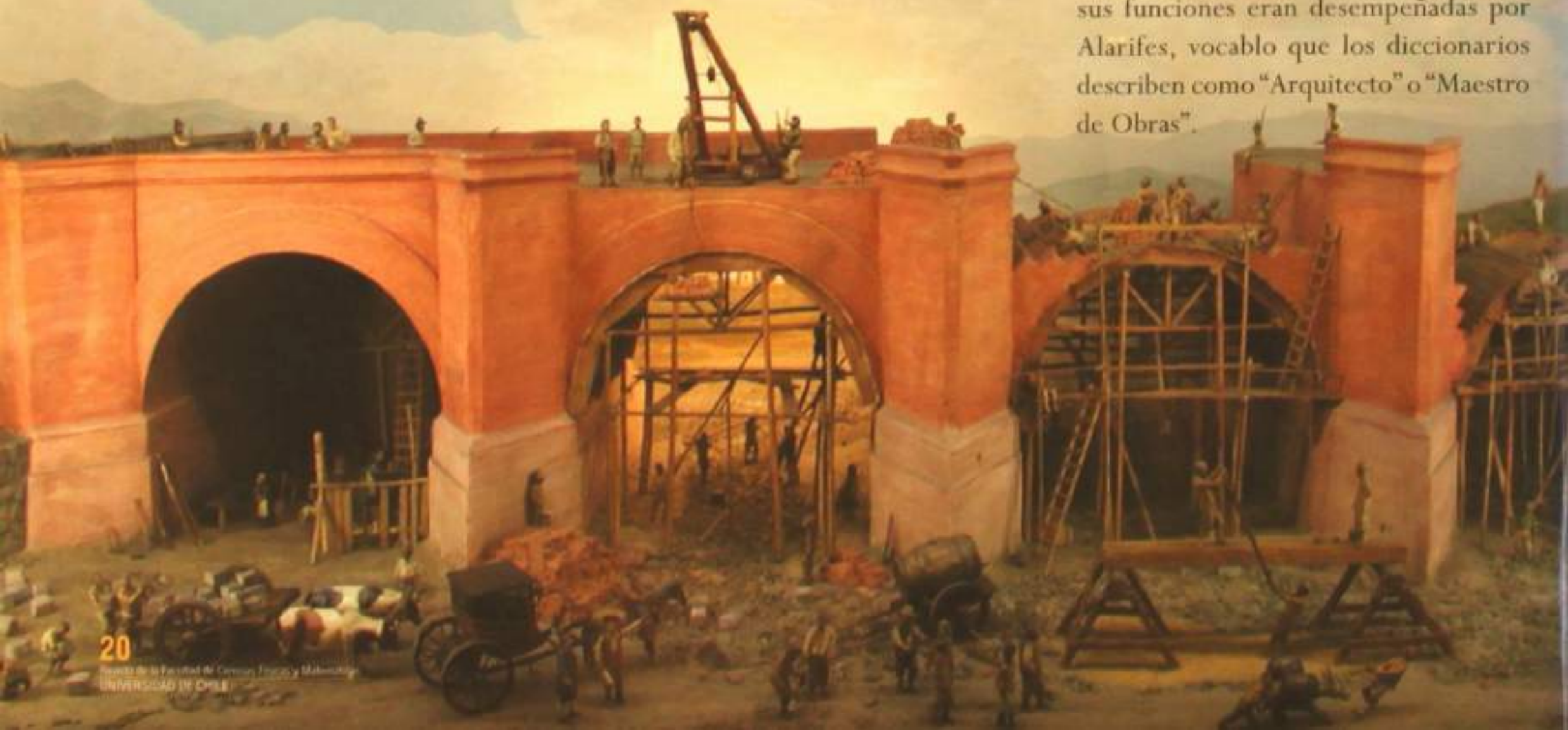


Ciento Cincuenta Años de la Carrera de Ingeniería Civil en la “Universidad de Chile”

La interdependencia que existió durante la Colonia entre la docencia de la ingeniería y su ejercicio como profesión se mantiene también durante la República hasta nuestros días.

Desde los comienzos de la colonización de América, los reyes se preocuparon de dictar Ordenanzas para la fundación de ciudades, la ejecución de obras públicas así como su administración y conservación.

Para mostrar la trascendente incidencia que han tenido y tienen las prácticas ingenieriles en el desarrollo del país, empezaremos la historia de la creación de la Ingeniería Civil, remontándonos a los años en que Pedro de Valdivia fundó Santiago. Muchas de las realizaciones de las Ordenanzas exigían conocimientos de ingeniería, profesión que en esa época no existía; sus funciones eran desempeñadas por Alarifes, vocablo que los diccionarios describen como “Arquitecto” o “Maestro de Obras”.



La primera persona que desempeñó en Santiago funciones de ingeniero fue Pedro de Gamboa, quien trazó las primeras calles de nuestra capital.

A los Alarifes les estaba encomendado el trazado de las calles de las ciudades, la medida de las tierras otorgadas a los pobladores, la distribución de las aguas de riego, y la conservación de las acequias destinadas a este objeto.

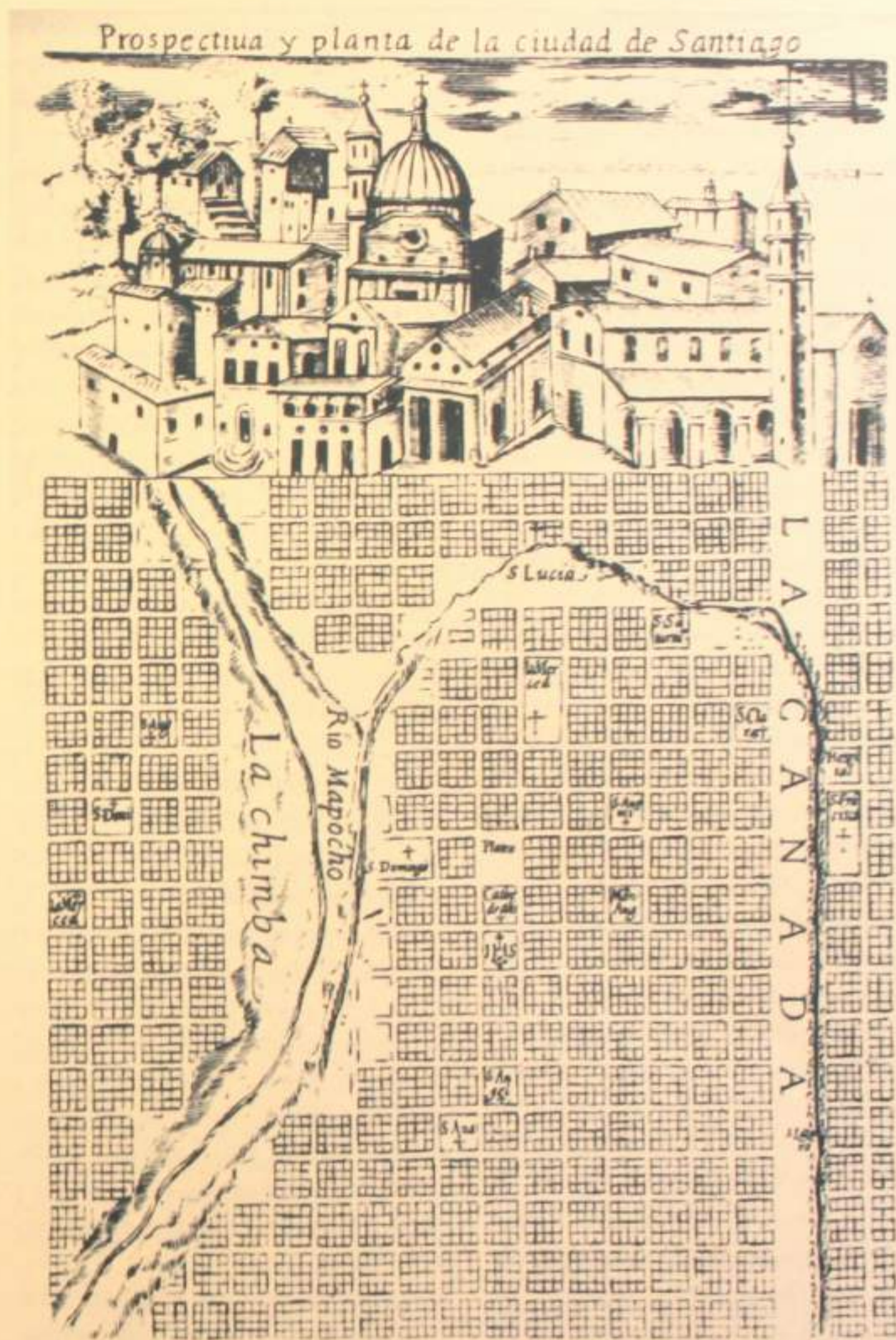
En enero de 1615 se designa Alarife de Santiago al maestro albañil, arquitecto y cantero, Juan de la Peña.

A los Alarifes, a principios del Siglo XVII, sucedieron los Agrimensores. En 1602 llegó a Chile el capitán Ginés de Lillo en calidad de Visitador General de Tierras y por ende Director de los trabajos de medidas. A él le encargaron la construcción de las obras a de defensa del río Mapocho y para cuidar más de cerca las obras a su cargo edificó su casa muy próxima, pero con tan mala suerte que una de las salidas del río arrasó con la casa del contendor.

No se sabía qué conocimientos se requería para desempeñarse como alarife, pero sí lo que debían dominar los agrimensores: "Hallarse instruidos en los principios de la aritmética vulgar, en las nociones elementales de geometría y en la práctica de sus operaciones".

El 13 de octubre de 1749 dicta el Rey de España las "Ordenanzas para Intendentes", en las cuales se establece con minuciosidad la reglamentación de la urbanización, de las obras sanitarias, de la vialidad y del riego.

Ante la insistentes gestiones que se hicieron ante los reyes en pro de una fundación de una Universidad en Santiago, por años, en 1738 se funda la Real Universidad de San Felipe, con cuatro Facultades: Teología, Cánones y leyes, Medicina y Matemáticas.



Solamente 20 años después de su fundación, el 13 de septiembre de 1758, el dominico Fray Ignacio de León Garavito, inaugura la cátedra de Matemáticas, convirtiéndose en el primer catedrático de matemáticas superiores que tuvo el Reino de Chile. Pero no tuvo éxito, porque

los jóvenes carecían de afición por el estudio de esta disciplina.

Mientras se presentaban tantas dificultades en la preparación de profesionales aptos para desempeñarse en el campo de la ingeniería, España se decidió a enviar a algunos Ingenieros Militares destinados

principalmente a trabajos de fortificación, pero la necesidad obligó a los gobernantes de Chile a ocuparlos en obras civiles. Los primeros Ingenieros Militares que llegaron a Chile fueron de nacionalidad irlandesa, aunque con estudios realizados en España: Juan Garland, Juan Clarke y Alejandro Eagar, quienes traían de ayudante al delineador Ambrosio O'Higgins, quien superando a sus jefes, fue Gobernador de Chile y después Virrey del Perú. En 1795 llegó a Chile el ingeniero militar Agustín Caballero, quien construyó, entre otras obras, el camino de Santiago a Valparaíso y el Canal de Maipo, correspondiéndole además, finalizar la construcción del palacio de la Moneda, obra que había iniciado Joaquín Toesca, arquitecto graduado en Roma y en la Academia de San Fernando.

Varios otros ingenieros militares fueron ocupados en obras civiles, pero el ambiente de emancipación era notorio, lo que motivó la prohibición de ocuparlos en obras públicas y particulares.

En los albores de la República, se creó, dentro del cuerpo de disposiciones municipales, el Departamento de Obras Públicas, que más tarde se transformó en el Departamento de Obras Municipales. El primer Director de la ciudad de Santiago fue Vicente Caballero, a quien por Decreto Supremo del 31 de julio de 1817 se le nombró "Agrimensor General del Estado de Chile" y doce años más tarde, por Decreto del Gobernador de Santiago, se le designó "Ingeniero Civil, Director de las Obras Públicas de la Municipalidad de Santiago". Este es el primer título de Ingeniero Civil expedido en Chile.

Además de estas medidas que se podrían considerar de emergencia, se adoptaron otras de carácter definitivo, consistentes en impulsar la enseñanza superior de las

matemáticas, así como conocimientos básicos de la técnica de la ingeniería, para culminar más tarde con la enseñanza de la Ingeniería misma.

Es así que en 1819, se reabrió el Instituto Nacional, que había cesado en sus funciones a consecuencia de las luchas de la Independencia, creándose, entre otros, los estudios de Agrimensura. Para estos efectos, se encomendó la tarea al Ministro Plenipotenciario de Chile en Gran Bretaña, Mariano Egaña y Fabres, quien conocedor que en París se encontraba trabajando con el sabio Gay Lussac, el ya famosos ingeniero español Andrés Antonio de Gorbea, lo contrató en 1825, como profesor de Matemáticas del Instituto Nacional. Su primera labor fue organizar los estudios de Agrimensura que se encontraban inactivos desde su creación en 1819.

En 1833, por iniciativa de Gorbea, se estableció un plan de estudios matemáticos, el cual rigió hasta la creación de la Universidad de Chile en 1842.

A veinticuatro años de su Independencia y bajo el gobierno de Manuel Bulnes Prieto, Chile se encontraba en un periodo de paz y progreso material e intelectual. El Mandatario incorporó a su Gabinete a hombres conciliadores y de espíritu visionario: Ramón Luis Irrarrazaval en Interior; Manuel Rengifo en Hacienda y Manuel Montt en la cartera de Instrucción Pública.

Se encontraba en el país desde 1829 Andrés Bello, filólogo, poeta y jurista venezolano, a quien Manuel Montt le encargó en 1841, elaborar las bases de una nueva Universidad. Al año siguiente era Ley de la República, creándose de esta forma la Universidad de Chile, siendo nombrado Rector, el propio Andrés Bello.

La inauguración de la "Universidad de Chile" que primitivamente contó con cin-

co facultades, Filosofía y Humanidades, Ciencias Matemáticas y Física, Medicina, Leyes y Ciencias Políticas y Teología, se efectuó el 17 de septiembre de 1843, pero durante los primeros años de su existencia sólo tuvo carácter académico, pues los estudios universitarios continuaron efectuándose en el Instituto Nacional hasta 1866 cuando la Corporación pudo disponer de local propio.

El Primer Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, como era de esperar fue el ingeniero Andrés Antonio Gorbea, quien se encargó de organizarla. La existencia de esta Facultad quedó demostrada al dictarse al cabo de unos meses, la Ley General de Caminos, en la cual se incluyó la creación del Cuerpo de Ingenieros Civiles, corporación encargada de vigilar la aplicación de dicha ley, haciéndose cargo de proyectar y construir las obras públicas en general.

La labor científica desarrollada por la Facultad durante este primer periodo fue fecunda. El presidente de la República, Manuel Bulnes, aconsejado por funcionarios de su Gobierno, muchos de ellos cumpliendo labores diplomáticas en Europa, autorizó a Andrés Bello, contratar a distinguidos científicos e ingenieros extranjeros para que colaboraran en la formación de profesionales que el país necesitaba con urgencia.

Entre los expertos contratados figuran Ignacio Domeyko, quien fue designado Secretario de la Facultad, Claudio Gay, Amado Pissis y Carlos Moesta.

Gorbea y Domeyko, comprendiendo que la Universidad debía principalmente dedicarse a la docencia para formar sólidos profesionales, a través de la Reforma de 1847, vinculó directamente los estudios superiores que institucionalmente estaban radicados en el Instituto Nacional a la Facultad.

Creación de la carrera de Ingeniería Civil

En 1852 se presentó un importante proyecto, mediante el cual se creaban las ingenierías. El programa conducía a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo, Ingeniero de Minas, de Puertos y Caminos, Ensayador General y Arquitecto. La carrera comprendía tres años de cursos comunes de álgebra superior, trigonometría, geometría de las tres dimensiones, física superior, química general, cálculo diferencial e integral, topografía, principios de mecánica y nociones de astronomía.

Los ingenieros civiles debían agregar un curso de puentes y caminos, dibujo de máquinas, aplicación de la geometría descriptiva al corte de piedra y madera, arquitectura, nociones de mineralogía y geología, después de lo cual se hacía la práctica. Sin embargo, el programa de estudios no se completó en forma estable hasta la década de 1880. Así, de los 128 titulados, entre 1857 y 1870, 60 fueron ingenieros geógrafos, 30 de minas, 21 ensayadores generales y sólo 1 ingeniero civil.

La fundación de las carreras de ingeniería, ocurrieron durante la presidencia de Manuel Montt, quien debió enfrentar la revolución del 51. Sin embargo, la Universidad, y en particular la Facultad, continuaba sus esfuerzos en la formación de los nuevos profesionales chilenos.

Entre tanto, restablecida la tranquilidad, pudo el Gobierno dedicarse a realizar una vasta labor de desarrollo de grandes obras de infraestructura para las nuevas ciudades, caminos y puentes y las obras hidráulicas.

Fundamental para el desarrollo del país y para su conexión territorial fue el ferrocarril, cuya primera línea entre Caldera y Copiapó, fue inaugurada en 1951

y en la que la intervención del ingeniero norteamericano Guillermo Wheelwright fue notable. El desarrollo del ferrocarril a fines del siglo XIX, permitió que Chile tuviese 5.925 kilómetros de vías y numerosos puentes ferroviarios, siendo notable, uno de ellos el Puente Malleco, con 348 metros de longitud y 102 metros de altura, diseñado por el ingeniero chileno José Victorino Lastarria.

Con el paso del tiempo, hubo necesidad de realizar reformas en los planes de estudio, dadas las necesidades de desarrollo que el país requería. La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, en particular, dio a la enseñanza en su Escuela de Ingeniería, un sentido más práctico para satisfacer las exigencias cada vez más apremiantes, producto de la creación en 1939 de la Corporación de Fomento de la Producción CORFO, que abrió posibilidades insospechadas a la ingeniería y que debió ocuparse de obras complejas y de gran envergadura que requería de experiencia y de nuevos conocimientos.

ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA ACTUAL

“La Ingeniería se define como la aplicación sistemática de la ciencia y la tecnología para estudiar y controlar eficientemente los recursos y fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad”.

En la actualidad se imparte la carrera de Ingeniería Civil en tres menciones:

- Estructuras-Construcción
- Hidráulica-Sanitaria-Ambiental
- Transporte

Estructuras-Construcción

Esta especialidad se dedica a la concepción y diseño de estructuras de viviendas e infraestructuras como puentes, edificios, industrias e instalaciones mineras y obras hidráulicas, como también al diseño de métodos y sistemas constructivos,

en la elaboración de normas de control de calidad, criterios de evaluación para la ejecución de obras de construcción, de su programación y gestión, y es responsable de la seguridad sísmica de las estructuras.

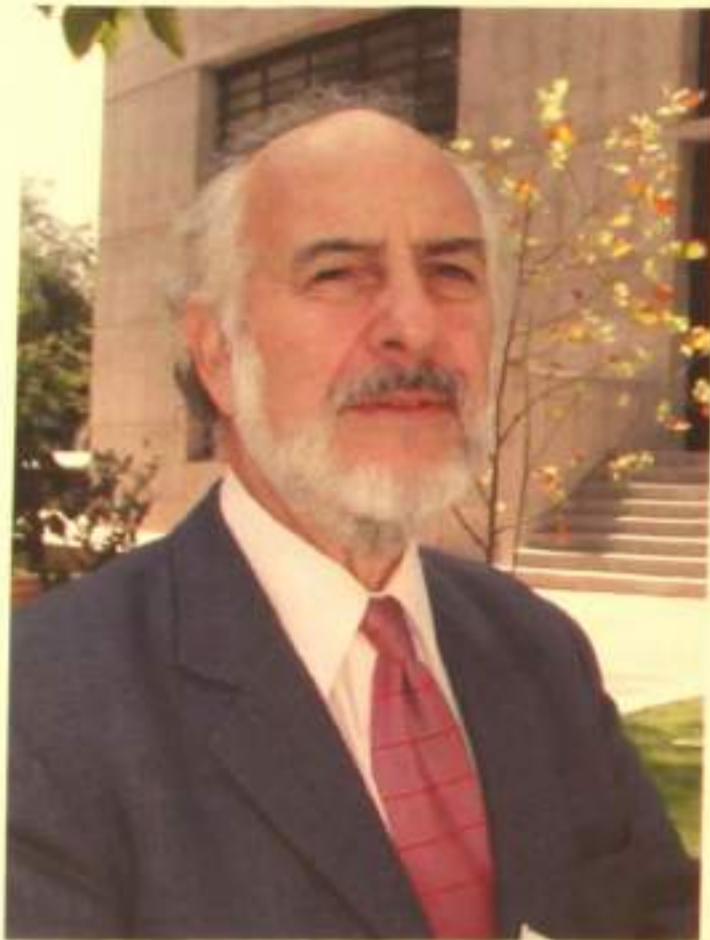
Para el académico Rodolfo Saragoni, quien está al frente de la División Estructuras- Construcción, esta especialidad, junto con Hidráulica, son las más clásicas de la Ingeniería Civil y las que dieron origen a la carrera que comenzó en 1853 y que, desde sus comienzos, tuvo el tremendo desafío de hacer una labor de soberanía, uniendo el territorio a través de obras de infraestructural vial, ferroviaria.

“La carrera de la Ingeniería Civil, desde sus inicios fue de servicio público, los profesionales eran fundamentalmente empleados públicos que tuvieron las labores de construir los puentes, carreteras que permitieran ir conectando al país, porque éste tiene una geografía muy abrupta producto de la Placa de Nazca, que hace que Chile sea muy singular desde el punto de vista de las construcciones.

La primera modificación de la naturaleza, que es el instalar una ciudad, lo hacen justamente los ingenieros civiles. Así, todo lo que es penetración, extensión del país, en cuanto a posesión de todos sus territorios”, puntualizó

Ingeniería Antisísmica

“El desarrollo de la Ingeniería Antisísmica realizado en la carrera que impartimos, que incluye tanto la parte estructural, la parte de mecánica de suelos, que son las fundaciones y la construcción, es reconocido más allá de nuestras fronteras y se nos denomina como la “Escuela Chilena de Diseño Sísmico” cuya característica es muy singular. Nosotros, los



▲ Profesor Rodolfo Saragoni

ingenieros estructurales, diseñamos los edificios de una manera distinta de lo que se hace en otros países y es reconocida por sus excelentes resultados”, indicó el profesor Saragoni.

El desafío que existe en esa área es que en los próximos terremotos, el país no se detenga y siga funcionando, y que para lograrlo, es necesario seguir investigando sobre las características propias de los terremotos chilenos que son distintos a los que ocurren en otros lugares.

“Nuestra investigación ha sido exitosa porque acá las estructuras no se caen en los terremotos. Todo nuestro conocimiento lo transferimos de una forma legal a través de las Normas e históricamente esta División ha sido participe en la elaboración de todas las Normas de diseño sísmico, una para edificios y otra para inmuebles industriales” comentó el profesor Rodolfo Saragoni.

También indicó el profesor Saragoni existen grandes desafíos para la Ingeniería Civil, dado que la globalización es una realidad. “Grandes obras están por reali-

zarse con nuevas técnicas, se necesitarán otro tipo de estructuras, deberán reforzarse las obras portuarias y crear nuevas conexiones aéreas, que traerá consigo un mayor desarrollo del sector vivienda a lo largo y ancho del país”.

Perspectivas de la Ingeniería Sismorresistente

Chile es el país más sísmico del planeta y con un importante desarrollo de infraestructura. Si bien la ingeniería sísmica nacional ha demostrado sus logros en la reducida pérdida de vida y económica que generan los eventos sísmicos en el país aun existen áreas en los cuales debemos avanzar como son el desarrollo de nuevos materiales constructivos, la incorporación de nuevas tecnologías, el desarrollo de nuevos procedimientos de análisis y diseño y construcción, que permitan que las estructuras no sólo resistan los eventos sísmicos protegiendo a la vida de los usuarios sino que logren controlar el daño o evitarlo totalmente, indicó el profesor Rubén Boroseck.



▲ Profesor Rubén Boroseck

Dentro de esta línea el Departamento de Ingeniería Civil fue el primero en desarrollar los procedimientos de aislación sísmica que permite, como su nombre lo indica aislar o reflejar la energía proveniente de terremoto, y en estos momentos se encuentra desarrollando investigación en nuevos materiales, los llamados materiales con memoria de forma (Shape Memory Alloys). Esta tecnología además de ser importante por su beneficio a la infraestructura se basa en compuestos de cobre, uno de los metales de mayor importancia en el país y por tanto lo potencia en su uso.

En los temas de protección de infraestructura el grupo ha sido nominado como centro de referencia y excelencia por la Organización Mundial de la Salud gracias a los aportes en la filosofía y procedimientos de diseño de Instalaciones de Salud (ver nota aparte). Adicionalmente esta División posee la única red nacional de registros de terremotos, la Red Nacional de Acelerógrafos que ha registrado los sismos más importantes de los últimos 30 años y está estableciendo nuevos instrumentos para registrar los terremotos que se esperan en el extremo norte de Chile y en la zona de Talca – Cauquenes – Concepción. Esta información es fundamental para el desarrollo de la ingeniería sismorresistente.

“La Ingeniería sísmica en Chile está activa y llena de retos. Si bien hemos tenido éxitos debemos mantenernos en esta línea de desarrollo y seguir construyendo un Chile seguro” señaló finalmente el profesor Boroseck.

INGENIERÍA GEOTÉCNICA

Una retrospectiva

Esta disciplina surgió después de la publicación del libro de Mecánica de Suelos de Karl Terzaghi, en 1925, donde se



▲ Equipo de Sondaje para realizar Geotécnica en profundidad.

presenta el primer enfoque racional e integral del comportamiento de los suelos y de obras civiles de tierra. En Chile, esta especialidad se inició en IDIEM en la década del 40, cubriendo las actividades de docencia, investigación y prestación de servicios.

En la década del 60, varios especialistas chilenos con estudios de postgrado en universidades europeas y norteamericanas se unieron al cuerpo estable de la División de Mecánica de Suelos del IDIEM, desarrollando actividades docentes y de investigación, que culminaron a inicios de la década del 70, con un programa de Magíster en Mecánica de Suelos, pionero no sólo de esta Facultad, sino de toda la Universidad de Chile. Este programa dio un impulso incuestionable a la Mecánica de Suelos nacional, pero fue interrumpido en 1973. Recientemente, en el año 2002, el grupo responsable de la parte académica del área de Geotecnia se trasladó desde IDIEM al Departamento de Ingeniería Civil.

Posteriormente, el nombre de Mecánica de Suelos fue reemplazado por el de Ingeniería Geotécnica debido a que se incorporaron a las actividades de esta especialidad, la ingeniería de fundaciones, mecánica de rocas, pavimentos, geosintéticos, geotecnia ambiental, excavaciones, túneles, geotecnia vial, presas tierra y de relaves, geotecnia marítima y otros.

Participando en el desarrollo

“Chile, como país en vías de crecimiento, presenta actualmente varias características que requieren de la participación de la ingeniería geotécnica. La primera de ellas reside en el requerimiento de avanzar en el diseño, construcción y



monitoreo de una infraestructura de país, que está aún lejos de satisfacer nuestras necesidades. Gran cantidad de obras viales urbanas e interurbanas asociadas a grandes movimientos de tierra y túneles, presas de tierra, muchas de ellas de gran tamaño, y obras de riego, obras portuarias e innumerables obras civiles se encuentran a la espera. Por ello, no es exagerado prever que para los próximos 30 años existirá una gran actividad ingenieril y geotécnica en estas líneas”, indicó el profesor Ramón Verdugo.

Por otra parte, el crecimiento de las grandes ciudades requiere y continuará requiriendo construcciones en terrenos antes descartados debido a sus pobres propiedades geotécnicas, imponiendo así nuevos desafíos a los profesionales de esta especialidad.

Se observa igualmente la necesidad de desarrollar la geotecnia ambiental como única manera de satisfacer las crecientes exigencias en esta área.

“Problemas en mecánica de rocas asociados a actividades de la minería y obras via-

les, precisan de un impulso continuado en el desarrollo de una especialidad que siendo parte de la geotecnia, ha permanecido un tanto postergada en nuestro país.

Una característica particularmente importante de esta especialidad, es que siempre son las condiciones locales las que priman. Es por esto que se acentúa la necesidad de desarrollar un conocimiento, cada vez más completo, de nuestros suelos singulares, en sustitución de la aplicación directa de procedimientos convencionales desarrollados a partir de suelos del hemisferio norte” puntualizó el profesor Verdugo.

Innovando

El área de Geotecnia que comenzó con el programa de Magister en marzo del 2002, hoy cuenta con 24 alumnos provenientes de diferentes universidades chilenas, muchos de ellos ejerciendo profesionalmente en geotecnia.

“El programa de Magister en Ingeniería Geotécnica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad

de Chile ha incorporado dos grandes problemáticas, que se hacen cada vez más necesarias en la formación de profesionales geotécnicos. Estas son, el estudio de los depósitos regionales característicos del cordón circumpacífico en las zonas asociadas a subducción y la equilibrada utilización de nuevos conceptos de ingeniería geotécnica ambiental indispensables en el desarrollo de nuevos proyectos.

Los rasgos regionales asociados al cordón circumpacífico se manifiestan en la geomorfología irregular, a veces abrupta, el volcanismo activo y una intensa sismicidad, todo lo cual ha generado una amplia variedad de unidades geotécnicas, muchas de ellas con características singulares. El enfoque y uso de procedimientos y correlaciones convencionales asociados a estos suelos puede conducir a errores significativos y, por ello, la discusión y desarrollo de nuevas metodologías constituye parte integral del programa de Magister”, señaló por su parte, el profesor Claudio Foncea.

Por otra parte, regulaciones ambientales cada vez más exigentes hacen imperativa la búsqueda de soluciones de ingeniería compatibles con los recursos y características geotécnicas locales que constituyen otro de los objetivos de este Magister.



▲ Profesor Ramón Verdugo

El programa está organizado para desarrollar una gran capacidad analítica y sólidas bases en aspectos teóricos y aplicados, así como para enfrentar y resolver cuantitativamente problemas de ingeniería civil asociados a la estabilidad de masas de suelo y roca, en régimen de cargas estáticas y sísmicas. Existen cursos orientados a la integración de los conocimientos adquiridos en el que participan profesionales y profesores nacionales y extranjeros invitados. Al completar el programa, el ingeniero geotécnico habrá incorporado nuevos enfoques que le permitirán comprender e integrar los contextos regional y ambiental en la solución de problemas geotécnicos.

Investigación

Por otra parte, el grupo de geotecnia está desarrollando investigación en el área de excavaciones profundas y túneles en zonas urbanas. El sostenido crecimiento económico de Chile en las últimas décadas ha generado una explosiva demanda por infraestructura de dimensiones y complejidad cada vez mayores. Por ejemplo, en Santiago, el Metro se enfrenta a la necesidad de extender sus líneas, atravesando a lo largo y ancho la ciudad, mientras que las empresas de ingeniería, están actualmente obligadas a resolver complejas obras de excavación en zonas ya edificadas.

También existe una importante investigación en temas de licuación de suelos no-cohesivos, con una focalización al diseño y análisis de estabilidad sísmica de presas de relaves. Este tema es de gran importancia para Chile, pues la gran minería genera significativos volúmenes de residuos que deben ser almacenados en

forma segura y económica en los denominados tranques de relaves.

El área geotecnia además, participa en un proyecto de investigación multidisciplinario, Milenio, donde se está desarrollando el marco geológico-geotécnico-sismológico que permita entender y predecir el riesgo sísmico de la cuenca de Santiago.

Ingeniería Civil, mención Hidráulica - Sanitaria - Ambiental

Esta área centra su actividad en el recurso agua. Se dedica a la solución de problemas relacionados con calidad y disponibilidad superficial y subterránea del recurso con el fin de planificar y diseñar obras de aprovechamiento hídrico. Asimismo, se preocupa del saneamiento ambiental (tratamiento de agua potable, tratamiento de aguas residuales e industriales, manejo y disposición de residuos sólidos) y de la evaluación del impacto de la descarga de contaminantes en aguas superficiales, entre otros.

Recursos Hídricos y Medio Ambiente

La especialidad de Ingeniería Hidráulica experimentó un cambio, cuando se integró el área ambiental, lo que ha traído consigo un mayor interés de parte del alumnado por seguir esta carrera pudiendo abordar distintos aspectos del quehacer en Ingeniería Civil tanto en Hidráulica como el Medio Ambiente.

La profesora Ximena Vargas, manifestó que el área ambiental cubre tanto agua como suelo y aire, y si bien los académicos de la División están más dedicados a la parte agua, que es el medio fundamental de estudio y desarrollo, no se deja de lado lo relativo al suelo ya que se relacio-

na a las aguas subterráneas por su contaminación y el efecto de los relenos sanitarios sobre ellas, entre otras. Indicó que no abordan lo concerniente al aire, pero que de alguna manera se está interactuando con los académicos de la sección meteorología del Departamento de Geofísica, lo que permite modelar globalmente los sistemas. También al análisis de la componente biótica es incluido en la enseñanza que se le entrega a nuestros alumnos, lo que permite una formación más integral y moderna.

Para la académica es de vital importancia avanzar en los conocimientos sobre los recursos hídricos y los ecosistemas conexos. Al respecto, indicó que en Chile se ha avanzado en algunos de los temas críticos del recurso agua, su abastecimiento y calidad, como también en términos del pronóstico en tiempo real.

“Necesitamos, sin embargo, modernizar y mejorar los sistemas de monitoreo y control del recurso hídrico; aumentar el conocimiento sobre su disponibilidad,



▲ Profesora Ximena Vargas



▲ Taltal: Puente Calicanto

construir obras de infraestructura ajustadas a las necesidades actuales y futuras, mejorar los modelos de simulación del ciclo hidrológico y de operación de los sistemas que permitan optimizar su gestión”.

Indicó la académica que “En los últimos años hemos aumentado el número de alumnos llegando hasta 50 al año. Ello demuestra que el haberle dado mayor amplitud a la especialidad, genera un grado de interés mayor y una oferta profesional óptima en esta área.

Cabe destacar que el año 2002 se creó el Magister en Recursos y Medioambiente Hídrico, en el cual ya tenemos alrededor de 25 alumnos y dos graduados, uno de ellos trabajando en el Ministerio de Obras Públicas. Nuestro objetivo es llegar a tener mayor demanda de alumnos tanto en el ámbito nacional como extranjeros”.

Investigación

La labor de investigación que se realiza en la División abarca varias áreas: Ambiental, Hidráulica y también en Hidrología y Gestión. “Parte de la investigación es experimental y ésta es fundamental para la calibración y validación de los modelos numéricos que se proponen o investigan. Nuestros alumnos memoristas y tesisistas son los que realizan el trabajo más laborioso y tedioso.

En cuanto a temas específicos en el área de Hidrología Superficial, podría mencionar las modelación de la cobertura nival (área cubierta y espesor del manto) basada en un modelo de pronóstico meteorológico que permite conocer la distribución espacial de la precipitación; este es uno de los proyectos que se están desarrollando a través de la interacción con el grupo de meteorología”.

La profesora Ximena Vargas, destacó que recientemente se efectuó un proyecto FONDEF sobre “Evaluación del Método

de Tratamiento Suelo Acuífero”, dirigido por el Profesor Ernesto Brown, como método de tratamiento de aguas servidas. Asimismo, indicó, que prácticamente todos los integrantes de la División trabajaron en un proyecto de caudales ecológicos “Análisis de Criterio Hidroambientales, pautas para la determinación de caudales Ecológicos”, que fue con el que se dio inicio a la incorporación de la parte ambiental en nuestra conciencia ingenieril”.

La académica, se siente orgullosa de poder constatar que el grado de desarrollo del área es de igual nivel del que existe afuera. “Incluso, en algunas áreas estamos mucho más avanzados que otros países de la Región.

Desarrollo futuro de la Hidráulica en Chile y su importancia

“El desarrollo económico y tecnológico local, impulsado a su vez por el desarrollo tecnológico a escala global, ha ido forzando la atención de los especialistas en Hidráulica hacia aspectos cada vez más amplios y complejos, lo cual ha ido aparejado también del desarrollo de nuevas y más poderosas herramientas de análisis y cuantificación de los fenómenos involucrados”, expresó el profesor Yarko Niño.



▲ Profesor Yarko Niño

“Si bien la globalización a todo nivel ha hecho que la Hidráulica en el Chile actual, como especialidad, no se encuentre tan alejada de lo que ocurre en países desarrollados en términos del uso de técnicas, métodos y herramientas de análisis y cuantificación, es preciso reconocer que nuestro país se encuentra retrasado en cuanto a enfrentar ciertos desafíos y problemas que consciente o inconscientemente ha postergado. Nos referimos en particular a aquellas problemáticas que en países más desarrollados que el nuestro se ha abordado ya desde hace algún tiempo: el cuidado, la preservación y la remediación del medio ambiente y la gestión integral de los recursos naturales, lo que en el caso de la Hidráulica compromete directamente el medio ambiente acuático y los recursos hídricos”, puntualizó el profesor Niño.

La División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente ha comprendido estos desafíos desde hace bastante tiempo, y ha respondido adaptando su docencia e investigación de manera acorde. “De hecho, esta División se constituyó como tal el año 1994, con la fusión de las antiguas secciones de Ingeniería Hidráulica e Ingeniería Sanitaria y Ambiental del Departamento de Ingeniería Civil, como una forma de enfrentar de mejor manera los desafíos que el país ponía a estas especialidades”, afirmó el Profesor Niño, “buscando formar ingenieros con un conocimiento integral acerca del recurso agua y sus aspectos ambientales”. “En la actualidad tenemos tres académicos jóvenes realizando sus doctorados en el extranjero, especializándose precisamente en aspectos ambientales y de gestión integral del recurso agua”, expresó. “A pesar que en el medio profesional na-

cional se reconoce la capacidad del Ingeniero Civil formado por la División – de hecho nuestros egresados han participado en el diseño y desarrollo de la mayoría de las grandes obras y proyectos de ingeniería civil en el país - en la actualidad se está haciendo cada vez más necesario contar con especialistas que profundicen sus conocimientos en áreas específicas dentro de temas relacionados con recursos hídricos y medio ambiente acuático”, indicó Yarko Niño. “Temas no tratados en cursos tradicionales de la carrera de Ingeniería Civil, como hidrodinámica ambiental, análisis de sistemas ambientales, procesos avanzados de tratamiento de aguas, ecotoxicología, residuos industriales líquidos, ecología ambiental, evaluación de impacto ambiental y gestión y legislación ambiental, por nombrar algunos, forman parte de nuestros programas de postgrado, siendo tratados a través de docencia o tesis de investigación”, señaló el Profesor Niño.

“Nuestra forma de hacer docencia también ha debido adaptarse a los nuevos desafíos tecnológicos”, dijo Yarko Niño. “Muchos de nuestros cursos hacen uso intensivo del Laboratorio de Fluidodinámica y Procesos, construido y equipado con instrumental e instalaciones de punta a partir de un Proyecto MECESUP de la Facultad y en cuyo desarrollo participamos varios de los académicos de nuestra División”. Y continuó, “Muchos de nosotros hacemos clases en las nuevas salas del Proyecto NeoAula, integrando el uso de las infotecnologías a la tradicional pizarra”. “Es posible lograr atrapar el interés de los alumnos haciendo uso de la tecnología”, precisó. “El uso de imágenes, videos y animaciones, en conjunto con los

desarrollos en la pizarra es una herramienta potente que sin duda aumenta nuestra capacidad de transmitir conocimientos a los alumnos”.

Consultado acerca de otros desafíos visualiza a futuro para la División, el Profesor Niño señaló: “Un tema que es fundamental que no se ha abordado en el país es la Ingeniería Costera, especialidad que no se enseña en ninguna universidad chilena y que creo debería desarrollarse en nuestra Facultad. Aquí en la División tenemos un curso de Hidráulica Marítima, que lo imparte el Profesor de Jornada Parcial Javier Vásquez, pero carecemos de un grupo de investigación sobre este tema que reviste para este país- que tiene una costa inmensa- gran importante para el desarrollo de la economía nacional. Deberíamos en un futuro cercano armar un proyecto académico para generar la especialidad, el área de la Hidráulica Costera”, puntualizó.

Ingeniería Civil, mención Transporte

Esta área incluye el estudio de políticas de transporte; diseño, análisis y evaluación de proyectos de infraestructura; la operación del tránsito y la gestión de empresas de transporte; circulación de personas y vehículos por espacios públicos, el comportamiento de los usuarios y operadores, relación entre movimiento y localización de actividades y los impactos económicos del transporte.

Evolución

Transporte como área docente nació con la carrera de Ingeniería Civil, siendo su énfasis en sus comienzos, el diseño de obras de infraestructura de transporte,



▲ Profesor Sergio Jara

tales como puertos, ferrocarril y caminos. A fines de los años 60 se crearon los Departamentos y también un área que debía dedicarse a la investigación. En la década del 70 sólo había un profesor de Jornada Parcial que coordinaba los cursos y se determinó contratar a estudiantes para que generaran un programa nuevo para ir a la par con lo que ocurría en el mundo en investigación de transporte, señaló el profesor Sergio Jara.

Los alumnos para esta la tarea fueron Tristán Gálvez, Sergio González y el ya titulado Jaime Gibson, quien trabajaba en la nueva idea del diseño de curso obligatorios y electivos. Luego fue incorporado el propio Sergio Jara, que comentó que la mención transporte era en ese entonces la que tenía el mayor número de cursos electivos y que hoy se han convertido en obligatorios prácticamente para toda la Facultad: Optimización; Cursos de Computación; Cursos de Programación Matemática y Economía de Investigación Operativa.

“La estrategia que se siguió fue mantener los cursos de diseño y construcción de infraestructura, cursos ligados al di-

seño de caminos, ferrocarriles y puertos. Hoy los cursos de diseño vial tienen mucho que ver con el uso de diseño gráfico, computación para poder hacer los diseños adecuados de caminos con software de última generación, algunos de ellos diseñados en Chile.

En la década de los 70 la novedad fue introducir todos estos cursos que tienen que ver con operación, gestión, economía, demanda, redes, los que pasaron a ser muy importantes para nosotros.

A finales de los 80 el grupo tenía una característica docente de investigación bastante clara siendo el centro de investigación en red, demanda, economía de transporte, beneficio-usuario y se empieza a integrar el uso de suelos y otros aspectos importantes. Sin por ello descuidar los cursos de infraestructura, manteniéndose en término de docencia lo más al día posible”, manifestó el profesor Jara.

Investigación

Numerosos son los proyectos Fondecyt que realiza el Grupo de Ingeniería de Transporte y en la actualidad 4 de sus integrantes están involucrados activamente en un Núcleo Milenio : Sistemas Complejos de Ingeniería, dirigido por el académico Andrés Weintraub, siendo Director alterno, Sergio Jara

En este Núcleo participan grupos de investigadores de Gestión de Operaciones del Departamento de Ingeniería Industrial; de Optimización del Departamento de Ingeniería Matemática, la división de Transportes del Departamento de Ingeniería Civil y el Centro de Modelamiento Matemático. Los campos de investigación, las áreas de aplicación cubiertas en este Milenio incluyen transporte, logística, localización, recursos

naturales y gestión”, puntualizó el profesor Jara.

Por último se refirió al programa de postgrado que se inició a mediados de 1990, con el Magister Ingeniería de Transporte, teniendo desde entonces aproximadamente 20 graduados.

Opinión sobre el grado de desarrollo y modernización de la especialidad

El Profesor Asistente Cristián Cortés, quien realizó su doctorado en Ingeniería Civil mención Sistemas de Transportes en la Universidad de California, Irvine ha realizado investigación en diseño, simulación y evaluación de sistemas de transporte público puerta a puerta de alta cobertura. Además, desarrolla investigación en optimización de redes de transporte, problemas de optimización no-lineal y lineal-entera orientado a ruteo y despacho de vehículos en sistemas con demanda incierta. También trabaja en problemas de transporte público de superficie, funciones de costo y estructura industrial.

Al ser consultado sobre la visión y experiencia que tiene sobre la Ingeniería de Transporte manifestó que para él uno de los avances más importantes en el último tiempo ha sido la incorporación a nivel de investigación del área de redes de transporte, donde se está trabajando en conjunto con académicos del Departamento de Ingeniería Matemática de la Facultad. Adicionalmente, el área de transporte ha creado vínculos en investigación con el Departamento de Ingeniería Industrial en temas de logística, y en el desarrollo de software en conjunto con el Laboratorio de Demanda y Uso de Suelos LABTUS.

“Me parece que los avances antes mencionados han hecho crecer el ámbito de investigación, docencia y formación de profesionales del área de transporte en temas importantes, de relevancia nacional e internacional, y conectados con otros tópicos que tradicionalmente han sido el fuerte de nuestra sección (como el caso de economía de transporte y tránsito). Adicionalmente, la incorporación de investigación en localización óptima, tanto desde una óptica económica como a partir de enfoques logísticos, representa también una contribución relevante al ámbito de trabajo interdisciplinario de nuestra especialidad.

Finalmente, quisiera mencionar un tema que me parece relevante. Hoy en día, parte importante de la investigación que se realiza en el área de transporte en el mundo, está incorporando el uso y acceso a tecnología de punta en optimización, manejo y recolección de información en tiempo real como parte del diseño de soluciones. De aquí surgen temas novedosos que deben ser resueltos bajo una nueva óptica, especialmente en optimización de sistemas de transporte (público y privado) con demanda incierta, utilizando técnicas de programación dinámica y control óptimo, o bien explorando el desarrollo de algoritmos “online” ad-hoc. En este sentido, se está trabajando en líneas de investigación nuevas en las área de



▲ Profesor Cristián Cortés

ruteo dinámico de vehículos de carga y pasajeros, desarrollo e implementación de medidas de gestión de transporte público en tiempo real, entre otros temas, donde nuestros académicos, en conjunto con profesionales de otras áreas, tienen mucho que aportar”, señaló el joven académico.

Competencia y aplicación del área de transporte

Para Cristián Cortés la Ingeniería de Transporte es de hecho una ciencia aplicada, y por tanto señala: “No tiene mucho sentido diseñar y resolver problemas de transporte si no se tiene como objetivo final el resolver problemas reales. En la actualidad por ejemplo, por un lado se está rediseñando por completo el sistema de transporte público de la ciudad de Santiago, y por otro se está invirtiendo capital privado en el mejoramiento y construcción de un sistema de carreteras urbanas.

Independientemente de estar o no de acuerdo con el énfasis y detalle de cada uno de los proyectos en desarrollo o en estudio, no se puede negar que la disciplina de transporte es fundamental en la propuesta de decisiones técnicas apropiadas que apunten hacia el mejoramiento integral del sistema de transporte urbano e interurbano en Chile, lo cual sin duda debiera generar un fuerte impacto en el bienestar de la sociedad en su conjunto.

Nosotros pensamos que los profesionales que egresan de nuestra carrera, tanto a nivel de pregrado como de postgrado, están preparados para dar una opinión técnica ilustrada en temas de decisión de alta complejidad, y en el desarrollo de metodologías y herramientas de evaluación de importantes proyectos de transporte insertos en los planes de desarrollo futuro (líneas de metro, vías exclusivas de transporte público, etc.). Su preparación les permite desenvolverse con seguridad en ámbitos profesionales y académicos, a nivel nacional e internacional, lo cual hace que el grupo de transporte de nuestra Facultad sea considerado uno de los centros importantes de investigación y desarrollo en el área de transporte a nivel mundial”.