



INSTITUTO DE INGENIEROS
CHILE

CAPITAL HUMANO para la COMPETITIVIDAD

EL CASO DE LA INGENIERÍA CIVIL



COMISIÓN DE CAPITAL HUMANO PARA LA COMPETITIVIDAD • 2013

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Fundado en 1888

Miembro de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI)

Miembro de la Federación Mundial de Organización de Ingenieros (FMOI) (WFEO)

Miembro de la American Society of Civil Engineers (ASCE)

JUNTA EJECUTIVA

Presidente

Tomás Guendelman Bedrack

Primer Vicepresidente

Germán Millán Pérez

Segundo Vicepresidente

Carlos Mercado Herrerros

Secretario

Iván Álvarez Valdés

Prosecretaria

Silvana Cominetti Cotti-Cometti

Tesorero

Juan Carlos Barros Monge

Protesorero

Javier García Monge

DIRECTORIO 2013

Pedro Acevedo

Iván Álvarez

Elías Arze

Dante Bacigalupo

Marcial Baeza

Juan Carlos Barros

Sergio Bitar

Mateo Budinich

Juan E. Cannobbio

Lautaro Cárcamo

Silvana Cominetti

Alex Chechilnitzky

Raúl Demangel

Fernando de Mayo

Enrique d'Etigny

Roberto Fuenzalida

Javier García

Franco González

Tomás Guendelman

Luis Hevia

Jaime Illanes

Roger Mellado

Carlos Mercado

Germán Millán

Juan E. Morales

Ricardo Nicolau

Guillermo Noguera

Alejandro Sáez

Mauricio Sarrazin

Jorge Yutronic

Secretario General

Carlos Gauthier Thomas

SOCIEDADES ACADÉMICAS MIEMBROS DEL INSTITUTO

ASOCIACIÓN CHILENA DE SISMOLOGÍA E INGENIERÍA ANTISÍSMICA, **ACHISINA**.

Presidente: Patricio Bonelli C.

ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL. CAPÍTULO CHILENO, **AIDIS**.

Presidente: Alexander Chechilnitzky Z.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA, **SOCHID**.

Presidente: José Vargas B.

SOCIEDAD CHILENA DE GEOTECNIA, **SOCHIGE**.

Presidente: Javier Ubilla V.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE, **SOCHITRAN**.

Presidente: Alejandro Tudela R.

PMI SANTIAGO CHILE CHAPTER.

Presidente: Hermann Noll V.

SOCIEDAD CHILENA DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA, **SOCHEDI**.

Presidente: Mario Letelier S.

ASOCIACIÓN CHILENA DE CONTROL AUTOMÁTICO, **ACCA**.

Presidenta: Carolina Lagos A.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS.

SECCIÓN CHILE DEL IEEE.

Presidente: Roger M. Mellado

COMISIONES DEL INSTITUTO

CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN EN MINERÍA.

Presidente: Juan E. Morales J.

ENERGÍA.

Presidente: Alejandro Sáez C.

FORMACIÓN DE INGENIEROS.

Presidente: Jorge Yutronic F.

GESTIÓN DE CONTRATOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.

Presidente: Dante Bacigalupo M.

HABILITACIÓN PROFESIONAL.

Presidenta: Silvana Cominetti C.

INGENIERÍA Y SEGURIDAD.

Presidente: Sergio Bitar Ch.

TRABAS A LA MATERIALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.

Presidente: Juan Carlos Barros M.

CAPITAL HUMANO PARA LA COMPETITIVIDAD. EL CASO DE LA INGENIERÍA CIVIL

Presidente

Iván Álvarez V.

Participantes

Ximena Vargas

Raúl Benavente

Héctor Kaschel

Luis Hevia

ÍNDICE

1.	PRESENTACIÓN	5
2.	CONTEXTO DEL TRABAJO	6
3.	OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	8
3.1.	Objetivos	8
3.2.	Metodología y fuentes de información	8
3.3.	Alcance y limitaciones	8
4.	EL CAPITAL HUMANO	10
4.1.	El concepto de capital humano	10
4.2.	El capital humano formado en ingeniería	11
4.3.	La formación de los ingenieros civiles en Chile	12
5.	EL NÚMERO DE INGENIEROS CIVILES FORMADOS EN CHILE	14
5.1.	El número de ingenieros civiles formados en Chile	14
5.2.	Subespecialidades	14
5.3.	Las diez especialidades de ingeniería civil con mayor número de titulados	16
5.4.	La edad de los ingenieros civiles titulados	16
5.5.	Ingenieros civiles titulados en universidades Consejo de Rectores y universidades privadas (1965-2011)	17
5.6.	Evolución de la tasa de la participación de titulados por especialidad respecto de la tasas de participación histórica	17
5.7.	Número de titulados 1965-2011 por zonas geográficas	18
5.8.	Especialidades de los titulados por zonas geográficas	19
5.9.	Las rentas de los ingenieros civiles al 5 ^{to} año laboral	20
5.10.	Proyección de titulados en el período 2012-2020	20
6.	LA DEMANDA POR INGENIEROS CIVILES POR LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN EN CHILE	21
6.1.	Las etapas de un proyecto de inversión	21
	Ejecución y puesta en marcha	22
	Operación y mantención	22
	Modalidades de ejecución de los proyectos de inversión	22
6.2.	Los costos de la ingeniería en Chile	22
6.3.	La participación de la ingeniería en un proyecto de inversión	23
6.3.1.	La ingeniería de procesos	23
6.3.2.	La ingeniería general	23

6.4. Las inversiones en sectores estratégicos en Chile	23
6.5. La demanda proyectada de ingenieros	24
7. CONCLUSIONES	25
8. BIBLIOGRAFÍA	27

TABLAS

Tabla 4-1. Duración de las carreras de Ingeniería Civil (en semestres) en universidades del CRUCH y privadas	13
Tabla 5-1. Titulados y porcentaje de participación respecto del total (1965-2011)	15
Tabla 5-2. Subespecialidades de ingeniería civil	15
Tabla 5-3. Las diez especialidades más numerosas (titulados 1965-2011)	16
Tabla 5-4. Edad de los ingenieros. Titulados últimos 10 años (2002 a 2011) versus titulados desde 1965 a 2001	16
Tabla 5-5. Comparación ingenieros civiles titulados en Universidades Consejo de Rectores versus Universidades Privadas (1965-2011)	17
Tabla 5-6. Evolución de la tasa de participación de titulados por especialidad con respecto de la participación histórica	18
Tabla 5-7. Número de titulados por zona geográfica	18
Tabla 5-8. Especialidades y número de titulados por zonas geográficas	19
Tabla 5-9. Rentas de los ingenieros civiles al 5 ^o año laboral	20
Tabla 5-10. Proyección de titulados en el período 2012-2020	20

1

PRESENTACIÓN

El Instituto de Ingenieros de Chile desde hace más de 120 años, realiza actividades de estudio, investigación y análisis con el objeto de efectuar aportes a la discusión de temas relevantes y urgentes para la solución de grandes problemas nacionales, que inciden directamente en el desarrollo del país.

En este contexto, el directorio de la corporación, tomando conocimiento de las diferentes materias que pueden ser objeto de estos estudios, anualmente decide las Comisiones de Estudio que funcionarán y las materias que tratarán cada una de ellas.

En el caso del presente estudio, durante bastante tiempo ha estado presente la interrogante sobre el número de ingenieros civiles que existe en el país, para abordar los desafíos que impone ser un país desarrollado. Dar una respuesta a esta interrogante fue lo que motivó al directorio para constituir este grupo de estudio.

El presente trabajo de la Comisión Capital Humano, presidida por el Sr. Iván Álvarez, representa un esfuerzo por caracterizar a los ingenieros civiles que se han titulado en las universidades chilenas los últimos 45 años, en particular, el número de titulados, las especialidades, las universidades de origen, entre otras características.

Complementando lo anterior, se proyecta el número de titulados en ingeniería civil de las diferentes especialidades, hasta el final de la década y, en base a la información recopilada, se formula la interrogante de determinar el número de ingenieros civiles requeridos para abordar las inversiones que se proyectan en la actualidad, hasta el 2020.

El trabajo es inédito en sus propósitos, y fija un hito en el conocimiento actual sobre la cantidad de ingenieros civiles, y en consecuencia, de las capacidades que tiene nuestro país para enfrentar los desafíos que demanda la presente década.

Este informe presenta las conclusiones obtenidas en el estudio.

CONTEXTO DEL TRABAJO

2

Este trabajo surge en un contexto nacional afectado por hechos de distinta índole que requieren ser analizados y abordados por el Estado y la Sociedad.

Primero, nuestro país ha pasado a ser miembro de la OCDE desde el año 2010, lo que ha impuesto nuevas exigencias en diversos ámbitos.

Sumado a lo anterior, a nivel de la sociedad chilena, desde el año 2011 se observan en Chile amplios movimientos sociales que exigen profundos cambios en el Estado y los gobiernos, en diversas materias.

Finalmente, otro hecho relevante es que se advierte una caída de Chile en los reportes de competitividad mundial.

El Reporte de Competitividad *Global del World Economic Forum 2013-2014* (WEF) (1), revela que Chile retrocedió un lugar, hasta el puesto 34, siendo ésta la posición más baja ocupada por nuestro país desde que existen datos comparables, y se aleja del lugar 22 que alcanzó en 2004, su mejor lugar hasta ahora. A partir de ese año ha bajado 12 posiciones.

El informe indica que Chile posee un sólido entorno macroeconómico, con una adecuada estructura institucional, un presupuesto público equilibrado y bajos niveles de deuda pública, lo que proporciona al país, sólidas bases que le permiten sostener y mantener su liderazgo competitivo en la región.

Por otra parte, el informe precisa que se han realizado grandes esfuerzos por desarrollar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), lo cual ha rendido frutos.

Se menciona entre los desafíos para el país, mejorar la calidad del sistema educacional, sobre todo en matemáticas y ciencia.

A lo anterior se suma la baja inversión en innovación, especialmente en el sector privado, lo que da lugar a una pobre capacidad de innovación, que puede poner en riesgo la transición del país hacia una economía basada en el conocimiento.

En otra medición, desarrollada por el *Institute for Management Development* (IMD) de Suiza (2), Chile retrocedió dos lugares respecto de la anterior, ubicándose en el lugar 30° del Índice de Competitividad Mundial establecido por esta entidad.

El retroceso estuvo marcado por la eficiencia en los negocios, influenciado principalmente por la caída que anotó el mercado laboral y en la legislación de negocios. El otro factor que anotó un descenso fue el ámbito de la infraestructura; en este ítem, influyó la baja en infraestructura básica e infraestructura científica.

Según este informe, los desafíos pendientes de Chile son educación, salud y energía. En el caso de educación y en el sistema de salud, el IMD plantea que Chile debe reducir la brecha entre los niveles público y privado. Asimismo, la Institución indica que se hace necesario el diseño e implementación de un sistema fiable y diversificado para la matriz energética.

Sin embargo, a pesar de las situaciones mencionadas, las cifras de crecimiento de la economía nacional, así como la tasa de inversión y los niveles de empleo, hacen pensar que Chile tiene reales posibilidades de convertirse en un país desarrollado durante la presente década,

y sobrepasar los US\$20.000 como ingreso per cápita hacia fines de la misma. Sin embargo, lograr este ingreso per cápita, implica alcanzar un Producto Interno Bruto (PIB) del orden de los US\$360.000 millones, para lo que se requerirá, de acuerdo a lo indicado por las autoridades de Gobierno, un nivel de inversión total de 28% del PIB, lo que implicaría que, a esa fecha, se estén invirtiendo del orden de US\$100.000 millones anuales (3).

Lo anterior, muestra que nuestro país tiene grandes desafíos en diferentes áreas, y ello invita a reflexionar sobre la capacidad de Chile para abordarlos; en particular, desde el punto de vista del capital humano requerido.

Este trabajo pretende aportar argumentos a esta discusión, entregando antecedentes concretos sobre el número de ingenieros civiles y de especialidad en que se han formado en las universidades chilenas los últimos 45 años. La importancia de estos profesionales radica en que por su formación y experiencia, históricamente han participado activamente en las iniciativas y proyectos que aportan al desarrollo de nuestro país.

En este informe se espera responder de manera cuantitativa y cualitativa a interrogantes tales como: ¿cuántos ingenieros civiles se han formado en las universidades chilenas en los últimos 45 años?, ¿cuáles son las características de estos ingenieros actualmente? y, por último, ¿existe capacidad para abordar los proyectos de inversión que se proyectan hasta el fin de la década?

OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

3

3.1. OBJETIVOS

Los objetivos propuestos se exponen a continuación:

- a. Determinar de manera aproximada el número de ingenieros civiles titulados de distintas especialidades, formados en las universidades chilenas desde el año 1965 hasta el año 2011.
- b. Identificar algunas características generales de los actuales ingenieros civiles.
- c. Estimar el número de ingenieros civiles que se titularán en las universidades chilenas entre el 2012 y el 2020.
- d. Estimar el número de ingenieros civiles demandados por los proyectos de inversión que se proyectan hasta el fin de la década.

Alcanzando estos objetivos, se pretende mejorar el conocimiento del capital humano existente en nuestro país para abordar los desafíos que le esperan.

3.2. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Para responder las preguntas planteadas y alcanzar los objetivos propuestos, el trabajo se desarrolló en dos etapas. En la primera, se recopilaban datos de fuentes primarias (datos solicitados a instituciones de educación), y de fuentes secundarias (datos de carácter público). En la segunda etapa, se realizaron análisis y proyecciones a partir de los datos obtenidos, a fin de concluir y responder a las preguntas que dieron origen al trabajo.

El número de ingenieros civiles titulados en las universidades chilenas en los últimos 45 años, se obtuvo a partir de datos proporcionados por las universidades consultadas (y de una fuente pública, como es el Consejo Nacional de Educación (CNED)). Esta última fuente se utilizó para complementar la información de los últimos años, en aquellos casos en que fue necesario hacerlo, y para realizar las proyecciones de titulados al año 2020.

Para determinar la demanda por ingenieros civiles se recurrió a información pública sobre los proyectos que podrían materializarse los próximos años, y se consultó a expertos sobre las especialidades de ingeniería requeridas por ellos.

3.3. ALCANCE Y LIMITACIONES

La estimación de la cantidad de ingenieros civiles formados por las universidades chilenas, es un trabajo que requirió de la voluntad de estas instituciones para recopilar información desde 1965 en adelante. Debe considerarse que no toda la información anterior a la década del ochenta se encontraba en medios digitales, y en algunos casos, aún no ha sido totalmente migrada a estos medios, lo que produjo demoras en su obtención, validación y procesamiento. Es por ello, que una primera imprecisión puede provenir de la recuperación de esta información desde los medios de almacenamiento utilizados en esos años, y su traspaso a nuevos medios.

Entre las universidades que realizan el mayor aporte de titulados, no se obtuvo la totalidad de los datos de la Universidad de Santiago para el período 1979 a 1984, que se decidió no estimar, dejando solo los datos que tuviesen respaldo.

Respecto de la clasificación de las ingenierías civiles por especialidad, es necesario precisar que ésta se realizó considerando el primer nombre de la carrera, sin considerar la subespecialidad, en la forma de mención o diploma que acompaña a algunas de ellas. Esto, en concordancia con el primer objetivo del trabajo, que es determinar el número de ingenieros civiles formados por las universidades chilenas en las diversas especialidades.

Con esto presente, la clasificación resulta sencilla de realizar, y a modo de ejemplo, las carreras de Ingeniería Civil Industrial en Automatización y Robótica e Ingeniería Civil Industrial con Diploma en Matemáticas, se clasifican como Ingeniería Civil Industrial. Lo mismo es válido para otras ingenierías civiles que cuentan con subespecialidades.

Otro aspecto que es necesario mencionar y que no es analizado en este trabajo, son las potenciales similitudes y diferencias entre algunas ingenierías civiles y su subespecialidad. En efecto, determinar si una Ingeniería Civil Industrial con una subespecialidad en Ingeniería Eléctrica, puede cubrir parte o la totalidad del ámbito laboral de una Ingeniería Civil Eléctrica, es un tema que requiere un análisis de los perfiles de egreso (no siempre fácilmente disponibles para años anteriores), y de la subespecialidad, la que es otorgada por cada universidad a través de menciones o diplomas, que también presentan variedad en el número de asignaturas y contenidos, entre otros.

Por último, es una realidad que la carrera de ingeniería civil permite participar en ámbitos absolutamente diferentes a la formación recibida, y es habitual ver ingenieros civiles desempeñándose en áreas de finanzas, salud, educación, y otros. Sin embargo, no es materia de este trabajo analizar las áreas en que se desempeñan o podrían hacerlo los ingenieros civiles actuales o futuros titulados.

El trabajo solo da cuenta de la cantidad de ingenieros civiles formados por las universidades chilenas, considerando el título genérico obtenido y no se analizan en detalle las competencias específicas del perfil de egreso de la especialidad, subespecialidad o el potencial laboral de cada una, o donde se encuentran trabajando los titulados.

EL CAPITAL HUMANO

4

4.1. EL CONCEPTO DE CAPITAL HUMANO

El concepto de capital humano fue desarrollado a principios de los años sesenta del siglo XX, por los economistas Gary Becker (4) y Theodore Schultz (5), y se define como el capital incorporado en las personas, especialmente en la forma de educación, y que sería un componente explicativo fundamental del desarrollo económico de los países.

El capital humano se refiere al conocimiento práctico, las habilidades adquiridas y las capacidades aprendidas de un individuo, que lo hacen potencialmente apto para incorporarse de manera productiva al mundo laboral. Estas capacidades se adquieren con la educación, el entrenamiento y la experiencia.

Así expuesto, el capital humano sería un elemento estratégico para la productividad, competitividad, crecimiento, innovación y bienestar de una economía, y la literatura económica lo relaciona con mejores ingresos para los trabajadores, mayor productividad en las empresas y mayor prosperidad de los países, lo anterior fundamentado en evidencia empírica que sugiere que el aumento de capital humano está directa y positivamente relacionado con el incremento en productividad de los trabajadores.

El término capital humano, fue acuñado haciendo una analogía entre la inversión que se realiza en recursos físicos tales como herramientas, maquinas, edificaciones, (capital físico), con el fin de aumentar la productividad del trabajo, y la “inversión” en educación o entrenamiento de la mano de obra, como medio alternativo para lograr el mismo objetivo de incrementar la productividad.

A partir de la II Guerra Mundial, el resultado de la actividad económica o Producto Interno Bruto (PIB) de algunos países, comenzó a depender menos de la producción, o transformación de la materia y energía en productos manufacturados, y más de los servicios, que están basados en información y conocimiento.

El PIB de algunas naciones está compuesto en cerca del 80% por actividades de servicio basadas en conocimiento (6), y el valor contable de algunas organizaciones intensivas en conocimiento, es alrededor del 10% de su valor de mercado. La Economía del Conocimiento constituye entonces una redefinición de los factores de la producción, es decir, de los factores que agregan valor en una sociedad.

De lo anterior se desprende que la habilidad para dominar destrezas específicas y la tecnología, son fundamentales para incrementar la productividad, lo que es una condición esencial para mejorar las posibilidades de crecimiento. Por tanto, la acumulación de un mayor nivel de capital humano, no sólo permite resolver problemas de baja productividad, sino que también impacta positivamente en el crecimiento económico.

Los avances tecnológicos muchas veces requieren que los trabajadores adquieran nuevas habilidades. Al tener la fuerza de trabajo menores destrezas, se limita severamente la adopción y difusión de nuevas tecnologías, transformándose en un cuello de botella para la innovación y productividad, ambos pilares del crecimiento económico.

Por ello, a nivel de las empresas, para ser competitivas éstas necesitan invertir en capital humano.

A manera de conclusión, la literatura sobre capital humano lo presenta como uno de los elementos necesarios para desarrollar la competitividad de los países. Con ello se reconoce que, más allá de las tecnologías, son los conocimientos y el saber de personas cada vez más preparadas, los que aportan el valor agregado a las organizaciones, empresas y países.

4.2. EL CAPITAL HUMANO FORMADO EN INGENIERÍA

El mundo depende cada vez en mayor medida de la ciencia y la tecnología, cuya complejidad es creciente, y es por ello que los países en desarrollo deben formar ingenieros y científicos que puedan mantenerse al tanto de las investigaciones y desarrollos de vanguardia que realizan los países más desarrollados. Por ello, es habitual vincular el desarrollo de las naciones, con su participación de la ciencia y la ingeniería, siendo el objetivo central de esta última, actuar en beneficio de la sociedad, proporcionando soluciones a sus problemas y necesidades, utilizando de manera práctica el conocimiento científico.

La ingeniería se ha constituido en un factor vital en el desarrollo de la sociedad y es probable que en gran parte de los proyectos que ayudan a resolver los problemas que ésta enfrenta, hayan participado ingenieros en su diseño, desarrollo e implementación, utilizando para ello su formación basada en ciencias, ingeniería, tecnología y gestión.

No obstante lo anterior, la disminución de la oferta de ingenieros y su creciente demanda, parecieran ser un problema global, que se suma a algunas dificultades relacionadas con el ejercicio profesional de la ingeniería, debido a la aparición de nuevos factores, en las últimas décadas.

La primera dificultad se refiere a la creciente complejidad y aumento de escala de los problemas que enfrenta la ingeniería, lo que demanda nuevos métodos, herramientas y crecientes inversiones, muchas veces ocasionados por requerimientos ambientales, ecológicos, energéticos u otros.

Junto a ello aparecen las dificultades derivadas de la existencia de múltiples grupos de interés y nuevos actores que ejercen presiones políticas, sociales o legales frente al actuar de la ingeniería.

Por último, la sociedad del conocimiento y la información, así como la velocidad del cambio tecnológico, siguen transformando la sociedad y la industria, afectando y modificando el ejercicio profesional de la ingeniería.

Lo anterior lleva a considerar a la ingeniería, como una actividad en permanente transformación y en continua construcción, a causa de los cambios que se producen en el medio en que se desempeña el ingeniero, así como por el conocimiento y herramientas que utiliza para intervenirlo.

Las lecciones para la enseñanza de la ingeniería son variadas y es probable que la dimensión técnica y tecnológica de los problemas que enfrentan los ingenieros y su capacidad de resolverlos, siga siendo su aspecto distintivo, pero también debe tenerse presente que su labor enfrenta de manera creciente la existencia de grupos de interés con los que debe negociar su actuar, así como también, que su trabajo será evaluado por un ciudadano más consciente e informado que en el pasado.

Adicionalmente, aún siguen teniendo vigencia ciertas cualidades tradicionales del ingeniero, como su apego a los aspectos más concretos de la realidad, el sentido de lo cuantitativo, la capacidad de modelar y diseñar, de servir de puente entre la ciencia y la tecnología, y su potencial como agente innovador y líder en la industria, pero parecieran no ser suficientes para enfrentar los nuevos desafíos. Por eso es necesario considerar nuevos atributos en su formación, tales como la capacidad de trabajar en equipos interdisciplinarios, contar con capacidades de comunicación y percibir las relaciones entre los aspectos técnicos, administrativos, políticos, económicos y ambientales de una situación.

En resumen, se requiere que el ingeniero sea capaz de analizar e integrar, teniendo presente el contexto de la situación que analiza, superando así la visión reduccionista que se concentra exclusivamente en un aspecto específico de un problema o situación.

Lo anterior, exige una formación interdisciplinaria que posteriormente permita al ingeniero desempeñarse fluidamente en los múltiples ámbitos que demanda su quehacer, sosteniendo un diálogo respetuoso con otros saberes, al mismo tiempo que aporte su capacidad de buscar soluciones óptimas no sólo en lo técnico y económico, sino también en lo político, social y ambiental.

4.3. LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS CIVILES EN CHILE

La formación de los ingenieros civiles en Chile hasta comienzos de los años 80, se realizaba en las facultades de ingeniería de las universidades denominadas actualmente tradicionales (públicas y privadas), con currículos relativamente similares, estando los primeros años marcados por un fuerte énfasis en ciencias básicas (matemática, física y química), materias que eran impartidas por departamentos o facultades de ciencias.

Por su parte, la formación en ciencias de la ingeniería y profesional, era en gran medida impartida por docentes, que sin tener mayores grados académicos, venían del mundo laboral a entregar su experiencia.

La formación general del ingeniero se desarrollaba a partir de la incorporación de asignaturas complementarias, que consideraban materias de otras áreas del conocimiento tales como filosofía, leyes o literatura, entre otras. La instancia de acercamiento a la realidad para los estudiantes eran los laboratorios y las prácticas en empresas.

La duración nominal de la carrera era de seis años, y existía una reducida oferta de lo que hoy se conoce como formación continua, que permite actualizar los conocimientos de los ingenieros en ejercicio.

Sin embargo, en la década de los años 70 y 80, Chile vive grandes cambios. En lo económico, la apertura del país aumenta la competencia interna y externa, lo que obliga a las empresas nacionales a ser más competitivas. Simultáneamente se crean nuevas empresas y organizaciones, principalmente de servicios, que demandan una alta profesionalización de su fuerza laboral (por ejemplo: AFP, Isapres, Banca, Seguros, entre otras).

En la misma época, la aparición de las tecnologías de la información y su incorporación a las empresas, produce un cambio en sus estructuras, obligándolas a redefinir los procesos y la forma de trabajar de las personas.

Un factor que ayudó a las empresas existentes a enfrentar las necesarias transformaciones, fue la incorporación de ingenieros civiles en diferentes posiciones dentro de la empresa. De igual forma, las nacientes empresas de servicios que demandaban profesionales de alta calificación, encontraban una respuesta, en los ingenieros civiles, habitualmente recién egresados. Simultáneamente, la informática y su posibilidad de aplicación en diversos ámbitos dentro de las empresas, abre nuevos espacios laborales para los ingenieros civiles de diferentes especialidades, los que se mueven atraídos por esta nueva tecnología.

En la misma época, el ámbito de la educación superior no estuvo exento de transformaciones, y a comienzo de los años 80 el Estado permitió la creación de nuevas universidades privadas autofinanciadas que, en muchos casos, crearon facultades de ingeniería.

Debido a lo anterior, el panorama en la formación de ingenieros civiles es hoy muy diferente. Además de la existencia de una mayor cantidad de universidades que cuentan con facultades y nuevas carreras de ingeniería, se incrementa la diversidad de perfiles de egreso, aun dentro de la misma especialidad, sumándose a ello la aparición de nuevas especialidades con la denominación de ingeniería civil, llegando al año 2013 a un total de 225 carreras de ingeniería civil en el país, distribuidas en 30 especialidades.

La planta académica de las facultades pasa en forma creciente a estar integrada por docentes con perfeccionamiento de posgrado en el extranjero, pero no en pocos casos, con

escasa o nula experiencia o contacto con la realidad laboral. Ello se traduce primero, en una formación con mayor énfasis en aspectos teóricos en los niveles superiores de las carreras, pero también, en la creación de programas de magíster y doctorado. Paralelamente comienza a incrementarse la oferta y la demanda por la formación continua, surgiendo una gran diversidad de programas de postítulos, diplomados y magíster.

La excesiva duración de los estudios y la necesidad de sintonizar las carreras en el contexto global, presiona a las facultades de ingeniería para disminuir la duración de las carreras de ingeniería civil. Este proceso se inicia en el año 2003 y a la fecha el 44,4% de las carreras ya ha reducido su duración nominal de doce semestres, un 29,3% a once semestres y un 15,1% a diez semestres, proceso que se estima continuará su curso en los próximos años.

La **Tabla 4-1** muestra un resumen de la situación expuesta, y el anexo y presenta los detalles.

Tabla 4-1
Duración de las
carreras de Ingeniería
Civil (en semestres)
en universidades del
CRUCH y privadas

Resumen	12 Semestres	11 Semestres	10 Semestres	Total
CRUCH	115 65,7%	50 28,6%	10 5,7%	175
Privadas	10 20%	16 32%	24 48%	50
Total	125 55,5%	66 29,3%	34 15,1%	225 100%

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

Como consecuencia de lo expuesto, se da mayor importancia al aprendizaje significativo, observándose una disminución en la cantidad de horas lectivas dedicadas a las ciencias básicas, agregando horas a las tecnologías de la información y en algunos casos, biología. Las ciencias de la ingeniería reducen el número de asignaturas, trasladando las materias más específicas del ciclo profesional a programas de postítulo o posgrado.

La disminución de asignaturas permite generar espacio para la formación general, la que se ofrece en cursos de diferente naturaleza, prevaleciendo la inclusión de talleres de formación en habilidades personales o blandas (liderazgo, emprendimiento, gestión de recursos humanos, entre otras), sobre todo en aquellas especialidades de ingeniería donde el vínculo con la gestión es mayor.

En una mirada retrospectiva, y a modo de síntesis, puede considerarse que el ingeniero civil formado hace 30 años o más, era preparado para la intervención y modificación de sistemas naturales o físicos, o para la producción, en cambio la formación actual se comienza a realizar en menos años, con una mayor conciencia de que la actividad profesional se desarrollará inserta en sistemas sociales, lo que demanda nuevas competencias personales, cuya definición ha provocado una amplia discusión sobre cuáles son y cuánto tiempo se debe invertir en la formación de los ingenieros para dotarlos de ellas.

EL NÚMERO DE INGENIEROS CIVILES FORMADOS EN CHILE

5

A partir de la información recopilada, y tomando en consideración la clasificación anteriormente expuesta, es posible determinar el número de ingenieros civiles formados en las universidades chilenas y sus respectivas especialidades entre 1965 y 2011, así como conocer características tales como:

- Número de titulados por especialidad.
- Edad de los titulados.
- Titulados en U. Consejo de Rectores y en U. Privadas.
- Evolución de la tasa de la participación por especialidad respecto de la participación histórica.
- Titulados por zonas geográficas.
- Renta al 5^o año de titulado.
- Egresados promedio por especialidad.

5.1. EL NÚMERO DE INGENIEROS CIVILES FORMADOS EN CHILE

Se registran titulados en 26 especialidades, alcanzando un total de 58.858 ingenieros civiles desde 1965 a 2011.

La **Tabla 5-1** muestra el número de titulados de ingeniería civil por especialidad, y su participación relativa respecto del total entre los años 1965-2011.

Se observa que la carrera de Ingeniería Civil Industrial con sus distintas subespecialidades, representan casi el 40% del total de ingenieros civiles titulados, siendo ésta una especialidad en aumento, en particular, por el aporte de titulados de las universidades privadas, y los Programas Especiales de Continuidad de Estudios, que permite a profesionales y licenciados, tales como ingenieros de cuatro o cinco años, licenciados en ciencias y otros similares, acceder al título de Ingeniero Civil Industrial.

Una estimación de cuántos ingenieros civiles realmente están activos en nuestro país, requeriría descontar los extranjeros que han estudiado en Chile y han regresado a su país, los chilenos que habiendo estudiado Chile están en el extranjero y los fallecidos. Sin embargo, dicho análisis está fuera del alcance de este informe.

5.2. SUBESPECIALIDADES

Se detallan las subespecialidades que acompañan a las especialidades de ingeniería civil en la **Tabla 5-2**.

Tabla 5-1
Titulados y porcentaje
de participación
respecto del total
(1965-2011)

	Especialidad	N° titulados	% participación sobre el total
1	Industrial	22.990	39,06%
2	Civil	11.444	19,44%
3	Computación e Informática	4.730	8,04%
4	Mecánica	4.688	7,96%
5	Eléctrica	3.880	6,59%
6	Química	3.405	5,79%
7	Electrónico	2.902	4,93%
8	Minas	1.458	2,48%
9	Metalúrgica	1.214	2,06%
10	Bioquímica	490	0,83%
11	Matemática	328	0,56%
12	Agrícola	266	0,45%
13	Geografía	251	0,43%
14	Biotecnología	158	0,27%
15	Ambiental	281	0,48%
16	Acústica	64	0,11%
17	Materiales	71	0,12%
18	Telemática	27	0,05%
19	Aeroespacial	22	0,04%
20	Industrial Forestales	19	0,03%
21	Industrias de la Madera	16	0,03%
22	Telecomunicaciones	12	0,02%
23	Oceánica	12	0,02%
24	Automatización	6	0,01%
25	Biomédica	122	0,20%
26	Geomática	2	0,00%
	Total	58.858	100,0%

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

Tabla 5-2
Subespecialidades
de ingeniería civil

Industrial	Química, Minas, Electrónica, Electricidad, Mecánica, Bioprocesos, Gestión, Bioingeniería y Medio Ambiente, Sistemas de Gestión, Agroindustrial, Automatización, Logística, Producción, Gestión Industrial, Producción.
Eléctrica	Control Automático y Robótica, Sistemas Electrónicos, Sistemas de Distribución.
Electrónica	Telemática, Automatización, Robótica.
Civil	Obras Civiles, Construcción, Estructura y Geotecnia, Gestión de Obras de Construcción.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

5.3. LAS DIEZ ESPECIALIDADES DE INGENIERÍA CIVIL CON MAYOR NÚMERO DE TITULADOS

Se determinaron las diez especialidades de ingeniería civil con mayor número de titulados, lo que se muestra en la Tabla 5-3.

		N° titulados	% participación sobre el total	% acumulado
1	Industrial	22.990	39,06%	39,1%
2	Civil	11.444	19,44%	58,5%
3	Computación e Informática	4.730	8,04%	66,5%
4	Mecánica	4.688	7,96%	74,5%
5	Eléctrica	3.880	6,59%	81,1%
6	Química	3.405	5,79%	86,9%
7	Electrónico	2.902	4,93%	91,8%
8	Minas	1.458	2,48%	94,3%
9	Metalúrgica	1.214	2,06%	96,4%
10	Bioquímica	490	0,83%	97,2%

Tabla 5-3
Las diez especialidades más numerosas (titulados 1965-2011)

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

Se observa que tres especialidades (industrial, civil e informática) concentran casi dos tercios 2/3 (66,5%) de los ingenieros civiles titulados y diez especialidades concentran el 97,2%.

Las diez especialidades son tradicionales, y su larga data es un factor que explica su mayor participación.

5.4. LA EDAD DE LOS INGENIEROS CIVILES TITULADOS

Otro aspecto interesante a establecer es la edad de los ingenieros civiles, para lo cual se determinó cuántos titulados existen en los últimos 10 años (2002 a 2011) versus los titulados desde 1965 a 2001. Para ello se supuso que la mayoría de los jóvenes, ingresa a estudiar ingeniería civil a los 18 años, proceso que tiene una duración media de 8 años, con lo que la edad de titulación promedio es de 25 años. El resultado se muestra en la Tabla 5-4.

Año de Titulación	N° de titulados	% sobre total titulados
1965 a 2001	27.795	47,2
2002 a 2011	31.063	52,8
1965 a 2011	58.858	100,0

Tabla 5-4
Edad de los ingenieros. Titulados últimos 10 años (2002 a 2011) versus titulados desde 1965 a 2001

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

En la tabla se observa que en los últimos diez años, se ha más que duplicado el número de ingenieros civiles titulados.

Quienes se titularon el 2002, contaban en promedio con 35 años el 2011, representando un 52,8% del total. Esto permite concluir que la población de ingenieros civiles es joven. Sin embargo, los programas de continuidad de estudios, habitualmente de ingeniería civil industrial, cuentan con titulados de mayor edad.

Esta característica es positiva, pues permite pensar en recalificación y emprender cambios de especialidad.

5.5. INGENIEROS CIVILES TITULADOS EN UNIVERSIDADES CONSEJO DE RECTORES Y UNIVERSIDADES PRIVADAS (1965-2011)

Al analizar el aporte al total de titulados de las universidades del Consejo de Rectores, se observa que éste es de un 92% y el de las universidades privadas de un 8% (Tabla 5-5).

De los titulados de las universidades privadas, un 75% es en Ingeniería Civil Industrial.

Tabla 5-5
Comparación
ingenieros civiles
titulados en
Universidades Consejo
de Rectores versus
Universidades Privadas
(1965-2011)

	Especialidad	Consejo de Rectores	Privadas
1	Industrial	19.435	3.555
2	Civil	10.971	473
3	Informática	4.263	467
4	Mecánica	4.688	
5	Electricista	3.880	
6	Química	3.405	
7	Electrónico	2.719	183
8	Minas	1.458	
9	Metalúrgica	1.214	
10	Bioquímica	490	
11	Matemática	328	
12	Agrícola	255	11
13	Geografía	251	
14	Biotecnología	148	10
15	Ambiental	281	
16	Acústica	64	
17	Materiales	71	
18	Telemática	25	2
19	Aeroespacial	22	
20	Telecomunicaciones	12	
21	Biomédica	122	
22	Oceánica	12	
23	Industrias Forestales	19	
24	Industrias de la Madera	16	
25	Geomática	2	
26	Automatización	6	
	Total	54.157	4.701
	Total titulados: 58.858 (100%)	92%	8%

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

5.6. EVOLUCIÓN DE LA TASA DE LA PARTICIPACIÓN DE TITULADOS POR ESPECIALIDAD RESPECTO DE LA TASAS DE PARTICIPACIÓN HISTÓRICA

Se determinan aquellas especialidades que aumentan su participación con respecto a la participación histórica. Para ello se calcula la participación de cada especialidad desde 1965 a 2010, y se realiza lo mismo para cada especialidad para los años 2004 al 2010. Se considera el 2010 como el año de corte por contar con las series de datos completas (Tabla 5-6).

Del análisis se desprende que:

- Crece la participación (es decir hubo un aumento mayor a 10% de la variación en la especialidad), de industrial, informática, agrícola, biotecnología, ambiental, acústica, materiales, telemática, aeroespacial, telecomunicaciones.

- Mantienen su participación (variación de la participación entre -10% a +10%), las especialidades de mecánica, electrónica, metalúrgica, geografía
- Cae la participación (disminuyen sobre un 10%) en civil, eléctrica, química, minas, bioquímica, matemática.

Especialidad	Participación promedio 1965-2011	Participación promedio 2004 a 2010	Variación de la participación
Industrial	39,50%	45,3%	14,8%
Civil	19,52%	14,3%	-26,7%
Informática	8,29%	10,6%	28,1%
Mecánica	7,67%	7,7%	0,9%
Eléctrica	6,55%	5,4%	-17,6%
Química	5,76%	3,7%	-35,9%
Electrónica	5,02%	5,2%	4,4%
Minas	2,43%	2,0%	-16,3%
Metalúrgica	2,04%	1,9%	-7,5%
Bioquímica	0,85%	0,8%	-9,9%
Matemática	0,59%	0,4%	-27,7%
Agrícola	0,44%	0,6%	29,7%
Geografía	0,43%	0,5%	7,2%
Biotecnología	0,29%	0,5%	55,8%
Ambiental	0,23%	0,4%	56,3%
Acústica	0,14%	0,3%	79,0%
Materiales	0,13%	0,2%	62,7%
Telemática	0,05%	0,1%	90,1%
Aeroespacial	0,04%	0,1%	117,4%
Telecomunicaciones	0,02%	0,0%	102,8%
Biomédica	0,01%	0,0%	100%
Otras	0,01%	0,0%	0,0%

Tabla 5-6
Evolución de la tasa de participación de titulados por especialidad con respecto de la participación histórica

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

5.7. NÚMERO DE TITULADOS 1965-2011 POR ZONAS GEOGRÁFICAS

Al revisar el número de titulados por zona geográfica se observa el gran aporte de las universidades de la Zona Central del país en la formación de ingenieros civiles, lo que se muestra en la **Tabla 5-7**.

Zona Norte	Zona Central	Zona Sur
Regiones XV, I, II, III y IV	Regiones V, RM y VII	Regiones VIII, IX, XIV, X y XII
3.240	45.201	10.417
5,5%	76,8%	17,7%

Tabla 5-7
Número de titulados por zona geográfica

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

5.8. ESPECIALIDADES DE LOS TITULADOS POR ZONAS GEOGRÁFICAS

Si se consideran las tres zonas geográficas y se comparan en términos del número de ingenieros titulados, se observa que:

- Las zonas centro y sur, tienen una mayor diversidad de especialidades de ingeniería.
- La zona norte titula ingenieros en especialidades tradicionales.
- La zona centro y sur presentan mayor innovación en especialidades, pero con bajo número de titulados.

Esto se muestra en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8
Especialidades y
número de titulados
por zonas geográficas

Especialidad	Norte	Centro	Sur
	Regiones XV, I, II, III y IV	Regiones V, RM y VII	Regiones VIII, IX, XIV, X y XII
Industrial	1.262	19.465	2.263
Civil	635	9.289	1.520
Computación e Informática	350	2.947	1.433
Mecánica	201	3.154	1.333
Electricista	10	3.217	653
Química	293	2.002	1.110
Electrónico	21	1.924	957
Minas	147	1.311	0
Metalúrgica	167	350	697
Bioquímica	0	490	0
Matemática	0	319	9
Agrícola/Agroindustria	0	11	255
Geografía	0	251	0
Biotecnología	0	158	0
Ambiental	152	108	21
Acústica	0	0	64
Materiales	0	49	22
Telemática	0	27	0
Aeroespacial	0	0	22
Industrias Forestales	0	0	19
Industrias de la Madera	0	0	16
Telecomunicaciones	0	0	12
Oceánica	0	12	0
Automatización	0	0	6
Biomédica	0	117	5
Geomática	2	0	0
Total Anual	3.240	45.201	10.417
	5,5%	76,8%	17,7%

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

5.9. LAS RENTAS DE LOS INGENIEROS CIVILES AL 5^{TO} AÑO LABORAL

Se consideran, de entre los titulados entre 2001 a 2005, los que al 2011 tiene entre cinco y diez años de experiencia. Se ha supuesto que la renta se estabiliza en ese período (Tabla 5-9).

Las carreras de Minas, Metalúrgica, Eléctrica, Mecánica, Civil e Industrial exhiben las mayores rentas al 5^{to} año de titulación, lo que puede explicarse por una alta demanda por ingenieros civiles relativamente escasos, forzando las rentas al alza.

Diferente es el caso de Electrónica, Informática y Química que a pesar de ser comparables en número a Eléctrica y Mecánica, tiene rentas más bajas, probablemente debido a una menor demanda.

Destaca el caso de Informática pues, aunque existe una gran demanda por profesionales del área, ésta podría estar siendo cubierta por personal de menor calificación (técnicos e ingenieros de ejecución), lo que baja su renta.

Especialidad	Titulados totales	Titulados 2001-2005	Renta (\$)
Minas	1.409	303	2.914.892
Metalúrgica	1.182	199	2.462.783
Eléctrica	3.793	808	1.914.009
Mecánica	4.441	1.081	1.874.986
Civil	11.307	2.120	1.657.487
Industrial	22.881	4.639	1.624.393
Electrónico	2.906	466	1.608.416
Informática	4.804	1.049	1.532.210
Química	3.339	459	1.486.752

Tabla 5-9
Rentas de los ingenieros civiles al 5^{to} año laboral

Fuente rentas: www.futurolaboral.cl.

5.10. PROYECCIÓN DE TITULADOS EN EL PERÍODO 2012-2020

Se proyecta el número esperado de ingenieros civiles titulados para las especialidades con mayor participación en el total de titulados, considerando que un 40% de los ingresados termina la carrera. Los resultados se muestran en la Tabla 5-10.

Para los años 2012 a 2020 se observa el gran número de ingenieros civiles industriales, frente a números bastante menores de las otras especialidades.

Títulos	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Industrial	2.467	2.646	2.889	2.791	3.307	3.568	3.615	3.785	3.690
Computación e Informática	924	983	988	930	1.016	1.105	1.136	1.082	1.113
Civil	729	761	721	729	885	951	949	965	965
Mecánica	355	380	384	370	438	452	487	501	503
Minas	119	135	127	127	187	200	349	452	603
Electrónico	285	323	331	302	329	375	338	323	347
Eléctrica	241	256	269	252	295	323	337	381	393
Química	200	226	224	197	237	263	279	277	283
Metalúrgica	126	138	148	171	180	191	210	237	282
Ambiental	98	100	118	98	135	123	103	102	91
Biomédica	52	53	55	53	54	52	52	57	55
Matemática	35	34	43	56	54	44	56	51	52

Tabla 5-10
Proyección de titulados en el período 2012-2020

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

6

LA DEMANDA POR INGENIEROS CIVILES POR LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN EN CHILE

Una última inquietud por resolver, es determinar la capacidad de abordar los proyectos de inversión que se ejecutarán en nuestro país en los próximos años.

Para ello se revisan las etapas de un proyecto de inversión típico y las modalidades de ejecución.

Según el *Project Management Institute*, PMI (7), un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, siendo posible distinguir claramente tres etapas denominadas preinversión, inversión y operación.

6.1. LAS ETAPAS DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN

La preinversión, es la fase preliminar a la ejecución de un proyecto y su objetivo es determinar las bondades económicas, sociales u otras que se obtendrían en caso de llevarse a cabo el proyecto. En esta fase se realiza la preparación y evaluación del proyecto, considerando como fuentes de información, estudios de mercado, técnicas, económicas, legales, medioambientales y financieros, entre otras.

En esta etapa la intervención de la ingeniería es fundamentalmente en los estudios técnicos, definiendo a nivel general (ingeniería conceptual), los aspectos tecnológicos de la solución al problema o necesidad que dio origen al proyecto. Requiere la participación de ingenieros con gran experiencia en el problema y su contexto, y se espera que apoyen la determinación de inversiones, costos y beneficios del proyecto para efectos de la evaluación y toma de decisión de inversión.

La etapa de inversión se desarrolla una vez tomada la decisión de desarrollar el proyecto y es posible distinguir las siguientes etapas:

- Diseño
 - Ingeniería Conceptual
 - Ingeniería Básica
 - Ingeniería de Detalle
- Ejecución
- Puesta en marcha

La etapa de diseño es la etapa del proyecto en la que se proponen y evalúan las opciones esencialmente tecnológicas, así como estratégicas y tácticas que puede seguir el proyecto.

La etapa de diseño es una de las más intensivas en participación de ingenieros de diferentes especialidades, con conocimientos relevantes del proyecto que se ejecuta, así como de las disciplinas involucradas (estructural, mecánica, eléctrica, *pipiing* (ductos y cañerías), sanitaria, hidráulica, instrumentación y control, entre otras).

Esta etapa se compone de tres subetapas:

- **Ingeniería Conceptual**
Es la etapa de generación y selección de alternativas de solución al problema o necesidad. Está estrechamente vinculada a la viabilidad técnica y económica del proyecto. Utiliza como información de base los requerimientos del cliente, usuarios, dueños y potenciales beneficiados con el proyecto, las condiciones y restricciones, y el estado de la tecnología, entre otros.
- **Ingeniería Básica**
Es la etapa de desarrollo de la alternativa seleccionada, quedando reflejados los requerimientos del proyecto en especificaciones técnicas básicas y de costos.
- **Ingeniería de Detalle**
Es la etapa en que se completa el diseño detallado del proyecto que se va a construir. La ingeniería de detalle corresponde a la especificación exacta de las instalaciones que se ejecutarán en el proyecto.

Ejecución y puesta en marcha

Es la etapa de construcción, montaje y puesta en marcha del proyecto, en las que se busca materializar la solución propuesta, privilegiando los plazo, costo, calidad y sustentabilidad.

En esta etapa, se requiere de ingenieros con gran experiencia en implementación y pruebas en terreno de equipos e instalaciones.

Operación y mantención

Es la etapa en que el proyecto entra en operación de acuerdo con las especificaciones y diseño del proyecto.

Modalidades de ejecución de los proyectos de inversión

Muchos proyectos de inversión se desarrollan principalmente a través de modalidades de contratos denominados EPC (*Engineering, Procurement and Construction* o Ingeniería, Adquisiciones y Construcción) y EPCM (*Engineering, Procurement, Construction and Management* o Ingeniería, Adquisiciones, Construcción y Gestión).

En un contrato EPC, un contratista desarrolla la ingeniería, realiza las compras y la construcción.

En un contrato EPCM, un contratista desarrolla la ingeniería, la gestión de adquisiciones, y administra la construcción a nombre del propietario, es decir, el contratista EPCM no es quien construye, sino que actúa como agente del propietario.

A diferencia de un contrato EPC un contrato EPCM es esencialmente un contrato por servicios profesionales.

De acuerdo a los especialistas consultados, la participación de un EPCM en un proyecto, oscila entre un 12% y un 14% del monto total de una inversión, y la ingeniería entre un 2% a un 5%.

6.2. LOS COSTOS DE LA INGENIERÍA EN CHILE

Con el fin de obtener valores referenciales de los servicios profesionales de ingeniería pagados en los proyectos, se consultó a expertos, obteniéndose los siguientes rangos de valores:

- Ingeniería Conceptual : 150 a 200 US\$ por hora
- Ingeniería Básica : 120 US\$ por hora
- Ingeniería de Detalle : 80 a 100 US\$ por hora

6.3. LA PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA EN UN PROYECTO DE INVERSIÓN

La ingeniería involucrada en la actualidad en los proyectos de inversión puede clasificarse en ingeniería de procesos e ingeniería general.

6.3.1. La ingeniería de procesos

Está orientada al diseño, rediseño y optimización de procesos, sean industriales o mineros. Es realizada por ingenieros expertos en el proceso transformacional, lo que demanda habitualmente la intervención de ingenieros con conocimientos de naturaleza fisicoquímica y biotecnológica.

Se desarrolla principalmente en la industria de pulpa y papel, alimentos, química, entre otras.

La demanda de ingenieros recae en ingenieros químicos, mecánicos e industriales con conocimientos de procesos.

Vinculada a esta ingeniería y dado que gran parte de los procesos son altamente automatizados, por la incorporación de tecnologías basadas en electrónica e informática, se incluyen además la ingeniería de instrumentación y de control.

En nuestro país la ingeniería de procesos representa un porcentaje relativamente bajo en los proyectos, dado que la compra de dispositivos, equipos, sistemas, o procesos a empresas foráneas, neutraliza este desarrollo al estar la ingeniería incorporada en ellos, quedando solo una pequeña parte de adaptaciones locales.

Un caso emblemático de aporte nacional realizado a los procesos metalúrgicos, es la lixiviación.

Un aspecto relevante en la actualidad es la protección del medio ambiente, y parte de las obras realizadas en estos proyectos considera este aspecto.

6.3.2. La ingeniería general

Tiene por finalidad, proveer infraestructura y servicios a las instalaciones de los procesos. Las especialidades con mayor demanda son: estructural, mecánica, eléctrica, *pipng* e instrumentación.

Adicionalmente, se incluye la Ingeniería de Minas, cuyo ámbito de acción abarca desde la evaluación de yacimientos hasta la producción de metales o especies minerales de valor comercial, pasando por la explotación de recursos mineros, el procesamiento de minerales y la metalurgia extractiva.

Asociada a la anterior, está la Ingeniería de Túneles, que es la ingeniería relacionada con las obras subterráneas y que dada la actividad minera en nuestro país, cobra especial relevancia.

Finalmente, la Ingeniería de Infraestructura Vial que es el área de la Ingeniería Civil encargada del diseño y mantenimiento de las vías y sus estructuras, es de crucial importancia en el desarrollo de infraestructura.

6.4. LAS INVERSIONES EN SECTORES ESTRATÉGICOS EN CHILE

Para obtener información sobre los proyectos de inversión se recurrió al Catastro de Proyectos de Inversión, Informe Anual que analiza los proyectos de inversión más importantes de la actividad económica del país, y es elaborado por la Sociedad de Fomento Fabril, SOFOFA (8) que cuenta con una actualización permanente, y sus resultados son dados a conocer públicamente cada seis meses.

Se consideran iniciativas por un monto igual o superior a US\$5 millones en inversión en los siguientes sectores económicos: Comercio, Energía, Industria, Infraestructura, Minería, Servicios, Telecomunicaciones y Turismo, quedando excluidos los proyectos dirigidos a los sectores Agrícola, Financiero e Inmobiliario (este último asociado a la edificación de casas

y departamentos de primera vivienda). Se consideran los proyectos cuyo estado de avance califica En Construcción, Por Ejecutar o Potencial.

El catastro al mes de diciembre 2012 arroja un total de 216.000 millones de dólares sólo en los sectores mencionados.

Con esta información se realizó una proyección de ingenieros requeridos para desarrollar estos proyectos.

6.5. LA DEMANDA PROYECTADA DE INGENIEROS

Para estimar la demanda proyectada de ingenieros es necesario realizar algunas simplificaciones y estimaciones, las que se exponen a continuación:

- Se estima que 2/3 de los proyectos en el catastro del 2012 se realizarán, lo que arroja un monto de 144.000 millones de dólares. Esto indudablemente no considera los proyectos que pueden aparecer en los próximos años.
- Se considera que el porcentaje de participación de la ingeniería en la inversión es un 7%, (5% en la ingeniería propiamente tal y un 2% adicional en la dirección del proyecto).
- El valor promedio de la hora de ingeniería se considera US\$150, esto incluye ingenieros con nula experiencia y otros experimentados.

Con estos supuestos, se pueden realizar algunas estimaciones gruesas.

- Monto en Ingeniería y Gestión de Proyectos

Se requiere determinar, del monto total de la inversión, cuánto es en Ingeniería y Gestión de Proyectos

Porcentaje de la Ingeniería en la inversión x Monto de inversión materializada

$$0,07 \times \text{MMU}\$144.000 = \text{MMU}\$10.080$$

- Horas de ingeniería requeridas

Se determinan a partir de:

– Horas de Ing. = Monto en Ingeniería y G. de Proyectos / Valor Hora Ingeniería

Horas de ingeniería = $\text{MM}\$10.080 / 150(\text{US}\$/\text{hrs} - \text{ingeniero}) = 67.200.000$ (hrs – ingeniero) durante los años 2012 a 2018 (7 años)

- Horas por año de ingeniería $67.200.000$ (hrs – ingeniero) / 7 años = $9.600.000$ (hrs – ingeniero / año)

Si se considera una jornada de 9 hrs/día, y 250 días laborales por año, se tiene por cada ingeniero una disponibilidad de 2.250 hrs/año, lo que permite obtener el número de ingenieros anual promedio dedicado a los nuevos proyectos de inversión:

- Número de ingenieros anual promedio dedicado a los nuevos proyectos de inversión = $9.600.000$ (hrs – ingeniero/año) / 2.250 (hrs – ingeniero/ingeniero) = 4.266 ingenieros por año durante los próximos 7 años.

El número de ingenieros determinado, es en las especialidades demandadas por los proyectos, es decir, ingenieros químicos, mecánicos e industriales con conocimientos de procesos, y estructural, mecánica, eléctrica, *piping* e instrumentación para ingeniería general. Al comparar con las cifras promedio de egresados, se observa que ésta no cubre la demanda.

7

CONCLUSIONES

A partir de los datos anteriores, es posible obtener algunas conclusiones sobre el estado actual del número de ingenieros civiles en Chile.

- Las cifras anteriores muestran, de manera general, la realidad de los ingenieros civiles titulados en nuestro país. Hacer una comparación con la situación de otros países no es una tarea fácil, dada las pocas cifras oficiales. Sumando a ello la diversidad de definiciones y categorías de ingeniero, como lo indica el número de años para su formación, de 4 a 6 años dependiendo del país, y por último, lo que algunos países consideran como ingeniería, otros no lo contemplan, por ejemplo, las tecnologías de la información.
- Por otra parte, responder a las preguntas, ¿cuántos ingenieros necesita un país? ¿Cuántos ingenieros necesita titular un país para mantenerse al día con sus necesidades? Si un país produce más ingenieros, ¿se promueve el desarrollo?, ¿Qué tipo de ingeniero debe formar un país? Son preguntas validas pero difíciles de responder, que pueden ser motivo de otro estudio.
- De acuerdo con la información disponible, se registran 58.858 ingenieros civiles titulados en 26 especialidades desde 1965 a 2011.
- Se advierte un número relativamente estable, pero bajo, de titulados en ingeniería mecánica, eléctrica, minas, metalúrgica, que serían las más demandadas por los proyectos de inversión que se proyectan hasta el final de la década. La excepción la constituye ingeniería civil, que muestra un número creciente de titulados, por el aporte que realizan las universidades privadas.
- Los Ingenieros Civiles Industriales tienen la mayor representación, siendo esta una especialidad en aumento, en particular en las universidades privadas y los Programas Especiales de Continuidad de Estudios, que permiten a profesionales y licenciados, tales como ingenieros de cuatro o cinco años, licenciados en ciencias y otros similares, acceder al título de ingeniero civil, habitualmente industrial.
- La Ingeniería Civil Industrial representa casi el 40% de la población de ingenieros titulados y junto a civil e informática, representan 2/3 del total.
- Solo tres especialidades, industrial, civil (obras y construcción), e informática, concentran casi 2/3 los ingenieros civiles titulados y, diez especialidades concentran el 97,2%.
- Las especialidades tradicionales tienen gran participación por su larga data.
- El aporte al total de titulados de las U. privadas es de un 7,0%. De este porcentaje, un 75,6% es de la especialidad ingeniería civil industrial.
- El aporte de titulados de las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores (CRUCH) 92%.
- Los últimos diez años se ha duplicado el número de ingenieros civiles.

- La población de ingenieros es joven. Si se considera que la edad de titulación promedio es de 25 años, poco más del 50% tiene 35 años o menos (al 2011).
- Aumentan su participación los últimos años (aumento mayor a 10%) las especialidades industrial, informática, agrícola, biotecnología, ambiental, acústica, materiales, telemática, aeroespacial, telecomunicaciones, mientras que mantienen su participación (variación entre -10% a +10%), mecánica, electrónica, metalúrgica, geografía, y cae la participación (disminuyen sobre un 10%) de civil, eléctrica, química, minas, bioquímica, matemática.
- Se observa un gran impacto de la Zona Centro (Regiones V, RM y VII) en el aporte de ingenieros.
- Las zona norte (Regiones XV, I, II, III y IV) titula ingenieros en especialidades tradicionales.
- La Zona Centro (Regiones V, RM y VII) y Sur (Regiones VIII, IX, XIV, X y XII) muestran más especialidades, pero con bajo número de titulados.
- Las carreras de Minas, Metalúrgica, Eléctrica, Mecánica, Civil e Industrial tienen mayores rentas al 5^o año de titulados. Esto podría indicar la escasez relativa de titulados en estas áreas.
- Distinto es el caso de Electrónica, Informática y Química que, a pesar de ser comparables en número a Eléctrica y Mecánica, tienen rentas menores.
- Destaca el caso de Informática, dada la gran demanda por profesionales del área, pero podría estar siendo cubierta (o remplazados) por personal de menor calificación (técnicos e ingenieros de ejecución), lo que baja su renta.
- Al realizar un análisis de las carreras más demandadas por los proyectos (civil, mecánica, eléctrica, minas, metalúrgica y química), se observa que las tasas de titulación en estas ingenierías están por debajo de los requerimientos planteados por los proyectos de inversión en el escenario en que se ejecutarán 2/3 de ellos.
- El promedio de titulados anual entre los años 2005 a 2010, es de poco más de 1.200 ingenieros civiles anuales, sin embargo, la demanda debida a los proyectos es de 4.266 ingenieros por año.
- La relativa estabilidad de las cifras de titulación muestra que no hay un crecimiento masivo de estas especialidades, como ocurre con ingeniería civil industrial. Lo anterior se debe a que, en su mayoría, estas ingenierías siguen siendo dictadas por las universidades tradicionales. La excepción la constituye ingeniería civil, que es dictada por varias universidades privadas, sin que esto signifique que estas universidades cubran todas las subespecialidades de esta rama de la ingeniería.

8

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Informe de Competitividad Global 2012-2013, Foro Económico Mundial (*World Economic Forum* en sus siglas en inglés).
- (2) IMD World Competitiveness Ranking 2013.
- (3) Infraestructura crítica para el desarrollo análisis sectorial 2012-2016, Cámara Chilena de la Construcción.
- (4) Gary S. Becker, *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. Chicago, University of Chicago Press. 1963.
- (5) Theodore Schultz
 - *The Economic Value of Education*, New York: Columbia University Press. 1963.
 - *Investment in Human Capital: The Role of Education and of Research*, New York: Free Press. 1971.
 - *Human Resources (Human Capital: Policy Issues and Research Opportunities)*, New York: National Bureau of Economic Research. 1972.
- (6) Bases de datos proporcionadas por:
 - Universidad de Chile.
 - Pontificia Universidad Católica de Chile.
 - Universidad de Concepción.
 - Universidad de Santiago de Chile.
 - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
 - Universidad Técnica Federico Santa María.
 - Universidad Católica del Norte.
 - Universidad Austral de Chile.
- (7) Project Management Body of Knowledge (*PMBOK Guide*), 2013.
- (8) SOFOFA, Catastro de Proyectos de Inversión. II Semestre 2012.

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

San Martín N° 352 • Santiago • Chile
Teléfonos (56-2) 2696 8647 - 2698 4028 • Fax (56-2) 2697 1136

iing@iing.cl

www.iing.cl

CONSEJO CONSULTIVO

Raquel Alfaro Fernandois

Jaime Allende Urrutia

Marcial Baeza Setz

Lautaro Cárcamo Zilveti

Juan Enrique Castro Cannobbio

Jorge Cauas Lama

Joaquín Cordua Sommer

Luis Court Mook

Carlos Croxatto Silva

Alex Chechilnitzky Zwicky

Enrique d'Etigny Lyon

Raúl Espinosa Wellmann

Alvaro Fischer Abeliuk

Roberto Fuenzalida González

Tristán Gálvez Escuti

Alejandro Gómez Arenal

Eduardo Gomien Díaz

Tomás Guendelman Bedrack

Diego Hernández Cabrera

Jaime Illanes Piedrabuena

Fernando Léniz Cerda

Agustín León Tapia

Sergio Lorenzini Correa

Jorge López Bain

Jorge Mardones Acevedo

Germán Millán Pérez

Guillermo Noguera Larraín

Igor Saavedra Gatica

Raúl Uribe Sawada

Luis Valenzuela Palomo

Solano Vega Vischi

Hans Weber Münnich

Andrés Weintraub Pohorille

Jorge Yutronic Fernández

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Empresas Socias

AGUAS ANDINAS S.A.
ALSTOM CHILE S.A.
ANGLO AMERICAN CHILE LTDA.
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.
ARA WORLEYPARSONS S.A.
ARCADIS CHILE S.A.
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO
ATLAS COPCO CHILENA S.A.C.
BANMEDICA S.A.
BESALCO S.A.
CIA. CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA S.A.
CIA. DE PETROLEOS DE CHILE COPEC S.A.
COLBÚN S.A.
EMPRESA CONSTRUCTORA BELFI S.A.
EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A.
EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES S.A.
EMPRESAS CMPC S.A.
ENAEX S.A.
GRUPO URBASER-DANNER S.A.
JAIME ILLANES Y ASOCIADOS CONSULTORES S.A.
METROGAS S.A.
MINERA ESCONDIDA LTDA.
MINERA LUMINA COPPER CHILE S.A.
PACIFIC HYDRO CHILE S.A.
SNC LAVALIN CHILE S.A.
SOCIEDAD GNL MEJILLONES S.A.
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.

Empresas de ingeniería colaboradoras

DSI CHILE CONSTRUCCIÓN
GEOSONDA LTDA.
IEC INGENIERÍA S.A.
JRI INGENIERÍA S.A.
SYNEX INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
ZAÑARTU INGENIEROS CONSULTORES LTDA.