



INSTITUTO DE INGENIEROS
C H I L E

La **GLOBALIZACIÓN** de los Servicios de Ingeniería Originados en Chile

Desafíos y Estrategias

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

Renato Agurto Colima

Secretaria

Ximena Vargas Mesa

Prosecretario

Iván Álvarez Valdés

Tesorero

Juan Carlos Barros Monge

Protesorero

Ricardo Nanjarí Román

DIRECTORIO 2012

Pedro Acevedo

Renato Agurto

Iván Álvarez

Elías Arze

Dante Bacigalupo

Marcial Baeza

Juan Carlos Barros

Bruno Behn

Sergio Bitar

Mateo Budinich

Juan E. Cannobbio

Lautaro Cárcamo

Silvana Cominetti

Alex Chechilnitzky

Raúl Demangel

Fernando de Mayo

Roberto Fuenzalida

Franco González

Tomás Guendelman

Luis Hevia

Carlos Mercado

Germán Millán

Rodrigo Muñoz

Ricardo Nanjarí

Rodrigo Palma

Alejandro Sáez

Mauricio Sarrazín

Alejandro Steiner

Ximena Vargas

Jorge Yutronic

Gerente

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: Ramón Verdugo A.

SOCIEDAD CHILENA
DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE,
SOCHITRAN.

Presidente: Leonardo Basso S.

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.

Presidente: Carolina Lagos A.

INSTITUTE OF ELECTRICAL
AND ELECTRONICS ENGINEERS.
SECCION CHILE DEL IEEE.

Presidente: Rodrigo Palma B.

COMISIONES DEL INSTITUTO

Administración de Desastres.

Presidenta: Silvana Cominetti C.

Desarrollo Capital Humano.

Presidente: Iván Álvarez V.

Energía.

Presidente: Alejandro Sáez C.

Formación de Ingenieros.

Presidente: Jorge Yutronic F.

Ingeniería y Seguridad.

Presidente: Sergio Bitar Ch.

CONSEJO CONSULTIVO

Raquel Alfaro Fernandois

Jaime Allende Urrutia

Santiago Arias Soto

Marcial Baeza Setz

Lautaro Cárcamo Zilveti

Enrique Carrasco Acuña

Juan Enrique Castro Cannobbio

Jorge Cauas Lama

Modesto Collados Núñez

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

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

Jorge Yutronic Fernández



INSTITUTO DE INGENIEROS
C H I L E

LA GLOBALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE INGENIERÍA ORIGINADOS EN CHILE

Desafíos y Estrategias

COMISIÓN GLOBALIZACIÓN
DE LOS SERVICIOS DE INGENIERÍA • 2011

Presidente

Jorge Yutronic F.

Participantes

Juan Carlos Barros

Raúl Benavente

Bruno Behn

Lautaro Cárcamo

Rafael Epstein

Alejandro López

Gerd Reinke

José Manuel Robles

Marco Terán

ÍNDICE

GLOSARIO	6
RESUMEN EJECUTIVO	7
AGRADECIMIENTOS	9
CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LAS TENDENCIAS INTERNACIONALES EN GLOBALIZACIÓN DE SERVICIOS DE INGENIERÍA Y DE LOS PRINCIPALES ACTORES	11
1.1. Los servicios de ingeniería como la tercera onda de <i>offshoring</i> y de servicios globales	11
1.2. Desarrollo y crecimiento de empresas globales	11
1.3. Internacionalización en la búsqueda de mercado y talentos	15
1.4. La necesidad de estar en la vanguardia tecnológica	16
1.5. La creciente importancia de la innovación y la migración de la I+D	17
1.6. Análisis comparativo de sectores industriales asociados a ingeniería global	18
1.7. Un caso particular: análisis de la industria global de la construcción	20
CAPÍTULO 2. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y OPORTUNIDADES DE LOS MERCADOS GLOBALES QUE DEMANDAN SERVICIOS DE INGENIERÍA, Y CUÁLES DE ELLOS PUEDAN SER ATENDIDOS POR EMPRESAS CHILENAS O EXTRANJERAS BASADAS EN CHILE	22
Introducción	22
2.1. Necesidades por SGI competitivos en costo-calidad en mercados de nicho	22
2.1.1. SGI en diseño sismorresistente	22
2.1.1.1. Servicios factibles en diseño sismorresistente	23
2.1.1.2. Oportunidades de SGI en diseño sismorresistente	23
2.1.2. SGI en industria de defensa	24
2.1.2.1. Servicios factibles en industria de defensa	24
2.1.2.2. Oportunidades de SGI en industria de defensa	24
2.1.3. SGI en industria ambiental	25
2.1.3.1. Servicios factibles en industria ambiental	25
2.1.3.2. Oportunidades de SGI en industria ambiental	25
2.1.4. SGI en tecnologías de información y comunicaciones	25
2.1.4.1. Servicios factibles en tecnologías de información y comunicaciones	26
2.1.4.2. Oportunidades de SGI en tecnologías de información y comunicaciones	26
2.2. Demanda por SGI para infraestructura pública	27
2.2.1. Servicios factibles en infraestructura pública	27
2.2.2. Oportunidades de SGI en infraestructura pública	28
2.3. Demanda por SGI multidisciplinarios en grandes volúmenes y bajo costo	29
2.3.1. SGI en industria minera	29
2.3.1.1. Servicios factibles en industria minera	29
2.3.1.2. Oportunidades de SGI en industria minera	30
2.3.2. SGI en industria de pulpa y papel	30
2.3.2.1. Servicios factibles en industria de pulpa y papel	30
2.3.2.2. Oportunidades de SGI en industria de pulpa y papel	31
2.4. Demanda por SGI en industria de alimentos	31
2.4.1. SGI en industria pesquera y acuicultura	32
2.4.1.1. Servicios factibles en industria pesquera	32
2.4.1.2. Oportunidades de SGI en industria pesquera	32
2.4.2. SGI en industria de salmonicultura	32
2.4.2.1. Servicios factibles en industria de salmonicultura	32
2.4.2.2. Oportunidades de SGI en industria de salmonicultura	33
2.4.3. SGI en industria de alimentos elaborados	33

2.4.3.1. Servicios factibles en industria de alimentos elaborados	33
2.4.3.2. Oportunidades de SGI en industria de alimentos elaborados	33
2.4.4. SGI en industria frutícola	33
2.4.4.1. Servicios factibles en industria frutícola	34
2.4.4.2. Oportunidades de SGI en industria frutícola	34
2.4.5. SGI en industria vitivinícola	34
2.4.5.1. Servicios factibles en industria vitivinícola	34
2.4.5.2. Oportunidades de SGI en industria vitivinícola	35
2.5. SGI con potencial de ser desarrollados en el mediano plazo	35
2.5.1. SGI en energías renovables no convencionales (ERNC) y uso eficiente de energía eléctrica (UEEE)	35
2.5.1.1. Servicios factibles en ERNC y UEEE	35
2.5.1.2. Oportunidades de SGI en ERNC y UEEE	36
2.5.2. SGI en teledetección satelital de desastres	36
2.5.2.1. Servicios factibles en teledetección satelital de desastres	37
2.5.2.2. Oportunidades de SGI en teledetección satelital de desastres	37
2.5.3. SGI en procesamiento y análisis de datos astronómicos	38
2.5.3.1. Servicios factibles en procesamiento y análisis de datos astronómicos	38
2.5.3.2. Oportunidades de SGI en procesamiento y análisis de datos astronómicos	38
2.6. Caracterización general de los SGI	39
2.7. Oportunidades más fáciles de atender por la oferta chilena	40
2.7.1. Buenas prácticas en Chile de transparencia y “juego limpio”	40
2.7.2. Demanda entorno a industrias en que Chile es competitivo y conocido internacionalmente	40
2.7.2.1. SGI para industria minera e industria de pulpa y papel	40
2.7.2.2. SGI para infraestructura pública	41
2.7.3. Demanda entorno a industrias asociadas a mercados de nicho	41
2.7.3.1. SGI para diseño sismorresistente	41
2.7.3.2. SGI para industria de defensa	41
2.7.3.3. SGI para industria TIC	42
2.7.4. Mercado objetivo	42
CAPÍTULO 3. LAS LIMITACIONES DE LA INGENIERÍA CHILENA EN LOS SERVICIOS GLOBALES	43
3.1. Capital Humano	43
3.1.1. Déficit de ingenieros	43
3.1.2. Formación de los ingenieros	44
Dominio del idioma inglés	44
Desarrollo de la iniciativa empresarial como parte integral de la formación de los ingenieros	45
Mayor orientación a las aplicaciones prácticas en la formación de los ingenieros	45
Desarrollo de capacidades relacionadas con la globalización en la formación de los ingenieros	45
Movilidad en la formación de los ingenieros	46
Insuficiencias en la formación de ingenieros en su ciclo de vida profesional	46
3.1.3. Limitaciones en la gestión eficiente de proyectos	47
3.1.4. Limitaciones en la gestión de costos y plazos	47
3.1.5. Habilitación de los ingenieros chilenos en el extranjero	47
3.2. El acceso a los mercados	48
3.2.1. El insuficiente conocimiento de los mercados	48
3.2.2. El insuficiente conocimiento de las capacidades chilenas en el contexto global	48
3.2.3. Falta de fomento adecuado a los servicios globales de ingeniería	48
3.3. Negocios de servicios globales de ingeniería	49
3.3.1. Volúmenes críticos de negocios	49
3.3.2. Insuficientes capacidades de las empresas chilenas de SGI	49
CAPÍTULO 4. LA EXPERIENCIA CHILENA EN EXPORTACIÓN DE SERVICIOS DE INGENIERÍA	51
4.1. La ingeniería de consulta. Su papel en el desarrollo tecnológico y la innovación	51
4.2. Desafíos que enfrenta la ingeniería de consulta para cumplir su rol	52
4.3. Desarrollo de la ingeniería de consulta en Chile. Un poco de historia	52
4.4. La ingeniería local y las multinacionales	54
4.5. El capital humano, base del desarrollo de los servicios de ingeniería de consulta	54
4.6. Oferta actual de ingeniería de consulta	55

4.7. La ingeniería local se asoma al mundo externo	57
4.7.1. Las experiencias de internalización de servicios de ingeniería emprendidas hasta ahora en Chile	57
4.7.2. Resultados alcanzados	58
4.7.3. Fortalezas y debilidades de la oferta chilena	58
4.8. Los desafíos y dificultades de la exportación de servicios	59
4.9. El paso de la exportación a la globalización. Desafíos y respuestas	60

CAPÍTULO 5. PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS Y ACCIONES PARA ABORDAR LA GLOBALIZACIÓN

DE LOS SERVICIOS DE INGENIERÍA	62
Introducción	62
Concepto de SGI	63
Actores relevantes	63
Valores de SGI	63
Las Estrategias	65
5.1. Estrategia I: Ampliación y profundización de los accesos a los mercados	66
5.1.1. Objetivos de la estrategia	66
5.1.2. Actuaciones relevantes de la estrategia	66
5.1.2.1. Vigilancia e inteligencia de mercados	67
5.1.2.2. Selección de los mercados objetivos	67
5.1.2.3. Gestión de la demanda y comercialización	67
5.1.2.4. Acciones de apoyo	69
5.1.3. Medios para materializar la estrategia	70
5.2. Estrategia II: mejoramiento y aumento de la oferta de SGI (calidad, volumen y eficiencia)	71
5.2.1. Objetivos de la estrategia	71
5.2.2. Acciones relevantes de la estrategia	72
5.2.2.1. Valorización de la oferta actual	72
5.2.2.2. Profundización y ampliación de la oferta en núcleos competitivos	73
5.2.2.3. Desarrollo y fortalecimiento de la oferta directa para abordar oportunidades relevantes	74
5.2.2.4. Aumento de la frecuencia y efectividad de utilización de los servicios de ingeniería	74
5.2.2.5. Gestionar efectivamente el suministro de servicios de ingeniería	75
5.2.3. Medios para implementar la estrategia	76
5.3. Estrategia III: aceleración de los negocios de ingeniería	77
5.3.1. Objetivos de la estrategia	77
5.3.2. Líneas estratégicas y acciones relevantes	77
5.3.2.1. Potenciar a los actores	77
5.3.2.2. Fortalecer el crecimiento orgánico de las empresas de SGI	78
5.3.2.3. Realizar algunas operaciones del tipo "nacido global"	78
5.3.2.4. Desarrollo de marca	79
5.3.2.5. Mejoramiento y aumento de la inversión y el financiamiento	79
5.3.2.6. Visión global	80
5.3.3. Medios para materializar la estrategia	80
5.4. Estrategia IV: Desarrollo y fortalecimiento de capacidades y competencias	80
5.4.1. Objetivos	81
5.4.2. Líneas estratégicas y actividades relevantes	81
5.4.2.1. Desarrollo de capacidades y competencias suficientes para abordar los negocios en los mercados globales	81
5.4.2.2. Actualizaciones, adecuación y fortalecimiento de la formación y educación continua de ingenieros, técnicos asociados y otros profesionales	82
5.4.2.3. Fortalecer las ingenierías con ventajas comparativas	82
5.4.3. Medios para materializar la estrategia	82
5.5. Estrategia V: sistema de gobierno para el desarrollo y fortalecimiento de los SGI	83
5.5.1. Objetivos	84
5.5.2. Líneas estratégicas y actividades relevantes	84
5.5.2.1. Fortalecimiento de las capacidades y competencias existentes de SGI para abordar los SGI	84
5.5.2.2. Creación de nuevas entidades que para el gobierno efectivo de SGI	84
5.5.3. Medios para materializar la estrategia	84

BIBLIOGRAFÍA	86
---------------------------	-----------

GLOSARIO

- ACTI:** Asociación Chilena de Tecnologías de Información
- AEC:** Arquitectura, Ingeniería y Construcción
- B2B:** *Business to business* (modalidades de comercio entre empresas)
- B2P:** *Business to persons* (modalidades de comercio entre empresa y personas)
- BPO:** Subcontratación en Procesos de Negocios (Sigla en Inglés)
- CEE:** Centro de Estudio Espaciales
- CII:** *Construction Industry Institute* (Instituto de Construcción Industrial)
- CMM:** Centro de Modelación Matemático de la Universidad de Chile
- CORFO:** Corporación de Fomento de la Producción
- EPC:** Ingeniería, Adquisiciones y Construcción
- EPCM:** *Engineering, Procurement, Construction Management* (Ingeniería, Adquisiciones y Gestión de la Construcción).
- ERNC:** Energías Renovables no Convencionales
- I+D:** Investigación y Desarrollo
- IDC:** *International Data Corporation* (Corporación Internacional de Datos)
- IED:** Inversión Extranjera Directa
- IEEE:** Instituto de Ingenieros Eléctricos Electrónicos
- IPC:** Índice de Percepción de la Corrupción
- ITO:** Subcontratación en Tecnologías de Información (Sigla en Inglés)
- ITO:** Inspección Técnica de Obras
- LAC:** Latinoamérica y el Caribe
- MARKET PLACES:** plataforma o lugar en que se desarrolla el mercado
- MBA:** *Master in Business Administration* (Master en Administración de Empresas)
- MDF:** *Medium Density Fibreboard* (tablero de madera aglomerada de densidad media)
- NAE:** *Nacional Academy of Engineering* (Academia Nacional de Ingeniería)
- OFFSHORING:** Subcontratación internacional de servicios y procesos de producción, desde un país a otro
- OSB:** *Oriented Strand Board* (tableros de virutas de madera orientadas)
- PGB:** Producto Geográfico Bruto
- PIB:** Producto Interno Bruto
- SGI:** Servicios Globales de Ingeniería
- SHOA:** Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada
- SIA:** Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
- SIC:** Sistema Interconectado Central
- SSOT:** Sistema Satelital de Observación Terrestre
- TIC:** Tecnologías de Información y Comunicaciones
- UEEE:** Uso Eficiente de Energía Eléctrica

RESUMEN EJECUTIVO

Los Servicios Globales de Ingeniería (SGI) son una industria con una gran experiencia a nivel internacional con participantes tanto de los países desarrollados como también de países emergentes. Para el año 2020 se estima que los SGI alcanzarán una facturación agregada de 150.000 millones de dólares por año. Los SGI son una evolución de la industria *offshore* de servicios de ingeniería que ahora considera las diversas formas y lugares de producción, comercialización y suministro de servicios de ingeniería a escala global.

Chile tiene una oportunidad relevante en la prestación de SGI. Hace 10 años los originados en Chile y que se entregaban en el extranjero eran menores a US\$10 millones y en 2009 ellos alcanzaron a US\$260 millones, lo cual pone en evidencia al menos dos factores relevantes: la voluntad de compra en otros países y la capacidad de los ingenieros chilenos de proporcionarlos con una calidad suficiente.

La oportunidad que se abre para los SGI se caracteriza por:

- El aumento progresivo de la demanda en muchos países por SGI, principalmente como consecuencia de: oferta internacional, precios competitivos, acceso oportuno y calidades específicas suficientes. El mercado de los servicios de ingeniería es cada vez más competitivo pues muchos concurrentes de diversos países han decidido participar activamente.
- Las capacidades de la ingeniería chilena están demostrando ser satisfactorias para atender algunas de las necesidades de parte de esos mercados. Por ejemplo, los SGI de Chile en diseño de plantas de procesos mineros y metalúrgicos se suministran desde Perú a México con una significativa aceptación.
- La experiencia adquirida hasta ahora pone en evidencia que las posibilidades en los mercados de servicios de ingeniería son mucho mayores. Pero que, para abordarlas se requiere una comprensión más profunda de la industria, el fortalecimiento de capacidades y utilizar más intensamente las prácticas de negocios internacionales en el mundo de la ingeniería.

El contexto en que se produce la oportunidad del SGI está determinado por una expansión significativa de la industrialización y urbanización en Asia y América, por cambios tecnológicos relevantes y por una creciente movilidad de profesionales y recursos. Chile puede hacer de los SGI una industria importante. Pero también puede ocurrir que esta actividad no prospere sistemáticamente y sea sólo un conjunto de experiencias anecdóticas. Asimismo, los SGI originados en Chile presentan unas cuantas brechas de las cuáles es necesario hacerse cargo, capital humano, acceso a los mercados y capacidades de las empresas chilenas de SGI.

A diferencia de otras industrias, los negocios de servicios de ingeniería son muy dependientes de las competencias y de la voluntad de los actores para levantar ofertas y suministrar servicios en diversos lugares del mundo. Los SGI requieren capacidades específicas y disposición para “participar activamente en el mundo”, haciéndose cargo de problemas de otros en que la ingeniería es parte de la solución (lo cual contrasta con la exportación de productos industriales).

Ésta es una verdadera encrucijada.

Para abordar esta oportunidad es conveniente realizar un conjunto de acciones que “van más allá” de lo que hacen los profesionales de la ingeniería en sus trabajos cotidianos, abordando a sus clientes y sus requerimientos.

El Instituto de Ingenieros de Chile se propuso estudiar el tema de los SGI por su importancia para Chile y los ingenieros. Con este fin, formó una Comisión que se dedicó a ello y como resultado de su trabajo, el Instituto propone un conjunto de estrategias y familias de acciones, para hacer que esta oportunidad sea abordada en forma efectiva y sistemática, y de este modo contribuir a la construcción de una industria relevante para Chile.

Estas estrategias y familias de acciones se sintetizan en:

- Ampliación y profundización de acceso a los mercados.
- Mejoramiento y aumento de la oferta (en calidad, volumen y eficiencia).
- Aceleración de los negocios de servicios de ingeniería.
- Desarrollo y fortalecimiento de capacidades y competencias.
- Desarrollo y fortalecimiento del sistema de gobierno de SGI.

Estas estrategias son de complementación entre sí y se potencian mutuamente. En todo caso, el desarrollo y fortalecimiento de capacidades y competencias es una base para las otras. Esto es necesario enfatizarlo. No obstante lo anterior, los SGI de Chile han puesto en evidencia que pueden progresar en los mercados internacionales con las consideraciones y capacidades disponibles actualmente. Todavía se puede crecer marginalmente con las capacidades disponibles pero, así como están, representan una limitación para el desarrollo acelerado.

Los SGI de Chile no sólo deben concurrir a abordar las oportunidades sino que a crear condiciones para que se hagan en forma eficiente y oportuna, con buen posicionamiento y competitividad. Por ejemplo, las ingenierías asociadas a la minería y a la construcción en contexto sísmico, tienen atributos distintivos asociados a Chile, que han generado algunas ventajas competitivas.

El Instituto de Ingenieros de Chile entrega este informe a los actores que participan de los servicios de ingeniería (empresas de ingeniería, empresas constructoras e industriales que utilizan servicios de ingeniería, organizaciones de gobiernos, universidades y otras instituciones), pero, principalmente, a los ingenieros. Ellos están en posición de construir una industria importante para Chile en los SGI y este documento pretende servirles como un estímulo y un apoyo para este fin.

AGRADECIMIENTOS

El Instituto de Ingenieros de Chile agradece a cada uno de los miembros de la Comisión por el trabajo realizado y, en especial, a los que participaron en el Comité de Redacción de los capítulos que integran este informe. En el orden en que están mencionados, a los Sres. Marco Terán Aguilar; Juan Carlos Barros Monge; Raúl Benavente García, Alejandro López Alvarado; Lautaro Cárcamo Zilveti, Gerd Reinke Schulz y Jorge Yutronic Fernández.

Asimismo, es preciso extender este reconocimiento a las Facultades de Ingeniería de las Universidades de Chile, de Concepción, Federico Santa María, de Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Diego Portales, por la designación de académicos de dichas Facultades para que se integraran al trabajo de esta Comisión.

Por último, hacer extensivo el agradecimiento a los ingenieros de las empresas que a continuación se mencionan, quienes concurrieron a reuniones de la Comisión a realizar exposiciones que ilustraron a sus integrantes sobre los aspectos más relevantes que fueron objeto del estudio realizado, ellos son: Sr. Andrés Poch, Gerente General de Poch Ambiental S.A. y Presidente de Poch y Asociados; Sr. Juan Carlos Rayo, en representación de JRI; Sr. Luis Valenzuela, en representación de ARCADIS Chile S.A.; los Sres. Robert Edwardes, Simon Carter y Elías Arze Cyr, en representación de Ara WorleyParsons.

También a la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G., por los antecedentes aportados para la elaboración del presente trabajo.

Finalmente, al Ingeniero Sr. Raúl Uribe, director de la Revista Chilena de Ingeniería, que en su calidad de editor de las publicaciones del Instituto colaboró de manera relevante en la revisión de todo el material que integra el presente informe.

CARACTERIZACIÓN DE LAS TENDENCIAS INTERNACIONALES EN GLOBALIZACIÓN DE SERVICIOS DE INGENIERÍA Y DE LOS PRINCIPALES ACTORES

1.1. Los servicios de ingeniería como la tercera onda de *offshoring* y de servicios globales

Debido a los avances tecnológicos, se ha producido un incremento considerable de las transacciones comerciales, asociado al flujo de bienes y servicios alrededor del mundo. En particular, de los servicios globales cuya producción y consumo son ubicuos. En éstos se destacan principalmente los negocios relacionados con *Outsourcing* en Tecnologías de Información (ITO por su nombre en inglés) y *Outsourcing* en Procesos de Negocios (BPO, en inglés) pero una tercera tendencia ha estado expandiéndose rápidamente, debido al aumento de las oportunidades y al impacto en la eficiencia y rentabilidad de los negocios, *Outsourcing* de Servicios de Ingeniería o, más recientemente, Servicios Globales de Ingeniería (*Engineering Global Services*).

El mercado mundial de servicios ha sido estimado por Nasscom y Booz Allen Hamilton¹ en 750 mil millones de dólares por año, de los cuales sólo 10 a 15 mil millones corresponden a Servicios Globales de Ingeniería (SGI); una cifra pequeña comparada con el total de gastos de servicios. Sin embargo, se proyecta que para 2020, los servicios globales de ingeniería representarán más de 150 mil millones de dólares por año.

Considerando las actuales capacidades y competencias de los ingenieros chilenos, y que de esa cifra global sólo 275 millones de dólares son hechos para clientes fuera de Chile por empresas establecidas en el país (2008, IDC²), existe una importante oportunidad para mejorar esa participación, sobre todo considerando que la facturación agregada de servicios de ingeniería en Chile supera los 2.000 millones de dólares (2011, AIC). Para lograrlo en esta industria, sobre la base de un estudio realizado por Nasscom y Booz Allen Hamilton, así como por otras instituciones dedicadas al tema, es necesario contar con un destacado número de graduados e ingenieros con experiencia en operaciones globales en ámbitos relevantes de ingeniería, disponer de una adecuada infraestructura física, una significativa “empresarización” de los servicios y un apropiado compromiso del Estado en desarrollar políticas públicas para asumir un liderazgo en la materia.

1.2. Desarrollo y crecimiento de empresas globales

La creación de empresas que prestan servicios globales ha ido creciendo sostenidamente, lo que ha permitido desarrollar estudios de caracterización de este tipo de empresas. Dichos estudios han permitido revisar y modelar estructuras de recursos y capacidades que entregan las mejores prácticas de las empresas globales.

¹ Valores año 2006 del Estudio “Globalization in Engineering Services, the next frontier for India (2007), Booz Allen Hamilton. Dirigido por National Association of Software and Services Companies en India (Nasscom)”.

² International Data Corporation es una empresa en inteligencia de mercado y consultoría en las industrias de TIC’s y mercados de consumo masivo de tecnología.

Existe evidencia que indica que las empresas globales se inician simultáneamente, o después de haber establecido operaciones nacionales³, lo que implica que no es necesaria una experiencia para promover los emprendimientos globales. En el caso de organizaciones con negocios nacionales previos, la evidencia apunta a que, en general, las empresas globales empiezan su internacionalización con operaciones internas como importación de tecnologías, maquinarias y materias primas para, luego, ingresar a los mercados internacionales con operaciones externas.

Es posible distinguir dos estrategias relevantes de empresas que se globalizan. Una primera corriente importante de internacionalización de empresas, es la inversión en otros países (o inversión extranjera, como es percibida en los países de destino). Esta inversión extranjera se origina en las crecientes oportunidades de diversos mercados locales que no se pueden atender con la inversión local, sea ésta pública o privada. Asimismo, las capacidades ganadas en las primeras operaciones hacen posible generar ventajas competitivas para abordar casos similares en otros lugares, acelerando los procesos de internacionalización. Es por esto que la inversión agregada en un país cualquiera, como consecuencia de las inversiones local y extranjera, genera una necesidad por servicios de ingeniería que deben estar disponibles en cantidad y calidad, en forma oportuna. Con el aumento de la competencia, las empresas de SGI deben movilizarse hacia donde las oportunidades estén realmente en ese momento. Así, por ejemplo, si una compañía minera de Canadá hace una inversión en otro país, tendrá como consecuencia que sus proveedores de servicios de ingeniería tiendan a acompañarlos en sus emprendimientos y a desplazarse a las nuevas localidades.

Además del criterio intensivo en inversión extranjera, y sin ser excluyente con éste, una segunda estrategia relevante de muchas compañías es realizar alianzas y asociaciones en sus procesos de internacionalización. En tal caso, y con el fin de asegurar el éxito de sus emprendimientos internacionales, ellas se involucran en etapas de colaboración con instituciones extranjeras en las áreas de comercialización, fabricación e investigación y desarrollo (I+D). En algunos casos las empresas llegan a formar parte de redes de colaboración durante su proceso de internacionalización. En el caso de compañías consolidadas en el territorio nacional, existe evidencia que algunas con bajos niveles iniciales de internacionalización se han proyectado con dinamismo en los mercados globales, a través de la creación de alianzas locales para competir con otras empresas multinacionales⁴. Estos autores exponen el caso de algunas empresas españolas y sus prácticas de asociación para internacionalizar sus operaciones, en el que identifican cuatro tipos: i) Alianza sólo con empresas nacionales, ii) Asociación con una firma para el acceso a mercados, iii) Alianza con socios multinacionales y iv) Alianza de exploración de oportunidades.

Así, las empresas de SGI participan en estas dos estrategias de sus empresas clientes que se globalizan: asociación a la dinámica de la inversión que se moviliza por doquier y a la de alianzas y asociaciones en función de intereses comunes. Ello está provocando un gran dinamismo en las empresas de SGI que toman posiciones y participan en los mercados relevantes, y por consiguiente, se globalizan. Tales son los casos de Bechtel, Fluor, Worley Parsons, McKinsey y muchas otras.

En síntesis, la globalización de las empresas productivas y de inversión ha llevado a las empresas de SGI a proyectarse en los mismos mercados y, por consiguiente, a operar en ellos con capacidades articuladas en red entre sus diversas oficinas y las de sus asociados.

³ Luostarinen, R., & Gabrielsson, M. (2004). Finnish perspectives of international entrepreneurships. In L.P. Dana (Ed.), *Handbook of research on international entrepreneurship*. Cheltenham: Edward Elgar.

⁴ García-Canal, E., López, C., Rialp, J., & Valdés A (2002). Accelerating international expansion through global alliances: a typology of cooperative strategies. *Journal of World Business* 37, 91-107.

Chile está participando en este proceso globalizador de dos maneras: por una parte como mercado (de clientes y de talentos) de las empresas de SGI provenientes de otros países y, por otra parte, como generador de emprendimientos locales de servicios de ingeniería que se internacionalizan. Estos flujos se potencian mutuamente y producen tanto oportunidades como amenazas para los actores individuales.

Como se expone en el capítulo 4 de este documento, Chile ya tiene casos efectivos, tanto de proyección individual de empresas locales de ingeniería en los mercados internacionales como de alianzas entre empresas (por ejemplo, iniciativa impulsada por las empresas nacionales de ingeniería CADE IDEPE, MINMETAL y ARA a formar la filial INDEC y operar Perú, México, Zambia, Uruguay, Namibia, Tailandia e India).

Una de las cuestiones claves en los SGI es la de disponer de capacidades, recursos y competencias para proporcionar soluciones de ingeniería que sean eficientes, y de calidad, para los clientes en diversos mercados. Varias empresas de SGI han utilizado sus recursos y capacidades internas y únicas para ser competitivos globalmente (por ejemplo, soluciones de ingeniería en procesos críticos de petroquímica o de energía, sistemas integrados de gestión EPCM y otros). Otras empresas de SGI han optado por adquirir las capacidades de ingeniería locales y con ello obtener simultáneamente acceso a clientes y a talentos en un plazo breve. Varias de las empresas de SGI han desarrollado estrategias de crecimiento agresivas, y de gestión del conocimiento, en mayor grado que las empresas que no tenían recursos únicos de competitividad.

Otro factor importante para el desarrollo de las empresas globales es el acceso a los recursos de inversión y financiamiento, lo que puede ser tanto una barrera como una oportunidad, dependiendo del contexto en que se realicen. Las SGI provenientes de los países desarrollados están recurriendo a diversos mecanismos de financiamiento: los flujos de sus propias ventas, en particular cuando logran vender con márgenes altos; los sistemas de financiamiento combinados con los clientes (por ejemplo, en la modalidad de project financing), la atracción de inversionistas, la apertura a la bolsa en Estados Unidos y otros países, los fondos de inversión, el acceso a recursos fiscales y otros. Los requerimientos de financiamiento aumentan, en especial, para las empresas que no tienen suficiente experiencia nacional. En estos casos, los fondos de inversión de riesgo y otros inversionistas son cruciales y éstos requieren, además, de la calidad del negocio, que los ejecutivos de las empresas tengan un perfil de visión global, experiencia en negocios internacionales y relaciones con asociados internacionales. La experiencia de Chile con el mercado de capital de riesgo es relativamente nueva y en el campo de la ingeniería es escasa. Actualmente, existe el instrumento Capital de Riesgo CORFO Inversión Directa en Fondos de Inversión, cuyo objeto es fomentar el desarrollo de esta industria de capital y de incentivar la inversión privada en pequeñas y medianas empresas. Dado que estas firmas de inversión chilenas sólo lo hacen en compañías con verdaderas probabilidades de crecimiento, conducidas por equipos ambiciosos y comprometidos, ellas plantean condiciones claras para los emprendimientos de SGI locales que requieran recursos financieros de ese tipo.

Integrando los diversos factores señalados anteriormente y otros, las empresas de SGI diseñan e implementan estrategias para abordar los mercados, crecer y consolidarse en ellos. En estas estrategias se combinan: la comprensión temprana de las oportunidades, la elaboración de soluciones de ingeniería que sean, tanto eficientes para los clientes, como diferenciadoras respecto de otros concurrentes; el acceso a talentos profesionales dondequiera se encuentren, modelos de negocios que utilizan los activos generados en operaciones anteriores, integración de servicios en la modalidad EPCM y otros; y la utilización intensiva de tecnologías de información para trabajar en red. Diversos estudios describen estrategias, tal como el de Laanti, Gabrielsson & Gabrielsson (2006), en los que establecen una fuerte relación entre los recursos, capacidades y las estrategias de las

empresas globales, y que la experiencia internacional y las destrezas de los ejecutivos son factores claves en el éxito de las empresas globales (FIGURA 1-1).

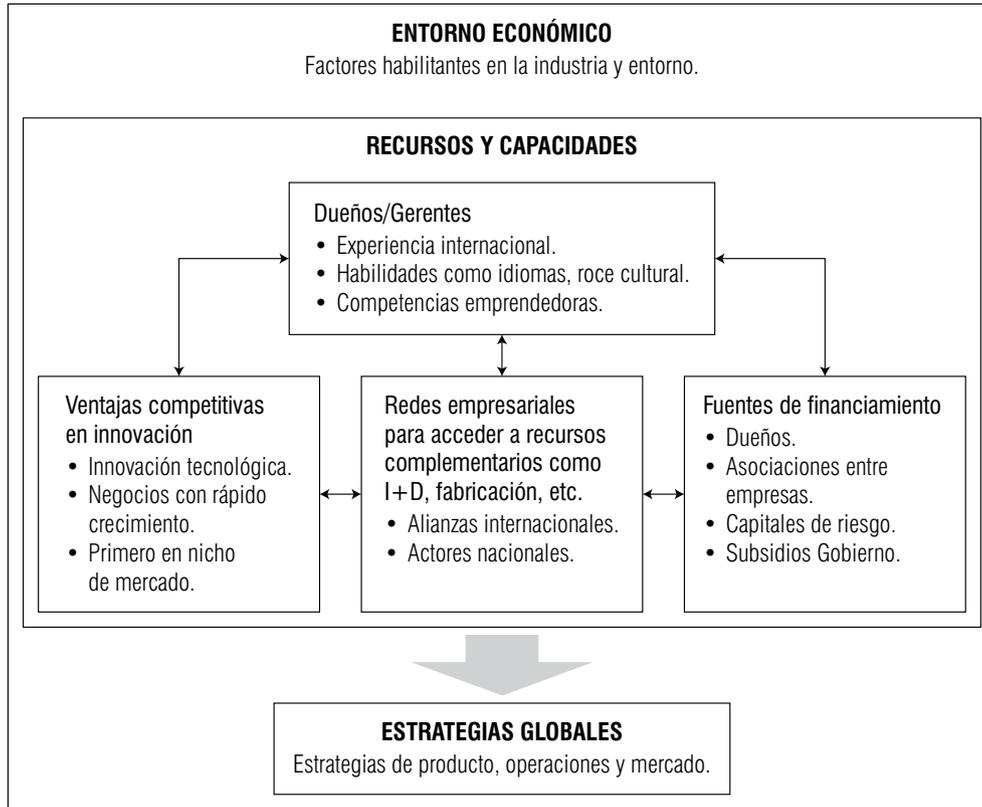


FIGURA 1-1

Factores claves en el éxito de las empresas globales

Fuente: Adaptado de Laanti, R. Gabriellsson, M. & Gabriellsson, P. (2006). The globalization strategies of business-to-business born global firms in the wireless technology industry *Industrial Marketing Management* 36 (2007).

El éxito de las estrategias de globalización de las empresas de servicios de ingeniería depende de varios factores, en particular de sus capacidades críticas iniciales y de la oportunidad en que se insertan en la dinámica global. Está ocurriendo que algunos países quieren ir más allá de lo que han realizado hasta ahora sus empresas en forma individual porque perciben que los SGI constituyen una fuente importante de empleo y generación de valor. Países tan diversos como India, Canadá y Finlandia, por señalar algunos, tienen políticas e instrumentos para apoyar a sus empresas tecnológicas y de ingeniería en sus esfuerzos de internacionalización. En Chile, Innova CORFO ha desarrollado una serie de iniciativas para fomentar las redes internacionales de I+D⁵ y para el apoyo a la proyección de los servicios en otros mercados. Una de esas iniciativas es la del Cluster de Servicios Globales, la cual viene trabajando desde 2009 y que cuenta con un capítulo específico para servicios de ingeniería. Esta organización reúne a los principales actores de esta industria, tanto del mundo privado como público, con el objetivo de transformar a esta industria en un motor de desarrollo del país. Los principales desafíos establecidos por este cluster son: aumentar la promoción internacional de la industria, consolidar la marca "Chile" como localización *nearshore* y duplicar hacia el 2015 el número de graduados para *offshoring* y mejorar sus competencias.

⁵ Programa de Atracción de Centros de Excelencia Internacional para la Competitividad; Consorcios Tecnológicos y; Preinversión para I+D asociativa internacional; entre otros.

No obstante las herramientas presentadas para promover a las empresas, el aceleramiento sólo será posible si existen políticas adecuadas. Una serie de iniciativas de este tipo, se plantean en el capítulo 5 de este documento.

1.3. Internacionalización en la búsqueda de mercado y talentos

Desde el punto de vista de capital humano, uno de los grandes desafíos para desarrollar empresas globales es el insuficiente número y calidad de personas calificadas en la administración de negocios internacionales, en la gestión de proyectos integrados y en algunas especialidades de la ingeniería. Esta escasez relativa (en función del contexto pertinente), provoca la búsqueda, atracción y retención de este tipo de capital humano dondequiera que esté. Dicha tendencia provoca la concentración de profesionales de diverso origen en ciertas ciudades “ancla” y, simultáneamente, la articulación en red entre los núcleos establecidos en ellas. En esa red se movilizan conocimientos y servicios, incluyendo movilidad de personas, lo cual configura el proceso actual de internacionalización de mercados y talentos.

Cuando se involucran inversionistas, como los capitales de riesgo, por ejemplo, se profundizan los requerimientos de capital humano; en particular, de competencias de gerencia internacional, ya que éste es uno de los indicadores clave de éxito de los emprendimientos. Cuando los emprendimientos nuevos son de carácter tecnológico, usualmente sus gerentes son jóvenes y aun cuando son emprendedores tecnológicamente competentes, tienen poca experiencia en negocios internacionales. Cuando los emprendimientos son maduros, a veces en los procesos de globalización se incorporan gerentes que provienen de otras industrias, o de los programas de MBA o similares, lo que plantea el riesgo de su efectividad, en una industria tan particular como la de los SGI.

Todo lo anterior conduce a la necesidad de acelerar la formación de capital humano avanzado para los negocios de SGI, en número y calidad suficientes. Esto plantea un desafío nuevo para la formación y educación continua de ingenieros y de otros profesionales y técnicos. Ya no es suficiente la formación de ingenieros para abordar las necesidades locales de un país. Aquellos países que desean tener una industria relevante de SGI deben formar suficientes ingenieros para tal fin; ello que requiere una renovación en la formación de ingenieros y algunos países ya están asumiendo este desafío.

En forma complementaria, además de la experiencia y competencias profesionales a nivel internacional, las destrezas en idioma extranjero y educación internacional ayudan a ingresar a los mercados extranjeros en forma exitosa e incluso, a menudo, son imprescindibles para saltar las etapas tempranas de internacionalización, como la prospección inicial y captación de primeros clientes. Con ésto, la experiencia y competencias de los profesionales y ejecutivos se potencian principalmente en los nichos de negocios, de tecnologías y de servicios emergentes.

Chile tiene un número pequeño de profesionales con experiencia en el exterior, aunque está aumentando (hacia 2011, AIC estima que hay aproximadamente 15.500 ingenieros y técnicos laborando en Chile en servicios de ingeniería de consulta). Asimismo, el país tiene un número limitado de ingenieros y menos todavía con postgrado o alta especialización. Esto conduce a la necesidad de abordar simultáneamente el mejoramiento y aumento de la formación de ingenieros, en el país y en el extranjero, como asimismo la atracción de profesionales de otros países. El Estado chileno está realizando esfuerzos en el aumento del acceso y de la calidad de la educación superior en el país y también en el acceso al estudio en el extranjero, pero ésto es todavía insuficiente para abordar las necesidades de la ingeniería en la realización a mayor escala de los SGI. Es necesario, mayor capacidad de gestión de inversiones, como también de contratos, riesgos y materias legales y tributarias.

1.4. La necesidad de estar en la vanguardia tecnológica

Uno de los factores para el acceso universal a la información, y el consiguiente efecto en la globalización de los negocios, ha sido el despliegue de Internet y la *Worldwide Web*. Los servicios de ingeniería tienen y tendrán impactos tanto en los contenidos de oferta como en la forma de entregarlos a sus usuarios.

Los servicios de ingeniería se van desplazando desde la lógica “*tailor made*” hacia la lógica de integración de servicios estándares, pero que se configuran en forma de “geometría variable” para diversos tipos de clientes. Esto significa una tendencia hacia la “productización” de los servicios de ingeniería, que los hace más baratos y de calidad predecible para los clientes. Con ello se está produciendo la masificación progresiva de los servicios de ingeniería, lo que representa un desafío para los ingenieros chilenos que deben contar con las capacidades y competencias suficientes para concebir cuáles productos y procesos se deben desarrollar y cómo diseñarlos y construirlos, para crear valor para los clientes en forma competitiva.

El desarrollo de las soluciones de servicios de ingeniería utiliza intensamente las herramientas computacionales y de comunicaciones para el análisis, cálculo, diseño y simulaciones de desempeño.

Además, utiliza laboratorios especializados para probar las tecnologías nuevas, o los mejoramientos de las tecnologías existentes. La venta y la entrega de servicios de ingeniería se apoyan cada vez más en el uso de las plataformas en Internet, tanto en sitios *web* completos, en *web services* y en *market places* del tipo B2B y B2P. La red ya tiene un rol importante en los servicios de ingeniería y aumentará para cubrir esta tercera onda emergente de servicios globales, luego de la primera de *Outsourcing* en Tecnologías de Información (ITO) y de la segunda de *Outsourcing* en Procesos de Negocios (BPO), actualmente en proceso de maduración.

En síntesis, la tecnología juega unos roles críticos en la ingeniería y, más aún, en los SGI. Estar al día en la tecnología es un requisito fundamental para que una empresa pueda participar competitivamente en los mercados.

El acceso y permanencia en la vanguardia tecnológica ocurre como parte de un proceso mayor de transformaciones que están influyendo y acompañando a la ingeniería y, muchas veces, son generadas por ella misma (TABLA 1-1). Es este proceso mayor el que provee sustentabilidad y crecimiento de la industria de los SGI.

- Aumento de flujos de capitales (*Offshoring* y *Outsourcing*)
- *Insourcing* en la entrega de productos.
- Desintermediación.
- Aumento de la modularización de la Ingeniería.
- Fuente de poder de participación ciudadana.
- Simulación de testing por modelamiento computacional.
- Prototipación rápida.
- Sistematización de la re-usabilidad.
- Sistematización de la replicabilidad.
- Aumento de ámbitos de actuación de la ingeniería.
- Aumento de las actuaciones de interdisciplinariedad, multidisciplinariedad y transdisciplinariedad.
- Masificación (acceso de clientes no convencionales).
- Desarrollo de múltiples modalidades de prestación de servicios.
- Migración multidireccional entre modalidades de prestación de servicios.
- Flujo de talentos entre países (China, India, principalmente).
- Expresión de nuevas competencias necesarias de los ingenieros.
- Nuevas tendencias en la formación del ingeniero y de su educación en el tiempo.

TABLA 1-1

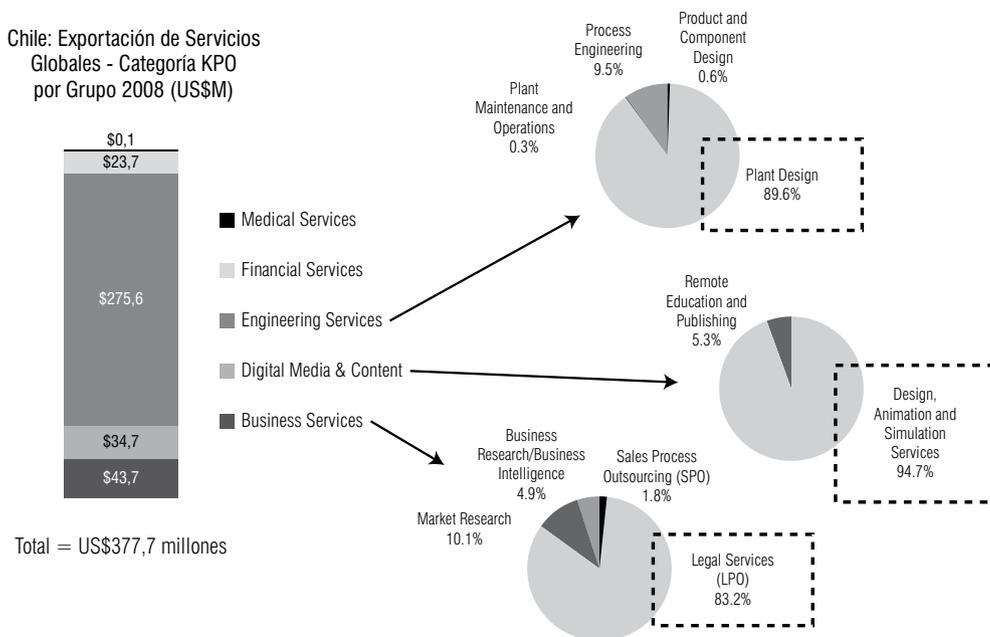
Cambios, transformaciones y tendencias asociados a los servicios de ingeniería

1.5. La creciente importancia de la innovación y la migración de la I+D

Los países en vías de desarrollo tienen importantes diferenciales de costos, respecto de los países desarrollados, que permiten disponer de ventajas comparativas y por ende, competir mejor en el mercado global. No obstante, esa brecha se está acortando, lo que hace necesario contar con nuevas ventajas competitivas a través de recursos distintivos y en lo posible únicos. Chile, según se muestra en la **FIGURA 1-2**, desarrolla principalmente servicios de ingeniería para el diseño de plantas asociadas a sus principales industrias (minera, forestal y otras), lo que produce ventajas comparativas respecto de países que quieren abordar esos mismos avances y ventajas en costos, respecto de los países desarrollados. Pero también hace evidente el escaso desarrollo de áreas con mayor impacto tecnológico, en particular en lo referente a diseño de productos y componentes.

FIGURA 1-2
Clasificación de negocios globales realizados en Chile

Chile: Exportación de Servicios Globales - Categoría KPO por Grupo 2008 (US\$M)



Fuente: IDC, 2009.

La innovación es clave, entonces, para mantenerse competitivo y crear nuevo valor en los SGI; y, en particular, la innovación tecnológica, tan vinculada a los procesos de investigación y desarrollo (I+D). Desde esta perspectiva, el desafío es aumentar la innovación en cantidad y calidad.

Para ello, se hace necesario responder dos tipos de preguntas, ¿qué hacer? y ¿dónde buscar? En tal sentido, la National Academy of Engineering (NAE)⁶ ha manifestado que las empresas estadounidenses fuertes en el desarrollo corporativo de I+D, han realizado una migración desde la I+D tradicional al desarrollo específico de productos, debido principalmente a la agresiva competitividad mundial. Esto ha tenido como consecuencia que las grandes corporaciones han comenzado a adquirir su innovación *outboard*, por ejemplo, mediante la adquisición de empresas *high-tech*. Esto es una oportunidad, en particular para los emprendimientos chilenos promisorios.

⁶ The Offshoring of Engineering: Facts, Unknowns, and Potential Implications (2008).

Profundizando esa tendencia de integración con actores de diversas partes, un estudio realizado por Lucky (2006) analizó los orígenes de los autores de las publicaciones del IEEE (FIGURA 1-3), importante asociación de ingenieros eléctricos y electrónicos a escala global, en que se concluye el cambio de tendencia, desde ingenieros que trabajaban en empresas estadounidenses a un aumento de autores académicos, con un fuerte incremento en instituciones no estadounidenses.

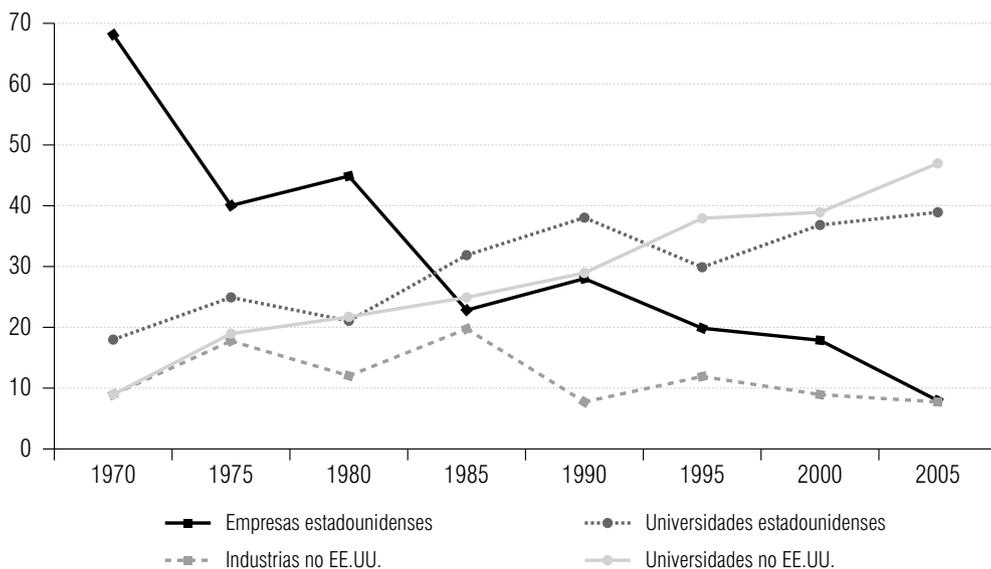


FIGURA 1-3

Distribución de autorías de papers de IEEE Transactions on Communications

Fuente: Lucky, 2006.

Complementando lo anterior, Booz Allen Hamilton e Insead realizaron un estudio sobre la migración de las actividades de I+D (186 empresas con operaciones en 19 países, 17 sectores industriales) y concluyeron que la tendencia es localizar las operaciones de I+D fuera de la casa matriz (45 por ciento en 1975 y 66 por ciento en 2004). Principalmente, los sectores geográficos hacia donde han migrado las unidades de I+D corresponden a China e India, con un incremento del 77% para 2007, reemplazando en forma significativa a Europa, antes foco de I+D para las empresas estadounidenses.

En contraste con la tendencia de reducir costos, como factor principal para el desarrollo de globalización de negocios, según un estudio realizado por Thursby y Thursby (2006), la migración de las locaciones de I+D, es producida por una variedad de factores, dentro de los que destaca el crecimiento potencial del mercado y la calidad de los investigadores y tecnólogos. Esta tendencia, que es relativamente reciente, permite producir una oportunidad para desarrollar políticas públicas relativas a I+D de calidad internacional y con un claro enfoque en la globalización de negocios.

En síntesis, la innovación y la I+D crean oportunidades para elaborar mejores y nuevas soluciones de SGI y para ello se puede utilizar la asociación con entidades de los países desarrollados que buscan nuevas localizaciones para operar.

1.6. Análisis comparativo de sectores industriales asociados a ingeniería global

Los diversos sectores industriales presentan características diferentes en cuanto a las necesidades y oportunidades para los servicios de ingeniería. Un determinado país presenta fortalezas en algunos campos y debilidades en otros. Este análisis es importante

para establecer las estrategias de internacionalización, en particular en lo que respecta a los focos de servicios en los mercados y selección de asociados.

Por ejemplo, The National Academy of Engineering de Estados Unidos realizó un estudio de los sectores industriales con mayor impacto económico que tendrán consecuencias en la globalización de las industrias. En la **TABLA 1-2** se presenta un análisis de industrias estadounidenses que están desagregando sus funciones y por ende, en procesos de externalización, creando nichos de oportunidad para empresas de diversas partes del mundo que quieren incursionar en esas áreas de desarrollo.

TABLA 1-2

Comparación de sectores industriales en EE.UU.

	Software	Semiconductores	Automotriz	Servicios de Ingeniería - Construcción	Farmacéutica	Fabricantes PC
Naturaleza del trabajo ingenieril	Ciertas funciones que pueden ser desagregadas.	Modelo de negocios desagregados, con una clara integración funcional.	Creciente presión por incremento de la eficiencia, además de promover los procesos de innovación abierta.	La disponibilidad de trabajadores especializados es una debilidad creciente.	Dificultades por medidas medioambientales en incremento.	Modelo de negocio desagregado.
Estado actual respecto a la globalización	Recursos en varios países, con desarrollos distribuidos en forma heterogénea.	La globalización ha permitido mantener el liderazgo de innovación y de mercado.	Tendencias sucesiva por la globalización, "construir donde se vende", y tendencia a tener proveedores globales.	Sector de grandes proyectos es más globalizado que el sector de construcción residencial.	Consolidación en incremento, globalización de empresas y mercados.	Ingeniería y fabricación concentrada en China.
Países donde la industria se ha expandido	India en particular, evidencia de crecimiento en otros países asiáticos.	India.	Principalmente, China e India.	Amplio rango de <i>offshoring</i> , además, de India y China, Europa oriental.	China, India, EE.UU. aún tiene potencialidades de inversiones en innovación.	China, Taiwán.
Factores para realizar <i>offshoring</i>	Reducción de costos.	Reducción de costos como principal factor.	Optimización global de desarrollos de plataformas y <i>offshoring</i> de tareas cotidianas.	Crecimiento en equipos interdisciplinarios globales en el sector de grandes proyectos.	Se ha iniciado en pruebas clínicas y con cierta tendencia a otras funciones, pero con limitaciones para desarrollo completo.	Limitado en ciertas y pocas funciones que todavía permanecen en EE.UU.
Vulnerabilidad para externalizar funciones	Más vulnerable: servicio y mantención estandarizada; menos vulnerable: interfaz con cliente final.	Definición de producto es menos vulnerable.	Existe baja capacidad en aquellos negocios donde EE.UU. es el líder de mercado en el desarrollo de ciertos modelos de vehículos. Además, cuando la labor necesita un alto grado de dominio en el conocimiento de una disciplina.	Menos vulnerable: funciones con alto grado de interacción con cliente.	Más vulnerable: pruebas clínicas; menos vulnerable: sofisticación en I+D.	Menos vulnerable: definición clara de características del producto.
Proyección futura	Diversificación de países de destino. Incremento en funciones <i>offshore</i> .	Globalización continua de trabajo ingenieril.	Principalmente para fabricantes de equipos originales.	Incremental con limitaciones por licenciamiento de tecnologías, regulaciones gubernamentales y problemas de seguridad nacional.	Baja probabilidad de externalizar servicios sofisticados, por lo que esta industria no se verá afectada por <i>offshoring</i> .	Empresas seguirán con ciertas funciones en casa matriz americana.

Fuente: Adaptación de Tabla 3-2 The Offshoring of Engineering: Facts, Unknowns, and Potential Implications (2008), The National Academy of Engineering.

1.7. Un caso particular: análisis de la industria global de la construcción

En esta Sección se presenta el caso de la industria de la construcción como ejemplo ilustrativo para identificar las condiciones y contexto de los servicios globales que usa.

En las **TABLAS 1-3 y 1-4** se presentan algunos análisis realizados por Construction Industry Institute (CII)⁷ de EE.UU., para caracterizar los servicios globales en su relación con la industria de la construcción.

Factores de éxito	Factores de fracaso
Comunicación frecuente y expedita, con la posibilidad de realizar reuniones cara a cara.	Carencias en la comprensión de las prácticas de trabajo local, diferencia cultural y lenguajes.
Capacidad para uso de herramientas de TIC's.	Falta de involucramiento de la gerencia.
Procedimientos de comunicación y procesos de trabajo estandarizados.	Respuesta lenta frente a cambios de objetivos y alcances.
Expectativas con alcances definidos y claros.	Incompatibilidad o tecnología de menor grado (<i>hardware</i> y <i>software</i>).
Responsabilidades y roles claramente definidos.	

Fuente: CII Annual Conference 2005.

TABLA 1-3

Factores de éxito y fracaso para el desarrollo de servicios globales en la industria de la construcción

Impacto de los SGI	Sector EPC				
	Aumento mayor al 10%	Aumento entre 0% y 10%	Sin impacto	Reducción entre 0% y 10%	Reducción mayor al 10%
Costo de ingeniería	0	3.8	7.6	42.3	46.1
Costo construcción	0	0	79.1	20.8	0
Tiempo de ejecución	4.0	28.0	40.0	20.0	8.0
Tiempo de entrega	0	4.0	60.0	32.0	4.0
Calidad de ingeniería	4.0	8.0	72.0	16.0	0
Calidad de construcción	4.1	16.6	79.1	0	0

Fuente: CII Annual Conference 2005.

TABLA 1-4

Grado de impacto de los servicios globales en el sector EPC de la industria de la construcción (% de empresas)

La industria de la construcción estadounidense se divide en el sector EPC (Ingeniería, Adquisiciones y Construcción), que involucra construcción de infraestructura e industrial, compuesto principalmente por grandes compañías y el sector AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) que involucra la construcción de edificios y residenciales, siendo realizado principalmente por empresas pequeñas.

Las empresas de EPC son más activas en los mercados internacionales por más de 15 años prestando servicios globales de ingeniería. Los servicios que prestan corresponden principalmente a servicios de ingeniería de detalle para grandes proyectos, sistemas de diseño de proyectos para algunos proyectos e ingeniería local para proyectos internacionales. Específicamente en temas de sistemas de información, se incluye el desarrollo de modelos 3D durante el diseño de procesos, la conversión de maquetas 2D a

⁷ CII es un consorcio vinculado con la University of Texas formado por más de 100 empresas de la industria de la construcción.

modelos CAD y el desarrollo de planos de ingeniería para servicios de la industria del acero y mecánicos.

La reducción de costos es considerada la principal razón para usar la ingeniería global, seguida de una mayor calidad. Respecto a la eficiencia y la reducción del tiempo de desarrollo, no existe consenso en que pueda ser reducido.

Respecto al sector AEC, los principales trabajos están relacionados con la transformación de documentos en modelos 2D CAD o 3D CAD y algunos trabajos relativos a proyectos de edificación. No obstante, el sector AEC estadounidense no ha tenido un alto crecimiento, como sí ha ocurrido con el sector EPC, debido a varias causas, como el menor tamaño de la mayoría de las compañías del tipo AEC, interacción que el dueño de la empresa debe hacer para algunos proyectos, ventajas del conocimiento local de la edificación, la necesidad de seguridad de la información entregada, debido a que este tipo de proyectos tienen como gran consideración el desarrollo de diseño arquitectónico.

CII concluye que el desarrollo de servicios de ingeniería en construcción seguirá expandiéndose por lo que los operadores de SGI deberán atraer nuevos ingenieros para mantener su competitividad a escala mundial.

En consecuencia, se hace imperativo que las empresas que busquen participar en la industria SGI se informen adecuadamente de los mercados objetivos y de los factores impulsores (*drivers*) de cada ámbito de negocios.

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE NECESIDADES Y OPORTUNIDADES DE LOS MERCADOS GLOBALES QUE DEMANDAN SERVICIOS DE INGENIERÍA, Y CUÁLES DE ELLOS PUEDEN SER ATENDIDOS POR EMPRESAS CHILENAS O EXTRANJERAS INSTALADAS EN CHILE

CAPÍTULO 2

Introducción

En el mundo cada vez más globalizado en el que estamos viviendo existen variadas necesidades por Servicios Globales de Ingeniería (SGI) que ya están siendo o que pueden ser atendidas por empresas de ingeniería chilenas o por empresas extranjeras que se han radicado en el país. Además, existen oportunidades en los mercados globales para desarrollar nuevos servicios, de alto valor agregado.

Chile se encuentra en una situación favorable para el desarrollo de estos servicios. Tiene estabilidad económica, política y social, dispone de una moderna infraestructura física y de comunicaciones, está abierto a los mercados globales y tiene profesionales con adecuado nivel de formación. Comparado con otros países, tiene un estándar de vida que lo hace atractivo para el desarrollo de estos servicios.

En este capítulo se identifican y caracterizan las necesidades y oportunidades más accesibles, que se presentan en los mercados globales, que pueden ser atendidas por empresas chilenas o por empresas extranjeras que operan en Chile y que utilizan profesionales chilenos.

2.1. Necesidades por SGI competitivos en costo-calidad en mercados de nicho

Las características geográficas, políticas, históricas y sociales, particulares de Chile, favorecen el desarrollo de sus servicios de ingeniería, que pueden competir en calidad y precio con servicios equivalentes prestados por empresas extranjeras. Entre estos servicios, se encuentran: SGI para Diseño Sismorresistente, SGI para la industria de la Defensa, SGI para la Industria Ambiental y SGI para Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC).

2.1.1. SGI en diseño sismorresistente

Chile, debido a su ubicación geográfica, es uno de los países sísmicos más activos del mundo. En los últimos 450 años, se han registrado 45 terremotos de magnitud superior a 7,5 grados en la escala Richter y dos de los cinco terremotos más grandes de los que se tiene registro, el terremoto de Valdivia de 1960 y el del 27 de febrero de 2010.

A pesar de la magnitud de los sismos que han afectado al país, el daño que han sufrido los edificios y viviendas no es comparable con el ocurrido en otros países en desarrollo, incluso con sismos de menores intensidades. Una de las razones de esto es

que la condición sísmica fue asumida tempranamente, tanto por la ciencia como por la ingeniería nacional, como uno de sus desafíos, desarrollando tempranamente líneas de investigación, estableciendo normas de diseño y formando académicos y profesionales en las diferentes disciplinas relacionadas con las ciencias de la tierra y la ingeniería.

A lo largo de los años, esto ha permitido construir importantes competencias en torno a la ingeniería sismorresistente, competencias por la que los ingenieros chilenos son reconocidos internacionalmente⁸.

2.1.1.1. Servicios factibles en diseño sismorresistente

La ingeniería chilena puede entregar a los mercados globales, entre otros, los siguientes servicios: análisis de riesgo sísmico en instalaciones industriales, edificios de viviendas, oficinas y obras civiles; especificación y determinación de criterios y espectros de diseño; análisis y diseño de estructuras especiales; ingeniería y diseño sismorresistente de estructuras y edificios; verificación y diseño sismorresistente de sistemas eléctricos, cañerías y equipos mecánicos; verificación y refuerzos sísmicos de equipos industriales diseñados por terceros; asesorías y peritajes técnicos y legales en problemas estructurales; geotecnia, dinámica de suelos e ingeniería sísmológica.

2.1.1.2. Oportunidades de SGI en diseño sismorresistente

Cada año se producen en el mundo más de 28.000 sismos, que ocasionan la muerte de un número cada vez mayor de personas. En el período comprendido entre el año 1990 y el año 1999, el US Geological Survey National Earthquake Information Center registró un total de 114.646 muertos. En el período comprendido entre el año 2000 y el año 2009, esta cifra se incrementó en 501%, alcanzando un total de 688.513 muertos.

Además de numerosas muertes, los terremotos, debido al daño que producen, tienen un efecto devastador sobre la población y la economía de las regiones afectadas. El impacto económico de los terremotos varía, dependiendo del nivel de desarrollo del país. En general, las ciudades de los países menos desarrollados son más vulnerables a los terremotos, debido a la baja calidad de sus construcciones y a la mayor migración de personas hacia las ciudades. A modo de ejemplo, se puede indicar que el costo del terremoto de 1989 en Loma Prieta (EE.UU.), fue de US\$8.000 millones y representó un 0,2% del PGB de EE.UU., en tanto que el costo del terremoto de Managua, en el año 1972 fue de US\$5.000 millones, representando un 40% del PGB de Nicaragua⁹.

Los Servicios de Diseño Sismorresistente indicados anteriormente pueden ser entregados, como un servicio especializado, a aquellos países y ciudades en que, debido a la calidad de su construcción, tienen mayor riesgo de sufrir pérdidas humanas y materiales, como podría ser el caso de: Quito, San Salvador y Ciudad de México¹⁰ y a los países que, debido a su ubicación, son más propensos a los sismos, como son aquéllos que están ubicados en el Cinturón de Fuego del Pacífico y que incluyen además de Chile a: Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala, México, Estados Unidos, Canadá, las Islas Aleutianas, las costas e islas de Rusia, China, Japón, Taiwán, Filipinas, Indonesia y Nueva Zelanda.

⁸ QS World University Rankings. Universidades Católica y de Chile figuran entre las 150 mejores universidades del mundo en las carreras de Ingeniería Civil y Estructural.

⁹ Brian Tucker: Trends in Urban Earthquake Hazard and Earthquake Hazard Mitigation in Developing and Industrialized Countries.

¹⁰ GeoHazards International; Luck, Tiffany M., "World's most earthquake-vulnerable cities," Forbes Magazine's Financial Post, 23 de mayo, 2008.

2.1.2. SGI en industria de defensa

En el año 1976, el Gobierno de EE.UU. aprobó la enmienda Kennedy. Esta establecía la prohibición de vender armas y repuestos de material bélico a Chile. Frente a este hecho y a la tensa situación que existía en ese momento con los países vecinos, el Gobierno de la época incentivó el desarrollo de la industria nacional de defensa, lo que permitió el fortalecimiento de las empresas existentes tales como: Asmar dedicada al diseño, modernización construcción, mantención y reparación de naves y Famae orientada al mantenimiento, modernización, reparación y fabricación de blindados. Junto con ello se crearon nuevas empresas como Enaer centrada en el mantenimiento, modernización y reparación de, aviones, motores y accesorios y a la fabricación de partes y piezas.

En paralelo, se formaron nuevas empresas que complementaban a las primeras ofreciendo servicios de diseño a medida, fabricación, instalación y pruebas de sistemas automatizados para defensa basados en tecnología digital.

Actualmente, la industria de la defensa nacional está compuesta por alrededor de diez empresas altamente especializadas, que emplean a más de 400 ingenieros, algunos de ellos formados en las universidades chilenas y otros en las Academias Politécnicas de las Fuerzas Armadas y en el exterior.

2.1.2.1. Servicios factibles en industria de defensa

El desarrollo que tiene actualmente la industria nacional de defensa le permite entregar a los mercados globales, entre otros, los siguientes servicios:

- Reparación, diseño, modernización y construcción de naves para Fuerzas Armadas o clientes privados.
- Mantenimiento, modernización, reparación, armado y fabricación de partes y piezas de aviones.
- Diseño a medida, fabricación, instalación, puesta en marcha, pruebas y soporte de sistemas automatizados para defensa basados en tecnología digital tales como: guerra electrónica, equipos de comunicación y navegación.
- Mantenimiento y modernización de sistemas electrónicos, proyectos de defensa, radares de control de fuego.
- Desarrollo de sistemas de mando y control, transmisión de datos, control de espacio aéreo, posicionamiento táctico para aplicaciones aéreas, terrestres, de superficie y submarinas.
- Modernización y mantenimiento de vehículos militares y carros blindados.

2.1.2.2. Oportunidades de SGI en industria de defensa

El gasto militar anual mundial el año 2009 fue de US\$1.531.000 millones¹¹. De este total, el 3,5% (US\$54.214 millones) corresponden al gasto militar total anual en que incurren las fuerzas armadas de los principales países de Latinoamérica. Los países de la región que tienen el mayor gasto militar son: Brasil (56%), Colombia (21%), México (11,0%).

La industria nacional está en condiciones de proveer los servicios indicados anteriormente a los países de la región.

¹¹ Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) Military Expenditure Database, Yearbook 2010 Armaments, Disarmament and International Security.

2.1.3. SGI en industria ambiental

El desarrollo que experimentó en los últimos veinte años la industria exportadora nacional requirió un esfuerzo importante por parte de las empresas mineras, forestales y de alimentos por mitigar el impacto que tendría este crecimiento sobre el medio ambiente, para cumplir con los requerimientos legales locales y los establecidos en los tratados de libre comercio suscritos por el país. Esto provocó el desarrollo de una industria de servicios ambientales que hoy puede dar respuesta a las necesidades ambientales más importantes de ese tipo de industrias y también de otras.

2.1.3.1. Servicios factibles en industria ambiental

Chile es reconocido como un país que busca el desarrollo sustentable y que realiza un esfuerzo por proteger el medio ambiente y conservar los recursos naturales, a pesar de que hay mucho por hacer todavía a este respecto. El desarrollo que tiene actualmente la industria nacional de servicios ambientales le permite entregar a los mercados globales, entre otros, los siguientes servicios:

- Proyectos de reducción de emisiones CO₂.
- Consultorías en: producción limpia; gestión ambiental; gestión de residuos sólidos, líquidos y gases; remediación de suelos; estudios y declaraciones de impacto ambiental.
- Tratamientos de: residuos peligrosos; residuos industriales líquidos y sólidos; residuos domiciliarios líquidos y sólidos; aceites y lubricantes usados.
- Potabilización de agua y desalinización de agua de mar.
- Tratamiento de lodos orgánicos e inorgánicos.
- Análisis, medición y monitoreo de agua, suelo y aire.

2.1.3.2. Oportunidades de SGI en industria ambiental

Los mayores requerimientos por servicios ambientales provienen actualmente de los países desarrollados (Japón, Europa y Norteamérica). En la medida en que la protección del medio ambiente adquiera mayor importancia para los países en desarrollo, se empezarán a demandar también estos servicios.

Según la Joint Environmental Markets Unit del Reino Unido, el mercado global anual de los servicios ambientales es de US\$773.000 millones. De este valor, US\$178.000 millones corresponden a servicios ambientales requeridos por los países en desarrollo. El incremento anual esperado en los países en desarrollo es de 10%, en comparación al incremento esperado para estos servicios en los países desarrollados (3% a 5%).

La industria nacional de servicios ambientales está en condiciones de suministrar servicios competitivos, tanto a los países desarrollados como a los que están en vías de desarrollo.

2.1.4. SGI en tecnologías de información y comunicaciones

El uso de TIC ha hecho posible que las empresas puedan prestar servicios desde un lugar diferente al lugar en que se encuentran sus clientes. En los últimos años, se ha instalado en Chile un número importante de empresas de clase mundial para prestar desde el país servicios tecnológicos globales. En el año 2008, la industria de TIC local exportó US\$843 millones y dio trabajo a más de 20.000 personas. La visión de la Asociación Chilena de Tecnologías de Información (ACTI) es que el año 2015 puede alcanzar un nivel de exportaciones de US\$1.500 millones.

2.1.4.1. Servicios factibles en tecnologías de información y comunicaciones

El desarrollo que tiene actualmente la industria TIC nacional permite entregar a los mercados globales los servicios que se indican, en las siguientes áreas:

- Consultoría: diseño, ingeniería, desarrollo de contenidos digitales, mantención de equipos, instalación, configuración y seguridad de redes, *outsourcing* de profesionales y servicios, capacitación y certificación.
- Servicios de aplicación de programas informáticos: desarrollo de programas a ser insertados en microprocesadores, desarrollo de aplicaciones a medida *web* y móviles.
- Servicios de procesamiento y de bases de datos: desarrollo de *software* estándar básico y especializado para el mercado masivo y empresarial.
- Servicios empresariales y gubernamentales: *datacenter*, soporte, mesas de ayuda, *e-learning*, inteligencia de negocios, *e-commerce*, *market place*, *e-government*.

2.1.4.2. Oportunidades de SGI en tecnologías de información y comunicaciones

Los países de Latinoamérica y el Caribe (LAC) han tenido un rol menor en la industria mundial de servicios empresariales a distancia. En el año 2007, LAC representó el 3% de los pagos de empresas de EE.UU. a empresas en el exterior por concepto de servicios de computación e información, en comparación con India que tuvo un 27%. Esta participación, sin embargo, está aumentando ya que las empresas transnacionales han empezado a ver a América Latina y el Caribe como un destino atractivo para la deslocalización.

El mercado global de servicios a distancia está creciendo de manera importante. En la **FIGURA 2-1** se muestra el mercado mundial de servicios a distancia y en la **FIGURA 2-2** se muestra la demanda de trabajadores que requerirán éstos servicios.

Chile tiene, debido a su nivel tecnológico, infraestructura y experiencia, las condiciones necesarias para convertirse en un proveedor de servicios TIC globales. De hecho, en el índice 2011 de la consultora A.T. Kearney (A.T. Kearney Global Services Location Index™, 2011), Chile es considerado el décimo país más atractivo del mundo para la ubicación de servicios internacionales, y el segundo de Latinoamérica, luego de México.

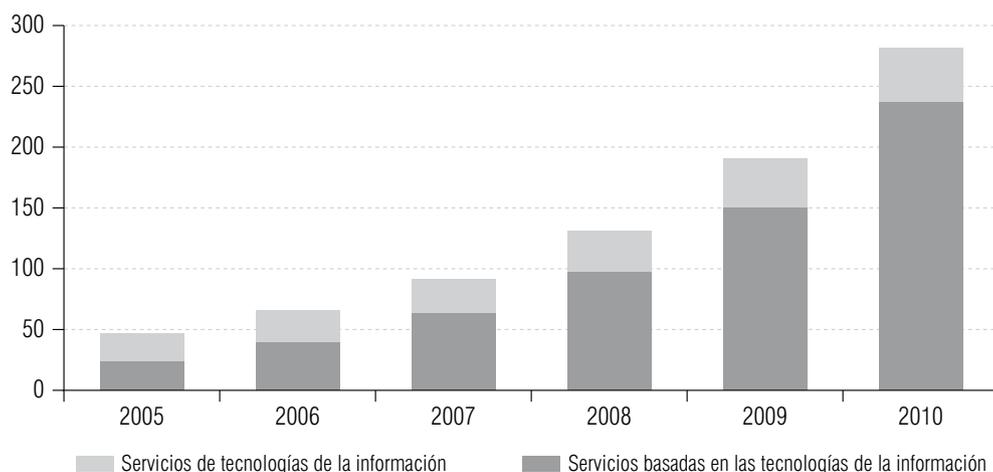
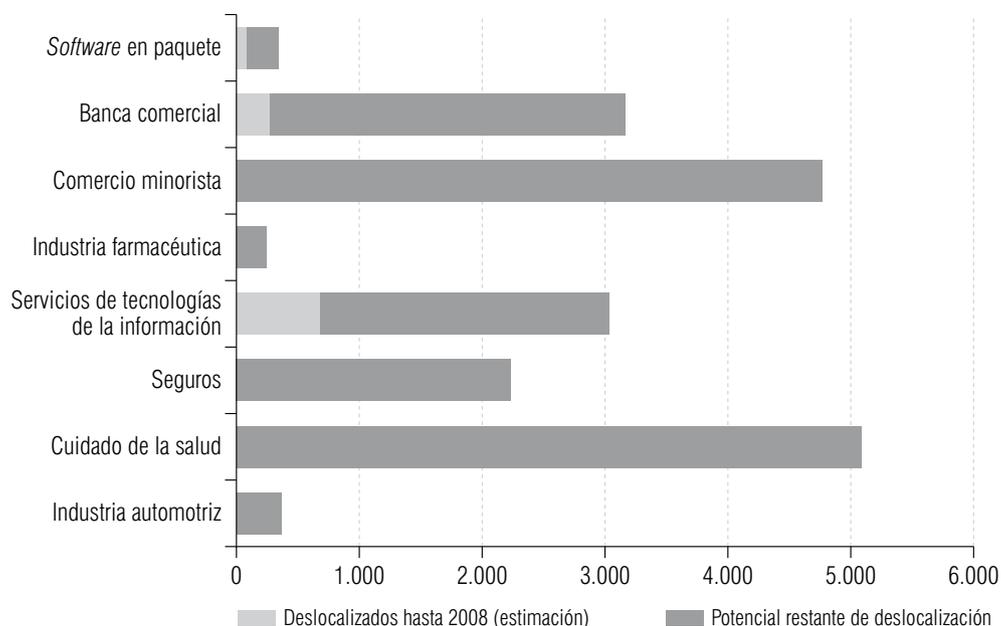


FIGURA 2-1

Mercado mundial de servicios a distancia, 2005-2010 (en miles de millones de dólares)

FIGURA 2-2
Demanda mundial actual y potencial de servicios a distancia (en miles de trabajadores)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de McKinsey Global Institute, "Interactive exhibit. Overview of global supply and demand of offshoring services".

2.2. Demanda por SGI para infraestructura pública

Si bien la industria exportadora nacional ha sido el motor del crecimiento económico del país en los últimos años, el desarrollo económico que ha tenido el país ha ido acompañado por el desarrollo de la infraestructura requerida para ello.

La ingeniería chilena ha realizado importantes aportes en diferentes ámbitos de la infraestructura tales como: diseño de sistemas para generación, transporte y distribución de energía eléctrica; desarrollo de sistemas de agua potable y alcantarillado; diseño y construcción de sistemas de transporte, carreteras, puertos y aeropuertos.

2.2.1. Servicios factibles en infraestructura pública

El desarrollo que han alcanzado en el país las empresas que prestan servicios de ingeniería en el ámbito de la infraestructura pública le permiten entregar, a los mercados globales, los servicios que se indican, en las siguientes áreas:

- Generación, transporte y distribución de energía: generación de energía hidráulica y térmica; sistemas de transmisión y distribución de energía; desarrollo de oleoductos y gasoductos; sistema de almacenamiento y manejo de combustibles.
- Infraestructura para obras hidráulicas: estudio de recursos hídricos; desarrollo de sistema de drenajes y defensas fluviales; diseño de embalses, tranques y canales de riego.
- Agua potable y sanitaria: suministro, tratamiento y distribución de agua potable; recolección y tratamiento de aguas servidas.
- Sistema de transporte: diseño de sistema de ferrocarril metropolitano, de terminales de carga y de pasajeros.
- Desarrollo de carreteras, puentes, túneles viales y ferroviarios, puertos y aeropuertos.
- Sistema de telecomunicación y de transmisión de datos.

2.2.2. Oportunidades de SGI en infraestructura pública

Los países de Latinoamérica y el Caribe (LAC) tienen un déficit importante en la infraestructura básica que se requiere para ser considerado un país desarrollado. En el año 1985, la República de Corea, tenía un ingreso per cápita similar al ingreso per cápita promedio de los países de LAC¹².

Usando como referencia el caso de Corea, y considerando las siete economías más importantes de LAC, para que éstas alcancen un nivel de cobertura en infraestructura similar al que tiene hoy Corea, se necesita realizar una inversión equivalente al 156% del PIB.

En la **TABLA 2-1** se muestra la Inversión requerida, como porcentaje del PGB de cada país, para que las principales economías de la región alcancen un nivel de cobertura en infraestructura por persona similar al que posee actualmente Corea.

País/Región	Inversión requerida en Líneas Telefónicas	Inversión requerida en Teléfonos Móviles	Inversión requerida en Generación de Energía	Inversión requerida en Caminos Pavimentados	Inversión requerida en Líneas Férreas	Inversión Total requerida excluidas Líneas Férreas
Brasil	6%	11%	65%	153%	32%	234%
México	2%	5%	27%	29%	6%	63%
Venezuela	3%	6%	33%	66%	14%	107%
Argentina	2%	4%	23%	0%	20%	123%
Colombia	9%	16%	94%	127%	26%	246%
Chile	4%	7%	39%	104%	21%	153%
Perú	7%	13%	77%	218%	45%	315%
Latinoamérica	4%	8%	47%	97%	20%	156%

TABLA 2-1

Inversión como % del PGB de cada país o región necesaria para alcanzar niveles de infraestructura por persona similar al que posee actualmente Corea¹²

Lo anterior equivale a una inversión anual promedio para estos países de 6% del PIB durante los próximos 20 años, o una inversión anual de US\$215.591 millones. El 77% de esta inversión es requerida por 3 países: Brasil (60%), México (9,0%), y Colombia (8%) (**TABLA 2-2**).

País/Región	PGB 2008 MUS\$	Inversión anual requerida como % del PGB	Inversión anual requerida MUS\$
Brasil	1.621.274	8%	129.702
México	949.576	2%	18.992
Venezuela	334.726	4%	13.389
Argentina	323.800	4%	12.952
Colombia	202.437	9%	18.219
Chile	169.919	5%	8.496
Perú	125.828	11%	13.841
Latinoamérica		6%	215.591

TABLA 2-2

Inversión anual requerida para que los países indicados alcancen un nivel de cobertura en líneas telefónicas, generación de energía eléctrica y caminos pavimentados por persona similar al que posee actualmente Corea¹²

¹² Infrastructure in Latin America & the Caribbean: Recent Developments and Key Challenges, The World Bank.

2.3. Demanda por SGI multidisciplinarios en grandes volúmenes y bajo costo

El flujo anual de Inversión Extranjera Directa (IED) en Latinoamérica y el Caribe tuvo en los últimos tres años, un importante crecimiento. En el año 2006, fue de US\$74.794 millones; el año 2007 US\$111.844 millones y en el año 2008, la IED alcanzó un valor record de US\$131.938 millones.

Este incremento en la IED se ha debido, principalmente, a inversiones realizadas por empresas extranjeras en recursos naturales tales como: minería, celulosa, papel y producción de derivados del petróleo y en varias otras industrias: telecomunicaciones, infraestructura, industria, banca. Más del 84% de la IED de la región se concentra en seis países: Brasil, México, Chile, Colombia, Argentina y Perú.

Las empresas chilenas y las empresas extranjeras de ingeniería que operan en el país han participado, durante los últimos treinta años, en importantes proyectos de inversión relacionados con recursos naturales; en particular, en la industria minera y en la de la pulpa y el papel. Lo anterior les ha permitido desarrollar competencias en el desarrollo de diferentes servicios de ingeniería, como se explicará en el presente capítulo.

Estas empresas forman actualmente una industria madura que puede competir con las grandes empresas globales, no sólo en Chile, sino que ofreciendo también sus servicios en el extranjero.

2.3.1. SGI en industria minera

Chile, con una producción de 5,52 Millones de Ton/Año de cobre, que representan más de un tercio de la producción mundial, es el primer productor mundial de cobre. Esto, unido a que sus reservas económicamente explotables representan el 24% de las reservas mundiales, y al hecho de que cinco de las diez mayores minas de cobre del mundo se encuentran en nuestro país (Escondida, Chuquibambilla, Collahuasi, El Teniente y Los Pelambres) convierten al país en un actor relevante en el mercado global.

Para llegar a esta posición de liderazgo mundial, se ha requerido el desarrollo de importantes proyectos de inversión, en los que la ingeniería chilena fue asumiendo una participación cada vez mayor. A través de los años, las empresas chilenas de ingeniería alcanzaron una participación cada vez más relevante en el desarrollo de proyectos, situación que es conocida por las empresas mineras y por la cual sus profesionales son respetados.

Las empresas extranjeras y globales de ingeniería han mostrado durante los últimos años gran interés por operar en Chile, no solo para proveer servicios al mercado local, sino que también para entregar servicios a sus clientes en el extranjero. Actualmente, las empresas de ingeniería más importantes del país fueron adquiridas o establecieron acuerdos de asociación con grandes multinacionales.

2.3.1.1. Servicios factibles en industria minera

El nivel de desarrollo que han alcanzado en el país las empresas que prestan servicios de ingeniería, en las diferentes fases de desarrollo de un proyecto minero, les permite entregar a los mercados globales servicios en las siguientes áreas:

- Geología y Exploración Minera.
- Evaluación de Yacimientos (geoestadística).
- Geomecánica y Geotecnia.
- Infraestructura minera.

- Explotación a Rajo Abierto.
- Explotación Subterránea.
- Concentración de Minerales (molienda y flotación).
- Hidrometalurgia (lixiviación y electroobtención).
- Pirometalurgia (fundiciones).
- Electrometalurgia (refinerías).
- Medio Ambiente en Minería.
- Gestión de Proyectos Mineros.

2.3.1.2. Oportunidades de SGI en industria minera

En un estudio realizado por COCHILCO¹³ en el año 2007, se incluye un catastro mundial de proyectos y prospectos mineros de cobre para el período 2006-2015. Los 166 proyectos incluidos en el estudio representaban una inversión total en proyectos mineros de cobre de más de 65.000 millones de dólares; el 63% de ésta se concentraba en Estados Unidos (US\$41.290 millones) y el 55,6% restante, en Latinoamérica (US\$36.132 millones).

En un estudio reciente realizado por la misma organización, se indica que la inversión proyectada en Chile en minería del cobre y del oro-plata en los próximos diez años es de US\$50.000 millones, correspondiendo US\$31.000 millones a proyectos en minería del cobre. En caso de considerar la totalidad de la inversión en proyectos mineros a ser desarrollados en América Latina, esta cifra se cuadruplica.

Las empresas chilenas de ingeniería y las empresas extranjeras que operan en el país pueden tomar un rol activo en el desarrollo de estos proyectos. Estas empresas poseen la experiencia necesaria y un buen nivel de desarrollo tecnológico que les permitiría entregar estos servicios a los países latinoamericanos en los que se concentra la inversión minera.

2.3.2. SGI en industria de pulpa y papel

La industria forestal chilena ha sido un actor relevante en el desarrollo de la economía nacional en las últimas dos décadas. En la de los '90, la exportación de productos en esta área alcanzaba US\$1.500 millones; en el año 2006, esta cifra alcanzó los US\$3.900 millones.

El crecimiento de este sector ha requerido el diseño y construcción de nuevas plantas de producción de celulosa, papel y subproductos de la madera tales como MDF, OSB. Este diseño fue desarrollado en su mayor parte por empresas de ingeniería locales, en asociación con empresas extranjeras.

Las competencias que desarrollaron estas empresas o consorcios empresariales les permitieron exportar sus servicios a países vecinos tales como: Argentina, Uruguay y Brasil.

2.3.2.1. Servicios factibles en industria de pulpa y papel

El nivel de desarrollo que han alcanzado en el país las empresas de ingeniería que prestan servicios para la industria de la pulpa y el papel le permiten entregar, a los mercados globales, servicios en las siguientes áreas:

¹³ Catastro Mundial de Proyectos y Prospectos Mineros de Cobre Período 2006-2015. Comisión Chilena del Cobre, Dirección de Estudios.

- Plantas de paneles aglomerados.
- Plantas de celulosa Kraft.
- Plantas productoras de papel.
- Modernización de máquinas papeleras.
- Plantas de reciclado de papel.
- Producción y manejo de chips.
- Plantas térmicas.
- Bodegas y patios de almacenamiento.

2.3.2.2. Oportunidades de SGI en industria de pulpa y papel

Antes de la crisis del año 2009¹⁴, la industria de la pulpa y el papel tenía planificado expandir su capacidad productiva en el hemisferio sur. Es así como, en el año 2007, se estimaba que esta industria incrementaría su capacidad en 25 millones de toneladas anuales de pulpa en un período de cinco años, es decir, tendría un incremento cinco veces superior al incremento promedio de la industria entre los años 1994 y 2004. Esta expansión tendría lugar principalmente en Brasil, Uruguay, Indonesia, Australia, China y Rusia.

La visión que tenía en ese momento la Asociación Brasileña de la Pulpa y el Papel es que Brasil se convertiría en el líder mundial de producción de pulpa, con una capacidad de 18 millones de toneladas, desplazando a Finlandia y Suecia, los mayores productores actuales.

Si bien la mayor parte de los proyectos fueron detenidos durante la crisis, actualmente éstos se han empezado a reactivar, motivados principalmente por el alto precio que ha alcanzado la celulosa. Brasil ha retomado su desafío y se ha fijado como meta alcanzar, el año 2020, una capacidad de producción de 20 millones de toneladas de pulpa. Esto requerirá tener construidas, a mediados del año 2020, diez nuevas plantas de pulpa y papel de 1,2 millones de toneladas/año de capacidad, a un costo unitario promedio de US\$1.400 millones.

2.4. Demanda por SGI en industria de alimentos

La industria exportadora nacional ha sido el motor del crecimiento económico del país en los últimos años. Si bien las mayores exportaciones han estado asociadas a la minería y a la industria de la celulosa y el papel, ha habido también un desarrollo importante del sector alimentos.

Las exportaciones de este sector totalizaron en el año 2009, US\$10.172 millones, y se distribuyeron de la siguiente forma: Industria Pesquera US\$2.325 millones (22,9%), Industria Salmonicultura US\$2.029 millones (19,9%), Industria de Alimentos Elaborados US\$1.603 millones (15,8%), Industria Frutícola US\$2.834 millones (27,9%) e Industria del Vino US\$1.381 millones (13,6%).

El crecimiento de este sector ha requerido un esfuerzo importante por parte de las empresas locales, por incorporar y adaptar tecnologías para poder competir en calidad y precios en el mercado global. Lo anterior ha llevado al desarrollo de una industria de servicios de ingeniería en cada uno de los sectores más relevantes relacionados con la industria de alimentos.

¹⁴ Plantations, poverty and power: Europe's role in the expansion of the pulp industry in the South
Chris Lang <http://chrislang.org>, December 2008.

2.4.1. SGI en industria pesquera y acuicultura

En los últimos veinte años, Chile se ha consolidado como potencia pesquera mundial. Los principales productos exportados el año 2009 y su valor fue: pesca extractiva y acuicultura no salmónida (US\$1.720 millones), harina de pescado (US\$501 millones) y aceite de pescado (US\$104 millones).

Actualmente se exportan productos pesqueros a un total de 118 países. Los principales mercados de exportación son: China, España, Japón, EE.UU. y Francia. Estos países representan el 57,7% del total exportado y ventas por US\$993 millones.

Las principales ventas a los bloques comerciales fueron: APEC con 42,5%, Unión Europea, con 32%, Nafta con 9,7% y América Latina y el Caribe un 9,3%. La participación en el valor de las exportaciones corresponde a 55,5% en consumo humano, 35,10% en harina y aceite y 9,4% en algas.

2.4.1.1. Servicios factibles en industria pesquera

El desarrollo del mercado pesquero ha permitido construir, en paralelo, a lo largo de los años, diferentes competencias técnicas e introducir nuevas tecnologías tanto en las empresas pesqueras como en sus empresas proveedoras.

Entre las competencias más destacadas se encuentran: desarrollo de modernos métodos de pesca, diseño de anzuelos, cambios en el diseño y tamaño de las redes de pesca, mecanización del proceso de pesca, diseño y fabricación de embarcaciones, desarrollo de instrumentos electrónicos y equipos de sonar, diseño de sistemas para mantención de pescados refrigerados y desarrollo de plantas procesadoras de pescado y de elaboración de harina de pescado.

2.4.1.2. Oportunidades de SGI en industria pesquera

Las competencias técnicas e innovaciones introducidas en este período por las empresas pesqueras y sus proveedores, han hecho posible que los buques puedan permanecer períodos más largos en el mar, disminuyendo el costo unitario de las capturas y aumentando su efectividad.

Estas competencias, para las cuales es necesario identificar un mercado, pueden ser aportadas como SGI para la industria pesquera, en aquellos países que, teniendo una participación relevante en el mercado de la captura de peces, elaboración de harina de pescado y producción de aceite de pescado, no las han desarrollado aún, por lo que deben proveerse de ellas en los países más desarrollados.

2.4.2. SGI en industria de salmonicultura

Las exportaciones totales de salmón y trucha en el año 2006 alcanzaron un valor total de US\$2.207 millones y 387.141 toneladas netas. El principal destino de las exportaciones chilenas fueron: Japón, Estados Unidos y la Unión Europea.

2.4.2.1. Servicios factibles en industria de salmonicultura

El desarrollo de la industria acuícola ha requerido del desarrollo de empresas locales con competencias en: crianza de alevines, construcción de jaulas y sistemas de alimentación, purificación de agua, diseño de líneas de faenamiento de pescados, desarrollo de sistemas de selección y clasificación de productos terminados, desarrollo de sistemas de refrigeración, diseño e implementación de cámaras de frío y sistemas de logística.

2.4.2.2. Oportunidades de SGI en industria de salmonicultura

Las competencias técnicas e innovaciones introducidas en este período, por las empresas de la industria acuícola y sus proveedores, han hecho posible el desarrollo de una industria líder a nivel mundial que puede competir en calidad y precios con las empresas más importantes del mundo en este rubro.

Estas competencias pueden ser aportadas como SGI para la industria acuícola de aquellos países que, teniendo la posibilidad de desarrollar una industria similar, deben proveerse de este *know how* en los países más desarrollados.

2.4.3. *SGI en industria de alimentos elaborados*

La industria de alimentos elaborados está formada por la industria de conservas, deshidratados, productos congelados, jugos, confites, pescados y mariscos. A comienzos de la década de los 80, las exportaciones de esta industria eran cercanas a los US\$57 millones.

En el año 1996, este valor aumentó a US\$865 millones, para luego disminuir y llegar, en el año 2002, a un valor de US\$662 millones. A partir de ese año, las exportaciones crecieron sostenidamente hasta alcanzar un nivel record de US\$1.987 millones, en el año 2008, valor que, debido a la crisis, descendió a US\$1.603 millones, en el año 2009¹⁵. Las exportaciones se realizan a casi todos los países del mundo, pero los mercados más importantes son: América, Asia y Europa.

2.4.3.1. Servicios factibles en industria de alimentos elaborados

El desarrollo que ha tenido esta industria ha requerido la incorporación de competencias locales en áreas de adaptación de tecnología extranjera para: manejo de materiales, diseño de líneas transporte, desarrollo de sistemas de selección y clasificación de productos terminados, diseño de sistemas de refrigeración y mantención de equipos, entre otros.

2.4.3.2. Oportunidades de SGI en industria de alimentos elaborados

Las competencias técnicas que han debido implementar tanto las empresas que componen esta industria, como sus proveedores, han permitido el desarrollo de una industria altamente competitiva que ha hecho posible que los productos nacionales, pese a la distancia, puedan llegar a los mercados extranjeros a precios competitivos.

Estas competencias, para las cuales es necesario identificar un mercado, pueden ser aportadas como SGI para la Industria de Alimentos Elaborados a los países que, teniendo la posibilidad de desarrollar una industria similar, deben proveerse de este *know how* en los países más desarrollados.

2.4.4. *SGI en industria frutícola*

La industria frutícola chilena está formada por más de 7.800 productores de fruta fresca, que tienen más de 310.000 hectáreas cultivadas con diferentes variedades de fruta. El 65% de la producción total es exportado. Se cuentan más de 75 especies de fruta que se exportan, a más de 100 países en el mundo.

¹⁵ Exportaciones Alimentos Elaborados (1981-2009), Chilealimentos.

Esta industria ha tenido un importante crecimiento en los últimos treinta años. A comienzos de la década de los '80, las exportaciones de esta industria eran cercanas a los US\$168 millones. En el año 2000, este valor aumentó a US\$1.391 millones, para alcanzar, en el año 2009, un valor de US\$2.834 millones¹⁶. Los principales productos exportados corresponden a: uva de mesa (32%), manzanas (32%) y kiwis (7%). Los principales destinos de las exportaciones son: EE.UU. y Canadá (38%), Europa (29%) y Latinoamérica (16%).

Actualmente, Chile es líder en exportación de fruta fresca en el hemisferio sur, siendo responsable del 59,5% de ellas. A nivel mundial, es el mayor productor de uva de mesa, ciruelas, arándanos y manzanas.

2.4.4.1. Servicios factibles en industria frutícola

El crecimiento de la industria frutícola ha requerido desarrollo de empresas locales capaces de adaptar tecnología extranjera, manejar materiales, diseñar líneas de transporte, desarrollar sistemas de selección y clasificación de productos terminados, desarrollar sistemas de refrigeración, diseñar e implementar sistemas eficientes de riego, cámaras de frío, sistemas de logística, sistemas de control de heladas, técnicas de fumigación, sistemas de empaque, sistemas de selección y clasificación de productos terminados.

2.4.4.2. Oportunidades de SGI en industria frutícola

Las competencias técnicas e innovaciones introducidas en este período por las empresas de la industria frutícola y sus proveedores, han hecho posible el desarrollo de una industria frutícola que puede competir, a pesar de la distancia, en calidad y precios en los mercados globales. Estos conocimientos pueden ser comercializados como servicios de ingeniería para la industria frutícola a los países que, teniendo la posibilidad de desarrollar una industria similar, deben proveerse de este *know how* en países más desarrollados.

2.4.5. SGI en industria vitivinícola

En los últimos veinte años, la industria del vino de Chile tuvo un importante crecimiento que le permitió llegar a posicionarse en el quinto lugar entre los países con mayores ventas internacionales.

En el año 2005 esta industria alcanzó una participación de 5,3% del mercado mundial, vendiendo en el extranjero más de 450 millones de litros de vino, con un valor de US\$834 millones.

En el año 2009, la exportación total de vinos fue de 694 millones de litros, con un volumen total de ventas de US\$1.381 millones, siendo reconocido Chile como uno de los productores vitivinícolas más importantes del mundo.

2.4.5.1. Servicios factibles en industria vitivinícola

El crecimiento de la industria vitivinícola ha requerido del desarrollo de empresas locales capaces de adaptar tecnología extranjera, manejar materiales, diseñar líneas transporte y envasado, desarrollar sistemas de selección y clasificación de productos terminados, crear sistemas eficientes de riego, diseñar cámaras de frío y desarrollar sistemas de logística y transporte.

¹⁶ Asociación Chilena de Fruta Fresca www.chileanfreshfruit.com

2.4.5.2. Oportunidades de SGI en industria vitivinícola

Las competencias técnicas e innovaciones introducidas en este período por empresas de la industria del vino y sus proveedores, han hecho posible el desarrollo de una industria vitivinícola que puede competir, a pesar de la distancia, en calidad y precios en los mercados globales. Estos conocimientos pueden ser comercializados como servicios de ingeniería para la industria del vino a los países que, teniendo la posibilidad de desarrollar una industria similar, deben proveerse de este *know how* en países más desarrollados.

2.5. SGI con potencial de ser desarrollados en el mediano plazo

En el ámbito de los SGI, existen oportunidades que pueden derivarse de condiciones geográficas particulares del país, de iniciativas gubernamentales que se encuentran actualmente en ejecución o del aprovechamiento de capacidades existentes que pueden ser transformadas en SGI. Éstas se presentan a continuación.

2.5.1. SGI en energías renovables no convencionales (ERNC) y uso eficiente de energía eléctrica (UEEE)

La demanda de energía eléctrica en el país se ha incrementado, en forma sostenida, a una tasa anual promedio de 6,7%, en los últimos 20 años. La oferta de energía ha estado formada principalmente por las fuentes de energías tradicionales, que son la hidroelectricidad y combustibles fósiles. Las condiciones externas a las que se ha enfrentado el país en los últimos años, tales como las restricciones para el suministro de gas natural desde Argentina y la falta de lluvias, han derivado en un sistema de suministro eléctrico muy vulnerable, junto con un incremento sostenido del precio de la energía eléctrica.

En los últimos años, en Chile se han promulgado leyes e implementado instrumentos para incentivar la inversión en la generación de energía. En abril de 2008 se publicó la Ley 20.257. Ésta establece que, a partir del año 2010, las empresas generadoras deberán acreditar que un porcentaje de la energía (5% al 10%) que comercializan cada año, sea producida por medios de generación de energías renovables no convencionales, ya sean propios o contratados.

Por ejemplo, a principios del año 2009, se encontraban aprobados, o en alguna fase de tramitación en el sistema de evaluación de impacto ambiental (SIA), más de 1.600 MW en proyectos de ERNC, además, la mayor parte de las empresas generadoras de electricidad del país están desarrollando o evaluando proyectos de ERNC.

En paralelo a lo anterior, el Gobierno implementó el Programa País de Eficiencia Energética. Como resultado de él, se desarrollaron diferentes proyectos orientados a reducir el consumo de energía.

2.5.1.1. Servicios factibles en ERNC y UEEE

La condición impuesta por la autoridad ha incentivado el desarrollo de competencias en el ámbito de las ERNC. Algunas de ellas, como las que se indican a continuación, pueden ser adquiridas y desarrolladas como SGI.

- Energía hidráulica en centrales de pasada: gestión de expropiaciones, gestión de derechos de aguas, desarrollo de modelos de negocios, diseño de micro y mini centrales y gestión de relaciones comunitarias.
- Energía geotérmica: conocimiento de tecnologías para explotaciones geotérmicas, diseño de centrales, efecto sobre las comunidades.

- Energía eólica: desarrollo de catastros y mediciones de comportamiento de viento, derechos de exploración de recursos eólicos, derechos de paso, diseño de centrales.
- Energía termo-solar eléctrica: capacidad de desarrollo de tecnología propia

Los incentivos puestos por la autoridad han permitido el desarrollo de diferentes iniciativas en el ámbito del UEEE. Algunas de estas iniciativas pueden ser desarrolladas como SGI. Entre éstas se encuentran, a modo de ejemplo:

- Auditorias en UEEE y desarrollo de sistemas para medición y verificación de consumos de energía.
- Optimización de procesos industriales.
- Reemplazo de motores estándares por motores más eficientes.
- Uso de convertidores de frecuencia para regular velocidad de motores que accionan equipos o sistemas de flujo variable.

2.5.1.2. Oportunidades de SGI en ERNC y UEEE

En un estudio realizado sobre energías renovables no convencionales (ERNC)¹⁷ se indica que existe un potencial de generación de energía económicamente factible al año 2025 comprendido entre 3.332 MW y 5.753 MW. Estos valores implican que, en el año 2025, entre un 16,8%, y un 28,1% de la demanda esperada del Sistema Interconectado Central (SIC) podría ser generada a través de ERNC.

En relación al uso eficiente de energía eléctrica (UEEE), este estudio indica que es posible ahorrar entre 9,9% y un 15% del consumo de electricidad en el SIC hacia el año 2025. El estudio concluye que, si se desarrollan en el país políticas para la promoción y desarrollo de las ERNC y el UEEE, Chile podría alcanzar un 70% de su abastecimiento en base a ambas fuentes.

Las leyes indicadas anteriormente, junto con los incentivos para el UEEE, harán posible el desarrollo en el país de competencias en diseño, construcción y montaje de sistemas de generación de ERNC y de metodologías y técnicas para el UEEE. Una vez adquiridas estas competencias, y dominadas las nuevas tecnologías, éstas pueden ser aportadas como SGI a aquellos países que aún no las han desarrollado.

2.5.2. SGI en teledetección satelital de desastres

La teledetección es la ciencia de obtener información de la tierra utilizando instrumentos a distancia, tales como los satélites. Los satélites entregan información precisa, y casi instantánea, de extensas áreas geográficas, en cualquier lugar del mundo.

La teledetección permite prevenir o mitigar los daños que puede causar un desastre natural, mediante el diseño de modelos de riesgo, análisis de vulnerabilidad, planificación del manejo de recursos, evaluación del estado de las construcciones, mapeo de peligros y levantamiento de mapas de las áreas propensas a incendios e inundaciones.

¹⁷ Estimación del aporte potencial de las Energías Renovables No Convencionales y del Uso Eficiente de la Energía Eléctrica al Sistema Interconectado Central (SIC) en el período 2008-2025. Informe Consolidado, Programa de Estudios e Investigaciones en Energía del Instituto de Asuntos Públicos de la Universidad de Chile. Núcleo Milenio de Electrónica Industrial y Mecatrónica y Centro de Innovación en Energía de la Universidad Técnica Federico Santa María Julio 2008.

Algunos países en vías de desarrollo ya han realizado inversiones en esta área. Varios incluso han lanzado sus propios satélites para monitorear y dar respuesta a los desastres naturales. Brasil y China por ejemplo construyeron en conjunto dos satélites con los que monitorean los incendios en la región amazónica. Argelia, China y Nigeria desarrollaron una red de satélites que generan mapas y datos que permiten entregar ayuda en caso de desastres. India dispone de un conjunto de satélites de teledetección que proporciona mapas de impacto de ruptura de diques y de frecuencia de inundaciones.

2.5.2.1. Servicios factibles en teledetección satelital de desastres

A partir de la década del 50, se inició en Chile un desarrollo lento pero sostenido de la actividad espacial. Las actividades más relevantes realizadas fueron: Creación del Centro de Estudios Espaciales (CEE) de la Universidad de Chile, construcción de la Estación Terrestre de Longovilo y lanzamiento de los Satélites FASAT (Alfa y Bravo).

En el año 2008, el Estado de Chile firmó un acuerdo para la construcción de un Sistema Satelital de Observación Terrestre (SSOT). El contrato incluye no solo la construcción y lanzamiento del satélite sino que, también, la construcción de la estación terrestre para el control del satélite y la recepción de las imágenes, el equipamiento requerido para el procesamiento e interpretación de las imágenes recibidas y el entrenamiento y capacitación de técnicos chilenos. El lanzamiento del satélite, que estaba previsto para el 18 de septiembre de 2010 ha sido postergado, estando pendiente aún la asignación de una nueva fecha de lanzamiento.

Este proyecto tiene como principal objetivo obtener, procesar y analizar imágenes satelitales, como aporte al desarrollo productivo sostenible del país. Una de las actividades consideradas en el proyecto es la detección temprana de desastres ambientales tales como: terremotos, temporales, inundaciones, deslizamientos, tsunamis, fenómenos que tienen un impacto importante en el desarrollo del país.

En Chile existen experiencias que pueden ser aprovechadas, tales como las de la Universidad de Concepción y el Observatorio TIGO. Este permite medir parámetros climáticos, ondas sísmicas provocadas por terremotos y variaciones inducidas por la marea en la gravedad. Existen además competencias complementarias que pueden ser aprovechadas, tales como la del Instituto Geográfico Militar en cartografía y la del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) en levantamiento hidrográfico, marítimo, estudio de corrientes y maremotos.

2.5.2.2. Oportunidades de SGI en teledetección satelital de desastres

Los desastres naturales impactan fuertemente a los países en desarrollo. De hecho, debido a las altas densidades de población y a su precaria infraestructura, en ellos se produce más del 95% de las muertes causadas por éstos. Los desastres principales corresponden a: incendios, terremotos, erupciones volcánicas, sequías, inundaciones y ciclones.

En promedio, en el período comprendido entre el año 1999 y el año 2008, los desastres naturales afectaron en el mundo a un total de 269 millones de personas y tuvieron un costo estimado de US\$108.000 millones¹⁸. En la **TABLA 2-3** se indica el número de afectados y el promedio anual de daños estimados para este período por cada tipo de desastre.

¹⁸ Rodríguez, J., Vos, F., Below, R. et al Annual disaster statistical review 2008: The numbers and trends Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2009).

Tipo de desastre	Media anual de desastres naturales	Media anual de personas afectadas (miles de personas)	Media anual de daños (MUS\$)
Terremotos/Tsunamis	30	8.570	23.200
Sequía/Hambre	28	110.500	3.900
Inundaciones	169	103.700	19.400
Viento	106	37.400	54.000
Deslizamientos	18	150	230
Volcanes	6	150	20
Tecnológicos	324	184	1.520
Otros	39	8.926	5.970
Totales	720	269.580	108.240

TABLA 2-3

Número de personas afectadas y valor medio de daños por tipo de desastre

Fuente: "World Disasters Report 2009" (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies).

La puesta en operación del SSOT permitirá el desarrollo en el país de competencias relacionadas con la gestión de desastres las que, una vez adquiridas, y dominadas las tecnologías asociadas, pueden ser desarrolladas como SGI para otros países.

2.5.3. SGI en procesamiento y análisis de datos astronómicos

Chile posee condiciones climáticas y geográficas excepcionales para la observación espacial. El norte de Chile tiene baja humedad, cielos limpios y baja contaminación lumínica y radioeléctrica, por ello es considerado el primer centro astronómico del Hemisferio Sur.

En el norte de Chile existen más de diez observatorios, entre los que se encuentran, entre otros: Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, Observatorio Cerro Pachón, Observatorio Paranal, Observatorio La Silla y Observatorio Las Campanas.

Además de estos, están en estudio o en construcción las siguientes instalaciones: VLT Survey Telescope a ubicarse en el Observatorio Paranal, Giant Magellan Telescope (GMT) que se ubicará en el Observatorio Las Campanas, Atacama Large Millimeter Array, que se ubicará en el Observatorio del Llano de Chajnantor, European-Extremely Large Telescope: a construirse en el cerro Armazones y el Large Synoptic Survey Telescope (LSST) a ubicarse en Cerro Pachón (El Peñón).

2.5.3.1. Servicios Factibles en procesamiento y análisis de datos astronómicos

El desarrollo del trabajo astronómico requiere de profesionales altamente especializados en tareas de montaje y mantención de los equipos. La construcción de los observatorios indicados anteriormente ha permitido la formación de una masa crítica de profesionales capaces de instalar y mantener equipos y sistemas de alta precisión.

Además de lo anterior, el trabajo realizado por los astrónomos requiere de la capacidad de procesar grandes cantidades de datos para transformarlos en información.

2.5.3.2. Oportunidades de SGI en procesamiento y análisis de datos astronómicos

El desarrollo de la astronomía en el norte de Chile ha permitido la formación de competencias técnicas altamente especializadas en instalación y mantención de equipos de alta precisión.

Los datos levantados por los astrónomos pueden ser procesados en el mediano plazo en al menos dos entidades que están desarrollando estas capacidades: el Centro de Innovación Tecnológica en Computación de Alto Desempeño, de la Universidad Santa María y, el Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento, localizado en el Centro de Modelamiento Matemático (CMM) de la Universidad de Chile. En la medida en que estas capacidades se encuentren desarrolladas, podrán ser transformadas en SGI y ser posteriormente ofrecidas a quienes requieran esta información.

2.6. Caracterización general de los SGI

Los SGI identificados en la Sección anterior pueden ser caracterizados utilizando diferentes criterios. En la **TABLA 2-4**, se individualizan considerando su orientación de negocio¹⁹, nivel de desarrollo del servicio, grado de concentración de la industria, tamaño y experiencia en prestación de servicios globales.

TABLA 2-4
Características principales de los SGI identificados

Nombre del SGI	Orientación de Negocio	Nivel de desarrollo y grado de concentración	Experiencia en Servicios Globales
SGI en Diseño Sismorresistente	Servicio altamente especializado en el que participan principalmente las siguientes disciplinas: Estructuras, Geotécnica, Civil e Infraestructura, Arquitectura y Urbanismo.	Industria integrada por pocas empresas nacionales, con gran experiencia, de tamaño medio, localizadas principalmente en Santiago.	Empresas con poca experiencia en globalización de servicios.
SGI en Industria de Defensa	Servicio altamente especializado en el que participan las siguientes disciplinas: Naval, Aeronáutica, Militar, Informática y Comunicaciones, Instrumentación, Automatización y Control, Mecánica.	Industria madura integrada por pocas empresas, nacionales o en asociación con empresas internacionales, concentradas en Santiago, Valparaíso y Concepción.	Empresas con experiencia en exportación de servicios a países latinoamericanos.
SGI en Industria Ambiental	Servicio multidisciplinario en el que participan principalmente las siguientes disciplinas: Procesos, Hidráulica, Sanitaria, Civil, Estructuras, Mecánica, Cañerías, Electricidad, Automatización y Control, Informática y Comunicaciones.	Industria integrada por pocas empresas, nacionales o en asociación con internacionales, concentradas en Santiago.	Empresas con experiencia en servicios globales.
SGI en TIC	Servicio altamente especializado, en el que participan las siguientes disciplinas: Informática y Comunicaciones.	Industria integrada por un gran número de empresas, principalmente nacionales, concentradas en Santiago.	Empresas con experiencia en exportación de servicios.
SGI en Infraestructura Pública	Servicio multidisciplinario. Las especialidades principales que participan en él son: Civil, Estructuras, Ambiental, Mecánica, Cañerías, Electricidad, Automatización y Control.	Industria integrada por pocas empresas, con gran experiencia, concentradas en Santiago.	Empresas con experiencia en globalización de servicios, especialmente a países latinoamericanos.
SGI en Industria Minera	Servicio multidisciplinario en el que participan las siguientes especialidades principales: Procesos, Minas, Ambiental, Estructuras, Mecánica, Cañerías, Electricidad, Automatización y Control, Logística y transporte.	Industria integrada por pocas empresas, principalmente internacionales de gran tamaño concentradas en Santiago.	Empresas con gran experiencia en exportación de servicios, especialmente a países latinoamericanos.
SGI en Industria de Pulpa y Papel	Servicio multidisciplinario, las especialidades principales son: Procesos, Ambiental, Estructuras, Mecánica, Cañerías, Electricidad, Automatización y Control, Logística y transporte.	Industria integrada por pocas empresas nacionales e internacionales de gran tamaño concentradas en Santiago.	Empresas con gran experiencia en exportación de servicios, especialmente a países latinoamericanos.

Continúa en página siguiente.

¹⁹ AIC Asociación de Empresas Consultoras en Ingeniería.

Nombre del SGI	Orientación de Negocio	Nivel de desarrollo y grado de concentración	Experiencia en Servicios Globales
SGI en Industria de Alimentos	Servicio multidisciplinario con las siguientes especialidades principales: Procesos, Ambiental, Estructuras, Mecánica, Cañerías, Electricidad, Automatización y Control, Logística y transporte.	Industria integrada por empresas de tamaño pequeño a mediano, dispersas geográficamente.	Empresas con poca experiencia en globalización de servicios.
SGI en ERNC y UEEE	Servicio multidisciplinario en el que las especialidades principales son: Mecánica, Electricidad, Estructuras, Ambiental, Automatización y Control, Procesos.	Servicio a ser desarrollado en el corto y mediano plazo.	Servicio a ser desarrollado en el mediano plazo.
SGI en Teledetección Satelital de Desastres	Servicio altamente especializado, con las siguientes disciplinas principales: Informática y Comunicaciones, Instrumentación, Automatización y Control.	Servicio a ser desarrollado en el mediano plazo.	Servicio a ser desarrollado en el mediano plazo.
SGI en Procesamiento y Análisis de Datos Astronómicos	Servicio altamente especializado, disciplinas principales: Informática y Comunicaciones, Instrumentación, Automatización y Control.	Servicio a ser desarrollado en el mediano plazo.	Servicio a ser desarrollado en el mediano plazo.

2.7. Oportunidades más fáciles de atender por la oferta chilena

2.7.1. Buenas prácticas en Chile de transparencia y “juego limpio”

En el país se han desarrollado importantes proyectos de inversión. Estos se han implementado en un mercado altamente competitivo. Las empresas que los han desarrollado han debido participar en licitaciones competitivas, propiciándose de esta manera el cumplimiento de las reglas de transparencia en los negocios.

Las empresas en Chile tienen, en general, un buen historial de transparencia en la forma de hacer negocios. El año 2010, el país obtuvo el lugar 21 entre un total de 180 países, en el Índice de Percepción de la Corrupción (IPC) preparado por Transparencia Internacional²⁰. Además, el Gobierno ha tomado medidas para resguardar la transparencia en su gestión. En agosto del año 2008 entró en vigencia la Ley sobre Acceso a la Información Pública²¹. Esta ley garantiza a los ciudadanos el acceso a la información pública. Para ello se creó el Consejo para la Transparencia, organismo autónomo que tiene por objetivo: “promover la transparencia de la función pública, fiscalizar el cumplimiento de las normas sobre transparencia y publicidad de la información de los órganos de la Administración del Estado, y garantizar el derecho de acceso a la información”.

2.7.2. Demanda entorno a industrias en que Chile es competitivo y conocido internacionalmente

2.7.2.1. SGI para industria minera e industria de pulpa y papel

Las empresas chilenas que prestan servicios de ingeniería han debido asociarse con empresas extranjeras para poder participar en los proyectos de mayor envergadura en el ámbito minero y forestal, compitiendo por los diferentes contratos. Esta colaboración y competencia ha permitido por una parte la transferencia de tecnología desde las empre-

²⁰ Informe Global de la Corrupción 2009 Corrupción y sector privado, Transparencia Internacional.

²¹ Ley Núm. 20.285 sobre acceso a la Información Pública Art. 32 Ley de Transparencia.

sas extranjeras a las nacionales y por otra, el que éstas sean altamente competitivas. Lo anterior ha permitido además, que estas empresas adquieran experiencia el desarrollo de proyectos complejos y apliquen en sus trabajos estándares internacionales y sistemas de gestión de calidad reconocidos globalmente. Las siguientes son las principales oportunidades de inversión que se presentan en los mercados latinoamericanos en los mercados minero y forestal:

- La inversión minera estimada para los próximos diez años en Latinoamérica (excluido Chile) es de US\$150.000 millones. Esta inversión se concentra en cinco países: Brasil (36%), Perú (25%), Colombia (15%), México (14%) y Argentina (8%).
- La inversión proyectada en Brasil en la industria de la pulpa y el papel Brasil en los próximos 10 años será de US\$14.000 millones y requerirá la construcción de diez nuevas plantas de pulpa y papel.

Las empresas chilenas de ingeniería y las empresas extranjeras que operan en el país poseen la experiencia necesaria y un buen nivel de desarrollo tecnológico que les permitiría proporcionar estos servicios a los países latinoamericanos en los que se concentra la inversión: Brasil, Perú, Colombia, México, y Argentina.

2.7.2.2. SGI para infraestructura pública

El desarrollo económico que ha tenido el país en los últimos treinta años ha ido de la mano con el desarrollo de la infraestructura requerida para ello. En este período, las empresas de ingeniería chilenas han desarrollado proyectos en: sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica, sistemas de agua potable y alcantarillado y sistemas de transporte, carreteras, puertos, aeropuertos.

Los países de Latinoamérica y el Caribe (LAC) tienen un déficit importante en la infraestructura básica que se requiere para ser considerado un país desarrollado. Estas oportunidades representan una inversión anual de US\$215.591 millones. El 77% de ésta inversión es requerida por 3 países: Brasil (60%), México (9,0%), y Colombia (8%).

Las empresas chilenas de ingeniería y las empresas extranjeras que operan en el país pueden aprovechar esta oportunidad, poseen las competencias necesarias y experiencia en prestación de servicios globales, lo que les permitiría entregar estos servicios a los países latinoamericanos que requieren mayor inversión en infraestructura: Brasil, México y Colombia.

2.7.3. *Demanda entorno a industrias asociadas a mercados de nicho*

2.7.3.1. SGI para diseño sismorresistente

El impacto económico que tienen los terremotos varía según el nivel de desarrollo de cada país; en casos extremos, éste puede alcanzar hasta el 40% del PGB del país. Las empresas que integran esta industria han logrado desarrollar localmente servicios especializados que pueden ser ofrecidos a aquellos países que sufren periódicamente los efectos de los sismos, particularmente, a: Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala y México.

2.7.3.2. SGI para industria de defensa

La industria de la defensa nacional ha alcanzado un nivel de desarrollo tal que le permitiría ofertar sus servicios a los principales países de la región. El gasto militar anual en que deben incurrir las fuerzas armadas de los principales países de Latinoamérica, excluido Chile, es de US\$48.531 millones y se distribuye entre 3 países: Brasil (56%), Colombia (21%), México (11,0%).

2.7.3.3. SGI para industria TIC

La industria TIC nacional ha alcanzado un buen nivel de desarrollo. Existen experiencias exitosas de exportación de servicios al mercado latinoamericano, específicamente a: Perú, Argentina, Colombia, Costa Rica, Nicaragua y República Dominicana. Por otra parte, el mercado global de servicios a distancia está creciendo de manera importante. Las empresas transnacionales han empezado a ver a América Latina y el Caribe como un destino atractivo para la deslocalización y nuestro país tiene, como se indicó anteriormente, debido a su nivel tecnológico, infraestructura y experiencia, y las condiciones necesarias para convertirse en un proveedor de servicios TIC globales.

2.7.4. *Mercado objetivo*

Latinoamérica es el primer mercado objetivo para los SGI chilenos.

En los diferentes análisis realizados al interior de la Comisión ha quedado en evidencia que una de las principales barreras que se presentan, para el desarrollo de los SGI, es el hecho de que una proporción importante de los profesionales chilenos no domina adecuadamente el idioma inglés, condición básica para poder entregar estos servicios. No obstante lo anterior, el dominio del idioma español y el conocimiento de la cultura latina, presentan una clara ventaja frente a las empresas internacionales para prestar, desde Chile, estos servicios al mercado latinoamericano. Es razonable por lo tanto concentrarse, en una primera etapa, en ofrecer SGI al mercado latinoamericano.

LAS LIMITACIONES DE LA INGENIERÍA CHILENA EN LOS SERVICIOS GLOBALES

La ingeniería chilena se ve enfrentada en la actualidad a diversas barreras que limitan su inserción en los servicios globales. Éstas involucran tanto al capital humano como el acceso a los mercados.

3.1. Capital humano

Las barreras por superar tienen relación con el déficit de ingenieros y su formación, con la gestión eficiente de proyectos, con la capacitación y con la habilitación profesional en países desarrollados.

3.1.1. Déficit de ingenieros

Algunos países que están teniendo una participación creciente como proveedores de servicios globales de ingeniería y tecnología, tales como India, China y Malasia, lo hacen basando su presencia en el notable incremento en la formación de ingenieros en los últimos años: 200.000 en la India, 600.000 en China y 200.000 en Malasia, lo que da un total de un millón de ingenieros que se forman anualmente en estos tres países. Aunque estas cifras han sido cuestionadas en Occidente, debido al real alcance de la denominación ingeniero en esos países, ellas muestran un crecimiento en todos los ámbitos de las ingenierías y las carreras técnicas y también en postgrado. En contraposición a ello, en los Estados Unidos atribuyen el impulso a la creciente internalización de servicios de ingeniería, a la menor competitividad económica (principalmente en lo referente a los costos de los servicios) y a la menor disponibilidad relativa de profesionales calificados en ciertas áreas, ya que sólo se forman 70.000 ingenieros al año en todas las especialidades.

Entonces, a nivel internacional, se pueden observar significativos esfuerzos de muchos países para formar más ingenieros y atraer ingenieros desde otros países. Es ampliamente aceptado que el número de ingenieros competentes es clave para el desarrollo futuro de las naciones y, en particular, para participar en la industria de los servicios globales de ingeniería.

Resulta por lo tanto evidente que, para aumentar la presencia de Chile en los servicios globales, así como para abordar sus propios desafíos de desarrollo, es necesaria una mayor cantidad de ingenieros que la que se forma actualmente. Si bien en los últimos años ha habido un incremento importante de la oferta de carreras de ingenierías, el número de ingenieros competentes formados en el país no es suficiente. Esto se refleja en que muchos proyectos de ingeniería asociados a las inversiones principales en Chile (por ejemplo, en minería) deben recurrir a ingenieros de otros países, ya sea a través de capacidades de ingeniería operando remotamente (por ejemplo, en Filipinas) o atrayendo a ingenieros y otros profesionales a trabajar en Chile. Además, no todas las nuevas carreras de ingeniería abiertas recientemente garantizan los niveles básicos de calidad para los SGI

(por ejemplo, algunas instituciones han llegado a eliminar la formación en Física Básica de sus planes de estudio).

En síntesis, es necesario aumentar la cantidad de profesionales calificados en las áreas de la ingeniería, en particular para lograr una participación más significativa en los servicios globales de ingeniería. Para que esto sea viable, es necesario no sólo que se mantenga la calidad en la formación, sino que se aumente, de acuerdo a los mejores estándares internacionales. Los procesos de acreditación de carreras actualmente en marcha pueden contribuir a mejorar el nivel de la formación en ingeniería, en la medida que tales procesos se hagan más rigurosos, en particular con estándares internacionales.

3.1.2. Formación de los ingenieros

Los servicios globales requieren nuevas capacidades que es necesario incorporar y asegurar en la formación de los ingenieros en las universidades, entre las cuales se encuentran las siguientes:

Dominio del idioma inglés

Resulta insuficiente y muy limitado el ejercicio profesional en el contexto internacional sin un adecuado dominio del idioma inglés. Actualmente sólo una minoría de los ingenieros chilenos posee esta competencia, lo que limita seriamente el número de los profesionales que pueden insertarse en los servicios globales. Pese a que hay conciencia de la necesidad de superar esta limitación, los resultados de los esfuerzos en este sentido hasta ahora han sido en general de poca relevancia. Muchas Escuelas de Ingeniería estiman que no es su función desarrollar esta competencia entre sus estudiantes; otras realizan un esfuerzo limitado a uno o dos cursos de inglés, que en general están lejos de lograr los resultados esperados. Alcanzar un buen nivel de esta capacidad en una carrera de ingeniería, requiere una cantidad importante de horas lectivas, lo que inevitablemente tiene un costo, ya sea de recargar el plan de estudio o de sacrificar materias propias de la especialidad. Es por ello que son pocas las formaciones de ingenieros que se han inclinado por esta última alternativa.

En este escenario, aunque hay algunos avances de determinadas universidades, esta limitación ha permanecido en el tiempo y, para superarla, se requiere la búsqueda de otras soluciones. En primer lugar es indispensable que en la educación básica y media se mejore sustancialmente el dominio del inglés de los estudiantes y egresados, alcanzando a lo menos los objetivos que plantean sus propios planes de estudio, de tal manera que el esfuerzo que pudieran hacer las universidades para que sus estudiantes alcancen el nivel deseado, sea realmente abordable en las respectivas carreras. Otra alternativa es exigir como requisito de titulación, en todas las carreras de ingenierías, el dominio del inglés a través de alguna certificación estándar y entregar al propio estudiante la responsabilidad de alcanzar el nivel exigido, eligiendo de la alternativa que más le acomode. En años recientes, la CORFO ha apoyado con programas y recursos para que los ingenieros y técnicos certifiquen sus competencias de inglés con estándares internacionales. También se pueden considerar otras opciones aunque sean aplicables sólo a cierto tipo de estudiantes y universidades. Por ejemplo: educación superior bilingüe, pasantías y períodos académicos de estudiantes de ingeniería en países de habla inglesa, incorporación de profesores de lengua inglesa en ciertas universidades chilenas.

En síntesis, el fondo del tema es cambiar la actitud de las universidades y de los estudiantes frente al desafío de tener que aprender el idioma inglés, en lugar de tener que aprobar cursos universitarios sin la garantía de lograr el aprendizaje esperado.

Desarrollo de la iniciativa empresarial como parte integral de la formación de los ingenieros

El ejercicio de la profesión en los servicios de ingeniería trae asociado un riesgo mayor que la protección que brinda un empleo remunerado. Por ello, sólo una minoría de ingenieros incursiona en este ámbito. Debería ocurrir que los ingenieros más jóvenes tuvieran una mayor disposición para abordar este desafío, por tener menos que arriesgar, y en el intento, un porcentaje de ellos alcanzaría el éxito buscado. Pero esto se observa en poca escala en el mercado, debido a la alta demanda de ingenieros por parte de las empresas establecidas y de los nuevos proyectos de inversión.

Para que ocurra un mayor involucramiento de los ingenieros como emprendedores de servicios de ingeniería, es necesaria una formación de ingenieros más innovadores y emprendedores. Este aspecto ha adquirido relevancia, en los últimos años, en las universidades de países que tienen una importante presencia en los servicios globales de ingeniería. En el caso de las universidades chilenas, el tema también se ha estado planteando, aunque hasta ahora ello no se ha traducido en importantes modificaciones de los currícula.

El desafío para las instituciones de educación superior es complejo, y todavía no existe claridad plena, ni fórmulas probadas, para lograr estas capacidades. Al respecto, las experiencias que están en marcha en algunas universidades debieran medirse a través de indicadores asociados al número de egresados que incursionan como emprendedores, más que en la cantidad de alumnos que participan en actividades para formar emprendedores.

Mayor orientación a las aplicaciones prácticas en la formación de los ingenieros

Una de las vías que están promoviendo los países asiáticos emergentes para aumentar su participación en los servicios globales, es dar más énfasis a las aplicaciones prácticas en la formación de sus ingenieros. En general han detectado que sus empleadores requieren perfiles de profesionales que combinen en forma equilibrada la teoría y la práctica con orientación a las aplicaciones. Se estima que ingenieros con alta formación teórica y capacidad de investigación se requieren en cantidades inferiores al 5% del total de la población de ingenieros. En los países europeos se da una gran importancia a las pasantías de los estudiantes de ingeniería en las empresas, que les permiten acceder a otras oportunidades de aprendizaje, conectando con mayor eficiencia la teoría y la práctica en sus campos de especialización, y desarrollando otras habilidades, como el trabajo en equipo y la comunicación eficaz.

En muchas Escuelas de Ingeniería de Chile no se exige como obligatoria la práctica profesional, y en otras tantas, éstas se realizan sin una adecuada supervisión de las universidades, ni tienen claramente definidos sus propósitos. Ello en general representa una barrera para que el joven profesional se inserte más rápidamente al mundo del trabajo y en particular para tomar los riesgos que implica el emprendimiento.

Entonces, es necesario superar este déficit en la formación práctica de los ingenieros, de acuerdo a los mejores estándares internacionales.

Desarrollo de capacidades relacionadas con la globalización en la formación de los ingenieros

Se observa que, en los países exitosos en los servicios globales, las universidades seleccionan, entre las habilidades importantes que se deben desarrollar en los planes de estudio de las carreras de ingeniería, una amplia educación para entender el impacto de las soluciones a nivel mundial y el conocimiento de los problemas contemporáneos. En

el desarrollo de los nuevos perfiles de los ingenieros, buscan el diseño de un currículo homogéneo que abarque una buena base en la enseñanza general, para proporcionar a los estudiantes habilidades globales a fin de que puedan adaptarse a la evolución del mundo, y atender las necesidades de la sociedad global. Esto plantea el desafío de compatibilizar estas necesidades con el acortamiento de las carreras y su complementación con postgrados, lo cuál se debe abordar con una reforma curricular como ya se ha hecho en algunos países.

En Chile la habilidad para trabajar en contextos internacionales no está todavía bien asumida entre los académicos, egresados y empleadores; de acuerdo al estudio del proyecto Tuning América Latina, estos tres grupos de encuestados la ubicaron en el último lugar de importancia de un total de 27 competencias. Es una limitación importante para contar con una mayor cantidad de ingenieros que se propongan incursionar en los servicios globales, desde los inicios de su carrera profesional.

Movilidad en la formación de los ingenieros

El desarrollo de la movilidad estudiantil internacional es una fuente muy importante de experiencia global para los futuros ingenieros, debido a que mayoritariamente los estudiantes de una universidad son personas del país. Esta política ha sido implementada con fuerza por la mayoría de las universidades de los Estados Unidos y en forma masiva por las universidades europeas. Se advierte también que en los países asiáticos que tienen gran presencia en los servicios globalizados, una cantidad de estudiantes de ingeniería se trasladan, a lo largo de la etapa universitaria, a los Estados Unidos y a otros países para completar su formación.

Desafortunadamente en Chile, la movilidad internacional de los estudiantes de ingeniería es aún escasa y, pese a que varias universidades están incentivando y apoyando esta modalidad, existen importantes barreras para masificarla, tales como dificultades en la homologación de las asignaturas, el idioma, falta de flexibilidad para adaptarse a sistemas curriculares distintos y, principalmente, el financiamiento que lleva asociado el desplazamiento y estadía de los estudiantes. Adicionalmente, se observa una limitada movilidad en el propio país en lo referente a la formación de ingenieros.

Otra alternativa de vinculación que las universidades chilenas podrían incrementar, es a través de los académicos, ya sea reclutando académicos extranjeros de alta productividad o bien fomentando que más académicos locales obtengan sus postgrado o realicen estadías de postdoctorado en el extranjero. Este proceso ya comenzó en Chile, pero debe ser profundizado y escalado hasta alcanzar el impacto esperado.

Insuficiencias en la formación de ingenieros en su ciclo de vida profesional

El crecimiento del número de ingenieros formados en Chile no ha ido asociado a un suficiente aumento de la calidad, salvo algunas excepciones. Este es un tema que merece la mayor atención y muy probablemente una reforma.

Algunos de los problemas identificados son: alta deserción en los primeros años, baja tasa de egreso efectivo, muy larga duración real de las carreras (muy por sobre los plazos establecidos), baja articulación al interior de cada universidad y entre diversas universidades.

A esto se suma la escasa o nula homologación de la formación en Chile con los sistemas educativos de otros países. Por ejemplo, en Canadá y Estados Unidos se exigen exámenes para obtener la habilitación para el ejercicio profesional lo que debe ser revaleado cada cierto tiempo; en cambio, en Chile la habilitación profesional la otorga cada universidad con carácter definitivo.

Por otra parte, los postgrados en ingeniería son pocos para atender los desafíos, y la educación continua durante el ciclo de vida de los ingenieros es insuficiente, de acuerdo a los estándares internacionales.

Todo esto constituye una importante limitación para la proyección de los ingenieros chilenos en los servicios globales de ingeniería.

3.1.3. Limitaciones en la gestión eficiente de proyectos

La participación en los servicios globales de la ingeniería chilena ha permitido comprobar sus capacidades, pero, también, las limitaciones en algunos ámbitos, como la gestión de proyectos en relación a profesionales de países más desarrollados. Estas limitaciones radican en las insuficientes competencias en la gestión de proyectos complejos e integrados (por ejemplo, en la modalidad EPCM), en el acceso a redes internacionales y en el dominio de tecnologías para la producción de ingeniería a nivel global con altos niveles de calidad. A ello se suma la insuficiencia de conocimientos del contexto internacional, a la limitada comprensión del impacto de la ingeniería en los problemas contemporáneos y a los desafíos del mundo globalizado.

Esta es una brecha importante en los SGI, pues la gestión de proyectos es una dimensión crítica para el acceso a las oportunidades globales y para asegurar buenos resultados en ellos. Por ello, es necesario acelerar la superación de esta brecha y no esperar que sea sólo un desarrollo orgánico basado en ir adquiriendo mayor participación y experiencia en los servicios globales, a medida que se abordan los desafíos con mayor confianza y eficiencia.

3.1.4. Limitaciones en la gestión de costos y plazos

Asociado con lo señalado anteriormente sobre la gestión de proyectos, también se observan limitaciones e insuficiencias en los profesionales chilenos para gestionar adecuadamente los costos de las actividades de ingeniería y de los proyectos, lo que repercute negativamente en la mayoría de los casos, tanto en la calidad y en la rentabilidad de los contratos, como en el oportuno rescate de los valores comprometidos.

Además, otra limitación observada es la incapacidad para trabajar en plazos breves y cumplir los plazos comprometidos. Esto también impacta en la calidad y rentabilidad, e incluso en la viabilidad de ciertas actividades de ingeniería.

Ambas limitaciones son observables en muchos ingenieros chilenos, pero no en todos. Efectivamente, un número interesante de ingenieros ha logrado desarrollar capacidades de gestión de calidad, costos y plazos en forma competitiva. Esto explica la inserción lograda hasta ahora en los SGI. Pero esto no es suficiente para un escalamiento significativo de los SGI en el medio internacional, en particular en los países más desarrollados, más estrictos en el cumplimiento de las especificaciones de calidad, de plazos y metas propuestas, y de costos.

3.1.5. Habilitación de los ingenieros chilenos en el extranjero

En numerosos países desarrollados, tales como Estados Unidos y Canadá, la habilitación profesional de los ingenieros se obtiene por procesos establecidos que son posteriores a la formación en las universidades. En Chile la habilitación profesional se obtiene junto con el título que otorgan las universidades. Esta discrepancia se traduce en barreras para que ingenieros chilenos puedan ejercer en dichos países, lo que limita su participación en muchas ocasiones.

3.2. El acceso a los mercados

La ingeniería chilena enfrenta diversas dificultades para acceder con mayor facilidad a los mercados disponibles para los servicios globales. Estas dificultades tienen relación con el insuficiente conocimiento de los mercados disponibles, de las capacidades chilenas en el contexto global y con el fomento apropiado del país y de las capacidades existentes.

3.2.1. *El insuficiente conocimiento de los mercados*

No existe en Chile una información sistemática, permanente, actualizada y oportuna de las oportunidades que ofrece el mercado global para los servicios de ingeniería. Ello genera dificultades para identificar y seleccionar los mercados, con el consiguiente desaprovechamiento de oportunidades. Por otra parte, no existe una conciencia amplia de los mercados que brinda el contexto global, por lo que buena parte de la ingeniería nacional no la considera como alternativa de ejercicio de la profesión, no tomando en cuenta un mercado muy grande y en crecimiento que, en la mayoría de los casos, ofrece mejores márgenes de rentabilidad.

Los ingenieros chilenos no conocen suficientemente bien las realidades y los códigos de otros países que son mercados de destino para su trabajo. Tampoco, a nivel nacional, hay acuerdos adecuados para apoyar y facilitar esa participación. Por ejemplo, es escaso todavía el acceso a la comercialización en países de interés como los más grandes de América del Norte y del Sur, ya que no hay suficientes acuerdos adecuados que eviten la doble tributación y otras situaciones que generan dificultades. Hasta ahora estas limitaciones no han sido obstáculo para las primeras participaciones de los ingenieros chilenos en los SGI, pero lo serán en la medida que esta actividad se vaya masificando.

3.2.2. *El insuficiente conocimiento de las capacidades chilenas en el contexto global*

La presencia de la ingeniería chilena en los servicios globales tiene actualmente una baja participación en el mercado y la cobertura abarca principalmente algunos países de América Latina. Ello se traduce en que no existe pleno conocimiento en el contexto global de las capacidades, de la calidad y de la eficiencia de los profesionales chilenos, ni tampoco el país logra proyectar la amplia experiencia que posee en áreas específicas. Por otra parte, se tiende a agrupar la ingeniería chilena en el contexto regional sin considerar las fortalezas que ella posee en relación a sus vecinos. Estos factores constituyen una barrera para incrementar la demanda por los servicios de la ingeniería chilena y su participación en los mercados globales.

3.2.3. *Falta de fomento adecuado a los servicios globales de ingeniería*

A pesar de los esfuerzos y avances de entidades como ProChile y CORFO, en particular del Cluster de Servicios Globales, no existe todavía en el país una política de fomento integral de los servicios globales de ingeniería. En el plano interno no hay actuaciones sistemáticas y permanentes para dar a conocer a los profesionales chilenos las oportunidades que les brinda el mercado global, ni suficientes incentivos y motivaciones para incrementar la participación de los ingenieros en este contexto. En el plano externo las estrategias para promover la demanda por los servicios globales de la ingeniería son escasas o inexistentes. Tampoco se cuenta con registros integrales y adecuados, según criterios internacionales, de ingenieros y de empresas de ingeniería calificadas, con sus

respectivos ámbitos de trabajo, para participar en estos servicios y que estén a disposición de los posibles clientes externos. La ausencia de una estructura orientada al fomento sistemático de estas actividades está restringiendo una mayor presencia de la ingeniería chilena en los servicios globales.

3.3. Negocios de servicios globales de ingeniería

A pesar del interesante progreso del negocio de SGI asociados a Chile, tanto en términos de actividad en el extranjero como en volumen de facturación, todavía subsiste una brecha importante en relación a las capacidades de los principales operadores internacionales como al potencial de la ingeniería chilena.

3.3.1. Volúmenes críticos de negocios

Para participar competitivamente en los mercados de SGI, cada vez más exigentes y con la incorporación de más actores provenientes tanto de países desarrollados como de países emergentes, es necesario que las empresas de ingeniería tengan volúmenes de negocios por sobre los umbrales críticos. Esto es requerido para lograr buenos niveles de sustentabilidad y de rentabilidad.

Las empresas de SGI originados en Chile se pueden clasificar en dos categorías: empresas de propiedad de chilenos y las empresas extranjeras que han adquirido activos en el país. Las empresas extranjeras ya tienen los volúmenes de negocios y las capacidades por sobre los umbrales críticos para operar por doquier. En cambio, sólo algunas pocas de las empresas chilenas cumplen esa condición y lo logran en ciertos nichos acotados. Por consiguiente, existe una asimetría importante entre estos actores.

Desde otra perspectiva, el potencial de negocios de SGI en varios nichos es muy superior al que están abordando las empresas chilenas de SGI (por ejemplo, ingeniería asociada a la minería, la industria de la celulosa, construcción sismo-resistente y otras industrias). Esto es a la vez una oportunidad para que tales empresas crezcan en el mercado doméstico y se hagan más fuertes en su proyección internacional. Las empresas chilenas de SGI deben llegar a ser líderes internacionales en esos nichos.

3.3.2. Insuficientes capacidades de las empresas chilenas de SGI

Las empresas chilenas de SGI, a diferencia de las empresas de SGI extranjeras que operan en Chile, tienen algunas limitantes de capacidades las cuáles deben ser abordadas para facilitar su escalamiento en los mercados globales.

Además de las limitaciones sobre capital humano y acceso a los mercados señaladas, respectivamente en Secciones 3.1 y 3.2, existen otras sobre la organización y gestión de las empresas chilenas de SGI. Entre ellas, se puede destacar:

- Insuficientes procedimientos y formas de trabajo rigurosos para asegurar la calidad y oportunidad de las prestaciones en contextos cada vez más competitivos.
- Insuficiente acumulación de conocimientos críticos al interior de las empresas, tanto a través de la atracción y retención de ingenieros destacados (estabilidad laboral, en particular) como de sistemas de gestión del conocimiento.
- Insuficiente articulación con servicios conexos que son claves para los clientes en sus decisiones (por ejemplo, para hacer más seguras los trabajos de ingeniería frente a errores profesionales y para facilitar el acceso de los clientes a las fuentes de financiamiento de sus proyectos).

- Insuficiente promoción del liderazgo de los ingenieros en la sociedad para que su trabajo sea apreciado y reconocido (participación en sociedades profesionales internacionales y locales, autoría de publicaciones relevantes que trasciendan, participación en redes sociales de importancia global).
- Insuficiente nivel de emprendimiento e innovación de los ingenieros en las empresas en relación a la magnitud y diversidad de las oportunidades.
- Escasez de modelos de negocios que faciliten el crecimiento de las empresas.

Por cierto, todas esas limitaciones son abordables. Otros países que hoy tienen empresas de SGI a gran escala también pasaron por una fase de transición, en que coinciden tanto los avances y fortalezas adquiridas con las brechas para abordar los nuevos desafíos del escalamiento global. Las empresas chilenas de SGI están ante ese desafío.

4.1. La ingeniería de consulta. Su papel en el desarrollo tecnológico y la innovación

La ingeniería se manifiesta de diversas formas. Una de ellas, la que motiva este trabajo, es la Ingeniería de Consulta. De las múltiples formas que adopta la prestación de servicios de Ingeniería de Consulta, hay una que tiene particular relevancia en la economía moderna: la modalidad de servicios colectivos.

En la concreción de un emprendimiento, cualquiera sea su naturaleza (infraestructura, producción de bienes o servicios, gestión u otra) ya no es concebible la actuación de un profesional aislado, pues las disciplinas involucradas son normalmente varias, con la particularidad que deben actuar simultánea y coordinadamente, en un esfuerzo colectivo. El servicio de ingeniería es, por tanto, el resultado en un trabajo en equipo.

Por otra parte, la rápida evolución de las tecnologías involucradas en los proyectos, exige un particular esfuerzo de los participantes en un emprendimiento por mantenerse al tanto de los últimos avances pertinentes, para así satisfacer los requerimientos de creación de valor en los ambientes altamente competitivos que enfrentan las empresas, que tienen el imperativo de innovar continuamente, como condición de supervivencia.

Pero, la constatación de la necesidad de innovar y la disposición para hacerla no bastan. Es necesario que la empresa usuaria, que es donde se materializa la innovación, tenga la capacidad para innovar o de adoptar innovaciones, con recursos propios y de terceros, para que dialoguen con los diversos interlocutores del mercado y así captar las tecnologías provenientes de fuentes respectivas.

En estos procesos de desarrollo y captación de la innovación tecnológica juega un rol crucial la Ingeniería, tanto propia como externa. La Ingeniería constituye la necesaria interfaz entre la investigación tecnológica y la materialización de ella.

El personal y los recursos de Ingeniería propios y externos, de las empresas usuarias de los servicios de ingeniería participan en los procesos de la innovación. Un proceso típico comienza con la fase de las definiciones conceptuales (que incluye la selección de las tecnologías) y la especificación de los equipos requeridos para su concreción. Luego continúa con el proyecto mismo de las instalaciones (Ingeniería Básica y de Detalle), la Conducción y Supervigilancia de la Construcción (para que se cumplan los criterios de diseño, los plazos y los costos), hasta la puesta en marcha y primeras etapas del funcionamiento, introduciendo los ajustes necesarios para alcanzar los objetivos perseguidos.

Es usual que ocurra, entonces, un círculo virtuoso en el que la experiencia adquirida en la operación del emprendimiento queda radicada en los ingenieros propios y consultores que participaron en el proyecto. Esta experiencia enriquecedora les permite luego a éstos introducir ajustes y optimizaciones que mejoran las tecnologías en las sucesivas aplicaciones que de ellas se haga, en un proceso de fertilización cruzada.

Ésta es la esencia de la selección, adaptación e internalización de las tecnologías en las empresas, que es fundamental en los procesos de innovación.

La ingeniería externa o de consulta está en una posición particularmente favorable para participar en la implantación, en las empresas, de los nuevos desarrollos tecnológicos, que entran a reemplazar de tiempo en tiempo las tecnologías vigentes, que quedan obsoletas (ciclos de Kondratiev). Juega así un rol crucial en la transmisión y aceleración de los ciclos tecnológicos.

Una característica esencial de la Ingeniería de Consulta es su independencia. Su desempeño no debe estar condicionado a ningún interés que no sea el del emprendimiento para el cual trabaja. No está por tanto subordinada a los intereses de proveedores ni contratistas, por legítimos que estos sean.

4.2. Desafíos que enfrenta la ingeniería de consulta para cumplir su rol

Para cumplir su rol, la Ingeniería de Consulta se ha adaptado a la interacción con el mundo entero, pues los nuevos desarrollos tecnológicos se dan sin reconocer fronteras. La variedad y profundidad de las competencias necesarias para su desempeño la llevan a desarrollar alianzas y complementaciones, que le dan acceso a habilidades que una empresa de ingeniería de consulta difícilmente reúne por sí sola. En esta dinámica global, la empresa de servicios de ingeniería trata de mantener dentro de su ámbito de control aquellas competencias que son cruciales para su desempeño futuro.

Las grandes empresas de ingeniería, generalmente radicadas en EE.UU., Inglaterra, Canadá y otros países de la OECD, ante este desafío, tratan en primer lugar de establecer agencias en el mundo emergente, particularmente en China, India y Latino América, no solo para ganar nuevos mercados, sino que para captar nuevas capacidades de ingeniería y tecnologías. Esto ha ocurrido en Chile, en que se han dado importantes innovaciones en minería subterránea y en metalurgia del cobre.

Entonces, los servicios de ingeniería se enfrentan directa y cotidianamente al desafío de participar en una sociedad global abierta y muy competitiva en que cualquier actor tiene acceso a las oportunidades.

4.3. Desarrollo de la ingeniería de consulta en Chile. Un poco de historia

En Chile, la aplicación de la ingeniería en la industria se inició en forma sistemática en la minería de oro, plata, cobre, carbón y salitre, con participación creciente de los ingenieros locales.

En los grandes proyectos que impulsó CORFO en los años 40, se empleó a firmas internacionales pues no había suficiente experiencia en Chile sobre proyectos industriales multidisciplinarios. Desde los años 50 en adelante, empresas como CAP, IANSA, ENAP, ENAMI y otras dieron curso a importantes proyectos de ingeniería para desarrollar sus procesos productivos.

En cambio, desde los albores de la República, se dio un fuerte desarrollo de la ingeniería civil aplicada a la infraestructura básica en ámbitos tales como obras viales, riego, ferrocarriles, puertos y otras.

Por eso, al crearse ENDESA (Empresa Nacional de Electricidad S.A.), pronto se contó para el proyecto de las obras con una fuerte capacidad basada fundamentalmente en profesionales chilenos, con la participación de unos pocos expertos externos.

En una segunda etapa del proceso de industrialización, gracias a la iniciativa de algunas empresas del Estado, en particular ENAP, se fomentó la participación de firmas nacionales en los proyectos de las refinerías de petróleo, en disciplinas tales como mecánica, electricidad, instrumentación, tuberías y otras. Lo interesante de esta iniciativa fue que se realizó con empresas de ingeniería chilenas, sin que necesariamente tuvieran experiencia en los ámbitos pertinentes, pero requiriéndose en las licitaciones que actuaran como subcontratistas de las firmas extranjeras.

Luego, en la nacionalización del Cobre, que representó un desafío formidable, tanto en la gestión como en la ejecución de los proyectos de desarrollo; estos últimos se abordaron con la participación creciente de profesionales chilenos.

CODELCO y sus Divisiones tuvieron un papel definitivo en la consolidación y crecimiento de la ingeniería nacional de consulta pues, desde el principio, impusieron una política de tercerización, con participación creciente de profesionales chilenos, hasta llegar esta última a tomar el rol de contratista principal, complementado, cuando era necesario, por el aporte de especialistas extranjeros.

El desarrollo que así experimentó la ingeniería de consulta nacional le permitió participar en calidad de contratista principal de los servicios de ingeniería en proyectos mayores tanto del sector público (Metro de Santiago y Valparaíso, aeropuertos y varias obras de importancia), como en áreas diversas del sector privado (industrias de la celulosa y el papel, industria manufacturera, industria del cemento, sistemas de comunicaciones y de tecnologías de información, sistemas de energía como las centrales térmicas de cogeneración y muchas otras).

Desde una perspectiva integradora, se puede constatar que habido “saltos” de importancia tanto cualitativa como cuantitativa que han gravitado en el desarrollo de los servicios de ingeniería de consulta:

- El primero fue la introducción en los años '50 de lo que se llamó “Administración Racional de Empresas”, llevada a cabo en el contexto del impulso transformador del país y que contó con el apoyo del Gobierno estadounidense (Punto cuatro de un amplio plan de ayuda), que resultó en la introducción de nuevas ideas y conceptos en la gestión de las empresas. SERCOTEC e ICARE difundieron estas nuevas prácticas, lográndose notables mejoras en la productividad y reducción de costos en las empresas manufactureras y de servicios. La ingeniería de consulta nacional tuvo una participación relevante en este proceso, lo que significó un gran impulso a la actividad.
- El segundo lo constituyó el extraordinario desarrollo de la industria minera a partir de los años '90, que se logró principalmente a causa de la inversión extranjera masiva, atraída por una nueva ley de propiedad minera e incentivos tributarios. Esto impulsó la exploración con el resultado del descubrimiento de grandes yacimientos de minerales de alta ley que han convertido a Chile en el principal productor de cobre y molibdeno del mundo, con las mayores reservas de estos metales.

Las nuevas empresas mineras que llegaron al país (estadounidenses, canadienses, inglesas, sudafricanas, australianas, otras), siguiendo la práctica de sus países de origen, aplicaron la política de tercerizar los servicios de ingeniería que necesitaban para sus proyectos, prefiriendo contratarlos con las firmas de ingeniería con que trabajaban habitualmente bajo la modalidad de EPCM (*Engineering, Procurement, Construction Management*), que entrega a los servicios de ingeniería el desarrollo integral de los proyectos, hasta la puesta en marcha, sin incluir la construcción de las obras, suministro de equipos ni su montaje que sigue manejando directamente el dueño.

De esta manera, la modalidad EPCM se constituyó en una de las principales de realizar y proveer servicios de ingeniería en el país. Las empresas de ingeniería extranjeras que, como resultado de esta demanda, se instalaron en el país usaron la ingeniería local solo como un complemento menor en esta nueva forma de llevar a cabo un emprendimiento.

Algo semejante ocurrió en los últimos años con las grandes obras públicas concesionadas por el Gobierno a empresas constructoras extranjeras, en las que la participación local ha sido muy poca.

En ambos casos, sin embargo, al entrar los emprendimientos en sus fases operativas y de ampliaciones, han empezado a recurrir en forma creciente a los recursos locales de ingeniería, que han probado ser confiables, eficientes y de costos competitivos.

4.4. La ingeniería local y las multinacionales

Sin duda, la participación en Chile de las firmas consultoras extranjeras en los grandes emprendimientos mineros fue exitosa. Contaban con experiencia en la gestión de proyectos, particularmente en la dirección de la construcción y montajes, que era insuficiente en el país. Para desarrollar los proyectos EPCM se necesita contar con personal experimentado, disponer de métodos y procedimientos complejos, probados y perfeccionados en la práctica. Pero, sobre todo, tener una capacidad económica para poder comprometer garantías por el cumplimiento de plazos, rendimientos de los procesos y costos de producción, sobre la base de premios y multas que normalmente se incluyen en estos tipos de contratos.

Las empresas de ingeniería extranjeras que llegaron al país por proyectos específicos, contaban con estos atributos y se avocindaron luego definitivamente. El ejemplo que dieron con su desempeño tuvo un importante efecto en los servicios de ingeniería de consulta local, primero por la competencia que significó y luego por su fortalecimiento, como resultado de la asimilación de las nuevas metodologías de trabajo que introducían las firmas foráneas.

Esto dio lugar a una participación creciente de la ingeniería nacional en grandes proyectos, de magnitud semejante a los de la gran minería del cobre, como son los de la industria forestal, el Metro de Santiago, las plantas de tratamiento de aguas servidas e industrias en general, así como en el sector servicios (banca, salud, ciudades satélites y otros). En ellos, la participación local tomó la posición de liderazgo con solo el apoyo de algunos especialistas extranjeros.

El hecho que un conjunto multidisciplinario pueda abordar proyectos complejos de distinta naturaleza es sólo posible si se han podido establecer procedimientos objetivos, eficaces y controlables, para que las distintas especialidades puedan actuar como un conjunto coordinado y armónico. Esto ya lo han logrado las firmas chilenas más importantes que, además, al superar un cierto tamaño crítico, han podido dedicar un núcleo de sus profesionales a la función "Desarrollo", entendiendo por tal la captación sistematizada de información científica y tecnológica y su utilización en el desarrollo de nuevas soluciones de ingeniería o del mejoramiento de las existentes.

4.5. El capital humano, base del desarrollo de los servicios de ingeniería de consulta

La consolidación de este desarrollo ha sido posible gracias al capital humano disponible en Chile.

En el nivel terciario de la educación, la acumulación de capital humano ha sido históricamente más lenta en Chile que en otros países, pero la situación se ha tendido a revertir, como se aprecia en la proporción de alumnos de enseñanza superior inscrita en carreras de ciencias y tecnología y en el enrolamiento en las Universidades e Institutos Profesionales (ya en el 2006 se acercaba al 50% de los egresados de educación secundaria [BID, 2006]). Sin embargo, la infraestructura científica y tecnológica para educación e investigación en ingeniería es insuficiente y también es insuficiente el postgrado en ingeniería.

Desde la perspectiva del ingeniero como realizador, su educación en el nivel terciario es reconocida como de buena calidad, aunque para poblaciones de pocos estudiantes, como lo comprueban los resultados obtenidos por aquéllos que van a estudiar postgrados al extranjero. La realización de estudios y proyectos en conjunto con profesionales extranjeros corrobora esta apreciación, así como la creciente demanda por los servicios de profesionales chilenos en el extranjero. No obstante, desde una perspectiva más global, se puede apreciar un cierto déficit en la formación de los ingenieros, particularmente en lo que respecta a sus competencias para anticiparse y para innovar en los mercados internacionales.

El número de centros de estudio (Universidades e Institutos) ha proliferado en los últimos años, haciendo posible un creciente aporte de egresados a las actividades de ingeniería. Aunque algunas personas consideraron que esta oferta podría llegar a ser excesiva para las necesidades de la economía chilena, esto no ha resultado así hasta ahora. Baste señalar que hay muchos ingenieros extranjeros trabajando en Chile y que prácticamente existe pleno empleo, desde hace años, para ingenieros civiles locales. También debe considerarse la creciente demanda por servicios de ingeniería desde el extranjero, que en algunos casos particulares podría llegar a producir un déficit interno, en la perspectiva de la globalización de los servicios, como se verá más adelante. Ahora bien, este crecimiento de la oferta de profesionales de ingeniería no ha ido acompañada de una actualización de la formación universitaria de ellos, de acuerdo con las mejores prácticas internacionales. Proliferan carreras de ingeniería de diferente denominación que no necesariamente aseguran calidad (cerca de 120.000 estudiantes en las universidades e institutos profesionales, según el CNED). Esto es un riesgo importante para abordar desafíos mayores, tanto de la modernización del país como de los propios servicios de ingeniería competitivos a escala global.

El capital humano ha sido clave para que Chile tome una posición de importancia en los servicios de ingeniería, en el contexto local y en su incipiente globalización. No obstante, será exigido al máximo para asumir un rol más decisivo en hacer de Chile un país desarrollado y en la proyección global de los servicios de ingeniería. Esto plantea un nuevo desafío de formación y educación continua de los ingenieros y el personal asociado.

4.6. Oferta actual de ingeniería de consulta

Las empresas nacionales de ingeniería, desde un modesto comienzo en los años 50, han crecido tanto en número como en tamaño y, por cierto, en la calidad y amplitud de sus servicios.

Así, la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile (AIC), establecida hace 40 años, que agrupa a las firmas principales de ingeniería de consulta, cuenta actualmente con más de 81 firmas asociadas, que emplean cerca de 10.500 personas. En conjunto, constituyen el mayor empleador de ingeniería del país. Las empresas mayores de ingeniería cuentan con infraestructuras de buen nivel y con equipamiento computacional de última generación, tanto en *software* como *hardware*.

No pertenecen a la AIC cerca de 5 firmas internacionales de ingeniería establecidas en el país, que se cuentan entre las mayores empresas a nivel mundial (por ejemplo: Bechtel, Fluor, SNC, Hatch, Aker) y tampoco unas 200 firmas locales de menor tamaño, generalmente especializadas en campos específicos, algunas de las cuales han integrado asociaciones por especialidad (por ejemplo, ingeniería estructural y otras).

Las firmas relacionadas con las tecnologías de información y comunicaciones, tanto consultoras propiamente tales como proveedores de *hardware* y *software* han constituido la ACTI (Asociación de Empresas de la Tecnología de la Información), que ha experimentado un notable crecimiento desde su creación en 1993. Esta asociación reúne en la actualidad a 155 empresas de todos los tamaños y características (profesionales y comerciales).

Desde la perspectiva laboral y de impacto en los mercados, se estima que la ingeniería utilizada en los proyectos y estudios empleaba en el año 2011, en Chile, unos 42,5 millones de hora-hombre (HH) al año, con el desglose que se muestra en la **TABLA 4-1**.

	HH/Año
Firmas AIC y subcontratistas habituales	23.000.000
Firmas extranjeras radicadas, no AIC	9.500.000
Otras firmas no AIC	1.500.000
Ingeniería interna empresas	8.500.000
	42.500.000

Fuente: AIC y elaboración propia de la Comisión.

De modo que la ingeniería de consulta independiente (“de mercado”) alcanza a 42,5 millones de HH, con un valor que supera los US\$2.000.000.000/año. Esto representa una actividad económica importante. Los ingresos por SGI y exportaciones de servicios de ingeniería (incluyendo ITO) alcanzaron el 2008 los US\$230 millones/año, lo que representa aproximadamente un 25% del total.

En la **TABLA 4-2** se presenta un desglose de esta “ingeniería de mercado” (2008/2009 y 2010/2011), según estudios internos de la AIC, utilizando un índice de actividad trimestral que lleva, corregido por la actividad de firmas no AIC.

Sector	2008/2009	2010/2011
Minería	40%	52,2%
Infraestructura General	20%	21,9%
Infraestructura Hidr. Sanitaria	5%	3,9%
Infraestructura Urbana	10%	2,3%
Industria	10%	8,2%
Energía	15%	11,5%
	100%	100%

Fuente: Asociación de Empresas de Ingenieros Consultores, AIC.

Se puede apreciar el alto crecimiento del sector minero y su gran importancia en la ingeniería, ya que si se considera que las empresas extranjeras no AIC se dedican fundamentalmente a la minería, se obtiene que más del 50% de la capacidad de servicios de ingeniería disponible en Chile se dedica a esa industria.

TABLA 4-1

Oferta agregada de Ingeniería Chilena

TABLA 4-2

Distribución de Ingeniería Chilena

4.7. La Ingeniería local se asoma al mundo externo

El incremento constante de la capacidad instalada de la ingeniería de consulta local²² la llevó pronto a buscar oportunidades en el exterior, aguijoneada por la volatilidad del mercado nacional. En este proceso, PROCHILE tuvo un rol importante y prestó un valioso apoyo a este esfuerzo con su red mundial de oficinas de representación y con ayuda económica para viajes en busca de contactos y oportunidades.

Se organizaron así varios grupos de firmas, procurando juntar entre ellas la masa crítica necesaria para ofrecer servicios en el exterior; en competencias con las grandes firmas internacionales. Sólo unos pocos de ellos lograron consolidarse.

La estrategia inicial fue ofrecer la gama completa de servicios, en todas las áreas en que se desempeñaban en Chile (minería, industria, infraestructura, etc.), en los países vecinos.

Pronto se lograron los primeros contratos, principalmente con el sector privado y fundamentalmente en temas relacionados con la industria minera, en la que Chile goza de una excelente reputación y también en proyectos industriales del sector forestal, que ha tenido un fuerte desarrollo en Chile. En cambio, ha sido muy poco en infraestructura, que era uno de los objetivos originales.

Si bien las primeras puertas se abrieron en Argentina, Perú y Paraguay, pronto se vio que el mercado era realmente el mundo entero, agregándose proyectos de importancia en Brasil, México, Venezuela, Estados Unidos, Zambia, Tailandia, India, Armenia, Guinea, El Congo, Cuba, Ecuador, Rusia y otros países.

La penetración en los mercados se logró gracias al dominio de determinadas tecnologías de avanzada, que constituían aportes originales en los proyectos en que participaban las firmas nacionales.

A continuación se exponen algunos antecedentes relevantes de esta experiencia de las empresas de ingeniería chilenas en el exterior.

4.7.1. *Las experiencias de internacionalización de servicios de ingeniería emprendidas hasta ahora en Chile*

La exportación de servicios de ingeniería es una actividad que desarrollan en forma corriente varias de las firmas consultoras nacionales desde hace ya varios años.

Esta exportación genera un positivo impacto en el mercado laboral de la ingeniería, así como en la acumulación y generación de conocimientos específicos (*know how*). Tiene un alto valor agregado, ya que se venden principalmente procedimientos y conocimientos generados por ella. El país se da a conocer como un proveedor calificado de servicios de calidad a costos competitivos. La actividad permite dar trabajo bien remunerado a un número importante de ingenieros civiles y otros profesionales. Los buenos niveles de remuneración de los ingenieros favorecen la movilidad social, ya que muchos de los nuevos profesionales de las empresas de ingeniería provienen de los sectores de menores ingresos.

Las cifras de exportación de servicios que se han alcanzado son ya significativas, desde la perspectiva histórica de Chile en este rubro, y es posible que en un futuro cercano pudieran alcanzar cifras similares a la industria del vino. En el estudio de IDC encargado por CORFO ("Observatorio de industria de Servicios Globales en Chile" - Mayo 2009) se encuestaron 421 empresas que han vendido servicios de todo tipo, totalizando una venta

²² No extranjera ni filial de una de ellas.

de 844 millones de dólares, empleando un contingente de 20.000 personas. Considerando solo aquellas que corresponden a ingeniería propiamente tal en los rubros que la IDC denomina IPO (*outsourcing* de procesos), KPO (*knowledge outsourcing*) e ITO (*information technology*), esa entidad calculó que los ingresos por exportaciones alcanzaron el año 2008 a cerca de US\$500 millones, empleando a 7.600 personas.

4.7.2. Resultados alcanzados

Del análisis de las fuentes consultadas, y de las presentaciones de las empresas chilenas de servicios de ingeniería que entrevistó la Comisión, se concluye que la exportación solamente de las firmas de ingeniería de consulta, incluyendo las de ITO (Inspección Técnica de Obras), alcanzó en el año 2008 la cifra de 306 millones de dólares. En el caso de algunas firmas, las exportaciones han llegado a representar, en determinados años, cerca del 40% de sus ventas totales.

En los últimos 15 años las firmas chilenas de servicios de ingeniería han exportado sus servicios a más de 20 países. Los servicios prestados se han concentrado en Sudamérica como se aprecia en la **TABLA 4-3**.

Sudamérica	60%
Norteamérica	10%
Europa	10%
África /Asia/Australia	20%

Fuente: AIC,INDEC,JRI,POCH.

TABLA 4-3

Destino de las exportaciones de ingeniería

La mayor parte de las exportaciones de ingeniería ha correspondido a servicios para la industria minera y la industria del papel y celulosa, y una parte menor a otras industrias y a infraestructura.

La competitividad creciente de la ingeniería nacional le ha permitido ir ampliando paulatinamente sus campos de acción. Entre sus clientes ha logrado incorporar a las mayores compañías mineras de cobre del mundo así como a empresas industriales y de servicio de diverso tipo.

4.7.3. Fortalezas y debilidades de la oferta chilena

Su exposición en el mundo ha permitido constatar las fortalezas y debilidades que caracterizan a la Ingeniería chilena. Entre ellas se pueden destacar:

- **Fortalezas:**

- Los ingenieros chilenos tienen una adecuada formación general y cuentan con experiencia en ciertas áreas específicas.
- Chile y los chilenos tienen una buena imagen en el exterior.
- Chile es un líder en la industria minera y cuenta con una buena base de proyectos industriales exitosos.
- Hay una buena base de ingenieros con experiencia en diseño y cálculo estructural.
- Más del 50% de las empresas consultoras chilenas tienen procedimientos, *software*, competencias y capacidad de relacionarse a un nivel que les permite ser exportadores.

- **Debilidades:**

- La mayoría de los ingenieros chilenos son reticentes a firmar contratos tipo “worldwide” y a localizarse fuera de Chile por períodos prolongados
- En determinados países existe algún grado de rechazo a las empresas de origen chileno.
- La ingeniería chilena tiene difícil acceso a bancos de datos e información confiables para evaluar las situaciones, oportunidades y dificultades financieras, tributarias, contables, legales y de otra naturaleza para operar en países lejanos.
- Los profesionales chilenos carecen, en general, de una formación básica en la gestión de emprendimientos grandes y complejos y tienen insuficiente experiencia en administración de la construcción.
- Usualmente los ingenieros chilenos son relativamente “apagados” en aspectos sociales y políticos, lo que constituye una limitante en países de gran actividad social.
- Un porcentaje relevante de los profesionales chilenos no tiene un manejo fluido del idioma inglés, tanto verbal como escrito, lo que constituye una seria limitante en las relaciones con clientes, proveedores y asociados.

4.8. Los desafíos y dificultades de la exportación de servicios

Para consolidar la penetración de mercado lograda por las empresas chilenas de ingeniería, es necesario continuar ofreciendo innovaciones. Eso implica crear internamente en ellas la capacidad de desarrollo de tecnologías propias y de adaptación de conocimientos externos. Esto tiene un costo que solo se puede solventar si hay un volumen adecuado de trabajo, con continuidad en el tiempo.

El gran respaldo de los servicios de ingeniería local ha sido su activa participación en las importantes áreas de actividad industrial en Chile.

Pero, para continuar su expansión, es indispensable ampliar la cartera de procesos tecnológicos²³ de punta en que se puede exhibir dominio mayor que el de la competencia, tarea que no solo toma tiempo sino que, como se ha señalado, irroga costos significativos.

Por otra parte, los emprendimientos requieren de la ingeniería cada vez más un servicio integral, que cubra no solo desde la ingeniería conceptual hasta la de detalle, sino que también la gerencia de los procesos de compras, de la construcción y de la puesta en marcha. En esto, la dificultad ha sido, hasta ahora, la de contar con personal experimentado para desempeñar estas tareas, lo que no se puede improvisar y toma tiempo desarrollar.

En estos mismos proyectos, generalmente denominados EPCM por sus siglas en inglés (ingeniería, procuraduría, gerencia), se requiere en su última fase una presencia prolongada en el país en que se ejecuta el proyecto. Aquí la dificultad ha estado en que es difícil que los profesionales chilenos acepten estancias prolongadas fuera del país, o exigen remuneraciones que los dejan fuera de competencia.

Una tercera dificultad, y no menor, para una firma local que opere en el mercado internacional, es tener la capacidad económica para poder ofrecer las garantías de cumpli-

²³ Tecnología: Modo de lograr un propósito.
Procesos Tecnológicos: Conjunto de operación unitarios concatenados para lograr un propósito.

miento que normalmente exigen los proyectos EPCM, que pueden llegar al 10% del costo de inversión del proyecto. Garantías de este tipo no se pueden obtener hasta ahora en el mercado local (bancos, seguros) a precios que permitan competir.

Una modalidad de contratación de los empresarios a nivel mundial es la de “llave en mano” (TK por sus siglas en inglés: *Turn Key*), que es particularmente utilizada cuando el proveedor de los equipos es a la vez quien provee la tecnología fundamental de los procesos (que no es, por ejemplo, el caso de la minería).

En principio parece atractivo para la Ingeniería integrarse en el grupo contratado para un TK. En la práctica ocurre que los servicios de ingeniería desempeñan el papel de subcontratista y no de asociado, pues su participación económica en el valor final del emprendimiento rara vez supera un 8% del total. En cambio la responsabilidad que debe asumir, si participa como socio, es considerablemente mayor y superior a su capacidad económica, haciéndola inviable en la práctica.

La salida para este dilema, como lo ha demostrado la experiencia, es participar en un TK como Ingeniero representante del Propietario (*owner's engineer*), en que su rol es dirigir, supervisar y controlar el desempeño de los contratistas TK (si son varios los paquetes que integran un mismo emprendimiento) y encargarse de la ingeniería de las partes no incluidas en los paquetes, dando unidad al conjunto. Estos servicios de ingeniería suelen denominarse BOP (*Balance Of Plant*).

4.9. El paso de la exportación a la globalización. Desafíos y respuestas

Las innovaciones tecnológicas originales que se están dando en Chile desde los años 90 y la disponibilidad de recursos profesionales capacitados, hizo posible pasar de la exportación de servicios de ingeniería a una segunda fase, la de la globalización, que se inicia con el siglo XXI y que es esencialmente diferente a la fase de exportación.

Las empresas extranjeras de ingeniería ya radicadas en el país y varias nuevas que llegan, ya no se interesan fundamentalmente en el mercado nacional, que tiene las características de un mercado acotado y altamente competitivo, sino que en captar profesionales locales para atender necesidades a nivel mundial. Esto se hace no sólo con la intención de exportar sus servicios, sino que de incorporarlos en sus cuadros permanentes, en un nuevo esquema de estructura para la gestión, en la que los proyectos se realizan en cualquier parte del mundo, con la participación coordinada de las habilidades y competencias que fueren necesarias, sin importar donde éstas estuvieren disponibles, sin distinción de ubicación geográfica, usando nuevas técnicas de comunicación y transmisión de la información que hace posible la realización de proyectos multidisciplinarios de alta complejidad en que participan diversos especialistas, simultáneamente, interactuando dinámicamente entre ellos²⁴ sin grandes desplazamientos de personas.

Pero las firmas internacionales de ingeniería no se han limitado a reforzar sus cuadros locales, sino que, aprovechando el desarrollo en la ingeniería nacional, han seguido la estrategia de adquirir y tomar el control de un número significativo de firmas chilenas consolidadas con trayectorias de años y equipos competentes de profesionales. La integración ha significado la necesidad de vencer diferencias culturales importantes, pero el proceso se encuentra en marcha, facilitado por el hecho que en algunas áreas la empresa absorbida tenía capacidades iguales o mayores que la nueva matriz.

²⁴ La distancia entre dos personas ya no se mide en km, sino que en nanosegundos (Senador Fernando Flores).

La práctica ha mostrado que en este esquema es necesario establecer “centros de excelencia”, en que se concentran geográficamente los especialistas de procesos de más alto nivel de una empresa consultora, quienes participan en las primeras etapas de los emprendimientos, que es cuando se definen las características tecnológicas básicas de ellos: selección de procesos, ubicación, gama de productos, costos de inversión y operaciones, etcétera.

Es así como en Chile se han establecido centros de excelencia relacionados con la industria minera, la industria forestal, generación hidroeléctrica y varios otros están en vía de consolidarse (servicios sanitarios, ambientales).

A partir del año 2008, el proceso ha sufrido un retardo momentáneo, por efecto de la crisis económica mundial, pero todo hacer prever que se reanudará con fuerza en los próximos años.

La globalización de los servicios de ingeniería, al borrar las fronteras geográficas, desdibuja las estadísticas de exportación, pues los proyectos se hacen dentro de una misma empresa perdiéndose el sentido de “*inshore*” y “*offshore*”.

Introducción

En este capítulo se presentan las estrategias y acciones sintetizadas para abordar el desarrollo y crecimiento de los servicios globales de ingeniería (SGI), de acuerdo a su potencial, esto es, de la creación de valor en los mercados a través de ellos. En los capítulos 2, 3 y 4 se han expuesto las cuestiones fundamentales utilizadas para la formulación de las estrategias.

El contexto global es volátil: las oportunidades aparecen y se mantienen vigentes por períodos breves, aumenta el número de concurrentes en servicios de ingeniería provenientes de diversos países, los avances científico-tecnológicos y las inversiones afectan continuamente el contexto, aumenta la movilidad internacional de los ingenieros y de otros profesionales.

Por ello, las estrategias son más necesarias que nunca. Pero no en la forma de planes muy estructurados que pueden volverse rígidos, sino como orientaciones y familias de acciones.

El empleo de ingenieros es asimétrico entre los países. España e incluso Estados Unidos tienen desempleo de profesionales, como consecuencia de la reciente crisis financiera internacional y de los consiguientes cambios estructurales. Pero ésta es una situación dinámica: hoy afecta a unos países, mañana a otros.

Las capacidades de hacer ingeniería se desarrollan por doquier, principalmente como consecuencia del aumento dramático de la educación superior en el mundo. No obstante, hacer ingeniería para las necesidades domésticas es muy diferente que hacerlo para las necesidades globales. Los altos requerimientos simultáneos de acceso, calidad, oportunidad, plazos y costos son determinantes en los servicios globales de ingeniería. En particular, cuando se tiene dominio sobre un ámbito específico de ingeniería que crea valor para los usuarios. En esto radica la diferencia.

Como ha sido señalado en capítulos anteriores, Chile tiene una oportunidad relevante en esta industria de servicios globales, que se origina en las soluciones de ingeniería que ha debido generar para abordar algunos desafíos de su propio desarrollo, como son la minería, la industria forestal, la construcción sismorresistente y otras. Una oportunidad que ya se está abordando como muestran las ventas de servicios de ingeniería en otros países. Entonces, la oportunidad consiste en desarrollar el potencial que tiene el país en esta industria hasta que logre resultados relevantes y sustentables.

Para ellos son necesarias ciertas estrategias y actividades. En este trabajo se expone una propuesta para ello, con un eje articulador: la creación y desarrollo de valor. Esta propuesta se organiza en cinco ámbitos:

- Acceso a los Mercados.
- Fortalecimiento de la Oferta de Servicios Globales de Ingeniería (SGI).

- Aceleración de los Negocios de SGI.
- Desarrollo y Fortalecimiento de las Capacidades y Competencias de SGI.
- Sistema de Gobierno.

Concepto de SGI

El concepto de SGI considerado en este trabajo corresponde a las actividades y negocios de servicios de ingeniería que se realizan para otros mercados y que generan valor para Chile, independientemente del lugar donde esos servicios se realizan. Esto incluye los siguientes tipos de actividades:

- Servicios para clientes en otros países, suministrados por entidades chilenas, ya sea en esos mismos países o desde otros países o desde Chile.
- Servicios para clientes en otros países, suministrados por empresas extranjeras radicadas en Chile y que utilizan trabajo de profesionales chilenos.

Actores relevantes

En ese contexto, es importante considerar la participación de los diferentes tipos de actores que concurren a los SGI, y sobre los cuáles se formulan las estrategias y actuaciones. Los principales:

- Empresas chilenas de ingeniería, arquitectura y actividades afines que operan en otros países.
- Empresas extranjeras de ingeniería radicadas en Chile que utilizan servicios de ingenieros chilenos, de empresas y otras entidades chilenas.
- Instituciones de Educación Superior y entidades de ciencia, tecnología e innovación que concurren a los mercados externos de servicios de ingeniería.
- Asociaciones de empresas de ingeniería, asociaciones de ingenieros y otras entidades afines.
- Empresas y entidades públicas que contratan los servicios de ingeniería (clientes).
- Agencias de Gobierno que promueven las tecnologías, la innovación y el emprendimiento.
- Entidades del sistema financiero que proporcionan servicios a las empresas para servicios de ingeniería.

Valores de los SGI

Más allá del valor para los clientes, el valor generado por los SGI es la suma de cuatro valores específicos según se muestra en la siguiente ecuación:

$$V = \{\text{valor económico directo}\} + \{\text{valor económico indirecto}\} + \{\text{valor social}\} + \{\text{valor cultural}\}$$

En que:

- Valor económico directo: corresponde a la facturación agregada de las empresas y otros actores mencionados precedentemente, que participan en los SGI. Los valores económicos para los actores respectivos son: utilidades para las empresas, remuneraciones para los empleados de las empresas e impuestos para el Estado.

- Valor económico indirecto: es la facturación de otros bienes y servicios que se originan con la realización de los SGI. Esto incluye:
 - Equipos, obras, componentes, sistemas y *softwares*, utilizados o recomendados en los proyectos y servicios de Ingeniería.
 - Servicios de formación de ingenieros (pre y post grado), de capacitación profesional y de educación continua.
 - Servicios de I+D e innovación.
 - Servicios profesionales de marketing, transferencia tecnológica, comercialización, legal y otros.
 - Recursos de inversión y financiamiento para proyectos que se desencadenan por los proyectos y servicios de ingeniería.
- Valor social: corresponde al valor generado por los SGI, para las personas en diversas formas:
 - Empleo directo e indirecto generado por los SGI, tanto en Chile como en otros países.
 - Relaciones entre personas, de diferentes países e industrias, que facilitan la realización de nuevos emprendimientos.
- Valor cultural: valor clave para la sociedad del conocimiento: corresponde al desarrollo de la ingeniería como una industria de alto nivel intelectual, que expresa un componente relevante de la cultura emergente en la sociedad del conocimiento.

La ingeniería tiene capacidades amplificadoras sobre otras actividades de una sociedad avanzada. Por ejemplo, induce la generación de nuevos conocimientos necesarios para resolver los desafíos (científicos, tecnológicos, sociales), proporciona las bases para desarrollar nuevos productos y servicios, genera las plataformas para formas de vida más evolucionadas y de mejor calidad, utiliza más intensamente las capacidades creativas e innovadoras de las personas.

Por ello, es un factor relevante para el desarrollo de los países y para aumentar la movilidad social de las personas, en particular para crear riqueza y superar la pobreza.

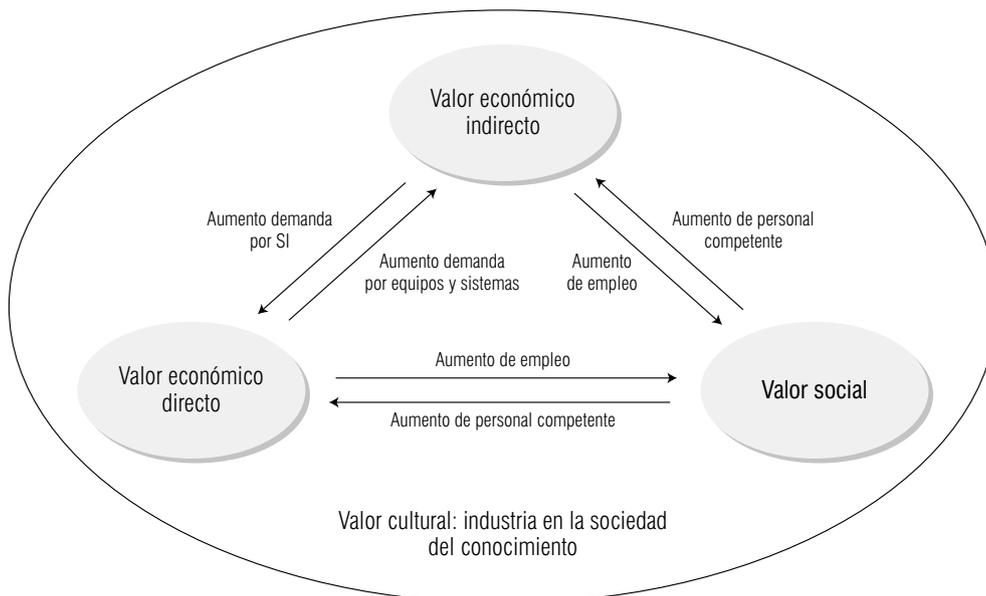


FIGURA 5-1

Articulación de valores en torno a los servicios de ingeniería

Por cierto, el desarrollo de este valor por los SGI hará evolucionar la marca Chile en una dimensión propia del siglo XXI.

En la **FIGURA 5-1** se muestra la articulación de estos cuatro tipos de valores. Es necesario destacar que el valor económico indirecto llega a ser varias veces el valor económico directo (por ejemplo, 10 veces). Los valores económicos indirectos y directos crean valor social, principalmente a través del empleo. Todos ellos, juntos, renuevan y potencian el contexto cultural.

Las estrategias

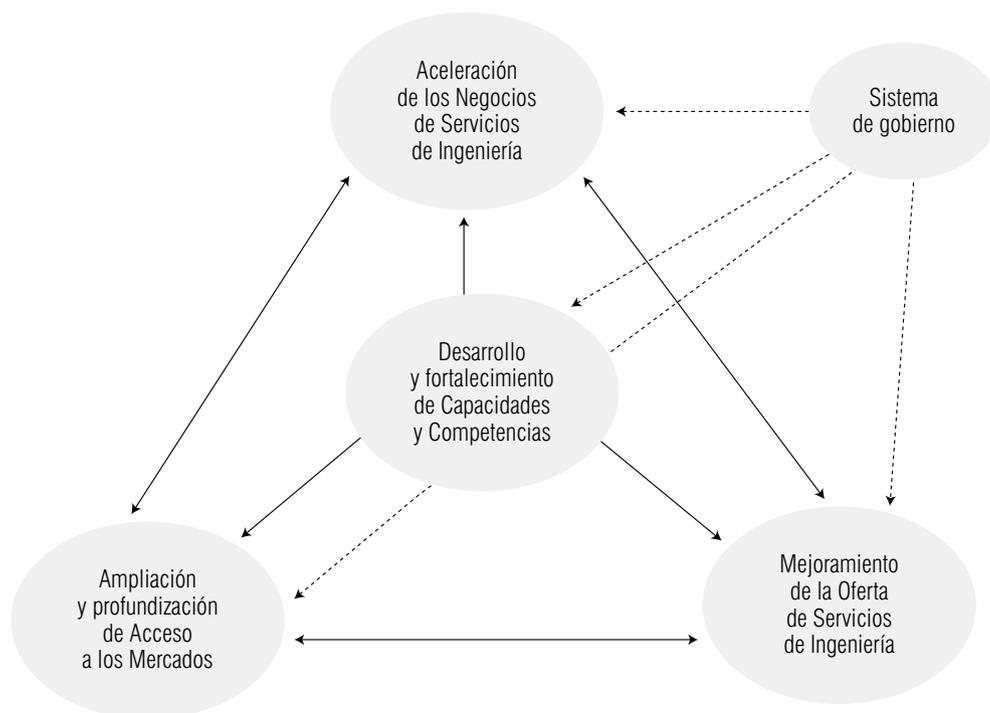
Para articular la generación de estas categorías de valor, y sobre la base de lo expuesto en los capítulos anteriores de este documento, se han sintetizado cinco estrategias necesarias para abordar el desafío de desarrollo sistemático de los SGI como una industria.

Estos son:

- Estrategia 1: Ampliación y profundización de los accesos a los mercados (Sección 5.1).
- Estrategia 2: Mejoramiento y aumento de la oferta en calidad, volumen y eficiencia (Sección 5.2).
- Estrategia 3: Aceleración de los negocios de ingeniería (Sección 5.3).
- Estrategia 4: Desarrollo y fortalecimiento de las capacidades y competencias (Sección 5.4).
- Estrategia 5: Desarrollo y fortalecimiento del sistema de gobierno (Sección 5.5).

En la **FIGURA 5-2** se muestra la articulación entre estas estrategias.

FIGURA 5-2
Articulación de estrategias propuestas para desarrollar la Industria de los Servicios Globales de Ingeniería (SGI)



Naturalmente, las estrategias propuestas son debatibles, teniendo presente las singularidades de los mercados y los diversos ámbitos específicos y formas de acción de los servicios de ingeniería. No obstante, el riesgo es no actuar. Varios países se han estado sumando a la provisión de los SGI. Cada cual tiene sus atributos ventajosos, con lo cual aumentará la competencia internacional, con algunos participantes dominantes (principalmente por su capacidad para suministrar grandes volúmenes) y diversos participantes en nichos específicos. Esto ocurre en un contexto de gran expansión de la industria SGI en el mundo, como ha sido expuesto en un capítulo anterior.

Adicionalmente, las formas de hacer ingeniería están cambiando y los SGI aceleran esos cambios y los consolidan como nuevas prácticas. Por ejemplo, la ingeniería concurrente con realizaciones simultáneas en diversas localidades e integradas mediante las tecnologías de información y comunicaciones.

Estas formas de trabajo hacen posible trasladar prácticas exitosas, desde unos lugares a otros, desde unos ámbitos industriales a otros. Por ello, contribuyen a aumentar las capacidades de anticipación e innovación, de las empresas y los países, para abordar determinados mercados e industrias. Entonces, la vinculación entre ingeniería e innovación, que siempre ha sido importante, se proyecta ahora a nuevas alturas.

Los códigos de la industria SGI afectan los servicios domésticos de ingeniería. Si las empresas locales no se hacen fuertes y se mueven a realizar SGI en los ámbitos que son competentes, quedan vulnerables frente a la participación de SGI de otros orígenes.

5.1. Estrategia I: Ampliación y profundización de los accesos a los mercados

El acceso a los mercados es determinante tanto para generar flujo de ventas como para seleccionar los tipos de servicios más convenientes para las capacidades y potencialidades de los SGI de Chile.

El acceso a los mercados debe ampliarse y profundizarse hasta llegar a ser una actividad permanente, para orientar la evolución de los SGI y para asegurar la obtención de los flujos económicos.

5.1.1. Objetivos de la estrategia

Los objetivos de esta estrategia son:

- i. Identificar tempranamente las oportunidades, tanto en los mercados como en las tendencias de ingeniería y profesiones afines.
- ii. Seleccionar los mercados más convenientes de abordar.
- iii. Determinar las formas más convenientes de participación en esos mercados.
- iv. Realizar la comercialización efectiva y rentable de los servicios de ingeniería, aumentando significativamente el volumen de operaciones en forma progresiva y sustentable en el tiempo. Dada la significativa expansión internacional de los SGI, es necesario organizarse para crecer con tasas anuales de doble dígito.

5.1.2. Actuaciones relevantes de la estrategia

Las líneas estratégicas y las actuaciones relevantes que se han identificado para abordar esta estrategia son:

5.1.2.1. Vigilancia e inteligencia de mercados

A escala global, las oportunidades son dinámicas: a nivel de países, a nivel de industrias y por empresas clientes. Por eso, es importante disponer de buena y oportuna información.

Las actuaciones relevantes identificadas en este ámbito son:

- i. Monitoreo de oportunidades globales, por ejemplo nuevas tendencias en inversiones en infraestructura e industrias.
- ii. Monitoreo de oportunidades específicas en mercados seleccionados.
- iii. Vigilancia tecnológica y competitiva:
 - Detección temprana de avances tecnológicos relevantes y su análisis.
 - Información y análisis de los concurrentes en los mercados.
- iv. Inteligencia de mercados. (Comprensión de las necesidades de diferentes segmentos de mercado y grupos de clientes).

Más allá de lo referente al monitoreo de oportunidades, esto consiste en comprender y analizar las necesidades latentes en los mercados (aquéllas que no están expresadas todavía) y detectar a tiempo el surgimiento de nuevas tendencias.

En particular sobre:

- Nuevas necesidades de ingeniería.
- Herramientas y metodologías que surgen en el mundo de la ingeniería.

5.1.2.2. Selección de los mercados objetivos

Esta línea estratégica consiste en identificar y seleccionar los mercados objetivos más convenientes para los SGI asociados a Chile. Esta cuestión es relevante desde el punto de vista estratégico, pues no es viable abordar todos los mercados al mismo tiempo debido a las insuficientes capacidades existentes y a que algunos de ellos no son atractivos en términos económicos. Con los esfuerzos de la AIC y ProChile se está avanzando en esta dirección.

La selección de unos pocos mercados objetivos hace posible el suministro rentable de SGI, genera reputación y produce el aprendizaje suficiente para luego expandir a otros mercados.

5.1.2.3. Gestión de la demanda y comercialización

Esta línea estratégica consiste en comprender la demanda expresada, gestionar que se exprese la demanda latente, inducir el interés de los posibles clientes en los mercados objetivos por los SGI chilenos y comercializar en forma efectiva.

Las principales actividades identificadas para abordar esta línea estratégica son:

- i. Inducir la demanda en los mercados seleccionados:
 - Aumentar el interés de los demandantes extranjeros por servicios de ingeniería asociados a Chile. Por ejemplo:
 - Realizar (y financiar) estudios pre-inversionales, como los que desarrollan países como Canadá.
 - Disponer de casos de referencia suficientemente modelados para los intereses de los clientes en los mercados seleccionados.

- Armar inteligentemente las condiciones comerciales favorables para esos mercados, en particular para los nichos.
- Realizar campañas de promoción ad hoc similares a las que realizan los países activos en SGI.

Chile ya tiene algunas experiencias parciales y debe aprender de ellas, superar las lógicas utilizadas hasta lograr alta efectividad (desde la experiencia “Chile exporta Minería” de los 90´s hasta el actual Cluster de Servicios Globales que dispone de un capítulo de servicios de ingeniería). Ahora está en curso un programa de AIC con ProChile y otros actores.

- Utilizar intensamente los TLC en lo que respecta a los accesos a los respectivos mercados.

ii. Profundizar el desarrollo del mercado local como base de sustentación.

El mercado local de los servicios de ingeniería en Chile se sigue expandiendo. Las inversiones proyectadas para el período 2010-2015 son importantes. Esto ha atraído a varias empresas extranjeras, algunas de ellas de servicios globales, que han asumido muchos encargos, probablemente más actividad de ingeniería de la que pueden abordar.

Con ese nivel de actividad, el mercado local es una base de sustentación para abordar los mercados globales. Esto es un hecho muy importante, por los siguientes factores: generación de experiencia y sistematización de SGI, generación de flujos económicos y generación de clientes válidos como referencias internacionales.

Para abordar esta línea estratégica se han identificado las siguientes acciones:

- Sintetizar y proyectar los casos de éxito locales que tienen valor y proyección internacional.
- Fortalecer las empresas de ingeniería en el mercado chileno.
- Realizar actuaciones para superar “el síndrome de la decisión de bajo riesgo” por parte de los clusters y demandantes principales.

Por ejemplo, iniciativas del tipo Programas Tecnológicos (o de Innovación) como realiza Tekes de Finlandia. Esto es necesario para aumentar las tasas de innovación, generar más valor en las soluciones de ingeniería y, colateralmente, producir diferenciación internacional de los SGI.

iii. Generar conocimiento y confianza entre los clientes críticos (principalmente los líderes de la industria respectiva) para abordar los mercados más demandantes y atractivos.

- Difundir las capacidades de los SGI chilenos, sus factores diferenciadores y los casos de éxito obtenidos en ámbitos de importancia.
- Implementar un sistema de información moderno, vía internet, para orientar la demanda.

iv. Realizar marketing de SGI.

- Orientar la gestión de la oferta de SGI en función de la evolución demográfica de la demanda y de las tendencias de ingeniería, más algunas intervenciones selectivas.
- Realizar marketing de las empresas que participan en SGI, en particular en lo que respecta a su posicionamiento.

- Realizar marketing de servicios de las empresas de ingeniería, en particular en lo que respecta a tipos de servicios (productos), precios, localización y promoción.
- v. Comercialización intensiva y permanente.
- Sistematizar y aumentar la profesionalización de la venta directa de SGI en los mercados seleccionados, en forma comparable a los buenos operadores de SGI existentes a nivel internacional.
 - Organizar canales de comercialización diferentes a la venta directa, y fortalecer los canales existentes. Por ejemplo, mediante alianzas con otras empresas.

5.1.2.4. Acciones de apoyo

Se han identificado las siguientes acciones de apoyo a las otras actividades, ya señaladas en las secciones anteriores, para abordar las oportunidades en los mercados globales:

- i. Confeccionar y actualizar permanentemente un registro de ingenieros y de empresas de ingeniería calificadas para realizar SGI.
Este registro es útil para los mercados de destino y también para el mercado doméstico.
- ii. Incorporación y participación activa en instancias internacionales.
 - a. Participar activamente en organismos internacionales que generan visibilidad e influencia sobre las soluciones de ingeniería en la sociedad moderna. Por ejemplo:
 - APEC
 - OECD
 - Entidades que generan estándares y normas.
 - Foros sobre ingeniería y sus vínculos con el desarrollo económico, la sustentabilidad ambiental y la calidad de vida.
 - b. Participar activamente en organizaciones profesionales internacionales. Principalmente para enfrentar los desafíos que debe emprender la ingeniería en una sociedad moderna.
- iii. Aumentar la articulación entre empresas de servicios de ingeniería, creando espacios de cooperación más allá de las áreas de competencia en que están involucrados.
- iv. Negociar con los respectivos países, cuando corresponda, la disminución o eliminación de las barreras de entrada a los mercados (por ejemplo, doble tributación, medidas para-arancelarias y otras). En esto, se requiere la participación directa de los organismos pertinentes del Estado.
- v. Aumentar la cultura global de los ingenieros y su dominio del idioma inglés, en particular de aquéllos que participan en los procesos de marketing y comercialización de SGI.
- vi. Desarrollar y mantener un vínculo estable y productivo con el Programa de AIC / ProChile y el Cluster de Servicios Globales y otras iniciativas que promuevan el desarrollo de la industria de servicios de Chile y su internacionalización.
- vii. Organizar la historia pertinente de los servicios de ingeniería en Chile y sus asociaciones con extranjeros, de modo de servir de herramienta que apoye la le-

gitimación de las operaciones nuevas. Construir un relato asociado a la propia modernización y progreso del país.

- viii. Promover el diálogo permanente entre las empresas de ingeniería, universidades, clientes seleccionados, asociaciones de empresas de ingeniería y de ingenieros, organismos públicos y otros actores en torno al desarrollo de las oportunidades de SGI.
- ix. Aumentar la movilidad de ingenieros y también de estudiantes y profesores de ingeniería y actividades afines.

Esto es necesario para acelerar el acceso a las prácticas y tendencias emergentes en ingeniería, generar actitudes de participación activa en los mercados globales, desarrollar relaciones y alianzas, aumentar el dominio del idioma inglés y del trabajo en equipos remotos.

5.1.3. Medios para materializar la estrategia.

A continuación se indican los medios que se propone implementar para materializar esta estrategia, sus líneas estratégicas y sus actividades:

- i. Observatorio de SGI a nivel internacional.

Las acciones señaladas en 5.1.2.1, sobre vigilancia de mercados, deben realizarse según los intereses de los actores involucrados. Para ello, deben organizarse con un esquema de gobernabilidad como el que se plantea en la estrategia V.

Varias o todas estas funciones se pueden realizar a través de un observatorio dedicado, que puede ser administrado por una empresa o una universidad o un consorcio de ellos, con financiamiento mixto entre los fondos públicos de innovación y los aportes de las empresas y entidades usuarias. Un observatorio de esta naturaleza deberá tener capacidad permanente de evaluación de los ámbitos en que participa.

- ii. Programas de promoción de la demanda por los SGI de Chile. Por ejemplo, puesta en marcha de plataformas.

Chile ya cuenta con una iniciativa de promoción de SGI (AIC - ProChile) y algunas plataformas que se financian con aportes de CORFO y de las empresas involucradas, por ejemplo "Mineros del Sur" orientada al mercado peruano y "Food Links" en Shanghai. Las plataformas que se requiere para SGI son profundizaciones de ese tipo de plataformas, en los ámbitos propios de los servicios de ingeniería.

En todo caso, los programas de promoción de la demanda por SGI son de carácter más amplio. Ellos buscan que una parte de la demanda expresada, se canalice hacia oferentes de Chile. En esto hay que tomar como referencia lo que ya hacen países que avanzan en esta materia, como India, Canadá y otros.

Un programa de esta naturaleza debe ser organizado por los mismos actores involucrados y entidades especializadas en promoción. Su financiamiento debe ser hecho por los beneficiarios, con eventual apoyo de fondos públicos (en particular en los ámbitos que desencadenan demandas por innovación).

- iii. Desarrollo de empresas comercializadoras de SGI.

Este tipo de operadores se focaliza en los mercados de destino y comercializan capacidades y servicios de ingeniería de calidad, provenientes de empresas que prefieren usar un canal como éste (usualmente complementando sus capacidades de comercialización propias para tener acceso a mercados mayores).

Existen varias posibilidades para el desarrollo de este tipo de entidades: como la evolución de una empresa de SGI que quiere aumentar significativamente su oferta, para lo cual recurre a otras empresas, como un inversionista que decide participar aprovechando la oportunidad de mercado (como ya ocurrió antes en los servicios operacionales de *offshoring*, por ejemplo en *call centers*), como una asociación de empresas de ingeniería que deciden desarrollar un marca común internacional, como un *trader* que agrega demanda (principalmente en los mercados donde se origina la demanda), como un integrador y comercializador de soluciones empaquetadas y otras.

Para que sean efectivas las empresas comercializadoras se requiere una gerencia muy competente tanto hacia los mercados de destino como en la articulación de los oferentes de servicios de ingeniería.

iv. Programas de fortalecimiento de capacidades comerciales de las empresas de SGI.

Estos programas son de responsabilidad directa de las empresas involucradas y, usualmente, representan grados de maduración de su gestión superior y de atracción de recursos de inversión para la expansión de los negocios.

Aunque la mayoría de estos programas son intra empresariales, también puede suscitarse un espacio de colaboración entre empresas, en materias de interés común, que tengan economías de escala relevante.

v. Sistema de información sobre los SGI que incluya: registros de empresas de ingeniería e ingenieros (y otros profesionales relacionados), capacidades, casos de éxito, organización de la oferta, canales de acceso a la demanda y otros.

Un sistema de información de esta naturaleza puede ser organizado y financiado por entidades dedicadas a la comunicación en los ámbitos técnicos (como ya ocurre con revistas y sitios *web* especializados). Eventualmente pueden colaborar algunos programas públicos. En principio, no es conveniente que se involucren directamente empresas de SGI para asegurar la independencia y neutralidad del sistema de información.

5.2. Estrategia II: Mejoramiento y aumento de la oferta de SGI en calidad, volumen y eficiencia

La estrategia basada en la oferta consiste en aumentarla y fortalecerla suficientemente, de modo que las empresas oferentes puedan participar competitivamente, en forma permanente, en los mercados globales, en particular en los primeros mercados seleccionados.

5.2.1. *Objetivos de la estrategia*

Los objetivos principales de esta estrategia son:

i. Asegurar que las ofertas de SGI tengan las calidades y los volúmenes suficientes para abordar las demandas expresadas en los mercados seleccionados.

Las empresas de SGI de Chile ya han demostrado que pueden atender algunos mercados, principalmente en países de América Latina, y también en otros lugares. No obstante, este suministro no ha estado exento de dificultades y cada vez más debe enfrentar la competencia de otros actores. Por consiguiente, es necesario aumentar y sistematizar la calidad del suministro de servicios. Esto hará posible la expansión en condiciones sustentables.

- ii. Asegurar que las ofertas de SGI tengan altos niveles de replicabilidad en los mercados. La replicabilidad es necesaria para facilitar la comercialización, generar mayores rentabilidades y facilitar la adopción de las soluciones de ingeniería por parte de los usuarios.

5.2.2. *Acciones relevantes de la estrategia*

A continuación se indican las líneas estratégicas y las acciones relevantes identificadas para abordar esta estrategia.

5.2.2.1. Valorización de la oferta actual

Las ofertas de SGI que se proyectan bien en los mercados globales son aquellas valiosas, desde las perspectivas de los clientes y los usuarios.

Los principales factores que configuran valor son: soluciones efectivas, calidad de servicio, precios y plazos de realización.

La solución efectiva corresponde al conocimiento sistematizado, sustentado en la experiencia y la evidencia, para resolver problemas típicos y específicos de ingeniería. Estas soluciones son tanto en las especialidades de ingeniería, y otros campos profesionales, como en la integración de ellas. La disposición de soluciones efectivas es un tema crítico para participar en los mercados y es un factor de diferenciación de la oferta de servicios de ingeniería. Las soluciones efectivas consideran: la solución de los problemas de ingeniería y tecnología; la inclusión del medio ambiente y las consideraciones sociales; los aspectos regulatorios y normativos; la viabilidad económica y la sustentabilidad integral de las soluciones.

La calidad de servicios corresponde a: la prolijidad en los tratamientos de la ingeniería; las formas de relación con los clientes, los usuarios, los proveedores y otros relacionados; y las formas de entrega de los servicios.

El plazo de realización de los servicios es usualmente un componente de la calidad de ellos. Pero, por su importancia creciente, debido a su impacto en las rentabilidades financieras de los proyectos de los clientes, es conveniente abordarlo como un factor específico.

El precio y las formas de pago se pueden abordar con varios criterios diferentes según la experiencia en SGI.

Estos cuatro factores deben armonizarse según las necesidades de los mercados seleccionados.

Entonces, la línea estratégica de valorización de la oferta actual consiste en poner en valor, según los estándares internacionales, las ofertas existentes en función de los cuatro factores señalados.

Las actividades identificadas para abordar esta línea estratégica son:

- i. Relevación de los casos de éxito de SGI y su caracterización (tanto en el mercado local como internacional):
 - Identificación de casos de éxito por cada ámbito de relevancia (minería, construcción sismorresistente, industria forestal, tecnologías de información, etc.).
 - Caracterización de los atributos relevantes de los casos: problemas resueltos, funciones, calidades, costos de soluciones, plazos de realización y otros factores.

- ii. Sistematización del valor creado:
 - Identificación y caracterización de los elementos y sistema de ingeniería, sus atributos diferenciadores y sus impactos en las obras, los clientes y la sociedad.
 - Construcción de mapas que pongan en evidencia la oferta expresada de los SGI con las necesidades de ingeniería más importante de los mercados.
 - Puesta en valor de la oferta de servicios de ingeniería, de acuerdo a su potencial y a las principales oportunidades.
- iii. Proyección del valor posible de crear con los SGI:
 - Relevación de los ámbitos con potencial de aplicación y uso en los mercados seleccionados, respecto de los cuales ya hay desarrollos valiosos en los SGI provenientes de Chile.
 - Conexión de la oferta SGI asociada a Chile con la dinámica de los servicios globales, sus flujos y sus características.
- iv. Difusión en ámbitos apropiados:
 - Presentaciones en eventos de calidad en ingeniería (congresos, foros, seminarios).
 - Difusión a través de medios de comunicación social.

5.2.2.2. Profundización y ampliación de la oferta en núcleos competitivos

La línea estratégica de profundizar la oferta de SGI consiste en generar todos los atributos necesarios de ella para abordar las oportunidades específicas a nivel global (por ejemplo, ingenierías de diseño y de detalle de plantas concentradoras de minerales para enfrentar las necesidades específicas, de los diversos tipos de clientes, en los principales países del mundo).

La línea estratégica de ampliar la oferta de SGI consiste en complementarla, con otros elementos y atributos necesarios para atender otras necesidades de los clientes (por ejemplo, ingeniería de medio ambiente que aumente la sustentabilidad de operación de las plantas concentradoras de minerales).

Las principales actividades identificadas para abordar estas líneas estratégicas son:

- i. Potenciar los nichos competitivos de la ingeniería chilena (experiencias singulares).

Esto consiste en profundizar la oferta, en los nichos en los cuales los SGI de Chile ya son competitivos, y en mejorar las condiciones para su aprovechamiento por parte de los clientes.

Por ejemplo:

- Ingeniería de diseño para disminuir los efectos de los sismos en la vida humana y aumentar la vida útil de las construcciones.
- Ingeniería de procesos minero-metalúrgicos en las industrias metálica y no metálica.
- Ingeniería de procesos de pulpa y papel.
- Ingeniería de logística y retail.

- Ingeniería de casos seleccionados en infraestructura (por ejemplo, construcción de túneles).
- ii. Identificar y desarrollar nuevos nichos.

La ingeniería aplicada susceptible de participar en los SGI de Chile es mayor a la que es conocida en la sociedad, incluso en los organismos oficiales. Existe una asimetría entre lo que se hace y lo conocido. Por consiguiente, es necesario realizar un estudio de campo para identificar aquellos nichos que ya tienen realizaciones interesantes y que se pueden proyectar en los SGI.

También, es conveniente realizar esta actividad en forma permanente ya que continuamente se están generando novedades y avances.

5.2.2.3. Desarrollo y fortalecimiento de la oferta directa para abordar oportunidades relevantes

Esta línea estratégica consiste en desarrollar y fortalecer la oferta, de tal modo que reúna los atributos suficientes para satisfacer las necesidades y requerimientos de los nuevos clientes, correspondientes a las oportunidades relevantes en los mercados seleccionados.

Las oportunidades relevantes son aquellas que, además de ser valiosas por sí mismas, tienen impacto en los otros actores de la respectiva industria. Por ejemplo, enfrentar los SGI en minería, con códigos del siglo XXI.

Las principales acciones identificadas para abordar estas líneas estratégicas son:

- i. Orientar la oferta a clientes finales críticos, que tienen el potencial de amplificación de valor de las soluciones de ingeniería, en los mercados. Encadenar con soluciones valiosas para los clientes internacionales.
- ii. Dotar a las ofertas de SGI de los atributos suficientes para superar la competencia en ese tipo de clientes y mercados.
- iii. Contextualizar la oferta según los mercados de destino. Por ejemplo, desarrollar los accesos a los fabricantes de equipos que están en diversos lugares y aprovechar la experiencia local para desarrollar e implementar las soluciones.

5.2.2.4. Aumento de la frecuencia y efectividad de utilización de los servicios de ingeniería

Esta línea estratégica consiste en organizar la oferta de modo que facilite su frecuencia y efectividad de uso por parte de los clientes y usuarios. En la medida que los costos de transacción disminuyan, y aumente la calidad de los servicios, entonces aumentará el uso de la SGI.

Las actividades relevantes identificadas para materializar esta línea estratégica son:

- i. "Productizar" las soluciones de ingeniería hasta donde sea conveniente, para que sean más fácilmente replicables en los mercados. Esto implica que las soluciones de ingeniería estén completas, para diversas condiciones de uso y con calidades suficientes.
- ii. Empaquetar las soluciones de ingeniería a fin de que dispongan de los elementos complementarios que aseguren su buen uso (educación de usuarios, procedimientos de operación y mantenimiento, criterios de expansión y otros).
- iii. Modular los servicios de ingeniería de modo que se puedan realizar diferentes combinaciones de prestaciones de ellos en forma eficiente y con calidad.

- iv. Intensificar el uso de sistemas TIC en los servicios de ingeniería para aumentar la cantidad y calidad de ellos que se ofrecen.

5.2.2.5. Gestionar efectivamente el suministro de servicios de ingeniería

Esta línea estratégica consiste en asegurar que los suministros de SGI se hagan con calidad, en los costos y en los plazos definidos. Cualquier incumplimiento en estos factores significativos produce insatisfacción de los clientes, y mayores costos para la empresa de ingeniería, así como también pérdida del crédito, todo lo cual puede afectar severamente el negocio de los SGI (en particular, en sus fases iniciales de desarrollo).

Algunos países, como India, se están organizando para ser muy efectivos en la gestión de suministro de SGI.

Las actuaciones relevantes que se han identificado para abordar esta línea estratégica son:

- i. Asegurar que los suministros de servicios de ingeniería se hagan con calidad y oportunamente, con riesgos controlados en forma rentable:
 - Sistematizar y fortalecer las capacidades de ingeniería ya existentes y reconocer y fortalecer sus competencias.
 - Aumentar las capacidades y competencias de negocios de servicios de ingeniería.
 - Aumentar la productividad de los trabajos de ingeniería, expresada en hh para lograr los desarrollos comprometidos, hasta superar los umbrales de competitividad.
 - Abordar en forma integral los servicios de ingeniería, junto a los servicios provenientes de otras profesiones concurrentes, en la concepción y suministro de soluciones.
 - Aumentar los instrumentos de seguros de riesgos.
- ii. Asegurar la asignación de personal competente para los SGI:
 - Disponer de flujo de profesionales suficientes en número suficiente y con las competencias necesarias para abordar el suministro de SGI.
 Esto implica atraer más profesionales, tanto locales como de otros países, a participar en esta industria y producir una adecuada selección de ellos. Asimismo, implica una significativa inducción en los programas de formación de ingenieros.
 - Organizar el personal calificado en equipos competentes de ingenieros, de otros profesionales y de técnicos.
 Es importante destacar que los equipos competentes, además de personal calificado, requieren de organizaciones adecuadas, con roles bien definidos y complementarios.
- iii. Dotarse de infraestructura, herramientas y metodologías adecuadas para los SGI.

Esto significa complementar y actualizar la infraestructura, las herramientas (principalmente computacionales y de comunicación) y metodologías, de acuerdo a los mejores estándares internacionales de SGI.

Considerando que el *back office* es un factor importante de ventajas competitivas entre los diferentes proveedores de SGI, es necesario asegurar que los medios que se dispongan sean los apropiados, en base a *benchmarking* u otro mecanismo válido.

5.2.3. Medios para implementar la estrategia

A continuación se indican los medios propuestos para abordar esta estrategia, sus líneas estratégicas y sus actuaciones relevantes.

i. Laboratorios de servicios de ingeniería moderna:

Este tipo de laboratorios consiste en sistemas que permitan validar y probar tempranamente las soluciones de ingeniería que se entregan.

En general, los laboratorios necesarios para los SGI son aquéllos ya existentes en las empresas y universidades que tienen capacidades e infraestructuras en las respectivas especialidades. Es posible que en un campo determinado ya estén disponibles los laboratorios necesarios. No obstante, lo más frecuente es que los laboratorios existentes estén sólo parcialmente o no estén actualizados con los estándares de las nuevas soluciones de ingeniería.

Entonces, será necesario complementar y actualizar esos laboratorios y eventualmente incorporar otros nuevos, con el objeto de que satisfagan los requerimientos del acceso temprano para los SGI. Los laboratorios resultantes serán una combinación de componentes físicos y virtuales, articulados.

Estos laboratorios pueden ser organizados por empresas y universidades, con sus propios recursos, o con acceso a los fondos públicos chilenos y extranjeros para ciencia, tecnología e innovación.

ii. Programas de fortalecimiento de la gestión de SGI:

Estos programas son de capacitación de gestores, ingenieros y otros profesionales, con el fin de que desarrollen las aptitudes necesarias para completar, aumentar la calidad y competitividad de las ofertas de servicios de ingeniería. Esto incluye las capacidades para: diferenciar ofertas con atributos relevantes, empaquetar y “productizar” soluciones, incorporar TIC en todos los ámbitos necesarios de los SGI y otras.

Asimismo, estos programas incluyen la atracción de profesionales desde diferentes orígenes, para complementar las actividades de capacitación para el fortalecimiento de la gestión de SGI.

Los programas de fortalecimiento pueden ser realizados por las mismas empresas de ingeniería, con el concurso de instituciones chilenas y extranjeras especializadas y que dominen el “estado del arte”. También pueden ser realizados por universidades y otras entidades. El financiamiento de ellos se puede hacer parcialmente, mediante los fondos públicos para capital humano, tanto en Chile como en otros países.

iii. Sistema de *benchmarking* de ofertas de SGI:

Esto consiste en un sistema de comparación permanente de las diferentes ofertas de SGI que concurren a los mercados de destino seleccionados. Esto es clave para el fortalecimiento y mejoramiento continuos de las ofertas.

Este sistema puede ser construido localmente con el concurso de las empresas y universidades interesadas. También, puede ser adquirido parcialmente en la modalidad de servicios de parte de entidades internacionales.

5.3. Estrategia III: Aceleración de los negocios de ingeniería

Esta estrategia de negocios de ingeniería consiste en lograr que los servicios globales de ingeniería chilenos adquieran suficiente “*momentum*”, que sean efectivamente rentables en los mercados en que participan, que crezcan sobre la base de sus propios méritos y que alcancen la materialización de su potencial tan pronto sea posible.

El potencial de los SGI asociados a Chile se fundamenta principalmente en lo siguiente: si un problema de ingeniería se resuelve bien en Chile (por ejemplo, construcción sismorresistente), entonces también es altamente probable que se podrá resolver en otros lugares. En la medida que Chile va evolucionando y llegue a ser un país desarrollado, anticipándose a otros y posiblemente siendo uno de los primeros de la región, las empresas SGI chilenas tendrán una ventaja competitiva. En cierta manera, Chile funciona y funcionará como un mercado de pruebas para las soluciones que luego se lleven a otros mercados.

Naturalmente, esto significa anticiparse a los esfuerzos de los concurrentes de SGI provenientes de otros países.

5.3.1. *Objetivos de la estrategia*

Los objetivos específicos de esta estrategia son:

- i. Lograr que los negocios de SGI adquieran las capacidades y atributos para abordar las oportunidades de rápido crecimiento en los mercados seleccionados.
- ii. Lograr que los negocios de SGI sean escalables en los mercados seleccionados, en forma competitiva.
- iii. Lograr que los negocios de SGI logren rentabilidades significativas en los mercados globales y se hagan sustentables en ellos.

5.3.2. *Líneas estratégicas y acciones relevantes*

Las líneas estratégicas y acciones relevantes que se han identificado para llevar a cabo esta estrategia son:

5.3.2.1. Potenciar a los actores

El principal factor en los negocios de SGI son los propios ingenieros, los empresarios y los ejecutivos de ingeniería. Aumentar el volumen de negocios requiere que ellos aumenten sus capacidades y competencias, pero también implica atraer más emprendedores y ejecutivos desde otras actividades. En Chile ya se ha verificado este tipo de movilidad en otras industrias, por ejemplo en las de recursos naturales, retail y banca.

Las principales actividades identificadas para abordar esta línea estratégica son:

- i. Fortalecer las capacidades y competencias de negocios de las empresas de ingeniería con potencial de SGI:
 - Capacitar y desarrollar las competencias de los profesionales y ejecutivos de servicios de ingeniería, en forma permanente en gestión de negocios aplicados a los ámbitos de importancia.
 - Aumentar la dedicación de ingenieros y ejecutivos a los negocios SGI, especialmente de aquéllos con habilidades.
 - Dotarse de organizaciones apropiadas para formar equipos competentes.

- ii. Atraer otros emprendedores y empresarios a los SGI:
 - Hacer evidentes las oportunidades de negocios de SGI, mostrando sus atractivos a emprendedores y empresarios de diversos orígenes e invitarlos a participar.
 - Promover el interés de los estudiantes universitarios, de pre y postgrado, por emprender en los negocios de servicios de ingeniería.
- iii. Realizar actividades de apoyo:
 - Promover que el cluster de Servicios Globales y los otros clusters (minería y otros) profundicen la importancia de los servicios de ingeniería, de acuerdo a su potencial.
 - Organizar las presentaciones y la información de las empresas de ingeniería con criterios de países desarrollados (por ejemplo, de la OECD).

5.3.2.2. Fortalecer el crecimiento orgánico de las empresas de SGI

Esta línea estratégica consiste en lograr y fortalecer el desarrollo y crecimiento de las empresas de servicios de ingeniería que ya se han expresado en el mercado y que tienen mayor potencial de SGI. En particular de aquéllas que ya están suministrando SGI.

El crecimiento orgánico está principalmente basado en la comprensión temprana de las oportunidades de los clientes, en los mercados seleccionados, y en un crecimiento progresivo en ellos, utilizando como bases la capacidad de ingeniería y la re-inversión de sus excedentes.

Para abordar esta línea estratégica, se han identificado las siguientes actividades relevantes:

- i. Promover el liderazgo de los ingenieros y otros profesionales que realizan servicios de ingeniería, tanto en las empresas como en la sociedad.
- ii. Aumentar el dominio de las metodologías y capacidades de gestión para el crecimiento orgánico de los SGI.
- iii. Promover la gestión de integrada de portafolios de clientes y oportunidades de SGI, con foco en los valores sustantivos que se pueden construir basado en la ingeniería.
- iv. Profundizar y fortalecer los aprendizajes sobre la gestión de los negocios de SGI.

5.3.2.3. Realizar algunas operaciones del tipo “nacido global”

Esta línea estratégica consiste en crear nuevos emprendimientos en SGI que son concebidos como globales desde su nacimiento. Algunos países han adoptado esta estrategia para tecnología e ingeniería, como es el caso de Finlandia.

La ventaja de esta estrategia reside en que se puede crear mucho valor en forma rápida, ya que está orientada a su escalamiento en los mercados globales. Naturalmente, sus riesgos son mayores que con respecto a la estrategia de crecimiento orgánico. No obstante, si un ámbito de negocios de SGI tiene el potencial global, es un riesgo también no abordarlo con este criterio ya que una empresa de otro país podrá anticiparse y generar ventajas competitivas superiores.

Entonces, en la aceleración de los negocios de SGI debe considerarse una inteligente combinación entre crecimiento orgánico y nacimiento global.

Las actividades relevantes identificadas para abordar esta línea estratégica son:

- i. Identificar tempranamente las oportunidades de negocios de SGI, que tienen alto potencial global, para las cuáles es más conveniente la estrategia de nacimiento global en comparación con la de crecimiento orgánico. Un tipo de oportunidades está determinado por las demandas emergentes en los mercados globales, que se pueden abordar con una empresa comercializadora nueva que se origina en la asociación de varias empresas de ingeniería.
- ii. Promover los espacios para emprendedores e innovadores en ingeniería para superar las lógicas imperantes de negocios de servicios.
- iii. Incrementar la capacidad de negocios de servicios de ingeniería (gestación, crecimiento y competitividad).

5.3.2.4. Desarrollo de marca

Una marca reconocida de SGI es relevante, tanto para aumentar el volumen de los negocios, como para disminuir los esfuerzos de comercialización directa caso a caso.

Las actuaciones relevantes que se han identificado para abordar esta línea estratégica son:

- i. Desarrollar un concepto de marca de Servicios de Ingeniería provenientes de Chile, basada en conceptos que generen credibilidad y atracción en los clientes:
 - Basar la credibilidad principalmente en las realizaciones de ingeniería en las industrias líderes y en la modernización del país
 - Posicionar la marca a calidad suficiente, precios y condiciones comerciales “razonables” (por ejemplo, en tercer cuartil).
 - Conectar los servicios de ingeniería con la estrategia de imagen país vigente (por ejemplo: “Chile plug and play”, “Chile cool”).
- ii. Crear condiciones adecuadas para el desarrollo de la marca:
 - Disponer de atributos específicos diferenciadores.
 - Obtener certificaciones internacionales sobre la calidad de la ingeniería de las respectivas empresas. Estas certificaciones deben ser hechas por entidades de reconocido prestigio, por ejemplo, siguiendo las recomendaciones de la Federación Panamericana de Empresas Consultoras (FEPAC).
 - Sostener en forma continua la marca a través del tiempo.
 - Realizar acuerdos entre las empresas de SGI para desarrollar y proteger la marca (“código” de cooperación).
- iii. Hacer fluir, hacia los actores, información en forma sistemática y frecuente.

5.3.2.5. Mejoramiento y aumento de la inversión y el financiamiento

La inversión y financiamiento en los negocios SGI son necesarios para acelerarlos y lograr los niveles de participación, calidad y competitividad en volúmenes mayores.

Las acciones relevantes para abordar esta línea estratégica son:

- i. Desarrollar modelos de negocios adecuados para abordar efectivamente las oportunidades para el escalamiento de los servicios de ingeniería en los mercados globales:
 - Asegurar condiciones favorables para las empresas de ingeniería.
 - Crear condiciones atractivas para los inversionistas.

- ii. Promover la credibilidad de los ingenieros y de las empresas de ingeniería en el sistema financiero.
- iii. Aumentar la capacidad de financiamiento de los servicios de ingeniería:
 - Crear condiciones favorables para el financiamiento de los SGI.
 - Aumentar los vínculos con las entidades de financiamiento de SGI en diferentes países.

5.3.2.6. Visión global

Esta línea estratégica consiste en ir desarrollando, en el tiempo, una visión global de los SGI hasta que alcance su consolidación. En este trabajo del Instituto de Ingenieros se presenta una primera versión de esa visión. No obstante, la experiencia que se está generando en los mercados es muy dinámica y con el tiempo permitirá validar y enriquecer esta visión global.

Las actividades relevantes identificadas para materializar esta línea estratégica son:

- i. Vincular la oferta de SGI a los casos de relevancia de superación de Chile y de otros países en que participa.
- ii. Vincular directamente los SGI a la Ingeniería con “códigos del siglo XXI”.
- iii. Fijar metas de evolución de los negocios de SGI que signifiquen un desafío relevante: p.e.: ventas por 1.000 millones de dólares para el año 2020.

5.3.3. Medios para materializar la estrategia

A continuación se indican los medios identificados para materializar esta estrategia, sus líneas y actuaciones relevantes.

- i. Crear una instancia que integre a las empresas y otros actores participantes en SGI en los ámbitos relevantes (por ejemplo, un consejo).
- ii. Organizar un sistema de seguimiento y acompañamiento de los procesos de aceleración de negocios de SGI.
- iii. Participación internacional de las facultades de Ingeniería: aumento de conciencia en los profesores y en los estudiantes de ingeniería de las oportunidades globales; aumento de los postgrados en Ingeniería.

5.4. Estrategia IV: Desarrollo y fortalecimiento de capacidades y competencias

Esta estrategia es fundamental para sustentar las otras tres estrategias ya descritas en las secciones anteriores: acceso a mercados, fortalecimiento de ofertas y aceleración de negocios de SGI.

Consiste básicamente en desarrollar las capacidades y competencias que son críticas para participar eficientemente en los mercados globales y lograr buenos niveles de desempeño en los SGI.

Aun cuando existen ya capacidades y competencias en Chile, como queda demostrado en los casos en operación, éstas son limitadas y heterogéneas. Por ello, es necesario desarrollarlas y fortalecerlas.

5.4.1. *Objetivos*

Los objetivos de esta estrategia son:

- i. Desarrollar y fortalecer las capacidades y competencias para la realización y suministro de los SGI.
- ii. Desarrollar y fortalecer las capacidades y competencias de acceso a mercados y de comercialización de los SGI.
- iii. Desarrollar y fortalecer las capacidades y competencias para realizar los negocios de SGI.

5.4.2. *Líneas estratégicas y actuaciones relevantes*

Las líneas estratégicas y las actuaciones relevantes identificadas para abordar esta estrategia son:

5.4.2.1. Desarrollo de capacidades y competencias suficientes para abordar los negocios en los mercados globales

- Capacitar a los ingenieros, ejecutivos y empresarios de servicios de ingeniería de acuerdo a los mejores estándares internacionales en SGI en los diversos ámbitos: ingeniería de clase mundial en las diversas especialidades, comercialización y negocios.
- Atraer profesionales y ejecutivos con experiencia positiva en SGI desde otros países y ámbitos.
- Aumentar el número de ingenieros, otros profesionales y técnicos disponibles para participar en SGI.
- Aumentar las “capacidades críticas” de las empresas en los campos de ingeniería de importancia para los SGI.
- Aumentar las competencias de los ingenieros y de las empresas de ingeniería en el cumplimiento riguroso de prácticas internacionales en derechos de propiedad intelectual, innovación y tecnología, y otros campos de importancia.
- Demostrar las competencias para SGI en contextos competitivos.
- Aumentar el volumen de negocios en los nichos seleccionados por las empresas hasta superar los umbrales críticos de competitividad y sustentabilidad, con las capacidades financieras suficientes.
- Aumentar la calidad y el rigor de los procedimientos y formas para asegurar la calidad y oportunidad de las prestaciones en contextos cada vez más competitivos.
- Implantar medios efectivos para la acumulación de conocimientos críticos al interior de las empresas, tanto a través de la atracción y retención de ingenieros destacados (estabilidad laboral, en particular) como de sistemas de gestión del conocimiento.
- Aumentar la articulación con servicios conexos que son claves para los clientes en sus decisiones (por ejemplo, para hacer más seguras los trabajos de ingeniería frente a errores profesionales y para facilitar el acceso de los clientes a las fuentes de financiamiento de sus proyectos).
- Promover el liderazgo de los ingenieros en la sociedad para que su trabajo sea apreciado y reconocido (participación en sociedades de profesionales internacio-

nales y locales; autoría de publicaciones relevantes que trasciendan; participación en redes sociales de importancia global).

- Aumentar los niveles de emprendimiento y de innovación de los ingenieros en las empresas en relación a la magnitud y diversidad de las oportunidades.
- Mejorar, complementar e innovar en modelos de negocios que faciliten el crecimiento de las empresas de SGI.

5.4.2.2. Actualización, adecuación y fortalecimiento de la formación y educación continua de ingenieros, técnicos asociados y otros profesionales

- Renovar y actualizar en función de los “Códigos de la ingeniería siglo XXI”.
- Aumentar el número de ingenieros en los ámbitos críticos. Por ejemplo: metalurgia y minería; electrónica; tecnologías de la información y comunicación.
- Aumentar el dominio de inglés en gerentes de ingeniería, ingenieros y técnicos y otros profesionales involucrados.
- Incentivar a las universidades para que promuevan la formación de ingenieros de especialidades en calidades y número suficientes (ingenieros metalúrgicos, por ejemplo).

5.4.2.3. Fortalecer las ingenierías con ventajas comparativas

- Identificar los ámbitos de ingeniería con ventajas comparativas (por ejemplo, ingeniería en construcción sismorresistente, ingeniería en minas y metalurgia extractiva, ingeniería en tecnologías en información y varias otras).
- Fortalecer las capacidades profesionales y académicas y la infraestructura de laboratorios y equipamiento profesional para abordar más efectivamente los mercados globales.

5.4.3. Medios para materializar la estrategia

Los medios para materializar esta estrategia, sus líneas estratégicas y sus acciones relevantes son:

- Programas de formación y educación continua, algunos de ellos de “clase mundial”. Estos se debe realizar con la participación directa de universidades y empresas y puede contar con los apoyos parciales de Mecesup, Conicyt, Innova:
 - Programa de renovación y fortalecimiento de las carreras de ingeniería.
 - Programa de renovación y fortalecimiento de las carreras técnicas.
 - Programa de complementación/profundización para otros profesionales.
 - Programa de orientación y fortalecimiento de post grado.
 - Programa de orientación y fortalecimiento de educación continua.
 - Programa para acelerar el dominio del inglés.
 - Programa para adoptar competencias básicas (trabajo en equipos de alto desempeño y con componentes internacionales, liderazgo en ingeniería y tecnología, otros).
 - Programas de pasantías en empresas y centros de ingeniería avanzada en el mundo.
 - Programa de participación en entidades internacionales.

- ii. Programas de atracción e inserción de ingenieros, ejecutivos y otros profesionales. Esto se debe realizar con la participación directa de las empresas y puede contar con los apoyos parciales de Innova y Conicyt:
 - Programa de atracción de ingenieros y otros profesionales calificados desde otros países, en particular con competencias emprendedoras e innovadoras.
 - Programa de atracción e inserción de talento de ingeniería y de otras profesiones en los SGI.
 - Constituir centros de excelencia en las empresas de ingeniería que reúnan profesionales competentes en tecnologías de punta, como por ejemplo lo han hecho algunas empresas en el ámbito de la minería.
- iii. Programa de desarrollo y fortalecimiento de infraestructura, laboratorios y sistemas de ingeniería. Esto se debe realizar con la participación directa de empresas y universidades y puede contar con los apoyos parciales de Conicyt, Innova y Mecesup:
 - Programa para actualizar y completar la infraestructura, los laboratorios y los sistemas de ingeniería en empresas de ingeniería e instituciones de educación superior, de acuerdo a los estándares internacionales en SGI.
 - Mecanismo para proveer acceso a los ingenieros, empresas de ingeniería y entidades de I+D e innovación a esos medios.
- iv. Plataformas de apoyo a los negocios para SGI. Esto se realiza con la participación directa de las empresas y puede contar con los apoyos parciales de ProChile y CORFO:
 - Plataformas para apoyar la gestión de los negocios de SGI en mercados seleccionados.
 - Portal Internet para integrar la información relevante para los SGI.
- v. Completar y profundizar los incentivos económicos y de otra índole para fortalecer las capacidades y competencias de las empresas de ingeniería que participen en SGI, de modo comparable a lo que hacen otros países que están desarrollando esta industria.
- vi. Programa basal en mercado local:
 - Proyecto para articular a las empresas de ingeniería en Chile y producir la documentación de uso común.
 - Programa para promover en el Estado chileno, y en las grandes empresas, los proyectos de desarrollo, inversión y modernización que catalicen la realización de ingeniería de calidad mundial (tanto en proyectos emblemáticos como en el volumen de proyectos).

5.5. Estrategia V: Sistema de gobierno para el desarrollo y fortalecimiento de los SGI

Esta estrategia es fundamental para sustentar la realización en el tiempo de las otras cuatro estrategias ya descritas en las secciones anteriores: acceso a mercados, fortalecimiento de ofertas, aceleración de negocios de SGI y desarrollo y fortalecimiento de capacidades.

En Chile ya existen algunas capacidades dedicadas a ciertas labores de gobierno de los servicios SGI. Una de las iniciativas más relevantes es la liderada por AIC y ProChile.

No obstante, ellas abordan sólo algunas de las cuestiones necesarias para un gobierno efectivo de los SGI y no necesariamente lo hacen con la suficiente dedicación. Por ello, es necesario desarrollar y fortalecer las capacidades de gobierno de los SGI.

5.5.1. Objetivos

Los objetivos de esta estrategia son:

- i. Desarrollar y fortalecer las capacidades y competencias de gobierno de los SGI.
- ii. Aumentar sus resultados e impactos positivos en la generación y realización de SGI.

5.5.2. Líneas estratégicas y actuaciones relevantes

Las líneas estratégicas y las actuaciones relevantes identificadas para abordar esta estrategia son:

5.5.2.1. Fortalecimiento de las capacidades y competencias existentes de SGI para abordar los SGI

- Ampliar los ámbitos de acción y fortalecer las capacidades de la iniciativa AIC - ProChile, de ACTI y de las sociedades profesionales en SGI.
- Fortalecer las capacidades existentes de otras instituciones dedicadas a los SGI, entre ellos el propio Instituto de Ingenieros de Chile.

5.5.2.2. Creación de nuevas entidades para el gobierno efectivo de SGI

- Crear un consejo amplio, relevante y pertinente de actores necesarios para los SGI: empresas de ingeniería, unidades académicas, asociaciones gremiales y profesionales, agencias de Estado y otros actores. Radicar este consejo en una entidad existente para asegurar su operación en el corto plazo. Posteriormente, proceder a la creación de una entidad con personería propia dedicada a SGI, pero sólo una vez que se produzca suficiente aprendizaje y compromiso de los actores con respecto a los SGI. Dada la asimetría entre los intereses y características de las empresas de ingeniería chilenas y extranjeras instaladas en Chile, es necesario un diseño apropiado de este consejo que considere los incentivos adecuados.
- Dotar a este consejo de capacidades (secretaría ejecutiva) para tratar los temas relacionados a las cuatro estrategias descritas en este capítulo. Esta Secretaría deberá realizar análisis y planteamientos para orientar las acciones de las diversas entidades de la industria SGI.
- Generar medios específicos de calidad, como el observatorio descrito en otro capítulo, para abordar cuestiones críticas, como la disposición de información de buena calidad.

5.5.3. Medios para materializar la estrategia

Los medios para materializar esta estrategia, sus líneas estratégicas y sus actuaciones relevantes son:

- i. Convocatoria y orientación del Instituto de Ingenieros, de la AIC - ProChile y otras asociaciones (por ejemplo, ACTI) y sociedades.

- Realizar una convocatoria amplia a los actores para formar un grupo de trabajo en torno a los SGI.
 - Conducir la orientación de los trabajos hasta que se constituya el consejo SGI.
- ii. Generación de financiamiento para el sistema de gobierno.
- Lograr el compromiso de aportes de un conjunto de empresas, universidades y otras entidades genuinamente interesadas en los SGI.
 - Atraer recursos de las agencias de fomento estatales en base al mérito de la iniciativa
 - Concebir los servicios que el sistema de gobierno proporcionará a los actores y cómo generará financiamiento a partir de ello.

BIBLIOGRAFÍA

- CII (Construction Industry Institute). 2004. Planning a Global Virtual Engineering Team: A Tool for Success. Research Summary 211-1.
- Estudio CORFO IDC sobre Servicios Globales con Base en Chile.
- García-Canal, E., López, C., Rialp, J., & Valdés A (2002). Accelerating international expansion through global alliances: a typology of cooperative strategies. *Journal of World Business* 37, 91-107.
- Informe de AIC 2011.
- Laanti, R. Gabrielsson, M. & Gabrielsson, P. (2006). The globalization strategies of business-to-business born global firms in the wireless technology industry. *Industrial Marketing Management* 36, 1104-1117.
- Luostarinen, R., & Gabrielsson, M. (2004). Finnish perspectives of international entrepreneurship. In L. P. Dana (Ed.), *Handbook of research on international entrepreneurship*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Thursby, J., and M. Thursby. 2006. *Here or There? A Survey on the Factors in Multinational R&D Location*. The National Academies Press (NAE).
- *The Offshoring of Engineering: Facts, Unknowns, and Potential Implications* (2008), The National Academies Press (NAE).
- *Globalization in Engineering Services, the next frontier for India* (2007), Booz Allen Hamilton. Dirigido por National Association of Software and Services Companies en India (Nasscom).

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Empresas Socias

AGUAS ANDINAS 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.
CÍA. CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA S.A.
CÍA. DE PETRÓLEOS DE CHILE COPEC S.A.
CÍA. GENERAL DE ELECTRICIDAD 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.
ENERSIS S.A.
GRUPO URBASER DANNER S.A.
JAIME ILLANES Y ASOCIADOS CONSULTORES S.A.
KACINCO S.A.
METROGAS S.A.
MINERA ESCONDIDA LTDA.
MINERA LUMINA COPPER CHILE S.A.
PACIFIC HYDRO CHILE S.A.
SOCIEDAD GNL MEJILLONES S.A.
SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A.
**EMPRESAS DE INGENIERÍA
COLABORADORAS**
SYNEX INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
GEOSONDA LTDA.

Instituto de Ingenieros de Chile

San Martín N° 352 • Santiago • Chile

Teléfonos: (56-2) 696 8647 - 698 4028

Fax: (56-2) 697 1136

E-mail: iing@iing.cl

www.iing.cl